
Luftschadstoffuntersuchung zum Neubau und Betrieb des Ethylen-Terminals in Brunsbüttel

Stand 29.01.2025

Projektnummer: 23150

29. Januar 2025

Im Auftrag von:
Advario Project GmbH
Stadthausbrücke 5
20355 Hamburg

Dieses Gutachten wurde im Rahmen des erteilten Auftrages für das oben genannte Projekt / Objekt erstellt und unterliegt dem Urheberrecht. Jede anderweitige Verwendung, Mitteilung oder Weitergabe an Dritte sowie die Bereitstellung im Internet – sei es vollständig oder auszugsweise – bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Urhebers.

Inhaltsverzeichnis

1.	Anlass und Aufgabenstellung.....	6
2.	Örtliche Situation	7
3.	Luftschadstoffquellen.....	9
3.1.	Verbrennungsprozesse.....	9
3.2.	Weitere Emissionsquellen.....	10
4.	Beurteilungsgrundlagen.....	11
4.1.	Immissionsgrenzwerte	11
4.2.	TA Luft.....	14
4.3.	Bewertungsstufen.....	15
5.	Betriebsbeschreibung für das Ethylen-Terminal.....	15
5.1.	Allgemeines.....	15
5.2.	Kurzbeschreibung der wasserseitigen Anlagen	16
5.3.	Kurzbeschreibung der landseitigen Anlagen.....	17
5.4.	Sicherheitseinrichtungen	17
6.	Emissionen.....	18
6.1.	Anlagen auf dem Ethylen-Terminal.....	18
6.2.	Schiffsverkehr.....	18
6.2.1.	Schiffsfahrten und Liegezeiten.....	18
6.2.2.	Emissionsfaktoren.....	19
6.2.3.	Treibstoffarten.....	21
6.2.4.	Leistungen und Auslastungsgrade der Aggregate.....	21
6.2.5.	Emissionsmodell.....	22
6.3.	Gesamtemissionen im Untersuchungsgebiet.....	22
7.	Schornsteinhöhenberechnung	23
7.1.	Allgemeines.....	23
7.2.	Notstromaggregat.....	24
7.3.	Feuerlöschpumpen.....	25
7.4.	Notfackel	26
8.	Immissionen	26

8.1.	Allgemeines	26
8.2.	Berechnungsverfahren	27
8.2.1.	Rechenmodell	27
8.2.2.	Rechengebiet und Kenngrößen	28
8.2.3.	Quellenmodell	29
8.3.	NO-NO ₂ -Konversion	30
8.3.1.	Allgemeines	30
8.3.2.	Umwandlungsmodelle	31
8.4.	Hintergrundbelastung	32
8.5.	Gesamtbelastungen	33
8.5.1.	Allgemeines	33
8.5.2.	Stickstoffdioxid-Belastungen (NO ₂ , Jahresmittelwert J00) ..	34
8.5.3.	Schwefeldioxid-Belastungen (SO ₂ , Jahresmittelwert J00) ..	35
8.5.4.	Feinstaub(PM ₁₀)-Belastungen (Jahresmittelwert J00)	36
8.5.5.	Feinstaub(PM _{2,5})-Belastungen (Jahresmittelwert J00)	37
8.5.6.	Benzo(a)pyren-Belastungen (Jahresmittelwert J00)	38
8.5.7.	Schutz der Vegetation	38
8.6.	Qualität der Prognose	39
9.	Bauphase	39
9.1.	Bauablauf	39
9.2.	Emissionen und Immissionen	40
10.	Stickstoffdeposition	42
10.1.	Allgemeines	42
10.2.	Beurteilungsgrundlagen	43
10.3.	Berechnungsverfahren	43
10.4.	Stickstoffdepositionen in den FFH-Gebieten	44
11.	Zusammenfassung	44
12.	Quellenverzeichnis	48
13.	Anlagenverzeichnis	I

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Zuordnung der Immissionsorte zu Nutzungen	8
Tabelle 2:	Beurteilungsrelevante Immissionswerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] zum Schutz des Menschen	11
Tabelle 3:	Immissionswerte und Irrelevanzschwellen für Luftschadstoff- immissionen gemäß TA Luft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].....	14
Tabelle 4:	Bewertung von Immissionskonzentrationen	15
Tabelle 5:	Gesamtemissionen im Untersuchungsgebiet (Tonnen pro Jahr)	23
Tabelle 6:	Schadstoffemissionen für die geplante Notstromaggregate, (Abgasvolumenstrom je Anlage 7.900 Nm^3/h , Bezugszustand)	25
Tabelle 7:	Schadstoffemissionen für die geplanten Feuerlöschpumpen, (Abgasvolumenstrom je Anlage 8.400 Nm^3/h , Bezugszustand)	26
Tabelle 8:	Stickstoffdioxid-Belastungen (Jahresmittelwert J00, NO_2 -Irrelevanz- grenze gemäß TA Luft 1,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), ungünstigstes Geschoss	34
Tabelle 9:	Schwefeldioxid-Belastungen (Jahresmittelwert J00, NO_2 -Irrelevanz- grenze gemäß TA Luft 1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), ungünstigstes Geschoss	35
Tabelle 10:	Feinstaub(PM_{10})-Belastungen (Jahresmittelwert J00, Irrelevanz- grenze gemäß TA Luft 1,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), ungünstigstes Geschoss	36
Tabelle 11:	Feinstaub($\text{PM}_{2,5}$)-Belastungen (Jahresmittelwert J00, Irrelevanz- grenze gemäß TA Luft 0,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), ungünstigstes Geschoss	37
Tabelle 12:	Benzo(a)pyren-Belastungen (Jahresmittelwert J00, Irrelevanz- grenze in Analogie zur TA Luft 0,03 ng/m^3), ungünstigstes Geschoss.....	38

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
AG	Aktiengesellschaft
BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen
BGBI.	Bundesgesetzblatt
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
CO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
d	Tag
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
EPA	Environmental Protection Agency (Umweltbehörde USA)
FFH	Flora-Fauna-Habitat
GE	Gewerbegebiet
GI	Industriegebiet
h	Stunde
HBEFA	Handbuch Emissionsfaktoren
HC	Kohlenwasserstoffe
IGW	Immissionsgrenzwert
IO	Immissionsort
ISO	Internationale Organisation für Normung
K	Kelvin (Einheit Temperatur)
KFZ	Kraftfahrzeug
LAI	Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz
LKW	Lastkraftwagen
LNF	Leichte Nutzfahrzeuge (KFZ zwischen 2,8 t und 3,5 t)
m	Meter
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
µg	Mikrogramm (10 ⁻⁶ Gramm)
µg/m ³	Mikrogramm pro Kubikmeter

MD	Dorfgebiet
MI	Mischgebiet
MK	Kerngebiet
MSO	Minimum Send-Out (minimale vereinbarte Gasmenge, die kontinuierlich ins Gasverteilungsnetz eingespeist wird)
MU	Urbanes Gebiet
MW	Megawatt (10^6 Watt)
Nm ³	Kubikmeter im Normzustand
NO	Stickstoffmonoxid
NO ₂	Stickstoffdioxid
NOK	Nord-Ostsee-Kanal
NOx	Stickstoffoxide (Summe aus NO und NO ₂), angegeben als NO ₂
Nr.	Nummer
O ₃	Ozon
Pa	Pascal (Einheit Druck)
P	Personenkraftwagen
PM _{2,5}	Particulate Matter – Feinstaub, Größenklasse bis 2,5 µg/m ³
PM ₁₀	Particulate Matter – Feinstaub, Größenklasse bis 10 µg/m ³
Q	Emissionsmassenstrom
RLS	Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen
RLuS	Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen
SNF	Schwere Nutzfahrzeuge (KFZ größer 3,5 t)
SO	Sondergebiet
SO ₂	Schwefeldioxid
t	Tonne
TA Luft	Technische Anleitung Luft
vgl.	vergleiche
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VOC	flüchtige Kohlenwasserstoffverbindungen
WA	Allgemeines Wohngebiet
WR	Reines Wohngebiet
z.B.	zum Beispiel

1. Anlass und Aufgabenstellung

In Brunsbüttel ist der Bau eines Ethylen-Terminals geplant. Die Anlage dient dazu, Ethylen mit entsprechenden Tankschiffen anzuliefern und zu entladen, das Ethylen in einem Tank zu speichern und kontinuierlich in eine vorhandene Pipeline einzuspeisen. Die Schiffsanlegestelle wird sich am Südufer des Ostermoorhafens befinden, die eigentliche Terminalanlage auf einer südlich angrenzenden Fläche. Der Hafen und die Terminalfläche sind durch eine vorhandene Bahntrasse getrennt.

Im Flächennutzungsplan (FNP) ist das Plangebiet derzeit als Hafenbecken ausgewiesen. Aktuell findet eine Nutzung als landwirtschaftliche Fläche statt.

Zur Umsetzung des Planvorhabens ist städtebaulich eine Änderung des FNP sowie die Aufstellung eines vorhabenbezogenen Bebauungsplanes durch die Stadt Brunsbüttel erforderlich.

Für die geplante landseitige Anlage ist aufgrund der Lagermenge ein immissionsschutzrechtliches Genehmigungsverfahren mit öffentlicher Beteiligung gemäß § 4 i.V.m. § 10 Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) durchzuführen.

Für die wasserseitigen Anlagen (neuer Anleger) ist ein Planfeststellungsverfahren gemäß § 95b Abs. 1 nach Landeswassergesetz (LWG-SH) des Landes Schleswig-Holstein erforderlich.

Im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung zum Planfeststellungsverfahren ist die Ermittlung, Beschreibung und Bewertung der erheblichen Auswirkungen des Vorhabens auf die Schutzgebiete zu beschreiben. Dabei ist unter anderem auch der Schutz der Menschen in der Nachbarschaft vor Luftschadstoffimmissionen darzustellen und als Genehmigungsvoraussetzung nachzuweisen. Die Beurteilung der Belastungssituation für den Menschen erfolgt auf Grundlage der aktuellen Grenzwerte auf nationaler und europäischer Ebene (39. BImSchV, TA Luft). Als maßgebliche Schadstoffkomponenten für den Schiffs- und Straßenverkehr sind Stickstoffdioxid und Feinstaub der Größenklassen PM₁₀ und PM_{2,5} einzubeziehen. Dabei sind grundsätzlich die Gesamtbelastungen zu beurteilen.

Darüber hinaus ist auch der Schutz der vorhandenen FFH-Gebiete gemäß Anhang 8 und 9 der TA Luft vor zusätzlichen mit der Planung verbundenen Stickstoffeinträgen sicherzustellen.

Weiterhin sind für die technischen Anlagen mit Abgasauslässen die erforderlichen Schornsteinhöhen gemäß Nr. 5.5 TA Luft zu ermitteln.

Bei der Ausbreitungsberechnung sind alle relevanten Quellen im Untersuchungsgebiet einzubeziehen. Für den geplanten Liegeplatz am Ethylen-Terminal wird zur sicheren Seite davon ausgegangen, dass die Schiffe während der Liegezeiten nicht mit Landstrom versorgt werden. Insoweit wird ein konservativer Ansatz verfolgt.

2. Örtliche Situation

Das Ethylen-Terminal soll in Brunsbüttel am Hafen Ostermoor östlich des Nord-Ostsee-Kanals errichtet werden. Das Plangebiet liegt zwischen gewerblich und industriell genutzten Flächen. Im Westen grenzt es an den Geltungsbereich des Bebauungsplans Nr. 92 der Stadt Brunsbüttel, der sich noch in der Aufstellung befindet. Südlich angrenzend befindet sich eine Betriebsfläche der SH Netz AG.

Die Hauptzufahrt zum Ethylen-Terminal wird von der K74 aus erfolgen und weiter über das überregionale Straßennetz (Bundesstraße B5). Der neue Schiffsanleger soll parallel zum Betrieb der bestehenden Jetty zwischen Liegeplatz 5 und Liegeplatz 1 östlich entlang des Ufers gebaut werden. Der Schiffsanleger ist baulich für eine maximale Schiffsgröße von 190 m ausgelegt. Unter Zugrundelegung typischer Schiffsgrößen wurde die Erreichbarkeit des Anlegers mittels nautischer Simulation für ein Bemessungsschiff von 181,7 m Länge und 29,4 m Breite bestätigt.

Die örtlichen Gegebenheiten können den Lageplänen der Anlage A 1 entnommen werden.

Die nächstgelegene schutzbedürftige Bebauung befindet sich in folgenden Bereichen:

- **Bebauung im unmittelbaren Umfeld des Plangebietes:** Die westlich an das Plangebiet angrenzenden Flächen liegen im Geltungsbereich des Bebauungsplans Nr. 92 der Stadt Brunsbüttel (noch in der Aufstellung). Die Schutzbedürftigkeit entspricht einem Industriegebiet (GI).

Unmittelbar östlich angrenzend sind unbebaute landwirtschaftliche Flächen vorhanden. Östlich der K74 sind weitere industriell genutzte Flächen vorhanden. Für diesen Bereich und die Fläche der SH Netz liegt kein Bebauungsplan vor. Der vorhandenen Nutzung entsprechend wird von einer Schutzbedürftigkeit eines Industriegebietes (GI) ausgegangen.

Nördlich des Plangebiets sind Nutzungen im Bereich des Hafens Ostermoor vorhanden. Auch hier wird der vorhandenen Nutzung entsprechend von einer Schutzbedürftigkeit eines Industriegebietes (GI) ausgegangen.

Als nächstgelegene repräsentative Immissionsorte werden die Nutzungen im Hafenbereich (Immissionsort IO 1) und auf dem Betriebsgelände der Covestro AG (Immissionsort IO 2: nicht dauerhaft besetztes Pfortnergebäude) einbezogen.

- **Bebauung westlich des Plangebietes:** Westlich des Nord-Ostsee-Kanals liegt die nächstgelegene Wohnbebauung mehr als 1 km vom Plangebiet entfernt an der Blangenmoorer Straße, der Dorfstraße und dem Leher Weg (Immissionsorte IO 3 bis IO 5). Weitere Bebauung ist entlang der Josenburger Straße (Immissionsort IO 6) vorhanden.

Für diese Bereiche liegt kein rechtskräftiger Bebauungsplan vor. Die Bebauung entlang der Dorfstraße befindet sich in einem Gebiet gemäß §34 BauGB. Im Flächennutzungsplan der Stadt Brunsbüttel sind diese Bereiche als Flächen für die Landwirtschaft ausgewiesen. Aufgrund der vorhandenen Nutzungen wird eine

Schutzbedürftigkeit zugrunde gelegt, die einem Misch- oder Dorfgebiet (MI/MD) vergleichbar ist.

Weiter südlich ist Wohnbebauung an der Fritz-Staiger-Straße vorhanden (Immissionsort IO 7). Im Flächennutzungsplan der Stadt Brunsbüttel ist dieser Bereiche als Sondergebiet Hafen ausgewiesen. Für diese Bereiche liegt kein rechtskräftiger Bebauungsplan vor. Aufgrund der Nachbarschaft zu industriell genutzten Flächen wird eine Schutzbedürftigkeit zugrunde gelegt, die einem Mischgebiet (MI) vergleichbar ist.

- **Bebauung nördlich des Plangebietes:** Weitere Bebauung ist östlich des Nord-Ostsee-Kanals in mehr als 1,1 km in der Gemeinde Kudensee im Außenbereich an den Straßen Moorweg und An Lütten Kanol vorhanden (Immissionsorte IO 8 und IO 9). Für diese Bereiche liegt kein rechtskräftiger Bebauungsplan vor. Aufgrund der vorhandenen Nutzungen wird eine Schutzbedürftigkeit zugrunde gelegt, die einem Misch- oder Dorfgebiet (MI/MD) vergleichbar ist.

Schutzgebiete im Hinblick auf das Schutzgut Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt sind vom Plangebiet hinreichend weit entfernt, so dass keine Einwirkungen durch das Planvorhaben zu erwarten sind. Die nächstgelegenen Natura 2000-Gebiete umfassen:

- FFH-Gebiete:
 - „Kudensee“ (DE 2021-301) nördlich des Plangebiets in einem Abstand von mehr als 3,5 km;
 - „Klev- und Donnlandschaft bei St. Michaelisdonn“ (DE 2020-301) nordwestlich des Plangebiets in einem Abstand von mehr als 5,0 km;
- EU-Vogelschutzgebiete:
 - „Vorland St. Margarethen“ (DE 2121-402) südöstlich des Plangebiets in einem Abstand von 2,4 km und mehr.

Tabelle 1: Zuordnung der Immissionsorte zu Nutzungen

Sp	1	2	3	4
Ze	Immissionsort			
	Bezeichnung	Adresse	Zahl der Geschosse	Gebiet
1	IO 1	Brunsbüttel, Hafen	4	GI
2	IO 2	Brunsbüttel, Covestro	1	GI
3	IO 3	Brunsbüttel, Dorfstraße 12	2	MI / MD
4	IO 4	Brunsbüttel, Blangenmoorer Straße 2	2	MI / MD
5	IO 5	Brunsbüttel, Leher Weg 4	2	MI / MD
6	IO 6	Brunsbüttel, Josenburger Straße 5	2	MI
7	IO 7	Brunsbüttel, Fritz-Staiger-Straße 11	2	MI
8	IO 8	Kudensee, Moorweg 17	2	MI
9	IO 9	Kudensee, An Lütten Kanol 16	2	MI

3. Luftschadstoffquellen

3.1. Verbrennungsprozesse

Bei der Verbrennung fossiler Energieträger sowie durch Verbrennungsprozesse in Verbrennungsmotoren von Kraftfahrzeugen und Schiffen entstehen Abgase, die zu Luftverunreinigungen führen. Zu diesen primären Luftschadstoffen, die Bestandteil der Abgase sind, zählen im Wesentlichen:

- Stickoxide (in der Regel bezeichnet als NO_x: Summe aus Stickstoffmonoxid NO und Stickstoffdioxid NO₂), angegeben als NO₂,
- Kohlenmonoxid (CO),
- Schwefeldioxid (SO₂),
- Kohlenwasserstoffe (HC, darunter Benzol und Benzo(a)pyren (BaP)),
- Partikel (PM, darunter Dieselruß und Feinstaub)
- Ammoniak (NH₃) und
- Blei (Pb).

Die Stickoxide (NO_x) umfassen verschiedene Stickstoffoxide, von denen die Hauptbestandteile durch Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO₂) gegeben sind. Im Abgas von Verbrennungsmotoren setzen sie sich in der Regel zu mehr als 90 % aus NO und weniger als 10 % aus NO₂ zusammen. Moderne Dieselmotoren mit Katalysatortechnik können teilweise auch höhere NO₂-Direktemissionen aufweisen. Auf dem Ausbreitungsweg in der Atmosphäre wird das Stickstoffmonoxid zu Stickstoffdioxid oxidiert, wobei eine Vielzahl von chemischen Reaktionen möglich ist (s. hierzu z.B. [1]). Der wichtigste Umwandlungsprozess von NO in der Atmosphäre ist die Oxidation durch Ozon (O₃). Die Reaktion läuft relativ schnell ab, so dass im straßennahen Bereich ein großer Teil des als natürliches Spurengas in der Luft vorhandenen Ozons aufgebraucht wird. Bei Sonnenlicht kann sich NO₂ durch Photolyse wieder in NO und O₃ umwandeln.

Für das Kohlenmonoxid liegen aufgrund zahlreicher Wirkungsuntersuchungen Immissionswerte als Grenz- und Vorsorgewerte vor [8]. Sie liegen jedoch im Vergleich zu üblichen Messwerten so hoch, dass CO im Freien keine kritische Komponente ist.

In den Kohlenwasserstoffen ist eine Vielzahl von Stoffen enthalten, die die unterschiedlichsten Wirkungsspektren aufweisen. Derzeit sind bis zu 200 organische Stoffe im Abgas bekannt. Darunter befinden sich auch das Benzol sowie die Gruppe der flüchtigen Kohlenwasserstoffverbindungen (VOC). Aufgrund der unterschiedlichen Wirkungsspektren ist die Summe der Kohlenwasserstoffe einer Bewertung nicht zugänglich. Stellvertretend erfolgt üblicherweise eine Beurteilung anhand des in den Kohlenwasserstoffen enthaltenen Benzols. Für Dieselabgasemissionen sind Benzolemissionen jedoch von untergeordneter Bedeutung, so dass in der vorliegenden Untersuchung auf eine Berücksichtigung verzichtet wird. Besondere Bedeutung gewinnen in letzter Zeit die polyzyklischen aromatischen

Kohlenwasserstoffe (PAK), so dass im Folgenden Benzo(a)pyren (BaP) als Marker einbezogen wird.

Die Schadstoffkomponenten Blei und Schwefeldioxid verlieren seit dem Einsatz bleifreier und schwefelarmer Kraftstoffe für den Kfz-Verkehr an Bedeutung und können daher bei der Bewertung einer Immissionssituation für den Straßenverkehr vernachlässigt werden. Auch für den Schiffsverkehr ist kurzfristig von deutlich verringerten Schwefeldioxidemissionen auszugehen, da seit 2015 auf der Nord- und Ostsee nur Treibstoff mit geringem Schwefelgehalt eingesetzt werden darf.

Eine weitere Komponente stellen die Partikel dar (Staub). Bei den mit dem Abgas von Motoren emittierten Partikelemissionen handelt es sich aktuellen Erkenntnissen entsprechend vollständig um Feinstaub PM_{2,5} (Partikeldurchmesser kleiner als 2,5 µm), der im Feinstaub PM₁₀ (Partikeldurchmesser kleiner als 10 µm) enthalten ist [39].

Die Staubemissionen der Abgase beinhalten auch die Dieselrußemissionen. Aufgrund der Emissionsminderungen an modernen Dieselmotoren ist in den letzten Jahren zwar eine Abnahme der Emissionsfaktoren (angegeben als Gramm pro Kilometer) zu verzeichnen. Diese Abnahme wird jedoch teilweise durch eine stetige Zunahme der Fahrzeuge mit Dieselantrieb kompensiert.

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

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

3.2. Weitere Emissionsquellen

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

Des Weiteren können Stäube durch den Abrieb von Reifen, Schienen, Bremsbelägen etc. emittiert werden. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um gröbere Partikel. Der PM₁₀-Anteil wird in der Literatur mit ca. 10 % abgeschätzt. Der Abrieb ist in den Emissionsfaktoren der Staubaufwirbelung implizit enthalten, so dass weitergehende Untersuchungen – auch angesichts des geringen Feinstaubanteils – hier nicht erforderlich sind.

4. Beurteilungsgrundlagen

4.1. Immissionsgrenzwerte

Die Beurteilung von Luftverunreinigungen erfolgt anhand der Immissionswerte aus den geltenden Regelwerken (39. BImSchV, EU-Richtlinien, TA Luft). In der Tabelle 2 sind die aktuellen Grenz- und Immissionswerte zum Schutz des Menschen aufgeführt.

Die Umsetzung der Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG [13] der Europäischen Union in nationales Recht wurde mit der Neuaufstellung der 39. BImSchV [8] vorgenommen.

Die erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft [10]) ist im Rahmen von Genehmigungsverfahren von Anlagen sowie bei nachträglichen Anordnungen zu beachten. Für verkehrsbedingte Immissionen ist sie nicht anzuwenden. Die aktuelle Neufassung der TA Luft ist seit dem 1. Dezember 2021 in Kraft.

Tabelle 2: Beurteilungsrelevante Immissionswerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] zum Schutz des Menschen

Luftschadstoff		Immissionswerte		
		Wert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Quelle	Charakter
NO ₂	Jahresmittel	40	39. BImSchV	Grenzwert
	1 Stunde	200	39. BImSchV	Grenzwert, max. 18 Überschreitungen im Jahr
		200	TA Luft	Immissionswert, max. 18 Überschreitungen im Jahr
SO ₂	Jahresmittel	50	TA Luft	Immissionswert
	24 Stunden	125	39. BImSchV	Grenzwert, max. 3 Überschreitungen im Jahr
			TA Luft	Immissionswert, max. 3 Überschreitungen im Jahr
	1 Stunde	350	39. BImSchV	Grenzwert, max. 24 Überschreitungen im Jahr
			TA Luft	Immissionswert, max. 24 Überschreitungen im Jahr
	Feinstaub (PM ₁₀)	Jahresmittel	40	39. BImSchV
40			TA Luft	Immissionswert
24 Stunden		50	39. BImSchV	Grenzwert, max. 35 Überschreitungen im Jahr
		50	TA Luft	Immissionswert, max. 35 Überschreitungen im Jahr
Feinstaub (PM _{2,5})	Jahresmittel	25	39. BImSchV	Grenzwert
		25	TA Luft	Immissionswert
Benzo(a)-pyren	Jahresmittel	0,001	39. BImSchV	Zielwert

Bezüglich der Stickstoffdioxid-Immissionen wurde für den Jahresmittelwert in der Neufassung der 39. BImSchV und der TA Luft ein Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ festgesetzt.

Die Beurteilung der kurzzeitig auftretenden Spitzenbelastungen der Stickstoffdioxid-Immissionen erfolgte bis 2010 anhand des 98-Perzentil-Wertes. Seit 2010 werden gemäß 39. BImSchV die Spitzenbelastungen der Stickstoffdioxid-Immissionen mit einem Kurzzeitbelastungswert von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ beurteilt, der als Stundenmittel 18-mal pro Jahr überschritten werden darf.

Für die Schwefeldioxid-Belastungen sind in der 39. BImSchV zum Schutz des Menschen nur Kurzzeitbelastungswerte festgelegt: Der 1-Stunden-Grenzwert beträgt $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei 24 zugelassenen Überschreitungen im Kalenderjahr, der 24-Stunden-Grenzwert $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei 3 zugelassenen Überschreitungen im Jahr.

In der TA Luft wurden für SO_2 die ab 2005 einzuhaltenden Grenzwerte übernommen. Zusätzlich wurde ein Immissionswert zum Schutz des Menschen von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel festgelegt.

Für den Schutz der Vegetation und von Ökosystemen sind gemäß 39. BImSchV auch Grenzwerte für die Summe der Stickoxide (NO_x) und für Schwefeldioxid (SO_2) vorgesehen. Der Grenzwert für den Jahresmittelwert der NO_x -Konzentrationen beträgt $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In Bezug auf SO_2 wurde für das Kalenderjahr und das Winterhalbjahr (1. Oktober bis 31. März) ein Grenzwert von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eingeführt. Diese Grenzwerte sind jedoch gemäß 39. BImSchV nur an Messstellen einzuhalten, die mehr als 20 km von Ballungsräumen oder 5 km von anderen bebauten Gebieten, Industrieanlagen oder Straßen entfernt sind.

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

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

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

In Abbildung 1 sind die Jahresmittelwerte gegenüber der Anzahl von Tagen mit Tagesmittelwerten größer als $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dargestellt, wie sie in den Jahren 2001 bis 2022 an den Messstationen der Luftüberwachung Schleswig-Holstein und Hamburg ermittelt wurden. Es zeigt sich, dass die zulässige Zahl von 35 Tagen im Jahr mit einer Ausnahme erst bei Jahresmittelwerten von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und mehr überschritten wurde.

Zur Ermittlung der Überschreitungshäufigkeiten der Tagesmittelwerte aus den Jahresmittelwerten der PM_{10} -Gesamtbelastungen stehen verschiedenen Ansätze zur Verfügung ([46]-[48]), die in der Abbildung 1 dargestellt sind. Aus dem Vergleich mit den Messwerten in Schleswig-Holstein und Hamburg ergibt sich für die relevanten Häufigkeiten der Überschreitungstage die beste Übereinstimmung der Ansätze „best fit + sigma“ der

BASt (2005), wenn die Überschreitungshäufigkeit von 35 Tagen betrachtet wird (rote Linie in Abbildung 1).

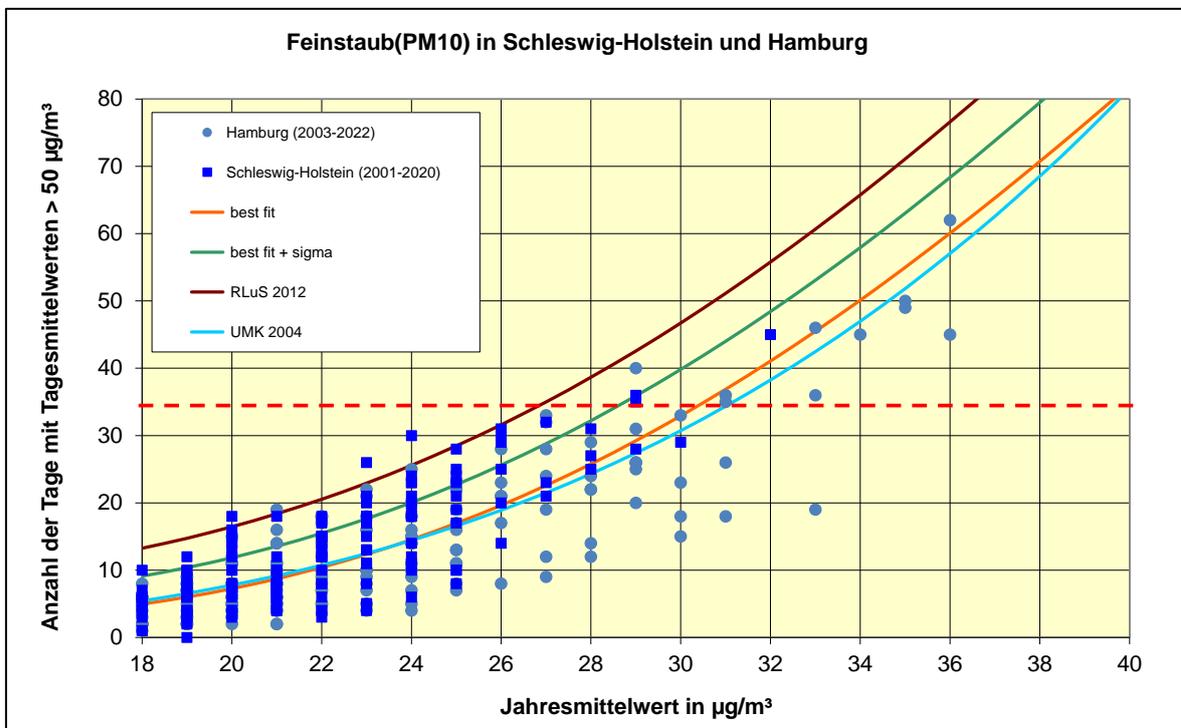
Für den Jahresmittelwert der PM_{2,5}-Feinstaubbelastungen ist ab 2015 in der 39. BImSchV ein Grenzwert von 25 µg/m³ vorgesehen. In der Neufassung der TA Luft (2021) wurde dieser Immissionswert aufgenommen.

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

Um schädliche Auswirkungen durch polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe zu vermeiden, wurde in der 39. BImSchV für den Stoff Benzo(a)pyren als Marker ab 2013 ein Zielwert als Bestandteil des Feinstaubes von 1 ng/m³ festgesetzt (entspricht 0,001 µg/m³).

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

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



4.2. TA Luft

Die Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft [10]) dient zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen und der Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen. Diese Vorschriften sind im Rahmen von Genehmigungsverfahren von Anlagen sowie bei nachträglichen Anordnungen zu beachten.

Grundsätzlich ist dabei die Gesamtbelastung zu ermitteln, die sich aus der bestehenden Vorbelastung und dem spezifischen Beitrag der Anlage (Zusatzbelastung) zusammensetzt. Für den Fall, dass die Zusatzbelastungen der zu beurteilenden Anlage unterhalb der Irrelevanzschwellen der TA Luft liegen, kann auf die Ermittlung der Vorbelastung jedoch verzichtet werden. Dies ergibt sich daraus, dass gemäß Nr. 4.2.2, 4.3.1.2, 4.4.3 und 4.5.2 TA Luft auch bei einer Überschreitung der Immissionswerte die Genehmigung nicht versagt werden darf, wenn die Kenngrößen der Zusatzbelastung als nicht relevant im Sinne der TA Luft zu bewerten sind.

Für die Irrelevanz ist in der Regel von einem Anteil am jeweiligen Beurteilungswert von 3 % und weniger auszugehen, sofern es sich um Schadstoffe in der Luft oder Staubdeposition (nichtgefährdende Stäube) handelt. Für den Gesamtstaubniederschlag (nicht gefährdender Staub) liegt die Irrelevanz dementsprechend bei 10,5 mg/(m²d), für die Deposition von anderen Schadstoffen liegt die Irrelevanzschwelle bei 5 % der jeweiligen Immissionswerte. Die Irrelevanzkriterien beziehen sich ausschließlich auf die entsprechenden Jahresmittelwerte. Eine Zusammenstellung für die im vorliegenden Fall maßgebenden Kenngrößen zeigt die Tabelle 3.

Tabelle 3: Immissionswerte und Irrelevanzschwellen für Luftschadstoffimmissionen gemäß TA Luft [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Luftschadstoff		Immissionswerte TA Luft			
		Wert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Irrelevanz [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Quelle	Charakter
SO ₂	Jahresmittel	50	1,5	Nr. 4.2.1/ 4.2.2	Immissionswert
	24 Stunden	125	—	Nr. 4.2.1	Immissionswert, max. 3 Überschreitungen im Jahr
	1 Stunde	350	—	Nr. 4.2.1	Immissionswert, max. 24 Überschreitungen im Jahr
NO ₂	Jahresmittel	40	1,2	Nr. 4.2.1/ 4.2.2	Immissionswert
	1 Stunde	200	—	Nr. 4.2.1	Immissionswert, max. 18 Überschreitungen im Jahr
Schweb- staub (PM ₁₀)	Jahresmittel	40	1,2	Nr. 4.2.1/ 4.2.2	Immissionswert
	24 Stunden	50	—	Nr. 4.2.1	Immissionswert, max. 35 Überschreitungen im Jahr

4.3. Bewertungsstufen

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

Im vorliegenden Fall orientiert sich die Beurteilung an einer etablierten Bewertungsskala (Landesamt für Umweltschutz Baden-Württemberg (1993)). Eine Zusammenstellung zeigt die Tabelle 4.

Tabelle 4: Bewertung von Immissionskonzentrationen

Immissionen in % der entsprechenden Grenz- oder Prüfwerte	Bewertung	
bis 10 %	sehr niedrige	Konzentrationen
über 10 % bis 25 %	niedrige	Konzentrationen
über 25 % bis 50 %	mittlere	Konzentrationen
über 50 % bis 75 %	leicht erhöhte	Konzentrationen
über 75 % bis 90 %	erhöhte	Konzentrationen
über 90 % bis 100 %	hohe	Konzentrationen

5. Betriebsbeschreibung für das Ethylen-Terminal

5.1. Allgemeines

Die Advario Project GmbH plant die Errichtung und den Betrieb eines Ethylen-Terminals mit einer Lagerkapazität von 32.500 m³ bzw. 18.500 t in Brunsbüttel.

Die Ethylen-Anlieferung erfolgt mit Gastankern unterschiedlicher Größe und Kapazität (ca. 4.800 m³ / 2.700 t / LOA 100 m – 22.000 m³ / 12.000 t / LOA 160 m). Für den geplanten Import von bis zu 200.000 t/a ist jährlich von etwa 40 bis 50 Gastankern, abhängig von der Größe, auszugehen.

Für den seeseitigen Export sind Gastanker mit den folgenden Kapazitäten zu erwarten: ca. 4.800 m³ / 2.700 t / LOA 100 m – 9.000 m³ / 5.000 t / LOA 130 m. Im Mittel ist mit etwa 20 bis 25 Schiffen pro Jahr zu rechnen.

Die Planung umfasst einen neuen Schiffsanleger, eine landseitige Terminalbetriebsfläche und eine Anbindung an die Hochdruckgasleitung Stade-Brunsbüttel. Die wesentlichen Anlagensysteme dazu beinhalten:

- Schiffsanleger mit Zugangsbrücke (Umschlagseinrichtungen für Ethylen wasserseitig);
- Ethylen-Lagertank (32.500 m³ bzw. 18.500 t);
- Verdampfer;

- Übergabestation;
- Rückverflüssigung;
- Rohrleitungen;
- Sicherheitseinrichtungen (Notfackel und Sicherheitsventile, Notstromaggregat);
- Gebäude und Nebenanlagen;
- Überwachungseinrichtungen;
- Brandschutzeinrichtungen (inklusive Feuerlöschpumpen);
- Infrastruktur.

5.2. Kurzbeschreibung der wasserseitigen Anlagen

Die wasserseitigen Anlagen bestehen im Wesentlichen aus einem Schiffsanleger mit Zugangsbrücke zur Be- und Entladung von Gastankern. Der Liegeplatz ist baulich für eine maximale Schiffsgröße von 190 m ausgelegt. Unter Zugrundelegung typischer Schiffsgrößen wurde die Erreichbarkeit des Anlegers mittels nautischer Simulation für ein Bemessungsschiff von 181,7 m Länge und 29,4 m Breite bestätigt.

Der Bau der Anlage erfolgt parallel zum Betrieb der bestehenden Covestro Jetty (Anleger Brücke 5) östlich entlang des Ufers. Die Verladearme werden etwa mittig auf der Schiffsanlegeplattform angeordnet. Einzelne Poller auf Pfahlgründungen sind zugänglich über Bedienungsstege.

Weiterhin wird eine Pumpenstation zur Entnahme von Feuerlöschwasser aus dem Nord-Ostsee-Kanal vorgesehen.

Die Ethylen-Anlieferung erfolgt mit Gastankern unterschiedlicher Größe und Kapazität (ca. 4.800 m³ / 2.700 t / LOA 100 m – 22.000 m³ / 12.000 t / LOA 160 m). Für den geplanten Import von bis zu 200.000 t/a ist jährlich von etwa 40 bis 50 Gastankern, abhängig von der Größe, auszugehen. Im Folgenden wird für den geplanten Import jährlich mit sechs Großschiffen und 38 kleineren Tankschiffen gerechnet.

Für den seeseitigen Export sind Gastanker mit den folgenden Kapazitäten zu erwarten: ca. 4.800 m³ / 2.700 t / LOA 100 m – 9.000 m³ / 5.000 t / LOA 130 m. Im Mittel ist mit etwa 20 bis 25 Schiffen pro Jahr zu rechnen. Im Folgenden wird von 28 Schiffen pro Jahr ausgegangen.

Die Entladung der Schiffe erfolgt über schiffseigene Pumpensysteme, die Beladung über die Terminalpumpen. Die Umschlagskapazitäten bei der Schiffsentladung liegen bei bis zu 1.327 m³/h bzw. bei der Schiffsbeladung zwischen 350 m³/h und 530 m³/h. Im Mittel wird von etwa 450 t/h bei der Entladung und von etwa 250 t/h bei der Beladung ausgegangen.

5.3. Kurzbeschreibung der landseitigen Anlagen

Die landseitigen Anlagen bestehen aus dem Ethylen-Lagertank (Höhe etwa 45 m) mit einem Arbeitsvolumen von etwa 30.000 m³ und einem Lagervolumen von 32.500 m³, der zur Aufnahme von tiefkaltem Ethylen (Lagertemperatur etwa -103°C) und Lagerung bei geringem Überdruck (40 bis 250 mbarG) dient. Der Lagertank wird über Rohrleitungen befüllt. Gasförmiges Ethylen innerhalb der Anlage wird im Prozess wieder verflüssigt und der Lagerung zugeführt.

Der Export des Ethylens erfolgt überwiegend über Rohrleitungen. Hierzu wird das kalte Ethylen vorher auf etwa 10°C erwärmt und unter einem Druck von nominal 75 barg (65 barg bis 100 barg) in die Rohrleitungen gepumpt. Die Kapazität liegt bei 17 t/h.

Ein kleinerer Teil des Ethylens wird mit Schiffen abtransportiert. Dabei verbleibt das Ethylen in flüssiger Form bei der Lagertemperatur.

Die landseitigen Prozessanlagen umfassen u.a. Verdampfer, Kondensatoren, Kompressoren, Pumpen und Rohrleitungen, die ausschließlich elektrisch betrieben werden. Ein Teil der Anlagen wird über Lüfter gekühlt bzw. erwärmt. Weiterhin sind vier Transformatoren vorgesehen. Im Folgenden wird zur sicheren Seite ein durchgehender Betrieb aller Anlagen eingerechnet.

Für die Versorgung der dieselbetriebenen Aggregate (Notstromgeneratoren) steht ein Dieseltank zur Verfügung. Die Feuerlöschpumpen haben ihre eigenen Dieselvorratsbehälter.

Im südlichen Bereich des Betriebsgeländes sollen ein Verwaltungs- und Kontrollgebäude sowie ein Werkstattgebäude entstehen. Hier sind auch zwölf PKW-Stellplätze geplant. Es wird von drei Stellplatzwechseln, d.h. je 18 Zu- und Abfahrten ausgegangen.

Weiter nördlich ist der Bau eines Betriebsgebäudes vorgesehen, das die Schaltanlage beinhaltet. Eine weitere Trafostation ist im Norden im Bereich des Anlegers als Ausbaureserve geplant. Dort befindet sich auch ein Gebäude mit Kontrollraum und Versorgungseinrichtung.

5.4. Sicherheitseinrichtungen

Der Terminal wird mit einer Anzahl von Sicherheitseinrichtungen ausgestattet. Dazu gehören u.a.:

- Notfackelanlage (Turmfackel am Behälter);
- Notstromversorgung (Notstromaggregate (Diesel), zwei Generatoren mit je 1.800 kW Leistung);
- Feuerlöschpumpen (Diesel, zwei Pumpen mit je 250 bis 300 kW Antriebsleistung);
- Wassertank.

Die Notfackelanlage wird in besonderen Betriebssituationen wie z.B. 10 Tage vor der Inbetriebnahme bzw. nach einer großen Revision genutzt. Im Normalbetrieb dient diese lediglich zum kurzzeitigen Abfackeln von Kleinmengen nach einer Schiffsabfertigung.

Die Notstromanlage wird lediglich bei Stromausfall, die Feuerlöschpumpen nur im Brandfall betrieben. Ein Testbetrieb der Notstromaggregate ist für etwa eine Stunde pro Monat und der Feuerlöschpumpen für etwa eine Stunde pro Woche vorgesehen.

6. Emissionen

6.1. Anlagen auf dem Ethylen-Terminal

Die technischen Anlagen auf dem Ethylen-Terminal erzeugen überwiegend keine relevanten Luftschadstoffemissionen. Die dieselbetriebenen Aggregate der Notstromaggregate und der Feuerlöschpumpen sind nur kurzzeitig beim Funktionstest bzw. im Notfall in Betrieb. Im Folgenden wird der Betrieb dieser Anlagen für das betrachtete Modelljahr jedoch eingerechnet. Zur Ableitung der Abgasmengen im Normzustand und der Abgastemperaturen wurden exemplarische Herstellerangaben [90] für Dieselaggregate herangezogen. Die Emissionen und weiteren Eingangsdaten sind in der Anlage A 4 zu finden.

Die wenigen KFZ-Fahrten auf dem Gelände sind hinsichtlich der Luftschadstoffbelastungen zu vernachlässigen.

Für die Notfackel ist von einem kurzzeitigen bzw. seltenen Betrieb im Notfall auszugehen. Die Auslassöffnung befindet sich in einer Höhe von 63 m über Gelände. Die Emissionen finden somit in einer hohen Luftschicht statt. Weiterhin ist aufgrund der hohen Temperatur der Flamme ein thermischer Auftrieb der Abgase zu erwarten, so dass diese in noch höhere Luftschichten verfrachtet werden. Somit ist auch mit den geplanten bzw. vorhandenen Baukörpern ein ungestörter Abtransport der Abgase sichergestellt. Insgesamt wird damit auf dem Ausbreitungsweg zu den schutzbedürftigen Nutzungen in Bodennähe bzw. an den Gebäuden eine gute Verdünnung erreicht. Somit ist aufgrund der Ausbreitungsbedingungen sowie des seltenen Betriebes damit zu rechnen, dass die Notfackel nicht signifikant zur Gesamtbelastung beiträgt. Dies ist auch aufgrund der geringen Mengen für den Dauerbetrieb der Pilotbrenner (Propan) der Fall. Im Folgenden wird die Notfackel daher nicht berücksichtigt.

6.2. Schiffsverkehr

6.2.1. Schiffsfahrten und Liegezeiten

Die Anzahl der Schiffsbewegungen und Schiffs Liegezeiten wurden aus der obigen Betriebsbeschreibung abgeleitet.

Für die Anlieferungen wird jährlich von sechs Großschiffen und 38 kleineren Tankern ausgegangen, so dass sich 44 Schiffe pro Jahr ergeben. Für die Liegezeiten wird den

Ladezeiten entsprechend im Mittel von 28 Stunden je Großschiff und je 8 Stunden für die kleineren Tankschiffe ausgegangen.

Für den seeseitigen Export ist mit etwa 28 Schiffen pro Jahr zu rechnen ist. Den Ladezeiten entsprechend werden für die Liegezeiten im Mittel 12 Stunden je Schiff angesetzt.

Für den Schiffsverkehr werden folgende Vorgänge unterschieden:

- Große Tankschiffe (Import):
 - Anlegemanöver vor dem Liegeplatz, etwa 30 Minuten;
 - Liegezeiten jeweils 28 Stunden;
 - Ablegemanöver vor dem Liegeplatz, etwa 15 Minuten;
- Kleine Tankschiffe (Import):
 - Anlegemanöver vor dem Liegeplatz, etwa 15 Minuten;
 - Liegezeiten jeweils 8 Stunden;
 - Ablegemanöver vor dem Liegeplatz, etwa 15 Minuten.
- Kleine Tankschiffe (Export):
 - Anlegemanöver vor dem Liegeplatz, etwa 15 Minuten;
 - Liegezeiten jeweils 12 Stunden;
 - Ablegemanöver vor dem Liegeplatz, etwa 15 Minuten.

6.2.2. Emissionsfaktoren

Die Emissionen aus dem Schiffsverkehr ergeben sich zum einen durch die Wende- und Anlegemanöver, zum anderen durch den kontinuierlichen Betrieb der Hilfsaggregate und Hilfskessel während der Liegezeiten im Hafen.

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 Vollastbetrieb 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.

Neuere Schiffe sind mit einem dieselektrischen Antrieb ausgerüstet. Hilfsdiesel sind bei diesen Schiffen nicht installiert, da auch im Hafen die Hauptmaschine (meist 4

Einzelaggregate) die Stromerzeugung übernimmt. Im vorliegenden Fall wurde dies nicht berücksichtigt (konservativer Ansatz).

Abgasemissionen lassen 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 u.a. folgende Quellen zur Verfügung:

- ENTEC 2002 [22]: Eine 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. 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.
- Isensee 2003 [24]: Zur Abschätzung der Emissionen der Hilfskessel wird der Wärmebedarf und damit die erforderliche Größe der Hilfskessel anhand von typischen Parametern geschätzt (Containerschiffe, Tanker, RoRoCargo: Tragfähigkeit t_{dw}, 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 nur eine geringe Datengrundlage zur Verfügung steht, für eine Abschätzung der Größenordnung der Emissionen der Hilfskessel ist das Modell jedoch geeignet.
- Internationale Seeschiffahrts-Organisation (IMO): Im Rahmen des internationalen Abkommens MARPOL, Anhang VI [19] wurden für neue Schiffsmotoren Grenzwerte für die Stickstoffoxidemissionen festgelegt, die in drei Stufen sukzessive deutlich herabgesetzt werden (ab 2000, 2011 und 2016). Insbesondere betragen ab 2016 die Grenzwerte nur noch 20% der Grenzwerte aus dem Jahr 2000.

In der vorliegenden Untersuchung werden weiterhin zur sicheren Seite die nach Motoren- und Treibstoffklassen differenzierten Emissionsfaktoren der ENTEC-Studie zugrunde gelegt. Diese Ansätze stellen weiterhin aktuelle Daten dar und sind geeignet, die Emissionen für jedes Schiff abzuleiten, sofern Motorenkonzept und Treibstoffart bekannt sind. Grundsätzlich sind gemäß MARPOL, Anhang VI künftig zwar Abnahmen der Emissionen zu erwarten. Da diese jedoch nur für neue Schiffsmotoren gelten und die Erneuerung der Flotte bzw. der Schiffsaggregate sukzessive erfolgt, ist erst langfristig mit deutlichen Abnahmen zu rechnen. Im Einzelfall neuerer Schiffe sind jedoch geringere Emissionen zu erwarten. Sofern die Schiffe mit LNG betrieben werden sollten, ist ebenfalls

mit deutlich geringeren Emissionen zu rechnen (hier als konservativer Ansatz nicht berücksichtigt).

Eine Zusammenstellung der Emissionsfaktoren findet sich in der Anlage A 3.1

Die verfügbaren Emissionsfaktoren beschränken sich auf die Schadstoffkomponenten NO_x, SO₂, CO₂, HC und Feinstaub PM. Für NH₃ werden repräsentative Literaturwerte für Dieselmotoren zugrunde gelegt.

Es wird zur sicheren Seite davon ausgegangen, dass der Feinstaub zu 100 % durch die PM_{2,5}-Fraktion gegeben ist, also auch zu 100 % im PM₁₀-Anteil enthalten ist.

Für Benzo(a)pyren liegen keine detaillierten Daten vor. Dementsprechend wird der in den vorhergehenden Luftschadstoffuntersuchungen für die Kreuzfahrterminals HafenCity [88] und Altona [89] verwendete Ansatz von 0,00000205 g/kWh zugrunde gelegt.

6.2.3. Treibstoffarten

Als Treibstoffarten werden für die Schiffsaggregate Schweröl („residual oil“, RO), Marinediesöl (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 SO₂ umgewandelt wird.

Seit 2006/2007 ist die Nordsee als SO_x-Emissions-Überwachungsgebiet eingestuft [12]. Dementsprechend darf dort seit 2015 der Schwefelgehalt der Treibstoffe maximal 0,1 % betragen (Anpassung MARPOL, Anhang VI [19]). Dies entspricht der Verwendung von MGO. Anderenfalls sind geeignete Abgasreinigungsanlagen einzusetzen, die im Hinblick auf die Abgasemission zu derselben Minderung führen.

In der vorliegenden Untersuchung wurde entsprechend den gesetzlichen Anforderungen ein Schwefelgehalt von 0,1 % berücksichtigt.

6.2.4. Leistungen und Auslastungsgrade der Aggregate

Hinsichtlich der Leistungen der Schiffsmaschinen wurden repräsentative Literaturdaten für Flüssiggastanker ausgewertet. Folgende mittlere Ansätze werden zugrunde gelegt (jeweils Gesamtleistung aller Maschinen):

- Tankschiff (Import, groß):
 - Hauptmaschinen: 10.000 kW;
 - Hilfsdiesel: 3.000 kW;
- Tankschiff (Import, klein):
 - Hauptmaschinen: 6.000 kW;
 - Hilfsdiesel: 2.700 kW;
- Tankschiff (Export, klein):
 - Hauptmaschinen: 4.500 kW;

- Hilfsdiesel: 2.300 kW.

Weiterhin sind die Auslastungsgrade der Maschinen für die Ermittlung der Emissionen der verschiedenen Zustände wichtig. Hier werden für die Seeschiffe ebenfalls die Ansätze gemäß ENTEC zugrunde gelegt, die insbesondere einen Betrieb der Hauptmaschinen während der Liegezeit zum Betrieb der Pumpen bei der Ladetätigkeit beinhalten. Eine Zusammenstellung findet sich in der Anlage A 3.2.

Geht man von den Auslastungen der Aggregate aus dem Programm EMISS gemäß Isensee aus, so ergeben sich geringere Gesamtemissionen. Dies ist dadurch begründet, dass der Betrieb der Pumpen bei Tankschiffen nicht enthalten ist. Dementsprechend wird im Folgenden mit den ENTEC-Ansätzen gerechnet.

Für die vorliegenden Tankschiffe ist ein Betrieb von ggf. ebenfalls vorhandenen Hilfskesseln nicht maßgebend. Dies sind i.W. bei Passagierschiffen von Bedeutung. Im Folgenden werden diese daher nicht berücksichtigt.

6.2.5. Emissionsmodell

Unter Berücksichtigung der Emissionsfaktoren, Treibstoffarten, Auslastungsgrade und der weiteren schiffsgenauen Eingangsdaten wurden die Emissionen für jedes Schiff für die Lastfälle „An-/Ablegemanöver“ und „Liegezeit im Hafen“ ermittelt. Im vorliegenden Fall wird für die Anlege- und Ablegemanöver 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 Liegezeiten wurden anschließend die Gesamtemissionen je Betriebsstunde für jeden Lastfall als Summe über alle Schiffsaggregate verwendet. Mit diesen Ansätzen wurde für jede Luftschadstoffkomponente eine Jahressganglinie erstellt, die als Emissionszeitreihe bei der Ausbreitungsberechnung berücksichtigt wird.

Eine Zusammenstellung der Gesamtemissionen pro Jahr zeigt die Anlage A 5.

6.3. Gesamtemissionen im Untersuchungsgebiet

Zur Abschätzung der Größe der Luftschadstoffemissionen durch Quellen innerhalb des Untersuchungsgebietes wurden die Gesamtemissionen bilanziert. Dabei wurden die einzelnen Quellbereiche zum Vergleich detailliert angegeben. Die Bilanzierung umfasst alle maßgeblichen Quellen innerhalb des Rechengebietes. Die sich ergebenden jährlichen Gesamtemissionen für den Prognose-Planfall sind in der Tabelle 5 aufgeführt.

Die Analyse zeigt, dass die maßgebenden Emissionen durch die Liegezeiten der großen Seeschiffe gegeben sind. Je nach Schadstoffkomponente betragen diese in Summe etwa 90 % und mehr der Gesamtemissionen des Betriebs des Ethylen-Terminals. Alle weiteren Vorgänge liegen jeweils nur bei etwa 10 % der Gesamtemissionen und weniger.

Tabelle 5: Gesamtemissionen im Untersuchungsgebiet (Tonnen pro Jahr)

Nr.	Quelle	Gesamtemissionen [t/a]								
		NOx	NO ₂	NO	NH ₃	SO ₂	CO ₂	BaP	PM ₁₀	PM _{2,5}
1	Tankschiffe (Import, groß)	8,57	0,86	5,04	0,001	0,27	437	1,3E-06	0,391	0,391
2	Tankschiffe (Import, klein)	11,31	1,13	6,65	0,002	0,36	633	1,9E-06	0,504	0,504
3	Tankschiffe (Export, klein)	10,01	1,00	5,89	0,002	0,32	555	1,6E-06	0,427	0,427
4	Anlagen Terminal	3,56	0,36	2,10	0,000	0,12	196	0,0E+00	0,053	0,053
5	Gesamtemissionen	33,45	3,34	19,67	0,005	1,07	1.820	4,8E-06	1,376	1,376

7. Schornsteinhöhenberechnung

7.1. Allgemeines

Die Ermittlung der erforderlichen Schornsteinmindesthöhe ist in Nummer 5.5 der TA Luft geregelt. Nach Nr. 5.5.1 TA Luft ist in der Regel eine Ableitung über Schornsteine erforderlich, deren Höhe nach der Nummer 5.5.2 zu bestimmen ist. Die Berechnung erfolgt für genehmigungsbedürftige Anlagen gemäß Nr. 5.5.2.2 TA Luft.

Die Lage und Höhe der Schornsteinmündung soll gemäß Nr. 5.5.2.1 TA Luft den Anforderungen der Richtlinie VDI 3781 Blatt 4 (Ausgabe Juli 2017) [67] genügen. Bei Emissionsquellen mit geringen Emissionsmassenströmen sowie in Fällen, in denen nur innerhalb weniger Stunden aus Sicherheitsgründen Abgase emittiert werden, kann die erforderliche Schornsteinhöhe im Einzelfall festgelegt werden. Dabei sind eine ausreichende Verdünnung und ein ungestörter Transport der Abgase mit der freien Luftströmung anzustreben.

Darüber hinaus muss die Schornsteinhöhe den Anforderungen der Nummern 5.5.2.2 und 5.5.2.3 genügen. Die Schornsteinhöhe wird gemäß Nr. 5.5.2.2 über Ausbreitungsrechnungen nach Anhang 2 TA Luft bestimmt, mit den gemäß Nr. 14 des Anhangs 2 vorzunehmenden Vereinfachungen. Zur Berechnung der emissionsbedingten Mindestschornsteinhöhe für eine ausreichende Verdünnung der Abgase sieht die TA Luft das Programm BESMIN vor.

Weiterhin wird das Merkblatt Schornsteinhöhenberechnung [82] beachtet.

Mittlerweile wurde die VDI 3781 Blatt 4 überarbeitet [67], wobei die VDI 2280 integriert wurde. Somit wird im Folgenden die neue Fassung der VDI 3781 Blatt 4 herangezogen.

Aufgrund der Art der geplanten Anlagen und des geplanten Betriebs erfolgt die Schornsteinhöhenberechnung gemäß folgenden Regelwerken:

- Notstromaggregat: Dieses Gerät wird nur bei Stromausfall betrieben und dient der Abwehr von Gefahren. Etwa einmal pro Monat ist ein kurzzeitiger Testbetrieb erforderlich (eine Stunde). Es entstehen Verbrennungsabgase aus der Dieselverbrennung. Für diese Anlage gilt die 44. BImSchV. Hinsichtlich der Abgasableitung verweist §19, Absatz (3) der 44. BImSchV auf die TA Luft. Somit hat die Ableitung der Abgase über einen Kamin nach 5.5.2.2 TA Luft zu erfolgen.

- Feuerlöschpumpen: Diese Geräte werden nur im Brandfall betrieben und dienen der Abwehr von Gefahren. Etwa einmal pro Woche ist ein kurzzeitiger Testbetrieb erforderlich (etwa eine Stunde). Es entstehen Verbrennungsabgase aus der Dieselerbrennung. Für die Feuerlöschpumpen besteht eine Genehmigungspflicht nach Nr. 1.4.1.2 des Anhangs 1 der 4. BImSchV. Es gelten die Anforderungen der 44. BImSchV. Hinsichtlich der Abgasableitung verweist §19, Absatz (3) der 44. BImSchV auf die TA Luft. Somit hat die Ableitung der Abgase über einen Kamin nach 5.5.2.2 TA Luft zu erfolgen.
- Notfackel: Die Notfackel wird überwiegend nur in besonderen Betriebssituationen wie z.B. nach einer größeren Revision betrieben. Im Normalbetrieb wird die Notfackel nur kurzzeitig zum Abfackeln von Kleinmengen nach einer Schiffsabfertigung genutzt. Notfackeln fallen nicht unter die 4. BImSchV (s. Anhang 1, Nr. 8.1.3), analog TA Luft Nr. 5.4.8.1.3, emissionsbegrenzende Maßnahmen sind im Einzelfall festzulegen.

7.2. Notstromaggregat

Durch Verbrennungsmotoranlagen, die ausschließlich dem Notbetrieb dienen, sind die Emissionsgrenzwerte der 44. BImSchV für Formaldehyd und Schwebstaub einzuhalten. Die Abgase sind gemäß §19 der 44. BImSchV in kontrollierter Weise so abzuleiten, dass ein ungestörter Abtransport mit der freien Luftströmung ermöglicht wird. Konkrete Ableitbedingungen sieht die 44. BImSchV für Verbrennungsmotoranlagen bis 10 Megawatt nicht vor, so dass diese gemäß TA Luft bestimmt werden.

Die Abgase werden über einen Schornsteinzug abgeleitet. Es wird davon ausgegangen, dass beide Aggregate im Testbetrieb gleichzeitig betrieben werden. Folgende Eingangsdaten sind somit bei der Schornsteinhöhenermittlung zu berücksichtigen:

- Emissionsmassenströme Q gemäß Tabelle 6: 0,948 kg/h;
- Schornsteindurchmesser: 1,00 m;
- Abgastemperatur an Schornsteinmündung: 410°C;
- Abgasgeschwindigkeit: 13,9 m/s.

Die erforderliche Schornsteinmindesthöhe für die Abgasableitung beträgt 10,1 m bezogen auf das Bodenniveau (s. Anlage 0). Die erforderlichen Schornsteinhöhen sind durch die Formaldehyd-Emissionen bedingt.

Gemäß Nr. 5.5.2.1 TA Luft kann bei Emissionsquellen mit geringen Emissionsmassenströmen sowie in Fällen, in denen nur innerhalb weniger Stunden aus Sicherheitsgründen Abgase emittiert werden, die erforderliche Schornsteinhöhe im Einzelfall festgelegt werden. Dabei sind eine ausreichende Verdünnung und ein ungestörter Transport der Abgase mit der freien Luftströmung anzustreben.

Tabelle 6: Schadstoffemissionen für die geplante Notstromaggregate, (Abgasvolumenstrom je Anlage 7.900 Nm³/h, Bezugszustand)

Schadstoff (Stoffklasse gemäß TA Luft)	Grenzwert 44.BImSchV	Ansatz	Emissions- massen- strom Q	S-Wert	Q/S
	mg/m ³	mg/m ³	kg/h		kg/h
Formaldehyd	60	60	0,948	0,025	37,92
Schwebstaub	50	50	0,790	0,08	9,88

Innerhalb großflächiger Industrieanlagen kann im Einzelfall in Abhängigkeit vom Standort und dem Abstand zur Anlagengrenze von den Mindestbedingungen zur Ableitung der Abgase abgewichen werden.

Im Umfeld der Notstromaggregate ist keine schutzbedürftige Nutzung vorhanden. Darüber hinaus findet der Betrieb nur innerhalb weniger Betriebsstunden statt. Daher wird für die Abgasableitung eine Schornsteinmindesthöhe von 3 m über Dach der Einhausung der Anlage in Anlehnung an VDI 2781, Blatt 4 empfohlen.

7.3. Feuerlöschpumpen

Durch Verbrennungsmotoranlagen, die ausschließlich dem Notbetrieb dienen, sind die Emissionsgrenzwerte der 44. BImSchV für Formaldehyd und Schwebstaub einzuhalten. Die Abgase sind gemäß §19 der 44. BImSchV in kontrollierter Weise so abzuleiten, dass ein ungestörter Abtransport mit der freien Luftströmung ermöglicht wird. Konkrete Ableitbedingungen sieht die 44. BImSchV für Verbrennungsmotoranlagen bis 10 Megawatt nicht vor, so dass diese gemäß TA Luft bestimmt werden.

Die Abgase werden über einen Schornsteinzug abgeleitet. Es wird davon ausgegangen, dass beide Pumpen im Testbetrieb gleichzeitig betrieben werden. Folgende Eingangsdaten sind somit bei der Schornsteinhöhenermittlung zu berücksichtigen:

- Emissionsmassenströme Q gemäß Tabelle 7: 1,008 kg/h;
- Schornsteindurchmesser: 1,00 m;
- Abgastemperatur an Schornsteinmündung: 460°C;
- Abgasgeschwindigkeit: 15,9 m/s.

Die erforderliche Schornsteinmindesthöhe für die Abgasableitung beträgt 10,0 m bezogen auf das Bodenniveau (s. Anlage A 11.4). Die erforderlichen Schornsteinhöhen sind durch die Formaldehyd-Emissionen bedingt.

Gemäß Nr. 5.5.2.1 TA Luft kann bei Emissionsquellen mit geringen Emissionsmassenströmen sowie in Fällen, in denen nur innerhalb weniger Stunden aus Sicherheitsgründen Abgase emittiert werden, die erforderliche Schornsteinhöhe im Einzelfall festgelegt werden. Dabei sind eine ausreichende Verdünnung und ein ungestörter Transport der Abgase mit der freien Luftströmung anzustreben.

Tabelle 7: Schadstoffemissionen für die geplanten Feuerlöschpumpen, (Abgasvolumenstrom je Anlage 8.400 Nm³/h, Bezugszustand)

Schadstoff (Stoffklasse gemäß TA Luft)	Grenzwert 44.BImSchV	Ansatz	Emissions- massen- strom Q	S-Wert	Q/S
	mg/m ³	mg/m ³	kg/h		kg/h
Formaldehyd	60	60	1,008	0,025	40,32
Schwebstaub	50	50	0,840	0,08	10,50

Innerhalb großflächiger Industrieanlagen kann im Einzelfall in Abhängigkeit vom Standort und dem Abstand zur Anlagengrenze von den Mindestbedingungen zur Ableitung der Abgase abgewichen werden.

Im Umfeld der Feuerlöschpumpen ist keine schutzbedürftige Nutzung vorhanden. Darüber hinaus findet der Betrieb nur innerhalb weniger Betriebsstunden statt. Daher wird für die Abgasableitung eine Schornsteinmindesthöhe von 3 m über Dach der Einhausung der Anlage in Anlehnung an VDI 2781, Blatt 4 empfohlen.

7.4. Notfackel

Die Notfackel wird überwiegend nur in besonderen Betriebssituationen betrieben. Im Normalbetrieb wird die Notfackel nur kurzzeitig zum Abfackeln von Kleinmengen nach einer Schiffsabfertigung genutzt. Notfackeln fallen nicht unter die 4. BImSchV (s. Anhang 1, Nr. 8.1.3), analog TA Luft Nr. 5.4.8.1.3, emissionsbegrenzende Maßnahmen sind im Einzelfall durch die Genehmigungsbehörde festzulegen.

Die erforderliche Mindesthöhe ergibt sich aus der Störfalluntersuchung. Als Kriterium ist in 2 m Höhe die Wärmestrahlung zu begrenzen.

8. Immissionen

8.1. Allgemeines

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

Eine Abschätzung der straßenverkehrsbedingten Immissionen im straßennahen Bereich kann anhand der Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne und mit lockerer Randbebauung (RLuS 2023) [57] erfolgen, das vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr zur Anwendung empfohlen wurde [58]. Für Innerortsstraßen mit Geschwindigkeiten von 50 km/h und weniger ist es jedoch nicht geeignet.

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 RLuS 2023 als Schätzverfahren, für großräumige detaillierte Berechnungen Gaußsche Linienquellenmodelle (z.B. PROKAS [59]) 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 [60]) erfolgen.

Die aktuelle Fassung der TA Luft [10] beinhaltet zur Berechnung der Schadstoffausbreitung für genehmigungsbedürftige Anlagen das Ausbreitungsmodell AUSTAL [62], 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.

8.2. Berechnungsverfahren

8.2.1. Rechenmodell

Die Berechnung der Luftschadstoffausbreitung erfolgte im vorliegenden Fall mit dem Modell AUSTAL, das mit der Neufassung der TA Luft (2021) eingeführt und gegenüber der vorhergehenden Fassung AUSTAL2000 der TA Luft (2002) in Teilen modifiziert wurde. Das Modell erfüllt die Anforderungen der TA Luft sowie der VDI 3783, Blatt 13 [72] und ist gemäß VDI 3945, Teil 3 [74] verifiziert. Als diagnostisches Modell gemäß VDI 3783, Blatt 10 [71] ist es grundsätzlich auch für die Detailmodellierung bei kraftfahrzeugbedingten Immissionsberechnungen gemäß VDI 3783, Blatt 14 [73] geeignet. Die Modellierung erfolgte durch Volumen-, Flächen-, Linien- und Punktquellen.

Bei der Ausbreitungsrechnung wurden die standortspezifischen meteorologischen Daten berücksichtigt. Diese wurden als Ausbreitungsklassenstatistik vom Deutschen Wetterdienst bereitgestellt (Standort Brunsbüttel, repräsentatives Jahr 2001, s. Anlage A 7 [86]). Aufgrund der Lage der Station in Brunsbüttel ist die räumliche Repräsentanz für das Plangebiet sichergestellt. Die Messstation wird seit 2009 nicht mehr betrieben, so dass keine aktuelleren Daten vorliegen. Es ist jedoch nicht zu erwarten, dass sich die langjährige mittlere Windrichtungsverteilung und Windgeschwindigkeit relevant geändert haben, da

dies erst auf längeren Zeiträumen erfolgt (typischerweise mehr als 30 Jahre). Die Repräsentanz der Daten ist daher weiterhin gegeben.

Die Qualität bzw. die Standardabweichung der Simulationsergebnisse mit AUSTAL hängt von der Anzahl der bei der Simulation berücksichtigten Teilchen ab. Die Anzahl der Teilchen kann durch Wahl des Berechnungsparameters „Qualitätsstufe“ beeinflusst werden. Eine Erhöhung wird allerdings durch eine teilweise erheblich längere Rechenzeit 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 in den beurteilungsrelevanten Bereichen eingehalten.

8.2.2. Rechengebiet und Kenngrößen

Das Rechengebiet umfasst das geplante Ethylen-Terminal und die weiträumige Nachbarschaft. Es wurde durch drei geschachtelte Rechengitter mit Maschenweiten von 5 m, 10 m und 20 m modelliert. Die Ausdehnung des Untersuchungsgebietes beträgt insgesamt 6 x 6 km².

Vertikal wurde das Standardgitter gemäß AUSTAL verwendet. Die für die Beurteilung der Luftschadstoffkonzentrationen übliche Aufpunkthöhe von 1,5 m liegt in der ersten Schicht.

Im Untersuchungsgebiet wurde der Einfluss der vorhandenen und geplanten Geländetopografie aufgrund des weitgehend ebenen Geländes nicht berücksichtigt. Der Einfluss auf die Schadstoffausbreitung ist vernachlässigbar.

Für das gesamte Untersuchungsgebiet ist der Einfluss von Bebauung vernachlässigbar. Straßenschluchten oder besonders dichte und hohe Bebauung entlang der maßgebenden Quellen, die die Luftströmungen relevant behindern könnten, sind nicht vorhanden.

Bei den Windfeld- und Ausbreitungsrechnungen wurde die vom Programm ermittelte mittlere Rauigkeitslänge $z_0=0,1$ m (u.a. für nicht bewässertes Ackerland, Wiesen und Weiden, Sümpfe und Torfmoore) verwendet.

Der Einfluss der Baukörper der Seeschiffe kann jedoch auf die Ableitung der eigenen Abgase grundsätzlich einen Effekt hervorrufen. 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 Berücksichtigung des Einflusses der Schiffskörper auf die Konzentrationsverteilungen erfolgte hier indirekt in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3783, Blatt 13 [27] durch die Benutzung von vertikal ausgedehnten Linienquellen. Durch die vertikal verteilte Emissionsabgabe wird der Down-Wash-Effekt simuliert, so dass eine realistischere Konzentrationsverteilung der Luftschadstoffe ermöglicht wird. Auch für die anderen Anlagen auf dem Ethylen-Terminal wurde eine vertikal ausgedehnte Quelle zugrunde gelegt.

Die Berechnung der Immissionen erfolgte flächendeckend innerhalb der gewählten Rechengebiete. Mit AUSTAL werden als Ergebnisse bestimmte Kenngrößen flächendeckend ausgegeben, für die in der TA Luft und der 39. BImSchV Grenzwerte

festgelegt sind. Bei Ausbreitungsrechnungen mit einer Ausbreitungsklassenstatistik ist eine Darstellung der Stunden- und Tagesmittelwerte nicht möglich, so dass diese aus den jeweiligen Jahresmittelwerten aus Naturmessdaten abgeleitet werden. Zusätzlich wurden im vorliegenden Fall 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 SO₂);
- T35: Tagesmittelwert, der an 35 Tagen im Jahr überschritten wird (entspricht 90,4-Perzentil der Tagesmittelwerte, nur für PM₁₀);
- T00: maximaler Tagesmittelwert;
- S18: Stundenmittelwert, der an 18 Stunden im Jahr überschritten wird (entspricht 99,8-Perzentil der Stundenmittelwerte, nur für NO₂);
- S24: Stundenmittelwert, der an 24 Stunden im Jahr überschritten wird (entspricht 99,7-Perzentil der Stundenmittelwerte, nur für SO₂);
- S00: maximaler Stundenmittelwert.

Die Berechnung BaP-Immissionen mit AUSTAL erfolgt als Schadstoff xx, die Berechnung der PM_{2,5}-Immissionen mit dem Modell AUSTAL 2000 (Bauphase) als Schadstoff xx-1 (Schwebstaub der Größenklasse PM_{2,5}).

8.2.3. Quellenmodell

Bei der Modellerstellung wurden folgende Teilquellbereiche unterschieden:

- An- und Ablegemanöver Tankschiffe: Flächenquelle mit vertikaler Ausdehnung von 10 m bis 20 m (Volumenquelle);
- Liegezeiten Tankschiffe: Punktquellen mit vertikaler Ausdehnung von 10 m bis 20 m;
- Anlagen auf dem Ethylen-Terminal: Punktquellen mit vertikaler Ausdehnung von 5 m bis 10 m.

Für die Emissionen aus Schornsteinen ist bei der Ausbreitungsberechnung mit AUSTAL die Berücksichtigung einer Abgasfahnenüberhöhung durch die mit einem vertikalen Impuls behafteten heißen Abgase möglich. Im vorliegenden Fall wurde für die Schiffsemissionen der Seeschiffe eine Abgasfahnenüberhöhung berücksichtigt.

Detaillierte Angaben zu den Abgasvolumenströmen stehen für die Seeschiffe nicht zur Verfügung, so dass eine entsprechende Abschätzung vorgenommen wurde. Der verbrauchte Treibstoff besteht überwiegend aus Kohlenstoff (etwa 90 %) und Wasserstoff (etwa 10 %), weitere Inhaltsstoffe sind bei der vorliegenden Abschätzung irrelevant. Bei der

Verbrennung entstehen aus dem Kohlenstoff im Treibstoff im Wesentlichen Kohlenmonoxid (etwa 4 %) und Kohlendioxid (etwa 96 %), das Verhältnis kann u.a. aus repräsentativen Emissionsfaktoren abgeleitet werden. Darüber hinaus entsteht Wasserdampf. Aus den entsprechenden Molmengen der Verbrennungsprodukte und einem typischen Luftüberschusswert Lambda von etwa 2,6 kann die entstehende Abgasmenge je kg Treibstoff berechnet werden. Mit diesen Ergebnissen kann das Abgasvolumen auch auf die Kohlendioxidemissionen bezogen werden. Es ergibt sich je Kilogramm Kohlendioxid ein Abgasvolumen von insgesamt etwa 8,8 m³ im Normzustand gemäß TA Luft (Nm³: Temperatur 273,15 K und Druck 101,3 kPa). Mit diesem Ansatz wurden die Abgasvolumenströme abgeschätzt.

Bei der Berechnung der Abgasfahnenüberhöhung der Seeschiffe wurde lediglich der thermische Anteil aufgrund des Auftriebs des heißen Abgases zugrunde gelegt. Dabei wurde zur sicheren Seite eine eher niedrig angesetzte Abgasaustrittstemperatur am Schornstein von 150°C gewählt, um die Abgasfahnenüberhöhung nicht zu überschätzen. Der Wärmestrom wurde gemäß VDI 3782, Teil 3 [68] aus dem Abgasvolumenstrom im Normzustand und der Abgastemperatur berechnet. Für die Ausbreitungsrechnung wurde für die An- und Ablegemanöver dementsprechend von Wärmeströmen zwischen 1,1 MW für die großen Tankschiffe und 0,7 bis 0,8 MW für die kleineren Tanker ausgegangen. Während der Liegezeiten wurden Wärmeströme von 1,2 MW für die großen Tankschiffe und 0,7 bis 0,9 MW für die kleineren Tanker zugrunde gelegt. Für die Abgaskamindurchmesser der Schiffe wurden exemplarische Werte zugrunde gelegt. Die thermischen Austrittsgeschwindigkeiten der Abgase wurden gemäß VDI 3782, Teil 3 [68] berechnet. Die Ansätze sind der Anlage A 3.4 zu entnehmen.

8.3. NO-NO₂-Konversion

8.3.1. Allgemeines

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

Aktuelle Messungen an innerstädtischen verkehrsexponierten Standorten zeigen teilweise deutliche Zunahmen der NO₂-Immissionen, was den bisher prognostizierten Abnahmen der NO_x-Emissionen durch verbesserte Abgasreinigungstechniken widerspricht. Als Erklärung für diese Messwerte sind u. a. erhöhte NO₂-Direktemissionen im Abgas verantwortlich, insbesondere bei Fahrzeugen mit Dieselantrieb und Oxidationskatalysator [77].

Das Modell AUSTAL behandelt die Stickoxide NO_x gegenüber NO und NO₂ als unabhängigen Schadstoff, so dass die Berechnung der NO_x-Immissionen unabhängig möglich ist. Die Emissionen von NO und NO₂ sind davon getrennt anzugeben. Bei der Ausbreitungssimulation mit AUSTAL erfolgt die Berücksichtigung der chemischen Umwandlung von NO in NO₂ gemäß der VDI-Richtlinie 3782, Blatt 1 [38], deren Ansätze auf Messungen an Schornsteinen von Kraftwerken beruhen.

Untersuchungen im Rahmen eines anderen Hafenprojekts haben gezeigt, dass unter Berücksichtigung der NO-NO₂-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.

Im Folgenden erfolgt daher eine Ausbreitungsberechnung für den Schadstoff NO_x. Die NO-NO₂-Konversion wird anschließend durch ein statistisches Verfahren berücksichtigt (s. Ausführungen im folgenden Abschnitt).

8.3.2. Umwandlungsmodelle

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

- **Romberg:** Im straßennahen Bereich wurde der Anteil der Stickstoffdioxid-Immissionen aus den gesamten Stickstoffoxidbelastungen (Summe aus NO und NO₂) bisher überwiegend durch einen aus Naturmessdaten abgeleiteten statistischen Zusammenhang nach Romberg [76] durchgeführt. Eine Anpassung der obigen Formeln an sehr hohe Immissionen erfolgte durch Bächlin [78].
- **Vereinfachtes chemisches Modell:** Mittlerweile liegen Veröffentlichungen zu einem vereinfachten chemischen Umwandlungsmodell zur NO-NO₂-Konversion vor [79]/[80], das für die Anwendung geeignet erscheint und zu plausiblen Ergebnissen führt. Als wesentliche Parameter sind die Hintergrundbelastungen für NO_x, NO₂ und Ozon sowie der Anteil p an NO₂-Direktemissionen im Abgas zu verwenden. Dabei werden die Hintergrundbelastungen für NO_x und NO₂ unabhängig voneinander verwendet, da im NO_x auch der Anteil an NO enthalten ist. Darüber hinaus kann zwischen Freifeld und Straßenschlucht unterschieden werden (Wahl der Zeitkonstante τ).

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

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

- **Konversionsformel LLUR (Schleswig-Holstein):** Aktuelle Messungen der Luftüberwachung Schleswig-Holstein zeigen, dass die Romberg-Konversion nicht ganz zutrifft. Hier liegen die Messergebnisse unterhalb der Auswertekurve nach Romberg. Aus diesem Grund wurde vom Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (LLUR) eine aus den Messergebnissen abgeleitete NO_x/NO₂-Umrechnungsformel entwickelt, welche in der vorliegenden Untersuchung zugrunde gelegt wird [87].

Die Umrechnung erfolgt gemäß folgender Formel:

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

8.4. 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 Schleswig-Holstein herangezogen [85]. Zur Ableitung der Hintergrundbelastungen sind die nicht verkehrsexponierten bzw. die flächenbezogenen Standorte geeignet. Eine Zusammenstellung aktueller Messwerte zeigt die Anlage A 8.

Im vorliegenden Fall befinden sich Messstellen der Luftüberwachung im Untersuchungsgebiet (Brunsbüttel Cuxhavener Straße bzw. bis Ende 2010 Holstendamm). Diese werden als Hintergrundbelastungen herangezogen. An der Cuxhavener Straße wurden gegenüber der Messstelle am Holstendamm tendenziell höhere Immissionen gemessen, was auf die Nähe zu den Schleusen am Nord-Ostsee-Kanal zurückzuführen ist.

Zur sicheren Seite werden im Folgenden überwiegend die Messwerte der Station Cuxhavener Straße herangezogen. An den weiter entfernten Aufpunkten ist von geringeren Immissionen auszugehen.

Für die SO₂-Immissionen ist erkennbar, dass diese seit 2010 deutlich abgenommen haben.

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

- NO₂ (Jahresmittelwert): 24 µg/m³;
- NO₂ (Anzahl Stundenmittelwerte > 200 µg/m³, berechnet gemäß Ansatz RLuS 2023): 2 Stunden;

- NO_x (Jahresmittelwert, aus NO₂ gemäß Konversionsformel des LLUR Schleswig-Holstein zurückgerechnet): 41,1 µg/m³;
- Schwefeldioxid (SO₂, Jahresmittelwert): 4,5 µg/m³;
- Schwefeldioxid (SO₂, Anzahl Tagesmittelwerte größer 125 µg/m³): keine;
- Schwefeldioxid (SO₂, Anzahl Stundenmittelwerte größer 350 µg/m³): keine;
- Feinstaub PM₁₀ (Jahresmittelwert): 20 µg/m³;
- Feinstaub PM₁₀ (Anzahl Tagesmittelwerte > 50 µg/m³, berechnet nach Ansatz „best fit + sigma“, s. Abschnitt 4.1): 12 Tage;
- Feinstaub PM_{2,5} (Jahresmittelwert): 14 µg/m³;
- Staubbiederschlag (Jahresmittelwert): 0,10 g/(m²d);
- Benzo(a)pyren (Jahresmittelwert): 0,15 ng/m³.

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

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

8.5. Gesamtbelastungen

8.5.1. Allgemeines

Die Berechnung der Luftschadstoffimmissionen erfolgte flächendeckend für das Untersuchungsgebiet. Ergänzend wurden die Immissionen an einigen maßgeblichen Einzelpunkten betrachtet. Die Ergebnisse sind in den folgenden Abschnitten für jede Schadstoffkomponente getrennt zusammengefasst.

Eine grafische Darstellung des gesamten Untersuchungsgebietes sowie die Bezeichnung und Lage der Immissionsorte finden sich in den Lageplänen der Anlage A 1.

In der Anlage A 9 sind flächendeckende Schadstoffkarten der Jahresmittelwerte der Gesamtbelastungen für den Prognose-Planfall und eine Aufpunkthöhe von 1,5 m dargestellt.

Aus Gründen der Darstellung wurde eine Skaleneinteilung mit variierenden Klassenbreiten entsprechend der beurteilungsrelevanten Gesamtbelastungen gewählt.

8.5.2. Stickstoffdioxid-Belastungen (NO₂, Jahresmittelwert J00)

Die Ermittlung der NO₂-Gesamtbelastung erfolgte durch Anwendung der Konversionsformel gemäß LLUR Schleswig-Holstein (vgl. Abschnitt 8.3.2). Die Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxid-Belastungen für das Erdgeschoss sind in der Tabelle 8 dargestellt. Flächendeckende Ergebnisse sind in der Rasterkarte der Anlage A 9.1 zu finden.

Zusammenfassend ergeben sich die höchsten Zusatzbelastungen aus dem geplanten Hafenbetrieb am Pfortnergebäude auf dem Covestro-Anlagengelände mit bis zu 0,7 µg/m³. Insgesamt sind an allen maßgebenden Immissionsorten Zusatzbelastungen von unter 1,2 µg/m³ und weniger zu erwarten, so dass das Irrelevanzkriterium der TA Luft eingehalten bzw. unterschritten wird (unterhalb 3 % des Immissionswertes, d.h. 1,2 µg/m³).

Unter Berücksichtigung der Hintergrundbelastungen ergeben sich an den maßgebenden Immissionsorten Gesamtbelastungen von bis zu 24,9 µg/m³. Der Immissionsgrenzwert der 39. BImSchV und der Immissionswert der TA Luft von jeweils 40 µg/m³ werden somit sicher eingehalten.

Die Hintergrundbelastungen als auch die Gesamtbelastungen sind im Vergleich mit dem Immissionsgrenzwert als leicht erhöhte Konzentrationen zu bewerten (zwischen 50 % und 75 % des Grenzwertes).

Tabelle 8: Stickstoffdioxid-Belastungen (Jahresmittelwert J00, NO₂-Irrelevanzgrenze gemäß TA Luft 1,2 µg/m³), ungünstigstes Geschoss

Immissionsort	NO ₂ -Belastungen (Jahresmittelwert J00) [µg/m ³]			
	Grenzwert	Hintergrundbel.	Prognose-Planfall	
			Zusatzbelastg.	Gesamtbelastg.
IO 1	40	24,0	0,6	24,6
IO 2	40	24,0	0,7	24,7
IO 3	40	24,0	0,1	24,1
IO 4	40	24,0	0,2	24,2
IO 5	40	24,0	0,1	24,1
IO 6	40	24,0	0,1	24,1
IO 7	40	24,0	0,1	24,1
IO 8	40	24,0	0,2	24,2
IO 9	40	24,0	0,1	24,1

In den aktuellen Fassungen der TA Luft und der 39. BImSchV wurde für Stickstoffdioxid zusätzlich ein Kurzzeitbelastungswert von 200 µg/m³ festgelegt, der als Stundenmittel bis zu 18-mal im Jahr überschritten werden darf. Die Berechnung der Überschreitungshäufigkeit des NO₂-Stundenmittelwertes wird im Folgenden anhand einer Berechnungsfunktion gemäß RLuS 2023 [57] bestimmt. Demnach ist eine Überschreitung der pro Jahr

18 erlaubten NO₂-Stundenmittelwerte erst ab einem NO₂-Jahresmittelwert von 57 µg/m³ eingetreten. Im vorliegenden Fall wird die zulässige Anzahl von 18 Überschreitungen des NO₂-Kurzzeitbelastungswertes deutlich unterschritten. Aus der Hintergrundbelastung ergibt sich rechnerisch eine Anzahl von 2 Überschreitungen gemäß dem Ansatz der RLuS 2023. Im Prognose-Planfall ändert sich nichts. Tatsächlich wurden an den Messstellen in Brunsbüttel jedoch keine Überschreitungen festgestellt.

8.5.3. Schwefeldioxid-Belastungen (SO₂, Jahresmittelwert J00)

Die Jahresmittelwerte der Schwefeldioxid-Belastungen sind in der Tabelle 9 dargestellt. Eine flächendeckende Karte findet sich in der Anlage A 9.2.

Die Schwefeldioxidbelastungen werden maßgebend durch den Schiffsverkehr bestimmt, so dass die höchsten Immissionen in hafennahen Bereichen zu erwarten sind.

Im Prognose-Planfall ergeben sich an den maßgebenden Immissionsorten Zusatzbelastungen von bis zu aufgerundet 0,1 µg/m³, so dass das Irrelevanzkriterium der TA Luft eingehalten wird (3 % des Immissionswertes, d.h. 1,5 µg/m³).

Unter Berücksichtigung einer Vorbelastung von etwa 1,1 µg/m³ ergeben sich im Prognose-Planfall Gesamtbelastungen von bis zu etwa 1,2 µg/m³.

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

Die Hintergrundbelastungen als auch die Gesamtbelastungen sind im Vergleich mit dem Immissionswert als sehr niedrige Konzentrationen zu bewerten (bis 10 % des Grenzwertes).

Tabelle 9: Schwefeldioxid-Belastungen (Jahresmittelwert J00, NO₂-Irrelevanzgrenze gemäß TA Luft 1,5 µg/m³), ungünstigstes Geschoss

Immis- sions- ort	SO ₂ -Belastungen (Jahresmittelwert J00) [µg/m ³]			
	Immis- sions- wert	Hinter- grund- bel.	Prognose-Planfall	
			Zusatz- belastg.	Gesamt- belastg.
IO 1	50	1,1	0,05	1,2
IO 2	50	1,1	0,06	1,2
IO 3	50	1,1	0,01	1,1
IO 4	50	1,1	0,01	1,1
IO 5	50	1,1	0,01	1,1
IO 6	50	1,1	0,01	1,1
IO 7	50	1,1	0,01	1,1
IO 8	50	1,1	0,01	1,1
IO 9	50	1,1	0,01	1,1

An den Messstellen in Brunsbüttel wurden seit dem Jahr 2010 der Grenzwert 125 µg/m³ für den Tagesmittelwert und der Grenzwert von 350 µg/m³ für den Stundenmittelwert nicht mehr überschritten. Aufgrund der sehr geringen Zusatzbelastung im Prognose-Planfall ist davon auszugehen, dass weiterhin keine Überschreitungen dieser Kurzzeitgrenzwerte zu erwarten sind.

8.5.4. Feinstaub(PM₁₀)-Belastungen (Jahresmittelwert J00)

Die Ergebnisse der Feinstaub(PM₁₀)-Belastungen finden sich für die untersuchten Einzelpunkte in der Tabelle 10. Flächendeckende Darstellungen sind in der Anlage A 9.3 enthalten.

Aus dem geplanten Hafenbetrieb ergeben sich an den betrachteten Einzelpunkten nur geringe Zusatzbelastungen von bis zu etwa 0,1 µg/m³, so dass das Irrelevanzkriterium der TA Luft unterschritten wird (unterhalb 3 % des Immissionswertes, d.h. 1,2 µg/m³).

Unter Berücksichtigung der Hintergrundbelastungen ergeben sich an den maßgebenden Immissionsorten Gesamtbelastungen von bis zu 20,1 µg/m³. Der Immissionsgrenzwert der 39. BImSchV und der Immissionswert der TA Luft von jeweils 40 µg/m³ werden somit sicher eingehalten.

In Bezug auf den Grenzwert von 40 µg/m³ sind die Hintergrundbelastungen als auch die Gesamtbelastungen im Prognose-Planfall (auf ganze µg/m³ gerundet) als mittlere Konzentration (über 25 % bis 50 % des Grenzwertes) einzustufen.

Tabelle 10: Feinstaub(PM₁₀)-Belastungen (Jahresmittelwert J00, Irrelevanzgrenze gemäß TA Luft 1,2 µg/m³), ungünstigstes Geschoss

Immis- sions- ort	PM ₁₀ -Belastungen (Jahresmittelwert J00) [µg/m³]			
	Grenz- wert	Hinter- grund- bel.	Prognose-Planfall	
			Zusatz- belastg.	Gesamt- belastg.
IO 1	40	20,0	0,07	20,1
IO 2	40	20,0	0,06	20,1
IO 3	40	20,0	0,02	20,0
IO 4	40	20,0	0,02	20,0
IO 5	40	20,0	0,01	20,0
IO 6	40	20,0	0,01	20,0
IO 7	40	20,0	0,01	20,0
IO 8	40	20,0	0,02	20,0
IO 9	40	20,0	0,01	20,0

Neben dem Jahresmittelwert der Feinstaub(PM₁₀)-Belastungen wurde zusätzlich die Anzahl der Tage abgeschätzt, an denen der Tagesgrenzwert von 50 µg/m³ überschritten wird. Hierfür wurde die Näherungskurve „best fit + sigma“ (BASt, 2005) zugrunde gelegt

(siehe Abschnitt 4.1). Im Prognose-Planfall ergeben sich aus der Hintergrundbelastung rechnerisch 12 Überschreitungstage im Jahr. Aufgrund der sehr geringen Zusatzbelastung im Prognose-Planfall ist davon auszugehen, dass keine weiteren Überschreitungstage zu erwarten sind. Die zulässige Anzahl von 35 Tagen, bei dem der Tagesmittelwert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten werden darf, wird nicht erreicht.

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

Des Weiteren wurden zusätzlich zu den PM_{10} -Belastungen die $\text{PM}_{2,5}$ -Jahresmittelwerte betrachtet. Die Feinstaub($\text{PM}_{2,5}$)-Belastungen finden sich als flächendeckende Darstellungen in der Anlage A 9.4 und für die untersuchten Einzelpunkte in der Tabelle 11.

An den maßgeblichen Immissionsorten betragen die Zusatzbelastungen der Jahresmittelwerte der Feinstaub($\text{PM}_{2,5}$)-Belastungen im Prognose-Planfall bis zu etwa $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, so dass das Irrelevanzkriterium der TA Luft unterschritten wird (unterhalb 3 % des Immissionswertes, d.h. $0,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Unter Berücksichtigung einer Vorbelastung von $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ergeben sich im Prognose-Planfall Gesamtbelastungen von $14,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und weniger.

Der Immissionsgrenzwert der 39. BImSchV und der Immissionswert der TA Luft von jeweils $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ werden somit sicher eingehalten.

Bezüglich des Grenzwertes von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sind die Gesamtbelastungen als leicht erhöhte Konzentrationen (zwischen 50 % und 75 % des Grenzwertes) zu bewerten. Veränderungen sind nicht zu erwarten.

Tabelle 11: Feinstaub($\text{PM}_{2,5}$)-Belastungen (Jahresmittelwert J00, Irrelevanzgrenze gemäß TA Luft $0,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ungünstigstes Geschoss

Immissionsort	PM _{2,5} -Belastungen (Jahresmittelwert J00) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
	Grenzwert	Hintergrundbel.	Prognose-Planfall	
			Zusatzbelastg.	Gesamtbelastg.
IO 1	25	14,0	0,07	14,1
IO 2	25	14,0	0,06	14,1
IO 3	25	14,0	0,02	14,0
IO 4	25	14,0	0,02	14,0
IO 5	25	14,0	0,01	14,0
IO 6	25	14,0	0,01	14,0
IO 7	25	14,0	0,01	14,0
IO 8	25	14,0	0,02	14,0
IO 9	25	14,0	0,01	14,0

8.5.6. Benzo(a)pyren-Belastungen (Jahresmittelwert J00)

Die Ergebnisse der Benzo(a)pyren-Belastungen finden sich für die untersuchten Einzelpunkte in der Tabelle 12. Eine flächendeckende Darstellung ist in der Anlage A 9.5 aufgeführt. (Hinweis: Im Vergleich zu den anderen Schadstoffkomponenten sind die Ergebnisse für BaP in der Einheit $\text{ng/m}^3 = 0,001 \mu\text{g/m}^3$ angegeben.)

An den maßgeblichen Immissionsorten ergeben sich durch den Betrieb des geplanten Vielzweckhafens Zusatzbelastungen mit Jahresmittelwerten von bis zu $0,0003 \text{ ng/m}^3$. Dies entspricht $0,03 \%$ des Zielwertes von 1 ng/m^3 , so dass die Zusatzbelastungen in Analogie zur TA Luft nicht relevant sind.

Der Zielwert gemäß 39. BImSchV von 1 ng/m^3 wird an allen maßgeblichen Immissionsorten sicher eingehalten.

Tabelle 12: Benzo(a)pyren-Belastungen (Jahresmittelwert J00, Irrelevanzgrenze in Analogie zur TA Luft $0,03 \text{ ng/m}^3$), ungünstigstes Geschoss

Immissionsort	Benzo(a)pyren-Belastungen (Jahresmittelwert J00) [ng/m^3]			
	Zielwert	Hintergrundbel.	Prognose-Planfall	
			Zusatzbelastg.	Gesamtbelastg.
IO 1	1,0	0,15	0,0003	0,15
IO 2	1,0	0,15	0,0002	0,15
IO 3	1,0	0,15	0,0001	0,15
IO 4	1,0	0,15	0,0001	0,15
IO 5	1,0	0,15	0,0000	0,15
IO 6	1,0	0,15	0,0000	0,15
IO 7	1,0	0,15	0,0000	0,15
IO 8	1,0	0,15	0,0001	0,15
IO 9	1,0	0,15	0,0000	0,15

8.5.7. Schutz der Vegetation

Für den Schutz der Vegetation und von Ökosystemen sind gemäß 39. BImSchV und in der TA Luft auch Grenzwerte für die Summe der Stickoxide (NO_x) und für Schwefeldioxid (SO_2) festgelegt.

Für den vorliegenden Fall zeigt sich, dass für NO_x überwiegend nur Zusatzbelastungen unterhalb der Irrelevanzschwelle der TA Luft von $1 \mu\text{g/m}^3$ zu erwarten sind. Eine flächenhafte Darstellung zeigt die Anlage A 9.6. Lediglich im nahen Umfeld des geplanten Hafens innerhalb des Industriegebietes werden höhere Zunahmen erreicht. Der Grenzwert gemäß 39. BImSchV bzw. TA Luft ist nur an Messstellen einzuhalten, die mehr als 20 km von Ballungsräumen oder 5 km von anderen bebauten Gebieten, Industrieanlagen oder

Straßen entfernt sind. Bei den vorliegenden geringeren Abständen ist er daher nicht anzuwenden.

In Bezug auf SO₂ wurde für das Kalenderjahr und das Winterhalbjahr (1. Oktober bis 31. März) ein Grenzwert von 20 µg/m³ eingeführt. Auch dieser Grenzwert gilt erst bei den oben genannten Abständen. Aufgrund der niedrigen Hintergrundbelastung im Jahresmittel und der sehr geringen Zusatzbelastungen durch das Planvorhaben sind nur geringe Gesamtbelastungen zu erwarten (vgl. Anlage A 9.2).

8.6. Qualität der Prognose

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

Vielmehr ist mit der vorliegenden Methodik davon auszugehen, dass die tatsächlichen Verhältnisse tendenziell überschätzt werden. Dies zeigt sich durch einen Vergleich von Ergebnissen aus vorhergehenden Immissionsprognosen im Rahmen anderer Projekte mit tatsächlichen Messwerten der Luftüberwachung Schleswig-Holstein im Umfeld von Hafenanlagen in Kiel und Lübeck-Travemünde. Auch Arbeiten im Rahmen der Luftüberwachung Schleswig-Holstein an Belastungsschwerpunkten des Straßenverkehrs zeigen gute Übereinstimmungen der prognostizierten Werte mit den Messwerten.

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

9. Bauphase

9.1. Bauablauf

Der im Folgenden beschriebene Bauablauf umfasst die maßgeblichen lärmintensiven Bauphasen. Weitere nicht dargestellte Arbeiten, z. B. die Errichtung der technischen Anlagen, sind in Bezug auf die Luftschadstoffemissionen nicht relevant und werden nicht detailliert untersucht.

Landseitig sind folgenden Hauptphasen zu unterscheiden:

- Erdbauarbeiten: Zur Auffüllung des Geländes ist die Anfuhr von etwa 50.000 m³ Erdbaumaterial geplant. Der Oberboden des Geländes wird im Bereich der Auffüllung und der Verkehrsflächen (ca. 23.000 m²) abgeschoben und seitlich gelagert. Wo erforderlich wird der Oberboden wieder als Deckschicht im Bereich der Geländeaufhöhung einge-

baut, überschüssiges Material wird im Randbereich des Baufeldes eingebaut. Der Geräteeinsatz umfasst etwa zwei Bagger, zwei Radlader, zwei Planiertrappen, zwei Walzenzüge und sechzehn Muldenkipper (Dumper) je Stunde.

- Gründung Ethylen-Tank: Die Einbringung der Gründungspfähle erfolgt mittels Hydraulikvibrator und Hydraulikschlagramme, im Fall von Fertigbetonpfählen ggf. ausschließlich mit Hydraulikschlagramme. Voraussichtlich sind ca. 140 Pfähle mit Längen bis zu 24 m erforderlich. Dies kann je nach Ergebnis der Bodensondierung noch abweichen.
- Bau des Ethylen-Tanks: Zum Bau des Tanks sind Betonanlieferungen durch Fahrmischer vorgesehen. Insgesamt sind ca. 4.500 m³ Beton erforderlich. In dieser Bauphase ist voraussichtlich eine Betonage im 24-Stunden-Betrieb erforderlich.
- Weitere Gründungsarbeiten: Für die Gebäude- und Anlagenfundamente sind voraussichtlich keine Tiefgründungen erforderlich. Hier werden kleinere Flachfundamente in Ortbetonbauweise vorgesehen.
- Gebäude- und Anlagenbau: Für diese Bauphase wird der Einsatz von etwa sechs Mobilkränen und die Anfahrt von Tiefladern zugrunde gelegt.

Wasserseitig sind folgende Arbeiten geplant:

- Bau des Anlegers und der Dalben: Die Einbringung der Gründungspfähle erfolgt mit Hydraulikvibratoren und Hydraulikschlagrammen, die auf Pontons bzw. landseitig stationiert sind. Weiterhin sind Betonarbeiten erforderlich. Wegen der Arbeiten über Wasser ist ein hohes Maß an Vorfertigung bzw. die Verwendung von Halbfertigteilen angestrebt.
- Nassbaggerarbeiten: Nassbaggerarbeiten sind im Bereich der Böschungssicherung erforderlich. Zum einen um die Böschungssicherung vor den Rammarbeiten der Gründungselemente zu beseitigen, nach den Rammarbeiten, um die Böschungssicherung wiederherzustellen. Hierzu wird ein Bagger mit Greiferschaufel auf einem Ponton eingesetzt. Gegebenenfalls sind Nassbaggerarbeiten zur Sicherstellung der Sohltiefe erforderlich. Hierzu würde ein Hopperbagger eingesetzt werden, wobei ein 24-Stunden-Betrieb zugrunde gelegt wird.

9.2. Emissionen und Immissionen

Mit dem Betrieb der Baugeräte sind übliche Abgas-Emissionen von Dieselmotoren (i. W. Stickstoffoxide, Staub inkl. Ruß) verbunden. Durch ggf. wasserseitige Materialanlieferungen durch Schuten sowie den Einsatz eines Hopperbaggers sind weitere Abgasemissionen zu erwarten, u. a. auch Schwefeldioxid.

Die Zusatzbelastungen durch den Baustellenbetrieb beschränken sich erfahrungsgemäß auf das nahe Umfeld der Baustelle. Aufgrund der großen Abstände von 1.000 Metern und mehr zur nächstgelegenen Wohnbebauung sowie der im Bereich der Baustelle vorhandenen guten Durchlüftungssituation sind nur geringe Zusatzbelastungen an der relevanten

schutzbedürftigen Bebauung zu erwarten. Da die Grenzwerte derzeit durch die Hintergrundbelastung bei Weitem nicht ausgeschöpft werden, ist durch den Betrieb der Baustelle nicht mit Überschreitungen der Grenzwerte zu rechnen.

Während der Erdbauarbeiten sind kurzfristige Staubemissionen durch Lade- und Transportvorgänge jedoch grundsätzlich nicht auszuschließen, insbesondere während besonders trockener Wetterperioden. Bei Wetterlagen mit besonders starken Winden kann auch eine Aufwirbelung trockener Böden nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. Aufgrund der begrenzten Dauer sowie der örtlichen Situation, insbesondere der großen Entfernungen, ist im Jahresmittel jedoch nicht mit Grenzwertüberschreitungen zu rechnen. Auch hinsichtlich der Tagesmittelwerte der Feinstaub(PM₁₀)-Immissionen sind durch den Betrieb der Baustelle im Bereich der maßgebenden Immissionsorte keine zusätzlichen Überschreitungen des Grenzwertes zu erwarten.

Auch im Bereich der vorhandenen schutzbedürftigen Nutzungen im Industriegebiet ist in der Regel ebenfalls nicht mit Grenzwertüberschreitungen zu rechnen. Durch den baustellenbedingten Staub sind im Nahbereich der Baustelle jedoch Grenzwertüberschreitungen nicht grundsätzlich auszuschließen, insbesondere der Tagesmittelwerte. Als Maßnahme zur Minderung wird daher empfohlen, Befeuchtungsmaßnahmen an trockenen Tagen einzuplanen.

Für die Baustellenverkehre auf den öffentlichen Straßen sind folgende Einschätzungen zu treffen:

- Im Hinblick auf die Stickstoffdioxid-Immissionen ist festzustellen, dass Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte der 39. BImSchV [8] in Schleswig-Holstein nur sehr vereinzelt an besonders hoch belasteten Straßen (z.B. 80.000 Kfz/24h) oder in engen Straßenschluchten bei hinreichend hoher Verkehrsbelastung (Größenordnung 20.000 Kfz/24h) auftraten. Die im vorliegenden Fall für die Baustellenverkehre genutzten Straßen weisen demgegenüber deutlich geringere Verkehrsbelastungen auf. Enge Straßenschluchten mit Baustellentransporten liegen nicht vor. Somit sind keine Zunahmen zu erwarten, die zu Grenzwertüberschreitungen führen.
- Für die Kohlenwasserstoffe erfolgt in der Regel eine Beurteilung anhand des enthaltenen Benzols. Im vorliegenden Fall ist festzustellen, dass der entsprechende Grenzwert an den Messstellen der Luftüberwachung in Schleswig-Holstein sicher eingehalten wird. Überschreitungen des Grenzwertes für Benzol sind daher auch durch den Betrieb der vorliegenden Baustelle nicht zu erwarten.
- An den Messstellen der Luftüberwachung in Schleswig-Holstein werden seit einigen Jahren die Grenzwerte für Feinstaub eingehalten. Durch die Baustellenverkehre auf den öffentlichen Straßen sind aufgrund der vorhandenen Vorbelastungen erfahrungsgemäß ebenfalls keine Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte der 39. BImSchV zu erwarten.
- 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. Aufgrund der geringen Anzahl von Transporten und des temporären Charakters der Baustelle ist gegenüber den vorhandenen Emissionen nicht mit einer relevanten Zunahme der Kohlendioxidemissionen zu rechnen.

10. Stickstoffdeposition

10.1. Allgemeines

Unter Deposition wird die Ablagerung eines Spurenstoffes an einer Grenzfläche der Atmosphäre, z.B. Erdboden, Gebäudeoberfläche verstanden. Man unterscheidet zwischen trockener Deposition durch Anhaften, zufällige Berührung oder Sedimentation (Absinken von Aerosolen infolge der Schwerkraft) und nasser Deposition infolge von Niederschlag [49]/[66]).

Die atmosphärische Deposition ist ein komplexer, aus vielen Einzelmechanismen bestehender Vorgang. Größere Partikel und Tropfen folgen der Schwerkraft und sedimentieren. Kleinere schwebende Partikel werden mit den Turbulenzen der Luftströmungen auf Oberflächen abgelagert. Gase werden an feuchten Oberflächen gelöst oder von trockenen Oberflächen adsorbiert. Eine detaillierte Beschreibung der physikalischen Prozesse, die bei der trockenen und nassen Deposition eine Rolle spielen, ist außerordentlich komplex und Gegenstand aktueller Forschungen. Für praktische Anwendungen wird daher meist auf ein einfaches Modellkonzept zurückgegriffen.

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

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

10.2. Beurteilungsgrundlagen

Die Beurteilung der Deposition in empfindlichen Gebieten erfolgt auf Grundlage von nutzungsabhängigen kritischen Stoffeinträgen („critical loads“) [55]/[56]. Sofern die critical loads aufgrund der vorhandenen Vorbelastungen bereits überschritten werden, sind in der Regel zum Schutz der FFH-Gebiete keine relevanten zusätzlichen Einträge zulässig. Die Relevanzgrenze liegt in der Regel in Anlehnung an die TA Luft bei einem Zusatzeintrag von bis zu 3% des critical load-Wertes. Dies wurde auch in der aktuellen Rechtsprechung bestätigt [15].

Im Rahmen eines aktuellen Forschungsvorhabens der Bundesanstalt für Straßenwesen wurde ein Verfahren zur Bewertung straßenverkehrsbedingter Nährstoffeinträge in empfindliche Biotope erarbeitet [81]. Dementsprechend wird die Anwendung eines unteren Abschneidekriteriums von 0,3 kg/(ha a) empfohlen (Irrelevanzschwelle). Bei vorhabenbezogenen Stickstoffeinträgen unterhalb dieses Wertes wäre das Vorhaben dann grundsätzlich zulässig. Dieser Wert stützt sich direkt auf einen Fachkonventionsvorschlag zur Erheblichkeitsbeurteilung. Die zusätzliche Menge an vorhabensbedingten Stickstoffeinträgen ist bis zu dieser Schwelle weder durch Messungen empirisch nachweisbar noch wirkungsseitig relevant und damit nach den Maßstäben der praktischen Vernunft und der Verhältnismäßigkeit irrelevant. Der Wert von 0,3 kg/(ha a) ist unabhängig von einem critical load.

10.3. Berechnungsverfahren

Im Nahbereich der Quellen wird der Stickstoffeintrag in der Regel durch die trockene Deposition bestimmt. Die nasse Deposition ist erst bei großen Entfernungen oder im näheren Umfeld durch Auswaschvorgänge bei besonders hohen Quellen (Schornsteinen) relevant. Im vorliegenden Fall von hinreichend niedrig liegenden Quellen und der sehr geringen Zusatzbelastungen der Luftschadstoff-Konzentrationen in größeren Entfernungen sind nur geringe Beiträge durch die nasse Deposition zu erwarten, sodass diese im Folgenden vernachlässigt wird.

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

Die Berechnung der Schadstoffdeposition erfolgte mithilfe des Programms AUSTAL für die Schadstoffkomponenten Stickstoffdioxid (NO₂), Stickstoffmonoxid (NO) und Ammoniak (NH₃). Bei der Ausbreitungsrechnung wurden die Depositionsgeschwindigkeiten der TA Luft zugrunde gelegt.

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

10.4. Stickstoffdepositionen in den FFH-Gebieten

Zur Bewertung der Stickstoffdepositionen wurden die Zusatzbelastungen durch den geplanten Betrieb des Ethylen-Terminals ermittelt. Die Stickstoffdeposition wurde als Jahresfracht in g/(ha a) flächendeckend berechnet. Die entsprechenden Rasterkarten für den Prognose-Planfall finden sich in der Anlage A 10.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass das Abschneidekriterium von 0,3 kg/(ha a) bereits in einem Abstand von etwa 100 m vom Ethylen-Terminal unterschritten wird. Im Bereich der nächstgelegenen FFH- und Natura2000-Gebiete wird das Abschneidekriterium sicher eingehalten. Vielmehr sind lediglich Stickstoffeinträge unter 20 g/(ha a) zu erwarten.

11. Zusammenfassung

a) Allgemeines

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden die Luftschadstoffimmissionen und Stickstoffdepositionen zum Neubau und Betrieb eines Ethylen-Terminals in Brunsbüttel im Bereich der umliegenden schützenswerten Nutzungen prognostiziert. Dabei wurden alle maßgeblichen Emissionsquellen einbezogen (Schiffsverkehr, Liegezeiten der Schiffe an den Häfen und Emissionen von den Anlagen auf dem Ethylen-Terminal). Der Kfz-Verkehr ist gering und somit nicht relevant.

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

Die Berechnung erfolgte auf Grundlage von mittleren jährlichen Emissionen mit dem TA Luft-Modell AUSTAL. Die großräumigen Hintergrundbelastungen wurden auf Grundlage aktueller Messwerte der Luftüberwachung Schleswig-Holstein eingeschätzt. Bei der Ausbreitungsrechnung wurden die standortspezifischen meteorologischen Daten berücksichtigt.

Die Immissionssituation wurde für die Luftschadstoffbelastung und die Stickstoffdeposition jeweils getrennt betrachtet.

b) Luftschadstoffimmissionen

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

Vielmehr liegen die Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxid(NO₂)-, Schwefeldioxid(SO₂)-, Benzol-, Feinstaub(PM₁₀)-und Feinstaub(PM_{2,5})-Zusatzbelastungen aus dem Betrieb am geplanten Ethylen-Terminal unterhalb der Irrelevanzschwellen der TA Luft. Dies gilt auch in

Anlehnung an die TA Luft in Bezug auf den Zielwert für Benzo(a)pyren. Insgesamt tragen die Zusatzbelastungen dieser Schadstoffkomponenten damit nicht maßgebend zur Gesamtbelastung bei.

Die Beurteilung der Luftschadstoffbelastungen und der Auswirkungen durch die geplanten Maßnahmen kann im Rahmen der UVS neben der Prüfung auf Einhaltung der Grenzwerte auch anhand von pauschalen Bewertungsstufen erfolgen, die in Bezug auf die jeweiligen Immissionsgrenzwerte definiert sind. Die Gesamtbelastungen der Hintergrundbelastung sind an den maßgeblichen Immissionsorten je nach Schadstoffkomponente und Lage des Immissionsortes als sehr niedrige bis leicht erhöhte Konzentrationen einzustufen. Durch die Zusatzbelastungen im Prognose-Planfall sind keine Veränderungen zu erwarten.

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

Für die Beurteilung der Bauphase ist davon auszugehen, dass von der Gesamtbelastung die Immissionswerte der TA Luft sowie die Grenzwerte der 39. BImSchV für die Feinstaub(PM₁₀)-Belastungen, die Feinstaub(PM_{2,5})-Belastungen und den Staubbiederschlag eingehalten werden.

Mit dem Betrieb der Baugeräte und der LKW-Fahrten sind weiterhin Abgas-Emissionen von Dieselmotoren (i. W. Stickstoffoxide) verbunden. Aufgrund des großen Abstandes zu der nächstgelegenen Wohnbebauung sowie der im Untersuchungsgebiet vorhandenen guten Durchlüftungssituation ist erfahrungsgemäß nicht mit beurteilungsrelevanten Zunahmen der vorhandenen Luftschadstoffimmissionen zu rechnen. Dies ist auch im Bereich ggf. vorhandener schutzbedürftiger Nutzungen im Industriegebiet zu erwarten. Sofern während der Arbeiten besonders trockenes Wetter herrscht und eine sichtbare Staubentwicklung zu beobachten ist, wird empfohlen, die Staubemissionen durch Befeuchten zu begrenzen. Zusammenfassend ist nicht damit zu rechnen, dass durch den Betrieb der Baustelle Überschreitungen der derzeit geltenden Grenzwerte der 39. BImSchV und der TA Luft hervorgerufen werden. Dies gilt auch im Hinblick auf die zu erwartenden Baustellenverkehre auf dem angrenzenden öffentlichen Straßennetz. Der Betrieb der Baustelle ist somit im Hinblick auf die Luftschadstoffimmissionen mit dem Schutz der angrenzenden Bebauung verträglich.

Im Hinblick auf den Schutz der Vegetation und von Ökosystemen sind in den beurteilungsrelevanten Bereichen nur irrelevante Zusatzbelastungen aus Stickstoffoxiden und Schwefeldioxid zu erwarten. Die betreffenden Grenzwerte gelten im hier betrachteten Untersuchungsgebiet nicht, da sie gemäß 39. BImSchV bzw. TA Luft nur an Messstellen

einzuhalten sind, die mehr als 20 km von Ballungsräumen oder 5 km von anderen bebauten Gebieten, Industrieanlagen oder Straßen entfernt sind.

c) Stickstoffdeposition

Zur Bewertung der Stickstoffdepositionen wurden die Zusatzbelastungen durch den geplanten Betrieb des Ethylen-Terminals ermittelt. Zusammenfassend ist festzustellen, dass das Abschneidekriterium von 0,3 kg/(ha a) bereits in einem Abstand von etwa 100 m vom Ethylen-Terminal unterschritten wird. Im Bereich der nächstgelegenen FFH- und Natura2000-Gebiete wird das Abschneidekriterium sicher eingehalten. Vielmehr sind lediglich Stickstoffeinträge unter 20 g/(ha a) zu erwarten.

d) Schornsteinhöhenberechnung

Für die abgasemittierenden Anlagen auf dem Ethylen-Terminal wurden die Schornsteinhöhen gemäß TA Luft bzw. der Richtlinie VDI 3781 ermittelt. Dabei ergeben sich folgende Schornsteinmindesthöhen:

- Notstromaggregate gemäß VDI 3781 Blatt 4:
 - Schornsteinmindesthöhe gemäß TA Luft: 10,1 m bezogen auf das Bodenniveau;
 - Innerhalb großflächiger Industrieanlagen kann im Einzelfall in Abhängigkeit vom Standort und dem Abstand zur Anlagengrenze von den Mindestbedingungen zur Ableitung der Abgase abgewichen werden. Somit wäre auch eine geringere Auslasshöhe vertretbar, da im Umfeld keine schutzbedürftigen Nutzungen vorliegen.
 - Aufgrund der geringen Einsatzzeiten im Jahr wird in Anlehnung an VDI 3781, Blatt 4 eine Mindesthöhe von 3 m über Dach der Einhausung der Anlage bzw. über Oberkante der Anlage empfohlen.
- Feuerlöschpumpen:
 - Schornsteinmindesthöhe gemäß TA Luft: 10,0 m bezogen auf das Bodenniveau;
 - Innerhalb großflächiger Industrieanlagen kann im Einzelfall in Abhängigkeit vom Standort und dem Abstand zur Anlagengrenze von den Mindestbedingungen zur Ableitung der Abgase abgewichen werden. Somit wäre auch eine geringere Auslasshöhe vertretbar, da im Umfeld keine schutzbedürftigen Nutzungen vorliegen.
 - Aufgrund der geringen Einsatzzeiten im Jahr wird in Anlehnung an VDI 3781, Blatt 4 eine Mindesthöhe von 3 m über Dach der Einhausung der Anlage bzw. über Oberkante der Anlage empfohlen.
- Notfackel:
 - Die Notfackel wird überwiegend nur in besonderen Betriebssituationen betrieben. Im Normalbetrieb wird die Notfackel nur kurzzeitig zum Abfackeln von

Kleinmengen nach einer Schiffsabfertigung genutzt. Notfackeln fallen nicht unter die 4. BImSchV (s. Anhang 1, Nr. 8.1.3), analog TA Luft Nr. 5.4.8.1.3, emissionsbegrenzende Maßnahmen sind im Einzelfall durch die Genehmigungsbehörde festzulegen.

- Die erforderliche Mindesthöhe wurde im Störfallgutachten ermittelt. Als Kriterium ist in 2 m Höhe die Wärmestrahlung zu begrenzen.

e) Zusammenfassung

Die Luftschadstoffgrenzwerte zum Schutz des Menschen werden in allen beurteilungsrelevanten Bereichen eingehalten bzw. deutlich unterschritten.

Auch der Schutz der Vegetation ist großräumig sichergestellt, da relevante Zunahmen der Stickoxid- und Schwefeldioxidbelastungen nicht zu erwarten sind. Die ökologische Bewertung der Stickstoffdeposition findet sich in der FFH-Verträglichkeitsuntersuchung.

Aus lufthygienischer Sicht ist das geplante Vorhaben den obigen Ergebnissen entsprechend mit dem Schutz der angrenzenden Nutzungen verträglich. Aufgrund der Einhaltung der geltenden Grenzwerte sind Maßnahmen zum Immissionsschutz nicht erforderlich.

Bargteheide, den 29. Januar 2025

erstellt durch:

geprüft durch:

gez.



gez.

Dipl.-Phys. Dr. Bernd Burandt
Geschäftsführender Gesellschafter

Dipl.-Phys. Dr. Olaf Peschel
Projektingenieur

12. Quellenverzeichnis

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] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 3. Juli 2024 (BGBl. I 2024 I Nr. 225);
- [4] Baugesetzbuch (BauGB) in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 28. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 221);
- [5] Baunutzungsverordnung (BauNVO) in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. November 2017 (BGBl. I S. 3786), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 3. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 176);
- [6] Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen, in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. Mai 2013 (BGBl. I S. 973), Neubekanntmachung vom 31. Mai 2017 (BGBl. I S. 1440, 1441), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 12. Oktober 2022 (BGBl. I S. 1799);
- [7] Dreizehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Großfeuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen - 13. BImSchV) vom 6. Juli 2021 (BGBl. I S. 2514);
- [8] Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. BImSchV) vom 2. August 2010 (BGBl. I S. 1065), zuletzt geändert durch Artikel 112 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328, 1341);
- [9] 44. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Verordnung über mittelgroße Feuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen, erlassen am 13. Juni 2019 (BGBl. I S. 804) zuletzt geändert durch Artikel 3 der Verordnung vom 6. Juli 2021 (BGBl. I S. 2514, 2566);
- [10] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 18. August 2021 (GMBl. Nr. 48 - 54 vom 14.09.2021 S. 1050), in Kraft seit 1. Dezember 2021;

- [11] Empfehlungen der Ausschüsse Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft), Bundesrat, Drucksache 314/1/21, 27. April 2021
- [12] 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);
- [13] Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Luftqualität und saubere Luft für Europa vom 21. Dezember 2008 (ABl. EG vom 11.06.2008 Nr. L 152 S. 1);
- [14] Richtlinie 97/68/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Luftqualität und saubere Luft für Europa vom 16. Dezember 1997 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über Maßnahmen zur Bekämpfung der Emissionen von gasförmigen Schadstoffen und luftverunreinigenden Partikeln aus Verbrennungsmotoren für mobile Maschinen und Geräte (ABl. L 59 vom 27.2.1998, S.1), zuletzt geändert durch Richtlinie 2011/88/EU vom 16.11.2011;
- [15] Bundesverwaltungsgericht, Urteil vom 14.04.2010, Az.: 9 A 5.08;
- [16] Gesetz zur Umsetzung der Richtlinie 2005/33/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 6. Juli 2005 zur Änderung der Richtlinie 1999/32/EG hinsichtlich des Schwefelgehalts von Schiffskraftstoffen, vom 11.Mai 2010;
- [17] Kalmbach, S.: Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 5. Auflage, 2004;
- [18] Hansmann, K.: TA Luft, Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, Kommentar, Verlag C. H. Beck, München, 2. Auflage, 2004;
- [19] International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto (MARPOL), revised Annex VI, October 2009;

Emissionsermittlung

- [20] Emissionskataster der Freien und Hansestadt Hamburg, Emissionen durch den Schiffsverkehr im Jahre 1982, Germanischer Lloyd 1985;
- [21] 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;

- [22] Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community, European Commission, Final Report, July 2002, Entec UK Limited;
- [23] EMISS, Programm zur Bestimmung aller Schiffs-Emissionen, Dipl.-Ing. (Schiffbau) Jürgen Isensee, Version 4. Dezember 2003;
- [24] Schiffs -Hilfskessel, Größe, Eigenschaften, Umweltbelastung, Dipl.-Ing. (Schiffbau) Jürgen Isensee, 16. Dezember 2003, bisher nicht veröffentlicht;
- [25] Zusammenstellung der Schiffsdaten von Schleppern, Hamburg Port Authority, im Internet verfügbar ([Hafen Hamburg | Schlepper \(hafen-hamburg.de\)](https://www.hafen-hamburg.de)), zuletzt abgerufen am 01.02.2021;
- [26] 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;
- [27] LuWas, PC-Programm zur Ermittlung der schiffahrtsbedingten Luftschadstoffbelastung an Wasserstraßen, August 1998, überarbeitet Oktober 2000, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe;
- [28] Verkehrswirtschaftlicher und ökologischer Vergleich der Verkehrsträger Straße, Schiene und Wasserstraße, Schlussbericht, PLANCO Consulting GmbH in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Gewässerkunde, im Auftrag der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, November 2007, Essen;
- [29] Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 4.2.2, Umweltbundesamt (UBA) Berlin, BUWAL Bern, UBA Wien, erstellt durch INFRAS AG Bern, 23. Februar 2022;
- [30] VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3: Umweltmeteorologie, Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen: Lagerung, Umschlag und Transport von Schüttgütern, Mai 1999;
- [31] VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3: Umweltmeteorologie, Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen: Lagerung, Umschlag und Transport von Schüttgütern, Januar 2010;
- [32] VDI-Richtlinie 3790, Blatt 4: Umweltmeteorologie, Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen: Staubemissionen durch Fahrzeugbewegungen, September 2018;
- [33] 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);
- [34] Pregger, T.: Ermittlung und Analyse der Emissionen und Potenziale zur Minderung primärer anthropogener Feinstäube in Deutschland, Dissertation, Institut für

- Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart, 2006;
- [35] Validierung von PM₁₀-Immissionsberechnungen im Nahbereich von Straßen und Quantifizierung der Feinstaubbildung von Straßen, Ingenieurbüro Lohmeyer, Karlsruhe, Juni 2001;
- [36] Quantifizierung der PM₁₀-Emissionen durch Staubaufwirbelung und Abrieb von Straßen auf Basis vorhandener Messdaten, Ingenieurbüro Lohmeyer, Karlsruhe, Februar 2003;
- [37] 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;
- [38] I. Düring, A. Lohmeyer, W. Schmidt: Einbindung des HBEFA 3.1 in das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Straßenverkehrs, im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), unter Mitarbeit der TU Dresden sowie der BEAK Consultants GmbH, Juni 2011, Karlsruhe;
- [39] D. Bretschneider, I. Düring: Verursacher, flächenhafte Belastung und Tendenzen für PM_{2,5} in Sachsen, Sachstandsbericht vom 30.10.2009, unter Mitarbeit der TU Dresden, Institut Verkehrsökologie und IFEU Heidelberg;
- [40] I. Düring, E. Nitzsche, A. Moldenhauer, M. Stockhause, A. Lohmeyer: Berechnung der Kfz-bedingten Feinstaubemissionen infolge Aufwirbelung und Abrieb für das Emissionskataster Sachsen, Ingenieurbüro Lohmeyer unter Mitarbeit der TU Dresden, Institut Verkehrsökologie und IFEU Heidelberg, November 2004, Karlsruhe;
- [41] Möglichkeiten zur Minderung von Diesellok-Emissionen, Landesamt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Referat 33, Karlsruhe, Oktober 2002;
- [42] PM₁₀-Emissionen des Verkehrs, Statusbericht Teil Schienenverkehr, BUWAL Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern 2002;
- [43] Externe Gesundheitskosten durch verkehrsbedingte Luftverschmutzung in der Schweiz, Aktualisierung für das 2000, Bundesamt für Raumentwicklung;
- [44] Pregger, T., Ermittlung und Analyse der Emissionen und Potenziale zur Minderung primärer anthropogener Feinstäube in Deutschland, Dissertation, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart, 2006;
- [45] Feinstaubemissionen durch Abrieb an Schienenstrecken, Vergleich mit Emissionsfaktoren aus Messwerten an Bestandsstrecken, Abstimmung mit Herrn Löchter, DB Umwelt, Deutsche Bahn AG, 28. Juni 2016;
- [46] Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), I. Düring, R. Böisinger, A. Lohmeyer: PM₁₀-Emissionen an Außerortsstraßen mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM₁₀-

- Konzentrationen aus Messungen an der A1 Hamburg und Ausbreitungsberechnungen, Verkehrstechnik Heft V 125, 2005;
- [47] Partikelemissionen des Straßenverkehrs, Endbericht der UMK AG „Umwelt und Verkehr“, UMK (2004);
- [48] Ausbreitungsrechnung für den Ballungsraum Rhein-Main als Beitrag zur Ursachenanalyse für den Luftreinhalteplan Rhein-Main; IVU Umwelt GmbH, Freiburg, 19.November 2009;
- [49] Bachhiesl, M., Narodoslawsky und M., Sturm, P.-J., Berechnung des Depositionsflusses als Grundlage für ökotoxikologische Beurteilungen, UVP-report 1+2/2002;
- [50] Gauger (2007): F+E Vorhaben "Nationale Umsetzung UNECE-Luftreinhaltekonvention (Wirkungen)..." (Fkz. 204 63 252) im Auftrag des BMU, Stand März 2008;
- [51] Umweltdaten Deutschland online. OSIRIS Datenbank, Stickstoffvorbelastungen in Deutschland, Umweltbundesamt, 2007;
- [52] MAPESI, Modelling of Air Pollutants and EcoSystems Impact, Forschungsvorhaben BMU/UBA 3707 64 200, Umweltbundesamt;
- [53] Ermittlung von Stickstoff- und Säureeinträgen in Wäldern mit Lagrange'schen Ausbreitungsmodellen: Vergleich unterschiedlicher Berechnungsmethoden, Immissionsschutz Nr.1 2013; LANUV NRW, 2013;
- [54] Umweltdaten Deutschland online Datenbank, Stickstoffvorbelastungen in Deutschland 2007, Umweltbundesamt, 2013, <http://gis.uba.de/website/depo1/>;
- [55] Manual on Methodologies and Criteria for Mapping critical levels/loads and Geographical areas where they are exceeded, UN ECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution;
- [56] Bobbink & Hettelingh (Hrsg.), Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships, 2011;

Immissionsberechnung

- [57] Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung, RLuS 2023, Version 3.0.7, IVU Umwelt GmbH, Freiburg, im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach;
- [58] Bundesministerium für Digitales und Verkehr, Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 20/2023, 4. August 2023;
- [59] PROKAS, Ausbreitungsmodell für verkehrsbedingte Immissionen, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe;

- [60] MISKAM (Mikroskaliges Klima- und Ausbreitungsmodell), Dr. J. Eichhorn, Arbeitsgruppe Stadtklima, Institut für Physik der Atmosphäre, Johannes Gutenberg-Universität, Mainz;
- [61] Programmsystem IMMITOOL inkl. der Module PROKAS/PROKAS_B, MISKAM und WINMISK, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe;
- [62] AUSTAL, Entwicklung eines modellgestützten Beurteilungssystems für den anlagenbezogenen Immissionsschutz, UFOPLAN-Vorhaben 3714 43 204 0 und 43 256, Ingenieurbüro Janicke, Dunum, im Auftrag des Umweltbundes-amtes Berlin, Version 3.1.2, 9. August 2021;
- [63] BESTAL - Hilfsprogramme BESMIN und BESMAX zu Nummer 5.5 der TA Luft (2021), Version 1.0.1, 11. Oktober 2021, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau;
- [64] WinSTACC - Version 1.0.7.0, Lohmeyer GmbH;
- [65] VDI-Richtlinie 2280, Auswurfbegrenzung –Organische Verbindungen – insbesondere Lösemitte, August 1977;
- [66] VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4: Umweltmeteorologie – Ausbreitung luftfremder Stoffe in der Atmosphäre; Bestimmung der Schornsteinhöhe für kleinere Feuerugsanlagen, November 1980;
- [67] VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4: Umweltmeteorologie – Ableitbedingungen für Abgase Kleine und mittlere Feuerungsanlagen sowie andere als Feuerungsanlagen, Juli 2017;
- [68] VDI-Richtlinie 3782, Blatt 3: Ausbreitung von Luftverunreinigungen in der Atmosphäre – Berechnung der Abgasfahnenüberhöhung, Juni 1985;
- [69] VDI-Richtlinie 3782, Blatt 5: Umweltmeteorologie – Atmosphärische Ausbreitungsmodelle - Depositionsparameter, April 2006;
- [70] VDI-Richtlinie 3782, Blatt 8: Ausbreitungsrechnung für Kfz-Emissionen, Entwurf, März 1998, aus formalen Gründen ersatzlos zurückgezogen;
- [71] VDI-Richtlinie 3783, Blatt 10: Umweltmeteorologie – Diagnostische mikroskalige Windfeldmodelle, Gebäude- und Hindernisumströmung, Dezember 2001;
- [72] VDI-Richtlinie 3783, Blatt 13: Umweltmeteorologie – Qualitätssicherung in der Immissionsprognose, Anlagenbezogener Immissionsschutz, Entwurf, Dezember 2007;
- [73] VDI-Richtlinie 3783, Blatt 14: Umweltmeteorologie – Qualitätssicherung in der Immissionsprognose, Kraftfahrzeugbedingte Immissionen, August 2013;
- [74] VDI-Richtlinie 3945, Blatt 3: Umweltmeteorologie – Atmosphärische Ausbreitungsmodelle, Partikelmodell, September 2000;
- [75] T. Flassak, W. Bächlin, R. Böisinger, R. Blazek, G. Schädler, A. Lohmeyer: Einfluss der Eingangsparmeter auf berechnete Immissionswerte für Kfz-Abgase –

- Sensitivitätsanalyse, Forschungsbericht Forschungszentrum Karlsruhe (FZKA), Förderkennzeichen 2 95 003 (PEF), 1996;
- [76] E. Romberg, R. Bösing, A. Lohmeyer, R. Ruhnke, E. Röth: NO-NO₂-Umwandlung für die Anwendung bei Immissionsprognosen für Kfz-Abgase, Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 56, 215/218, 1996;
- [77] Lohmeyer aktuell, NO-NO₂-Umwandlungsmodell, Überprüfung anhand neuerer Messwerte, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Ausgabe Nr. 14, Dezember 2005;
- [78] W. Bächlin et al.: „Untersuchungen zu Stickstoffdioxid-Konzentrationen, Los 1 Überprüfung der Romberg-Formel“, im Auftrag vom Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe, Dezember 2007;
- [79] I. Düring, W. Bächlin, M. Ketzel, A. Baum und S. Wurzler: „Update of the Romberg-Approach and Simplified NO/NO₂ Conversion Model under Consideration of Direct NO₂-Emissions, 13th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Paris, 2010;
- [80] I. Düring, W. Bächlin, F. Dünnebeil, H. Ellner, U. Friedrich, L. Schäfer und T. Schönefeld: „Tendenzen der NO₂-Belastung im Land Brandenburg von 1997 bis 2020“, Immissionsschutz, Heft 3, 2010;
- [81] S. Balla, R. Uhl, A. Schlutow, H. Lorentz, M. Förster, C. Becker, K. Müller-Pfannenstiel, J. Lüttmann, T. Scheuschner, A. Kiebel, I. Düring und W. Herzog (2013): „Untersuchung und Bewertung von straßenverkehrsbedingten Nährstoffeinträgen in empfindliche Biotope“, Bericht zum FE-Vorhaben 84.0102/2009 der Bundesanstalt für Straßenwesen, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik Band 1099, BMVBS Abteilung Straßenbau, Bonn, Carl Schünemann Verlag, Bremen, November 2013;
- [82] Merkblatt Schornsteinhöhenberechnung zur TA Luft 2002 (überarbeitete Version unter Berücksichtigung der Richtlinie VDI 3781 Blatt 4 (Ausgabe Juli 2017)), Fachgespräch Ausbreitungsrechnung, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLUG), 4. März 2021;
- [83] Leitfaden zur Erstellung von Immissionsprognosen mit AUSTAL2000 in Genehmigungsverfahren nach TA Luft und der Geruchsimmisions-Richtlinie, Merkblatt 56, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen 2006;
- [84] TAL553, Kaminhöhenberechnung nach Nr. 5.5 TA Luft, Version 2.1, Oktober 2008, ArguSoft GmbH & Co. KG, Brühl;
- [85] Immissions-Überwachung der Luft in Schleswig-Holstein, Staatliches Umweltamt Itzehoe, Messberichte und aktuelle Messergebnisse im Internet verfügbar (<http://www.umwelt.schleswig-holstein.de/>);

- [86] Meteorologische Zeitreihe für den Standort Brunsbüttel, repräsentatives Jahr 2001, Deutscher Wetterdienst, Geschäftsfeld Klima- und Umweltberatung, Regionales Gutachterbüro Hamburg;
- [87] Untersuchung zur Anpassung von Emissions-Immissions-Matrizes am Standort Kiel Theodor-Heuss-Ring, LAIRM CONSULT GmbH, im Auftrag des Landesamtes für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (LLUR) Schleswig-Holstein, 6. Dezember 2012;
- [88] Kreuzfahrtterminal HafenCity, Luftschadstoffgutachten, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, November 2006;
- [89] Cruise Center II – Edgar-Engelhard-Kai. Lufthygienisches Gutachten, Müller-BBM, September 2007;
- [90] Herstellerinformation, Notstrom- und Netzersatzanlagen, NTC Notstromtechnik Clasen GmbH, Ahrensburg;

Sonstige projektbezogene Quellen und Unterlagen

- [91] Karten- und Modellgrundlage (Höhenmodell DGM1 und Gebäudemodell LoD1) aus dem Downloadportal des Landes Schleswig-Holsteins (**©GeoBasis-DE/LVermGeo SH/CC BY 4.0**), Abfrage am 25. September 2023;
- [92] Planungsunterlagen, SPG Steiner GmbH, Siegen, Stand Dezember 2024;
- [93] Ortsbesichtigung, LAIRM CONSULT GmbH, 17. Oktober 2023.

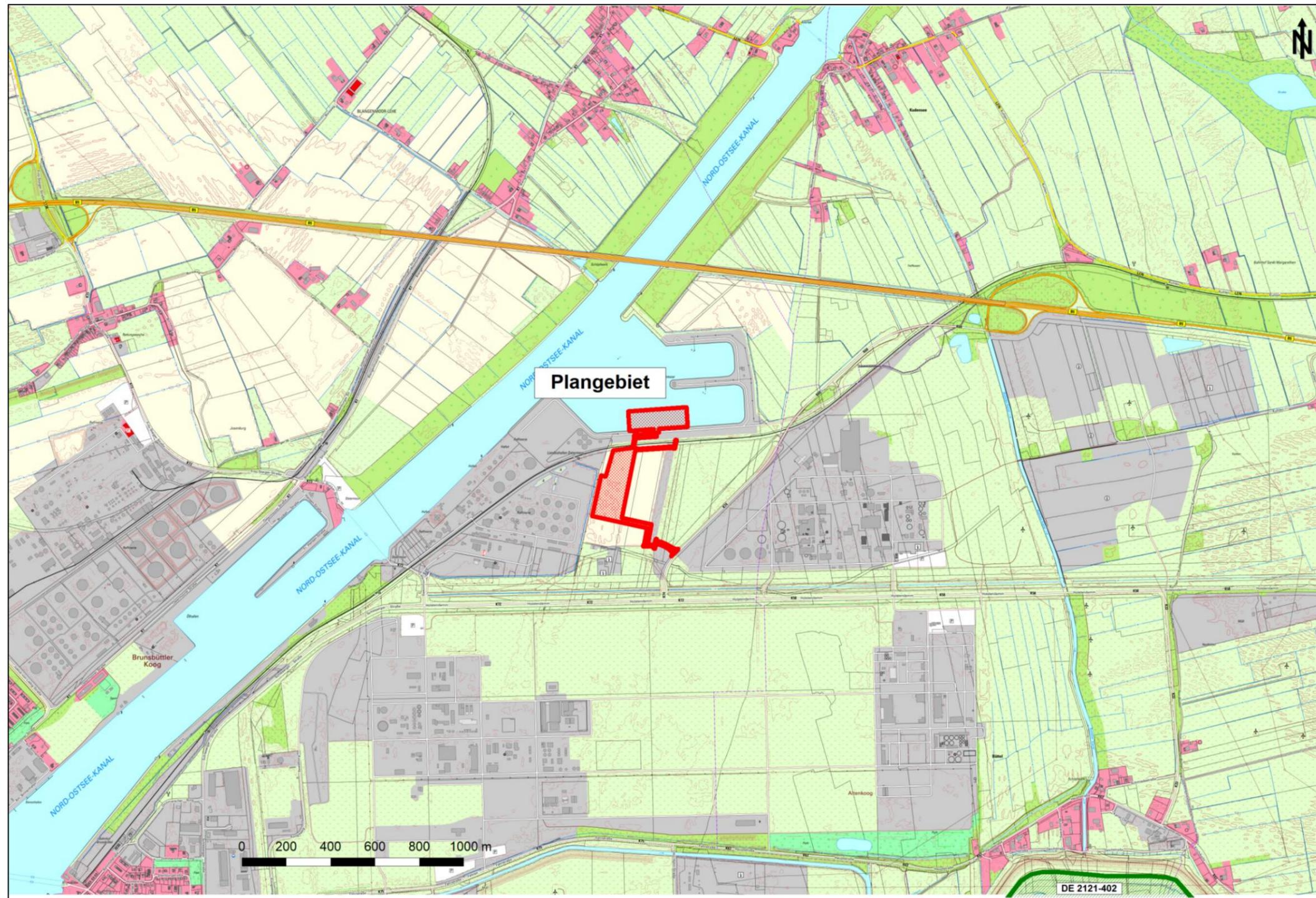
13. Anlagenverzeichnis

A 1	Lagepläne.....	III
A 1.1	Übersichtsplan, Maßstab 1:20.000	III
A 1.2	Übersichtsplan mit Quellen und Immissionsorten, Maßstab 1:10.000	IV
A 1.3	Lageplan mit Quellen, Maßstab 1:5.000	V
A 2	Belastungsszenario Hafenbetrieb	VI
A 3	Emissionen des Schiffsverkehrs	VII
A 3.1	Emissionsfaktoren	VII
A 3.1.1	Hauptmaschinen bei Revierfahrt und im Hafen gemäß ENTEC-Studie (Seeschiffe).....	VII
A 3.1.2	Hilfsmaschinen bei Fahrt auf See, Revierfahrt und im Hafen gemäß ENTEC-Studie (Seeschiffe).....	VII
A 3.2	Auslastung der Aggregate	VII
A 3.3	Emissionen der Seeschiffe	VIII
A 3.3.1	Schiffsspezifische Eingangsdaten, Hauptmaschinen	VIII
A 3.3.2	Schiffsspezifische Eingangsdaten, Hilfsmaschinen	VIII
A 3.3.3	Emissionsfaktoren gemäß ENTEC, Hauptmaschinen, Revierfahrt und Liegezeit im Hafen	VIII
A 3.3.4	Emissionsfaktoren gemäß ENTEC, Hilfsmaschinen, Revierfahrt	IX
A 3.3.5	Emissionsfaktoren gemäß ENTEC, Hilfsmaschinen, Liegezeit im Hafen	IX
A 3.3.6	Emissionen pro Stunde, Hauptmaschinen, Revierfahrt	IX
A 3.3.7	Emissionen pro Stunde, Hauptmaschinen, Liegezeit im Hafen	IX
A 3.3.8	Emissionen pro Stunde, Hilfsmaschinen, Revierfahrt.....	X
A 3.3.9	Emissionen pro Stunde, Hilfsmaschinen, Liegezeit im Hafen	X
A 3.3.10	Gesamt-Emissionsfaktoren, Revierfahrt	X
A 3.3.11	Gesamt-Emissionsfaktoren, Liegezeit im Hafen	X
A 3.4	Abgasableitung.....	XI
A 4	Emissionen Anlagen	XII

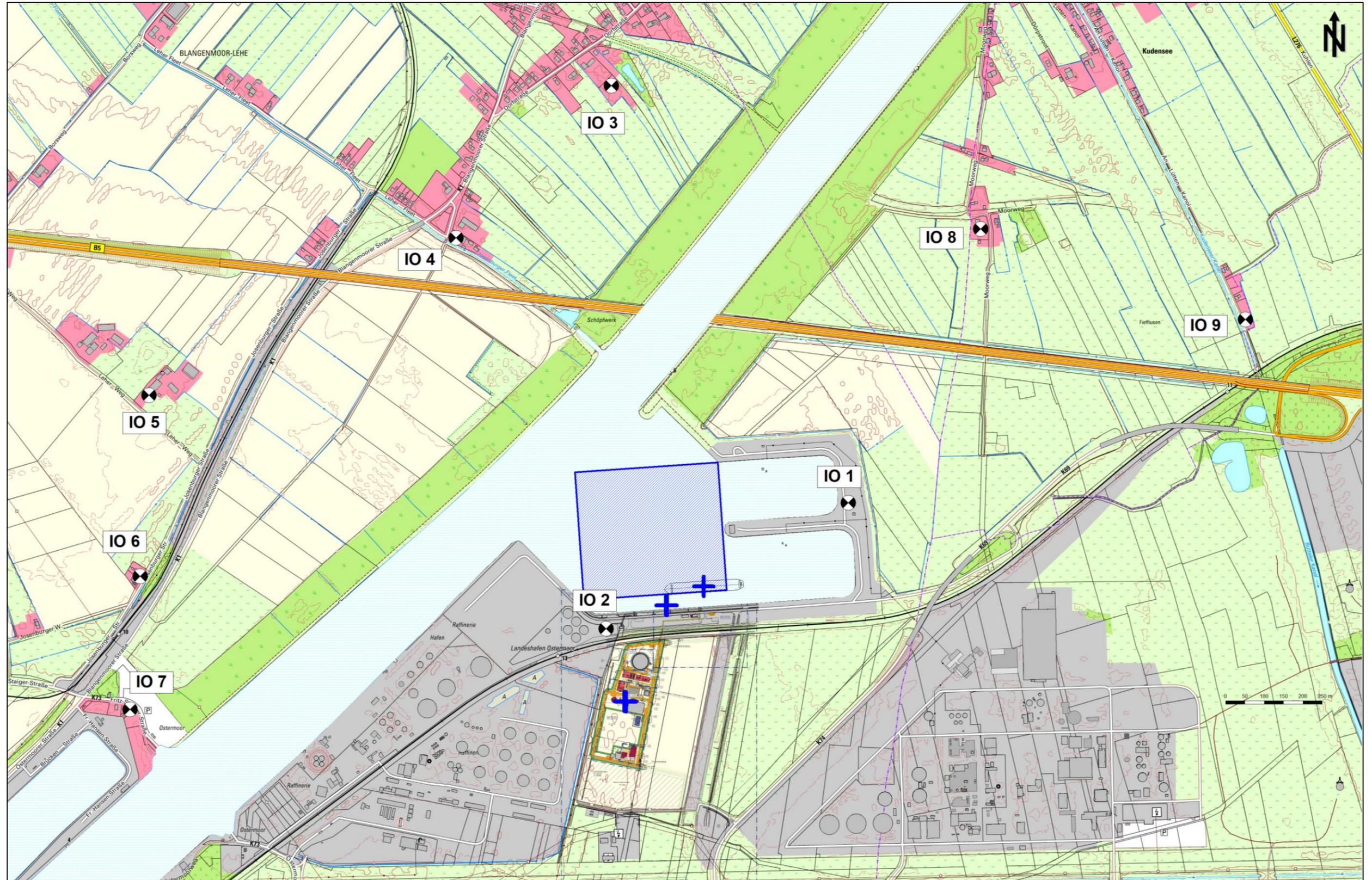
A 5	Quellenmodell mit Emissionen je Betriebsstunde.....	XIII
A 6	Jährliche Gesamtemissionen Ethylen-Terminal (Betrieb).....	XIII
A 7	Ausbreitungsklassen-Zeitreihe des Deutschen Wetterdienstes (Brunsbüttel, 2001)	XIV
	A 7.1 Windrichtungsverteilung im Jahresmittel.....	XIV
	A 7.2 Verteilung der Ausbreitungsklassen.....	XIV
A 8	Zusammenstellung vorhandener Messdaten	XV
A 9	Luftschadstoffbelastungen, Maßstab 1:25.000.....	XVII
	A 9.1 Stickstoffdioxid-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)	XVII
	A 9.2 Schwefeldioxid-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)	XVIII
	A 9.3 Feinstaub(PM ₁₀)- Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)	XIX
	A 9.4 Feinstaub(PM _{2,5})-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)	XX
	A 9.5 Benzo(a)pyren-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00).....	XXI
	A 9.6 Stickstoffoxid(NO _x)-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)...	XXII
A 10	Stickstoffdeposition, Maßstab 1:25.000	XXIII
A 11	Rechenprotokolle.....	XXIV
	A 11.1 Rechenlauf Luftschadstoffimmissionen	XXIV
	A 11.2 Rechenlauf Stickstoffdeposition	XXVIII
	A 11.3 BESMIN, Notstromaggregate.....	XXXI
	A 11.4 BESMIN, Feuerlöschpumpen.....	XXXI

A 1 Lagepläne

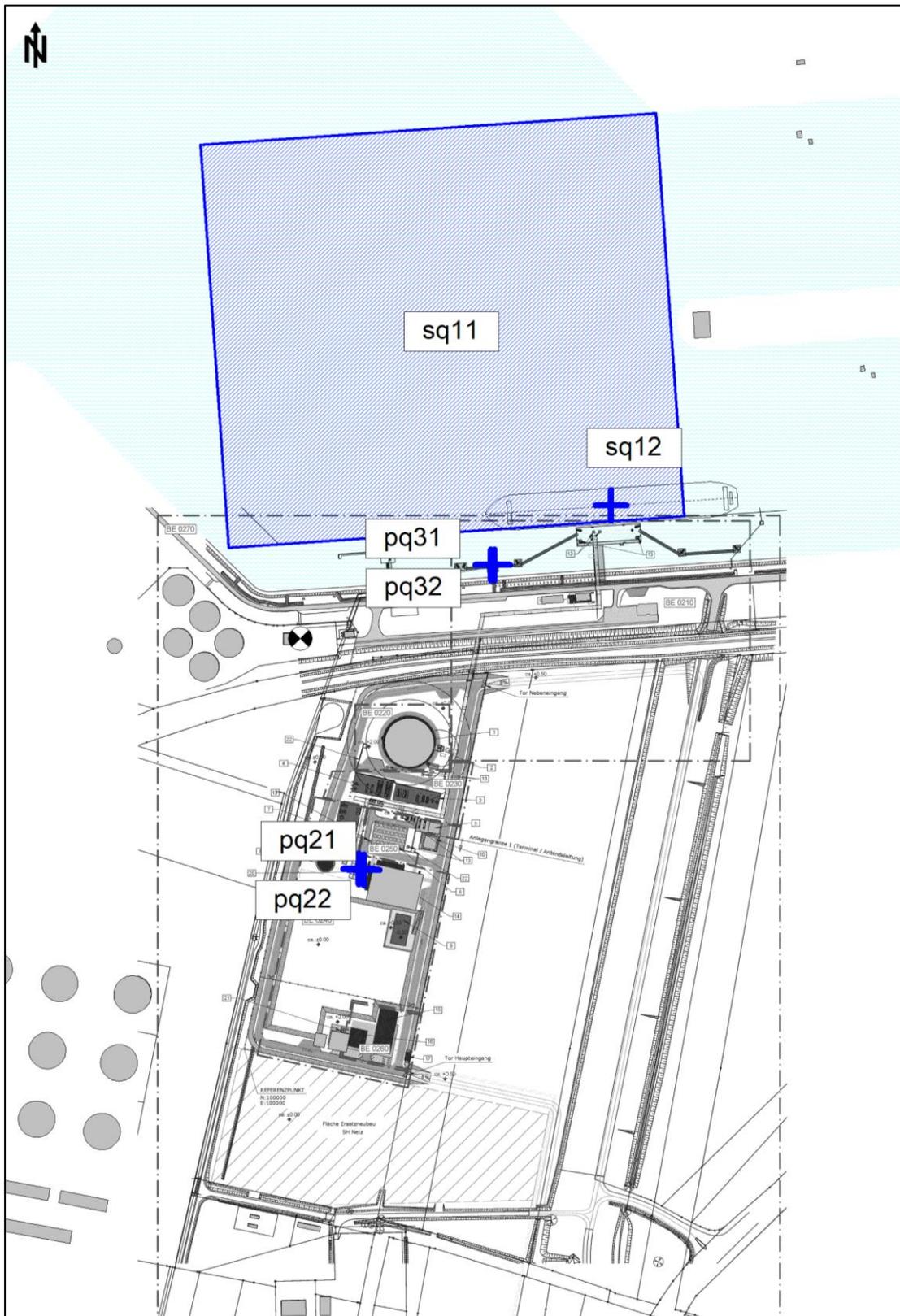
A 1.1 Übersichtsplan, Maßstab 1:20.000



A 1.2 Übersichtsplan mit Quellen und Immissionsorten, Maßstab 1:10.000



A 1.3 Lageplan mit Quellen, Maßstab 1:5.000



A 2 Belastungsszenario Hafenbetrieb

Sp	1	2	3	4	5	6
Ze	Teilverkehr	Anteil	Kürzel	Anzahl Fahrzeuge / Vorgänge		
				Tage	Schiffe	
1	Tankschiff (Import, groß)	100 %	lz1	6	6	
2	Tankschiff (Import, klein)	100 %	lz2	38	38	
3	Tankschiff (Export, klein)	100 %	lz3	28	28	
4	Notstromaggregate (Test)	100 %	nsa	12	—	
5	Feuerlöschpumpen (Test)	100 %	flp	52	—	

A 3 Emissionen des Schiffsverkehrs

A 3.1 Emissionsfaktoren

A 3.1.1 Hauptmaschinen bei Revierfahrt und im Hafen gemäß ENTEC-Studie (Seeschiffe)

Maschinentyp	Treibstoff	Klasse	S-Gehalt ENTEC	Verbrauch [g/kWh]	NOx [g/kWh]	SO ₂ [g/kWh]	CO ₂ [g/kWh]	HC [g/kWh]	BaP *) [g/kWh]	PM ₁₀ [g/kWh]
Diesel, niedrige Drehzahl (60 – 300 U/min.)	Marinegasöl	SSD/MGO	0,1 %	204	13,6	0,4	647	1,8	2,05E-06	0,9
	Marinediesöl	SSD/MDO	0,1 %	204	13,6	0,4	647	1,8	2,05E-06	0,9
	Schweröl	SSD/RO	0,1 %	215	14,5	0,4	682	1,8	2,05E-06	1,6
Diesel, mittlere Drehzahl (300 – 1.000 U/min.)	Marinegasöl	MSD/MGO	0,1 %	223	10,6	0,4	710	1,5	2,05E-06	0,9
	Marinediesöl	MSD/MDO	0,1 %	223	10,6	0,4	710	1,5	2,05E-06	0,9
	Schweröl	MSD/RO	0,1 %	234	11,2	0,5	745	1,5	2,05E-06	1,6
Diesel, hohe Drehzahl (1.000 – 3.000 U/min.)	Marinegasöl	HSD/MGO	0,1 %	223	9,6	0,4	710	0,6	2,05E-06	0,9
	Marinediesöl	HSD/MDO	0,1 %	223	9,6	0,4	710	0,6	2,05E-06	0,9
	Schweröl	HSD/RO	0,1 %	234	10,2	0,5	745	0,6	2,05E-06	1,6

*) Literaturwert

A 3.1.2 Hilfsmaschinen bei Fahrt auf See, Revierfahrt und im Hafen gemäß ENTEC-Studie (Seeschiffe)

Maschinentyp	Treibstoff	Klasse	S-Gehalt ENTEC	Verbrauch [g/kWh]	NOx [g/kWh]	SO ₂ [g/kWh]	CO ₂ [g/kWh]	HC [g/kWh]	BaP *) [g/kWh]	PM ₁₀ [g/kWh]
Diesel, mittlere Drehzahl (300 – 1.000 U/min.)	Marinegasöl	MSD/MGO	0,1 %	217	13,9	0,4	690	0,4	2,05E-06	0,3
	Marinediesöl	MSD/MDO	0,1 %	217	13,9	0,4	690	0,4	2,05E-06	0,3
	Schweröl	MSD/RO	0,1 %	227	14,7	0,5	722	0,4	2,05E-06	0,8
Diesel, hohe Drehzahl (1.000 – 3.000 U/min.)	Marinegasöl	HSD/MGO	0,1 %	217	10,9	0,4	690	0,4	2,05E-06	0,3
	Marinediesöl	HSD/MDO	0,1 %	217	10,9	0,4	690	0,4	2,05E-06	0,3
	Schweröl	HSD/RO	0,1 %	227	11,6	0,5	722	0,4	2,05E-06	0,8

*) Literaturwert

A 3.2 Auslastung der Aggregate

Maschinentyp	Klasse	Auslastung		
		ENTEC	Isensee	Ansatz
Hauptmaschinen	Revierfahrt	20 %	35 %	20 %
	Liegezeit (Laden)	20 %	—	20 %
	Liegezeit	1 %	0 %	1 %
Hilfsmaschinen	Revierfahrt	50 %	30 %	50 %
	Liegezeit (Laden)	60 %	—	60 %
	Liegezeit	40 %	30 %	40 %

Anmerkung: Die Auslastung während der Liegezeiten mit Be- und Entladung von Flüssig-
gastankern beinhaltet den höheren Energiebedarf zur Versorgung der schiffs-
eigenen Pumpen.

A 3.3 Emissionen der Seeschiffe

A 3.3.1 Schiffsspezifische Eingangsdaten, Hauptmaschinen

Schiffsname	Schiff		Klasse gemäß ENTEC	Hauptmaschinen (HM)				
	Nr.	Kürzel		Anzahl	Gesamtleistung [kW]	Drehzahlklasse	Treibstoff	
							Typ	S-Gehalt
Tankschiff (Import, groß)	1	st1	A11	1	10.000	SSD	MGO	0,10 %
Tankschiff (Import, klein)	2	st2	A11	1	6.000	MSD	MGO	0,10 %
Tankschiff (Export, klein)	3	st3	A11	1	4.500	MSD	MGO	0,10 %

A 3.3.2 Schiffsspezifische Eingangsdaten, Hilfsmaschinen

Schiffsname	Schiff		Hilfsdiesel (HD)						
	Nr.	Kürzel	Anzahl	Gesamtleistung [kW]	Drehzahlklasse	Treibstoff			
						Fahrt		Hafen	
Typ	S-Geh.	Typ	S-Geh.						
Tankschiff (Import, groß)	1	st1	2-3	3.000	MSD	MGO	0,10 %	MGO	0,10 %
Tankschiff (Import, klein)	2	st2	2-3	2.700	MSD	MGO	0,10 %	MGO	0,10 %
Tankschiff (Export, klein)	3	st3	2-3	2.300	MSD	MGO	0,10 %	MGO	0,10 %

A 3.3.3 Emissionsfaktoren gemäß ENTEC, Hauptmaschinen, Revierfahrt und Liegezeit im Hafen

Schiffsname	Schiff		Emissionsfaktoren [g/kWh] gemäß ENTEC								
			Hauptmaschinen								
	Nr.	Kürzel	Revierfahrt und Liegezeit im Hafen								
			Klasse	Verbrauch	NOx	NH3	SO2	CO2	HC	BaP	PM
Tankschiff (Import, groß)	1	st1	SSD/MGO	204	13,6	0,002	0,4	647	1,8	2,05E-06	0,9
Tankschiff (Import, klein)	2	st2	MSD/MGO	223	10,6	0,002	0,4	710	1,5	2,05E-06	0,9
Tankschiff (Export, klein)	3	st3	MSD/MGO	223	10,6	0,002	0,4	710	1,5	2,05E-06	0,9

A 3.3.4 Emissionsfaktoren gemäß ENTEC, Hilfsmaschinen, Revierfahrt

Schiffsname	Schiff		Emissionsfaktoren [g/kWh] gemäß ENTEC								
			Hilfsdiesel								
	Nr.	Kürzel	Revierfahrt								
			Klasse	Verbrauch	NOx	NH3	SO2	CO2	HC	BaP	PM
Tankschiff (Import, groß)	1	st1	MSD/MGO	217	13,9	0,002	0,4	690	0,4	2,05E-06	0,3
Tankschiff (Import, klein)	2	st2	MSD/MGO	217	13,9	0,002	0,4	690	0,4	2,05E-06	0,3
Tankschiff (Export, klein)	3	st3	MSD/MGO	217	13,9	0,002	0,4	690	0,4	2,05E-06	0,3

A 3.3.5 Emissionsfaktoren gemäß ENTEC, Hilfsmaschinen, Liegezeit im Hafen

Schiffsname	Schiff		Emissionsfaktoren [g/kWh] gemäß ENTEC								
			Hilfsdiesel								
	Nr.	Kürzel	Liegezeit im Hafen								
			Klasse	Verbrauch	NOx	NH3	SO2	CO2	HC	BaP	PM
Tankschiff (Import, groß)	1	st1	MSD/MGO1	217	12,5	0,002	0,4	690	0,4	2,05E-06	0,3
Tankschiff (Import, klein)	2	st2	MSD/MGO	217	13,9	0,002	0,4	690	0,4	2,05E-06	0,3
Tankschiff (Export, klein)	3	st3	MSD/MGO	217	13,9	0,002	0,4	690	0,4	2,05E-06	0,3

A 3.3.6 Emissionen pro Stunde, Hauptmaschinen, Revierfahrt

Schiffsname	Schiff		Stündliche Emissionen [kg/h] gemäß ENTEC									
			Hauptmaschinen									
	Nr.	Kürzel	Revierfahrt									
			Last	[kW]	Verbrauch	NOx	NH3	SO2	CO2	HC	BaP	PM
Tankschiff (Import, groß)	1	st1	20 %	2.000	408	27,2	0,004	0,8	1.294	3,60	4,1E-06	1,80
Tankschiff (Import, klein)	2	st2	20 %	1.200	268	12,7	0,002	0,5	852	1,80	2,5E-06	1,08
Tankschiff (Export, klein)	3	st3	20 %	900	201	9,5	0,002	0,4	639	1,35	1,8E-06	0,81

A 3.3.7 Emissionen pro Stunde, Hauptmaschinen, Liegezeit im Hafen

Schiffsname	Schiff		Stündliche Emissionen [kg/h] gemäß ENTEC									
			Hauptmaschinen									
	Nr.	Kürzel	Liegezeit im Hafen									
			Last	[kW]	Verbrauch	NOx	NH3	SO2	CO2	HC	BaP	PM
Tankschiff (Import, groß)	1	st1	20 %	2.000	408,0	27,2	0,0040	0,80	1.294	3,60	4,1E-06	1,80
Tankschiff (Import, klein)	2	st2	20 %	1.200	267,6	12,7	0,0024	0,48	852	1,80	2,5E-06	1,08
Tankschiff (Export, klein)	3	st3	20 %	900	200,7	9,5	0,0018	0,36	639	1,35	1,8E-06	0,81

A 3.3.8 Emissionen pro Stunde, Hilfsmaschinen, Revierfahrt

Schiffsname	Schiff		Stündliche Emissionen [kg/h] gemäß ENTEC									
			Hilfsdiesel									
	Nr.	Kürzel	Revierfahrt									
			Last	[kW]	Verbrauch	NOx	NH3	SO2	CO2	HC	BaP	PM
Tankschiff (Import, groß)	1	st1	50 %	1.500	326	20,9	0,0030	0,60	1.035	0,60	3,1E-06	0,45
Tankschiff (Import, klein)	2	st2	50 %	1.350	293	18,8	0,0027	0,54	932	0,54	2,8E-06	0,41
Tankschiff (Export, klein)	3	st3	50 %	1.150	250	16,0	0,0023	0,46	794	0,46	2,4E-06	0,35

A 3.3.9 Emissionen pro Stunde, Hilfsmaschinen, Liegezeit im Hafen

Schiffsname	Schiff		Stündliche Emissionen [kg/h] gemäß ENTEC									
			Hilfsdiesel									
	Nr.	Kürzel	Liegezeit im Hafen									
			Last	[kW]	Verbrauch	NOx	NH3	SO2	CO2	HC	BaP	PM
Tankschiff (Import, groß)	1	st1	60 %	1.800	391	22,5	0,0036	0,77	1.242	0,72	3,7E-06	0,47
Tankschiff (Import, klein)	2	st2	60 %	1.620	352	22,5	0,0032	0,65	1.118	0,65	3,3E-06	0,49
Tankschiff (Export, klein)	3	st3	60 %	1.380	299	19,2	0,0028	0,55	952	0,55	2,8E-06	0,41

A 3.3.10 Gesamt-Emissionsfaktoren, Revierfahrt

Schiffsname	Schiff		Summe aller Emissionsbeiträge für Hauptmaschinen und Hilfsdiesel je Betriebsstunde [kg/h]								
			Revierfahrt								
	Nr.	Kürzel	Verbrauch	NOx	NH3	SO2	CO2	HC	BaP	PM2,5	
Tankschiff (Import, groß)	1	st1	734	48,1	0,0070	1,4	2.329	4,20	7,2E-06	2,25	
Tankschiff (Import, klein)	2	st2	561	31,5	0,0051	1,0	1.784	2,34	5,2E-06	1,49	
Tankschiff (Export, klein)	3	st3	450	25,5	0,0041	0,8	1.433	1,81	4,2E-06	1,16	

A 3.3.11 Gesamt-Emissionsfaktoren, Liegezeit im Hafen

Schiffsname	Schiff		Summe aller Emissionsbeiträge für Hauptmaschinen und Hilfsdiesel je Betriebsstunde [kg/h]								
			Liegezeit im Hafen								
	Nr.	Kürzel	Verbrauch	NOx	NH3	SO2	CO2	HC	BaP	PM2,5	
Tankschiff (Import, groß)	1	st1	799	49,7	0,0076	1,6	2.536	4,32	7,8E-06	2,27	
Tankschiff (Import, klein)	2	st2	619	35,2	0,0056	1,1	1.970	2,45	5,8E-06	1,57	
Tankschiff (Export, klein)	3	st3	500	28,7	0,0046	0,9	1.591	1,90	4,7E-06	1,22	

A 3.4 Abgasableitung

Schiffsname	Schiff		Abgasvolumenstrom [Nm³/h]			Abgas-temperatur [°C]	Wärmestrom (thermisch) [MW]		
	Nr.	Kürzel	Revier-fahrt	Manö-ver	Liege-zeit		Revier-fahrt	Manö-ver	Liege-zeit
Tankschiff (Import, groß)	1	st1	20.495	20.495	22.317	150	1,1	1,1	1,2
Tankschiff (Import, klein)	2	st2	15.695	15.695	17.334	150	0,8	0,8	0,9
Tankschiff (Export, klein)	3	st3	12.606	12.606	14.003	150	0,7	0,7	0,7

Schiffsname	Schiff		Abgaskamine, Eingangsgrößen für Abgasfahnenüberhöhung, Austrittsgeschwindigkeit gemäß VDI 3782, Blatt 3								
	Nr.	Kürzel	Revierfahrt			Manöver			Liegezeit		
			An-zahl	d [m]	v [m/s]	An-zahl	d [m]	v [m/s]	An-zahl	d [m]	v [m/s]
Tankschiff (Import, groß)	1	st1	2	1,0	5,6	2	1,0	5,6	2	1,0	6,1
Tankschiff (Import, klein)	2	st2	2	1,0	4,3	2	1,0	4,3	2	1,0	4,8
Tankschiff (Export, klein)	3	st3	2	1,0	3,5	2	1,0	3,5	2	1,0	3,8

A 4 Emissionen Anlagen

Quelle		Leistung [kW]	Abgas- tem- peratur [°C]	Durch- messer Kamin [m]	Abgasvolumen- strom		Ver- brauch [l/h]
					Bezug [Nm³/h]	Betrieb [m³/h]	
Notstromgenerator	ea1	1.800	410	1,0	7.900	19.800	500
Feuerlöschpumpen	ea2	600	460	1,0	8.400	22.600	600

Quelle		NOx	NH ₃	SO ₂	CO ₂	BaP	PM ₁₀	PM _{2,5}
		[mg/m³]	[mg/m³]	[mg/m³]	[mg/m³]	[mg/m³]	[mg/m³]	[mg/m³]
Notstromgenerator	ea1	3.350	—	106	166.500	—	50	50
Feuerlöschpumpen	ea2	3.350	—	119	187.900	—	50	50

Quelle		NOx	NH ₃	SO ₂	CO ₂	BaP	PM ₁₀	PM _{2,5}
		[kg/h]	[kg/h]	[kg/h]	[kg/h]	[kg/h]	[kg/h]	[kg/h]
Notstromgenerator	ea1	26,465	—	0,837	1.315	—	0,395	0,395
Feuerlöschpumpen	ea2	28,140	—	1,000	1.578	—	0,420	0,420

A 5 Quellenmodell mit Emissionen je Betriebsstunde

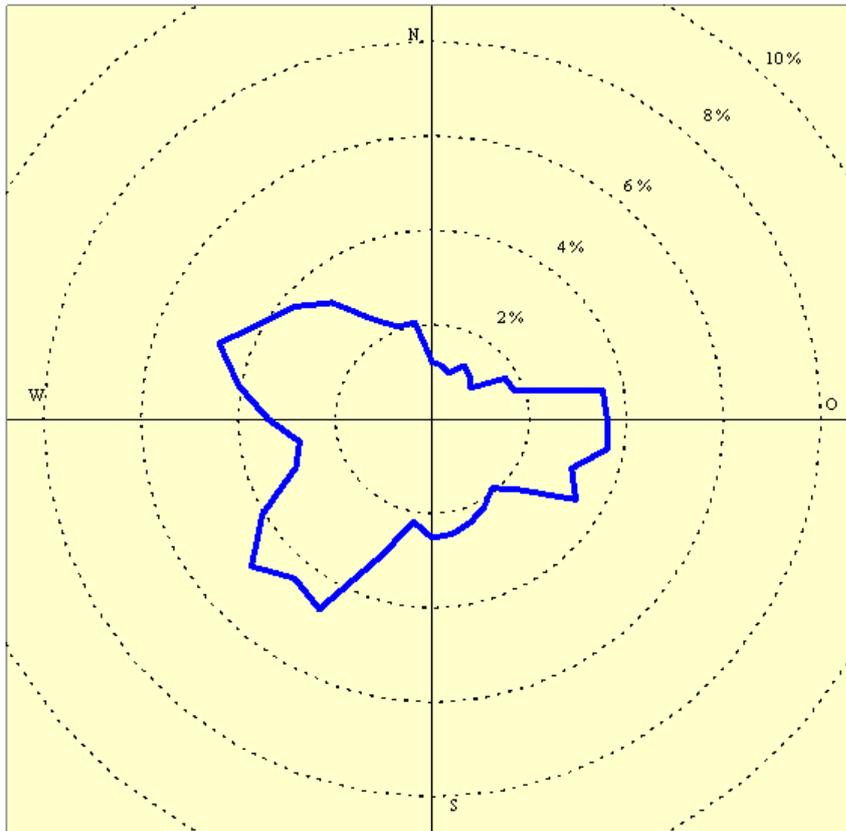
Nr.	Quelle	Kürzel	Anzahl	Zeit [h]	Emissionen [g/s], je Betriebsstunde bzw. Vorgang									
					NOx	NO ₂	NO	NH ₃	SO ₂	CO ₂	BaP	PM ₁₀	PM _{2,5-10}	PM _{2,5}
<i>Tankschiffe, Import (groß)</i>														
1	Anlegemanöver	pq11	6	0,5	6,67	0,67	3,93	0,0010	0,194	323,5	9,97E-07	0,313	0,000	0,313
2	Liegezeit	pq12	6	28,0	13,81	1,38	8,12	0,0021	0,437	704,4	2,16E-06	0,630	0,000	0,630
3	Ablegemanöver	pq13	6	0,25	3,34	0,33	1,96	0,0005	0,097	161,7	4,98E-07	0,156	0,000	0,156
<i>Tankschiffe, Import (klein)</i>														
4	Anlegemanöver	pq14	38	0,25	2,19	0,22	1,29	0,0004	0,071	123,9	3,63E-07	0,103	0,000	0,103
5	Liegezeit	pq15	38	8,0	9,79	0,98	5,76	0,0016	0,313	547,2	1,61E-06	0,435	0,000	0,435
6	Ablegemanöver	pq16	38	0,25	2,19	0,22	1,29	0,0004	0,071	123,9	3,63E-07	0,103	0,000	0,103
<i>Tankschiffe, Export (klein)</i>														
7	An-/Ablegemanöver	pq17	28	0,25	1,77	0,18	1,04	0,0003	0,057	99,5	2,92E-07	0,080	0,000	0,080
8	Liegezeit	pq18	28	12,0	7,98	0,80	4,69	0,0013	0,253	442,0	1,30E-06	0,340	0,000	0,340
9	Ablegemanöver	pq19	28	0,25	1,77	0,18	1,04	0,0003	0,057	99,5	2,92E-07	0,080	0,000	0,080

A 6 Jährliche Gesamtemissionen Ethylen-Terminal (Betrieb)

Nr.	Quelle	Kürzel	Gesamtemissionen [t/a]									
			NOx	NO ₂	NO	NH ₃	SO ₂	CO ₂	BaP	PM ₁₀	PM _{2,5}	
<i>Tankschiffe, Import (groß)</i>												
1	Anlegemanöver	pq11	0,144	0,014	0,085	0,00002	0,00420	6,99	2,15E-08	0,0068	0,0068	
2	Liegezeit	pq12	8,350	0,835	4,912	0,00128	0,26443	426,05	1,31E-06	0,3810	0,3810	
3	Ablegemanöver	pq13	0,072	0,007	0,042	0,00001	0,00210	3,49	1,08E-08	0,0034	0,0034	
<i>Tankschiffe, Import (klein)</i>												
4	Anlegemanöver	pq14	0,299	0,030	0,176	0,00005	0,00969	16,94	4,97E-08	0,0141	0,0141	
5	Liegezeit	pq15	10,712	1,071	6,301	0,00171	0,34291	598,82	1,76E-06	0,4761	0,4761	
6	Ablegemanöver	pq16	0,299	0,030	0,176	0,00005	0,00969	16,94	4,97E-08	0,0141	0,0141	
<i>Tankschiffe, Export (klein)</i>												
7	An-/Ablegemanöver	pq17	0,179	0,018	0,105	0,00003	0,00574	10,03	2,94E-08	0,0081	0,0081	
8	Liegezeit	pq18	9,651	0,965	5,677	0,00153	0,30643	534,64	1,57E-06	0,4113	0,4113	
9	Ablegemanöver	pq19	0,179	0,018	0,105	0,00003	0,00574	10,03	2,94E-08	0,0081	0,0081	
10	Summe An-/Ablegen	sq11	1,172	0,117	0,689	0,00019	0,03716	64,42	1,90E-07	0,0545	0,0545	
11	Summe Liege-/Ladezeiten	sq12	28,713	2,871	16,890	0,00452	0,91378	1.559,51	4,64E-06	1,2684	1,2684	
12	Summe Schiffe		29,884	2,988	17,579	0,00471	0,95094	1.623,93	4,83E-06	1,3229	1,3229	
<i>Anlagen</i>												
13	Notstromgenerator 1	pq21	0,318	0,032	0,187	0,00000	0,01005	15,78	0,00E+00	0,0047	0,0047	
14	Notstromgenerator 2	pq22	0,318	0,032	0,187	0,00000	0,01005	15,78	0,00E+00	0,0047	0,0047	
15	Feuerlöschpumpe 1	pq31	1,463	0,146	0,861	0,00000	0,05198	82,07	0,00E+00	0,0218	0,0218	
16	Feuerlöschpumpe 2	pq32	1,463	0,146	0,861	0,00000	0,05198	82,07	0,00E+00	0,0218	0,0218	
17	Summe Anlagen		3,562	0,356	2,095	0,00000	0,12406	195,72	0,00E+00	0,0532	0,0532	
18	Gesamtsumme		33,446	3,345	19,674	0,00471	1,07499	1.819,65	4,83E-06	1,3760	1,3760	

A 7 Ausbreitungsklassen-Zeitreihe des Deutschen Wetterdienstes (Brunsbüttel, 2001)

A 7.1 Windrichtungsverteilung im Jahresmittel (Anteil an Gesamtjahresstunden)



A 7.2 Verteilung der Ausbreitungsklassen (Anteil an Gesamtjahresstunden)

Windgeschwindigkeit [m/s]	Ausbreitungsklasse					
	I sehr stabil	II stabil	III/1 indifferent leicht stabil	III/2 indifferent leicht labil	IV labil	V sehr labil
0-1	0,51 %	0,55 %	0,06 %	0,09 %	0,29 %	0,30 %
1,5	1,11 %	1,37 %	0,21 %	0,30 %	0,40 %	0,42 %
2	1,22 %	1,28 %	0,32 %	0,52 %	0,24 %	0,17 %
3	0,86 %	5,08 %	2,96 %	1,80 %	0,75 %	0,36 %
4-5	0,00 %	2,08 %	15,89 %	5,82 %	1,13 %	1,01 %
6	0,00 %	0,00 %	10,46 %	1,18 %	0,31 %	0,15 %
7-8	0,00 %	0,00 %	17,46 %	1,13 %	0,41 %	0,20 %
9	0,00 %	0,00 %	9,44 %	0,72 %	0,27 %	0,01 %
>10	0,00 %	0,00 %	10,19 %	0,71 %	0,20 %	0,05 %
Summe	3,70 %	10,35 %	67,00 %	12,28 %	3,99 %	2,68 %

A 8 Zusammenstellung vorhandener Messdaten

Standort	Zeitraum	Luftschadstoffbelastung									
		NO ₂		SO ₂			BaP	PM ₁₀		PM _{2,5}	Staub
		Jahres- mittel- wert [µg/m ³]	Std. > 200 µg/m ³	Jahres- mittel- wert [µg/m ³]	Tage > 125 µg/m ³	Std. > 350 µg/m ³	Jahres- mittel- wert [ng/m ³]	Jahres- mittel- wert [µg/m ³]	Tage > 50 µg/m ³	Jahres- mittel- wert [µg/m ³]	Depo- sition [g/m ² d]
Brunsbüttel, Holstendamm	2004	16	0	5,0	0	0	—	21	6	—	—
	2005	16	0	6,0	0	0	—	22	8	—	—
	2006	15	0	5,0	0	4	—	23	11	—	—
	2007	15	0	6,0	1	12	—	20	5	—	0,066
	2008	15	0	6,1	1	8	0,10	19	4	—	0,047
	2009	14	0	—	—	—	0,14	20	3	—	0,056
	2010	15	0	4,9	0	0	—	23	21	—	0,060
Brunsbüttel, Cuxhavener Straße	2008	25	0	—	—	—	—	25	8	—	—
	2009	23	0	7,6	0	0	0,21	20	4	—	0,058
	2010	24	0	4,9	0	0	0,24	23	21	17	0,068
	2011	24	0	4,4	0	0	0,22	25	24	17	0,079
	2012	24	0	4,3	0	0	0,21	21	8	13	0,072
	2013	24	0	3,5	0	0	0,09	21	7	13	0,083
	2014	23	0	3,6	0	0	0,17	23	15	15	0,109
	2015	23	0	1,3	0	0	0,08	21	12	12	0,096
	2016	24	0	1,3	0	0	0,24	18	1	12	0,078
	2017	24	0	1,1	0	0	0,11	19	6	12	0,106
	2018	23	0	1,2	0	0	0,14	20	8	12	0,088
Bornhöved (unbelasteter Standort)	2004	12	0	—	—	—	—	18	7	—	—
	2005	12	0	—	—	—	—	19	7	—	—
	2006	13	0	3,0	0	0	—	19	12	—	—
	2007	11	0	2,0	0	0	0,10	17	4	—	0,046
	2008	12	0	2,0	0	0	0,10	16	1	—	0,037
	2009	12	0	1,7	—	—	—	—	—	16	0,042
	2010	13	0	—	—	—	0,22	20	13	16	0,038
	2011	13	0	1,0	—	—	—	20	18	16	0,056
	2012	12	0	1,6	—	—	—	17	5	11	0,043
	2013	11	0	1,2	—	—	—	16	3	12	0,047
	2014	10	0	0,7	—	—	—	19	8	12	0,036
	2015	9	0	1,1	—	—	—	15	7	10	0,065
	2016	10	0	1,1	—	—	—	14	2	9	0,049
	2017	9	0	0,9	—	—	—	13	4	9	0,067
2018	9	0	1,0	—	—	—	16	2	9	0,044	
Kiel, Max- Planck-Str. (städtischer Hintergrund, bis 22.06.2017)	2007	19	0	—	—	—	—	19	2	—	0,062
	2008	18	0	—	—	—	—	20	4	—	0,069
	2009	21	0	—	—	—	0,17	17	4	—	0,092
	2010	20	1	—	—	—	0,26	20	14	—	0,095
	2011	19	0	—	—	—	0,18	23	17	—	0,076
	2012	19	0	—	—	—	0,19	18	5	—	0,055
	2013	19	0	—	—	—	0,08	18	6	—	0,080
	2014	17	0	—	—	—	0,14	20	7	—	0,071
	2015	16	0	—	—	—	0,06	20	16	—	0,104
	2016	10	0	—	—	—	0,17	16	2	—	0,143
2017	17	0	—	—	—	—	18	4	—	0,062	
Kiel, Bremers- kamp (städt. Hintergrund, ab 23.06.2017)	2017	13	0	—	—	—	—	13	0	—	0,064
	2018	14	0	—	—	—	—	15	4	—	0,066

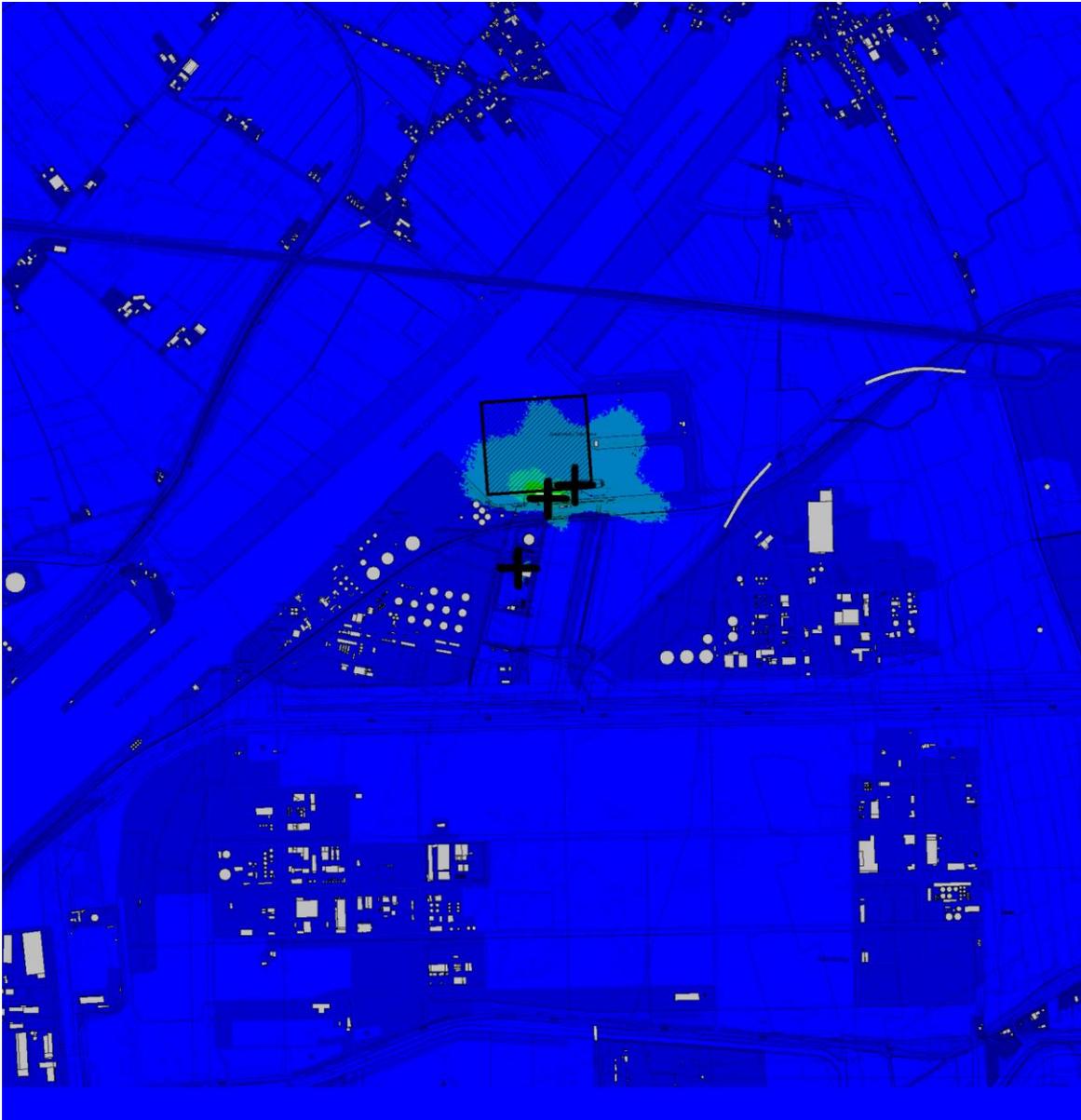
Standort	Zeitraum	Luftschadstoffbelastung									
		NO ₂		SO ₂			BaP	PM ₁₀		PM _{2,5}	Staub
		Jahres- mittel- wert [µg/m ³]	Std. > 200 µg/m ³	Jahres- mittel- wert [µg/m ³]	Tage > 125 µg/m ³	Std. > 350 µg/m ³	Jahres- mittel- wert [ng/m ³]	Jahres- mittel- wert [µg/m ³]	Tage > 50 µg/m ³	Jahres- mittel- wert [µg/m ³]	Depo- sition [g/m ² d]
Lübeck- St.Jürgen (städtischer Hintergrund)	2004	13	0	—	—	—	—	21	7	—	—
	2005	16	0	—	—	—	—	19	6	—	—
	2006	19	0	3,0	0	0	—	20	10	—	—
	2007	19	0	3,0	0	0	—	23	13	—	—
	2008	18	0	2,4	0	0	—	22	4	—	0,057
	2009	17	0	2,3	0	0	—	23	5	17	0,060
	2010	15	0	2,0	0	0	—	20	15	14	0,046
	2011	14	0	2,0	0	0	—	22	17	15	0,076
	2012	15	0	1,6	0	0	—	18	6	12	0,047
	2013	14	0	—	—	—	—	18	4	12	0,049
	2014	13	0	—	—	—	—	19	6	14	0,039
	2015	13	0	—	—	—	—	17	9	11	0,045
	2016	14	0	—	—	—	—	15	2	10	0,033
	2017	13	0	—	—	—	0,14	16	6	11	0,035
	2018	14	0	—	—	—	0,18	16	4	11	0,044
	2019	14	0	—	—	—	0,13	16	5	10	0,042
	2020	10	0	—	—	—	0,08	14	1	8	0,034
Ansatz für Hintergrundbelastung:		24	2¹⁾	1,1	0	0	0,15	20	12²⁾	14	0,100

1) Berechnung aus Jahresmittelwert, Ansatz RLuS 2012

2) Berechnung aus Jahresmittelwert, Ansatz "best fit + sigma"

A 9 Luftschadstoffbelastungen, Maßstab 1:25.000

A 9.1 Stickstoffdioxid-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)



NO₂-Gesamtbelastungen: Einheit µg/m³

	> 24,0
	> 25,0
	> 26,0
	> 27,0

	> 28,0
	> 30,0
	> 32,0
	> 34,0

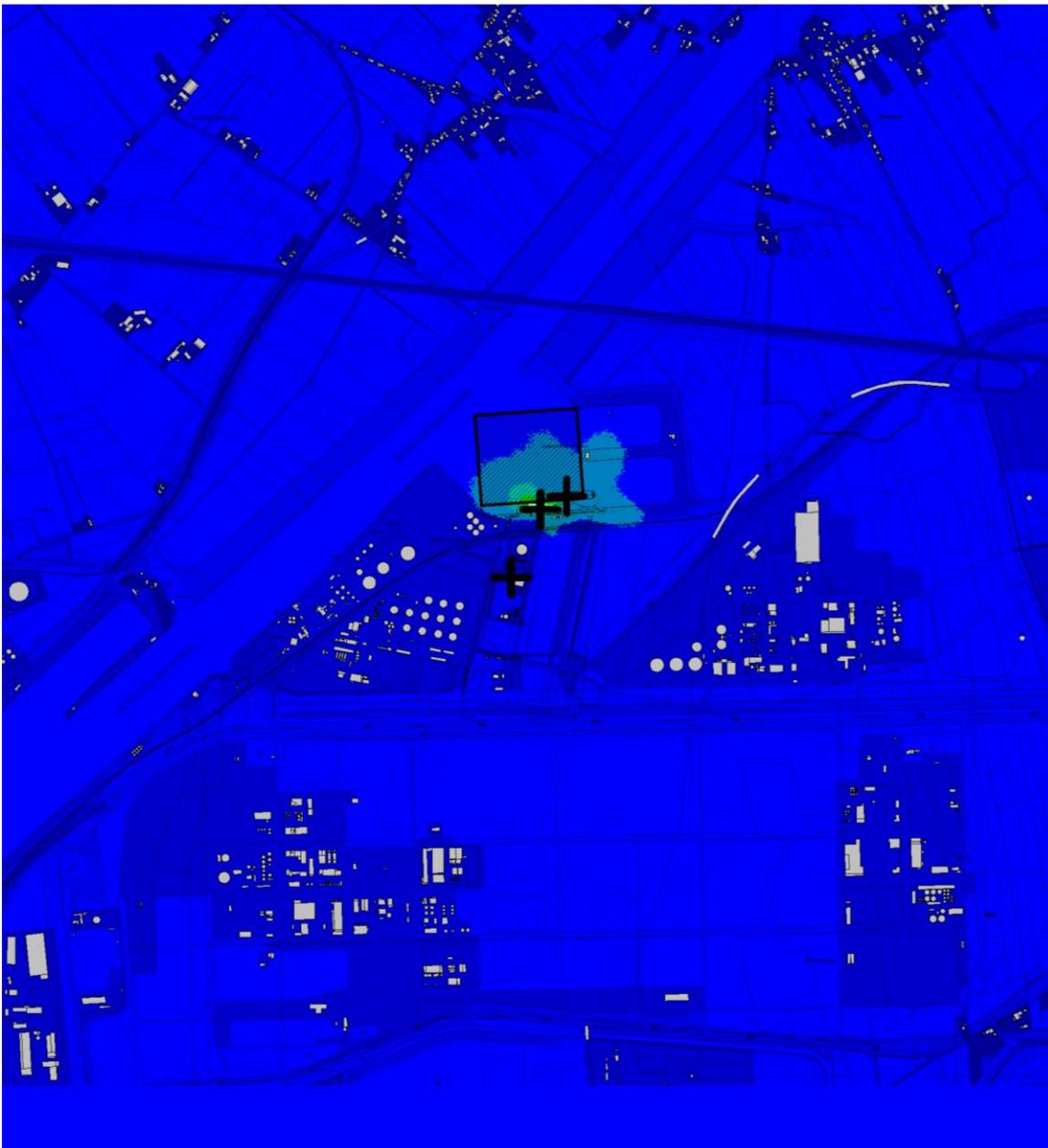
Aufpunkthöhe: 1,5 m

	> 36,0
	> 38,0
	> 40,0
	> 50,0

Immissionsgrenzwert 39. BImSchV:	40 µg/m ³
Immissionswert TA Luft:	40 µg/m ³
Hintergrundbelastung:	24 µg/m ³
Irrelevanzschwelle TA Luft:	1,2 µg/m ³

Maßstab 1:25.000

A 9.2 Schwefeldioxid-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)



SO₂-Gesamtbelastungen: Einheit µg/m³

	> 1,1
	> 1,2
	> 1,3
	> 1,4

	> 1,5
	> 2,0
	> 2,5
	> 3,0

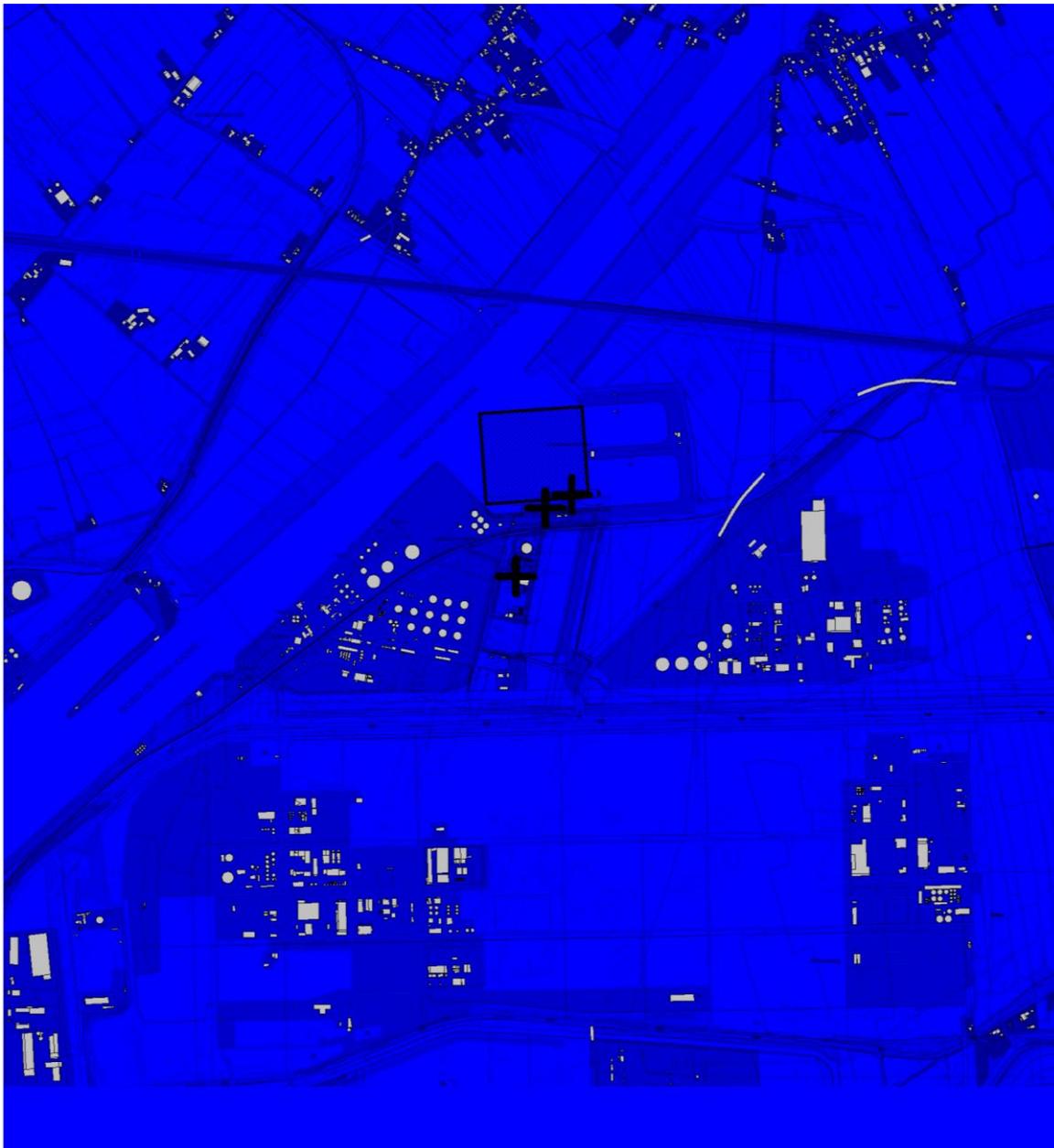
Aufpunkthöhe: 1,5 m

	> 4,0
	> 5,0
	> 10,0
	> 50,0

Immissionsgrenzwert 39. BImSchV: —
Immissionswert TA Luft: 50 µg/m³
Hintergrundbelastung: 1,1 µg/m³
Irrelevanzschwelle TA Luft: 1,5 µg/m³

Maßstab 1:25.000

A 9.3 Feinstaub(PM₁₀)- Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)



Feinstaub(PM₁₀)-Gesamtbelastungen:

Einheit µg/m³

Aufpunkthöhe: 1,5 m

	> 20,0		> 24,0		> 32,0
	> 21,0		> 26,0		> 35,0
	> 22,0		> 28,0		> 40,0
	> 23,0		> 30,0		> 50,0

Immissionsgrenzwert 39. BImSchV: 40 µg/m³

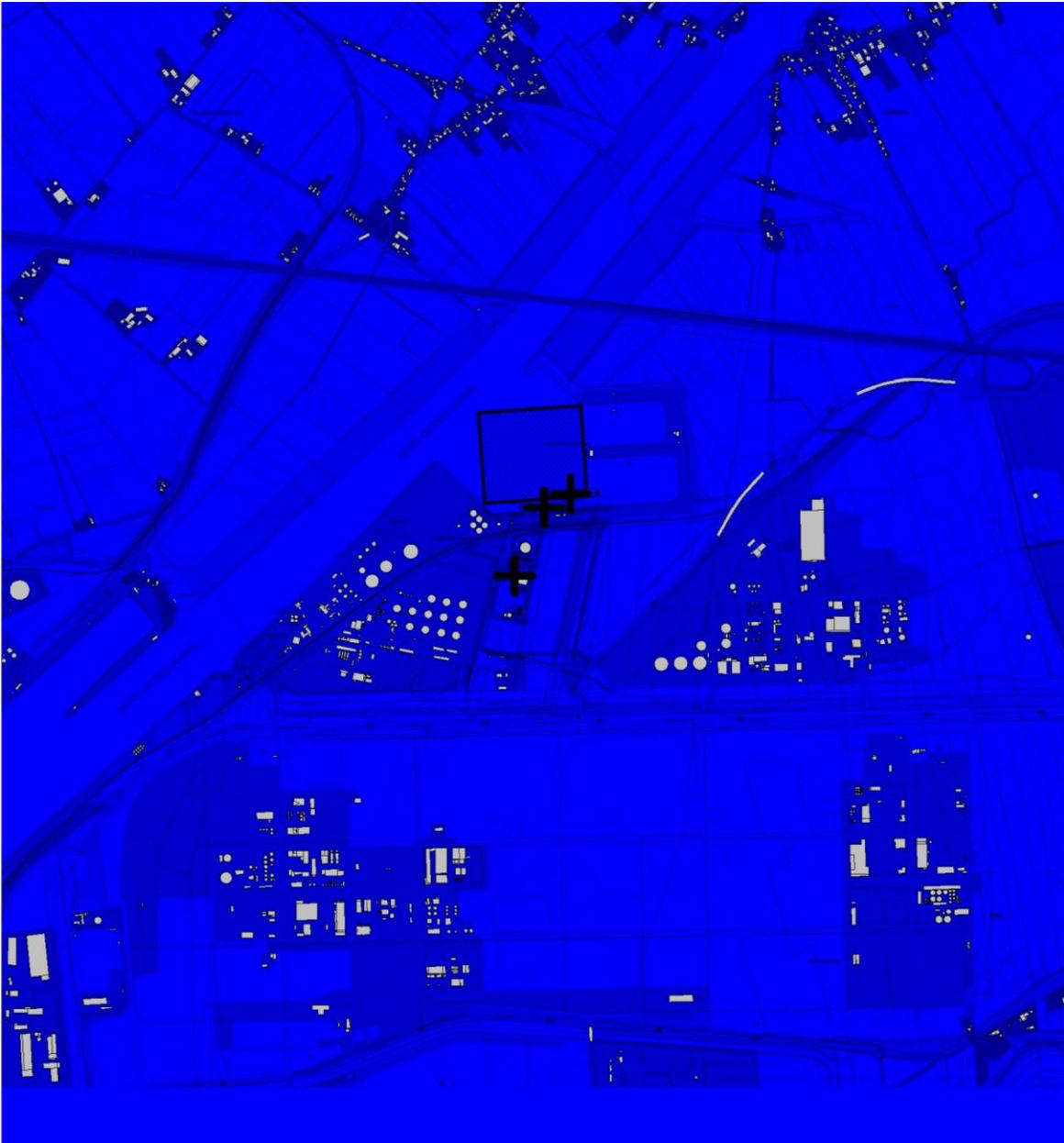
Immissionswert TA Luft: 40 µg/m³

Hintergrundbelastung: 20 µg/m³

Irrelevanzschwelle TA Luft: 1,2 µg/m³

Maßstab 1:25.000

A 9.4 Feinstaub(PM_{2,5})-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)



Feinstaub(PM_{2,5})-Gesamtbelastungen: Einheit $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Aufpunkthöhe: 1,5 m

	> 14,0		> 16,0		> 20,0
	> 14,5		> 17,0		> 22,0
	> 15,0		> 18,0		> 25,0
	> 15,5		> 19,0		> 30,0

Immissionsgrenzwert 39. BImSchV: $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$

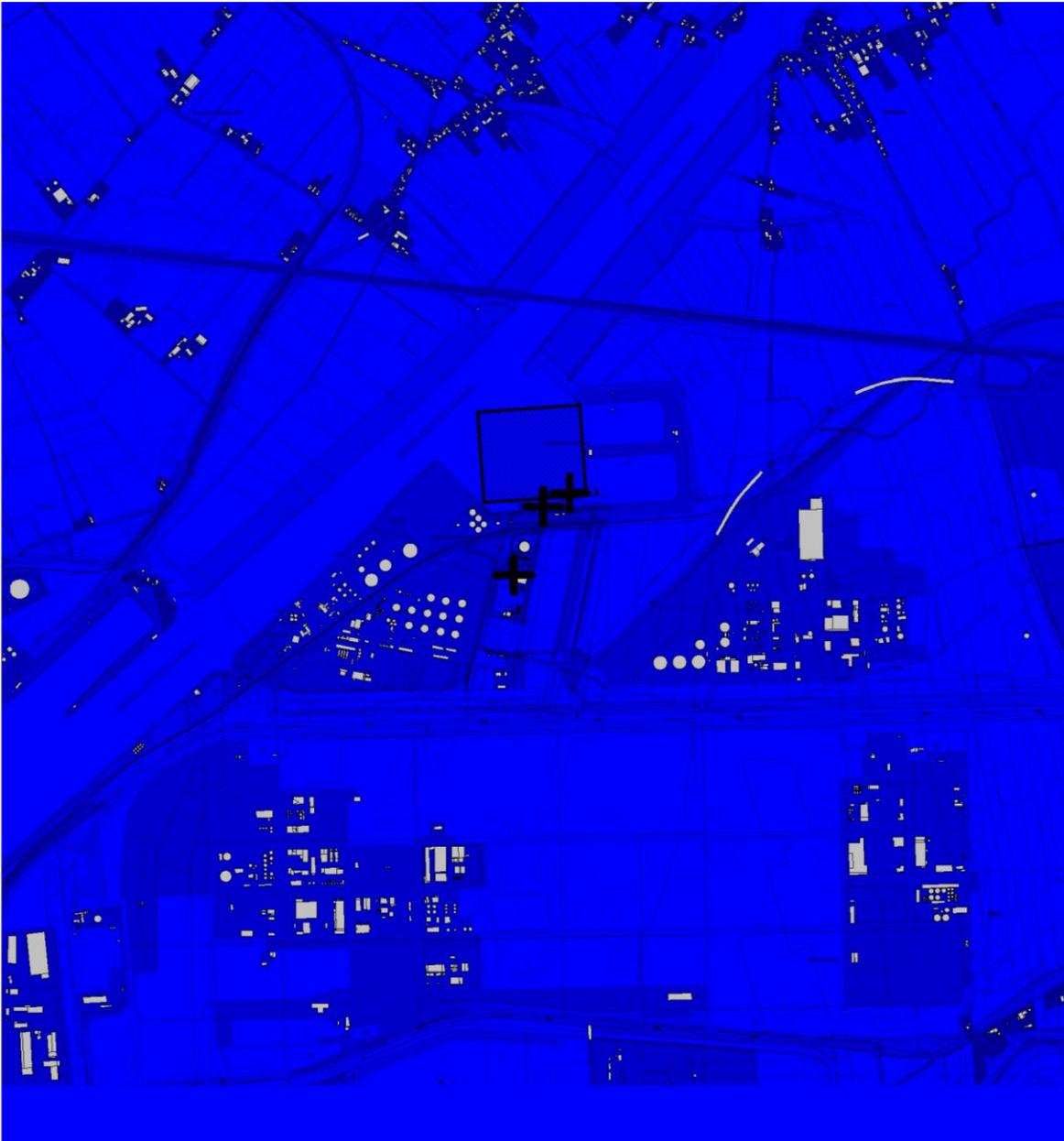
Immissionswert TA Luft: —

Hintergrundbelastung: $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Irrelevanzschwelle analog TA Luft: $0,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Maßstab 1:25.000

A 9.5 Benzo(a)pyren-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)



Benzo(a)pyren-Gesamtbelastungen:

Einheit ng/m³

	> 0,15		> 0,35		> 0,60
	> 0,20		> 0,40		> 0,80
	> 0,25		> 0,45		> 1,0
	> 0,30		> 0,50		> 2,0

Zielwert 39. BImSchV:

1,0 ng/m³

Immissionswert TA Luft:

—

Hintergrundbelastung:

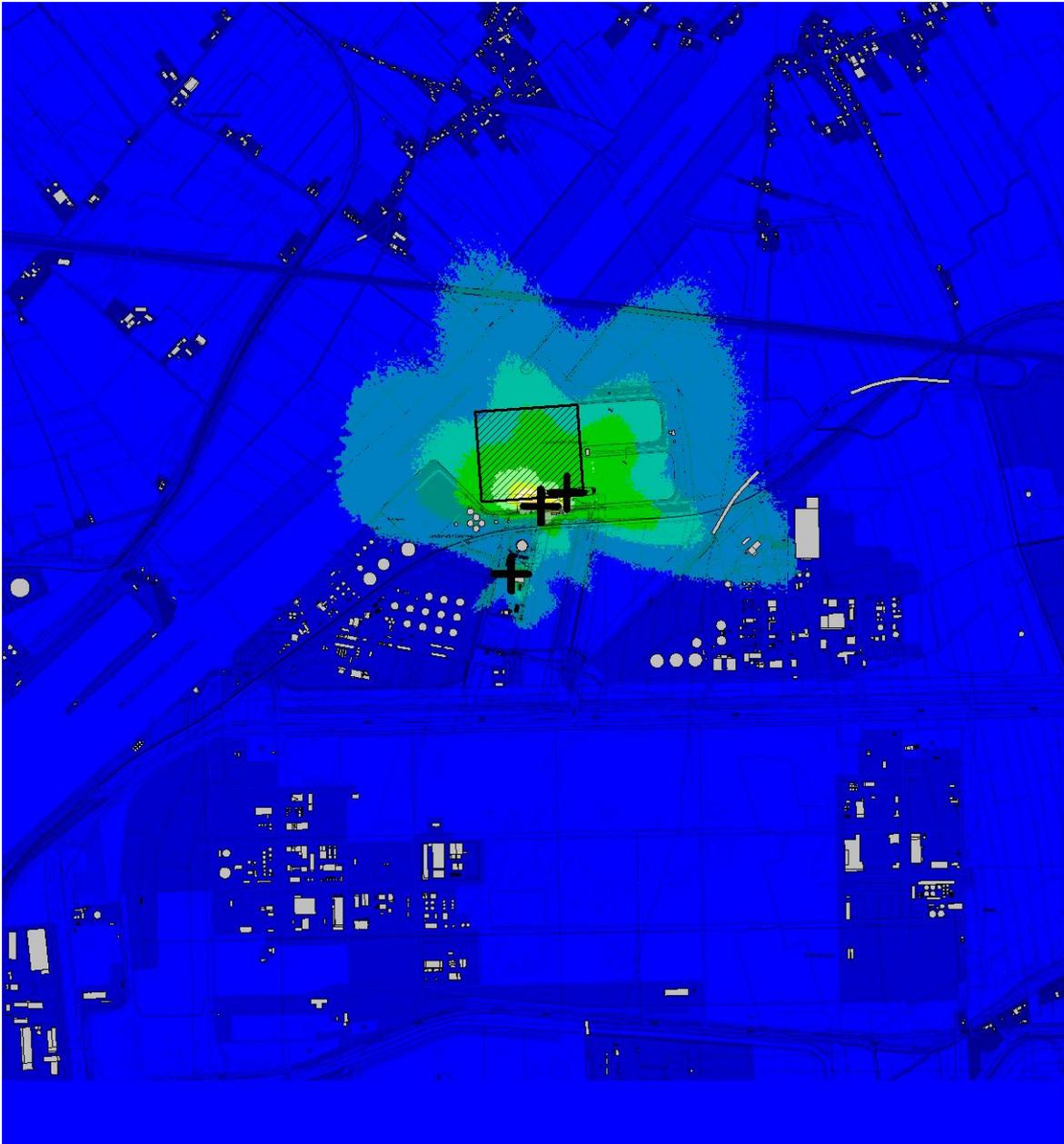
0,15 ng/m³

Irrelevanzschwelle analog TA Luft:

0,03 ng/m³

Maßstab 1:25.000

A 9.6 Stickstoffoxid(NOx)-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)



NOx-Gesamtbelastungen:

Einheit $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	> 41		> 46		> 54
	> 42		> 48		> 56
	> 43		> 50		> 58
	> 44		> 52		> 60

Grenzwert 39. BImSchV: $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$

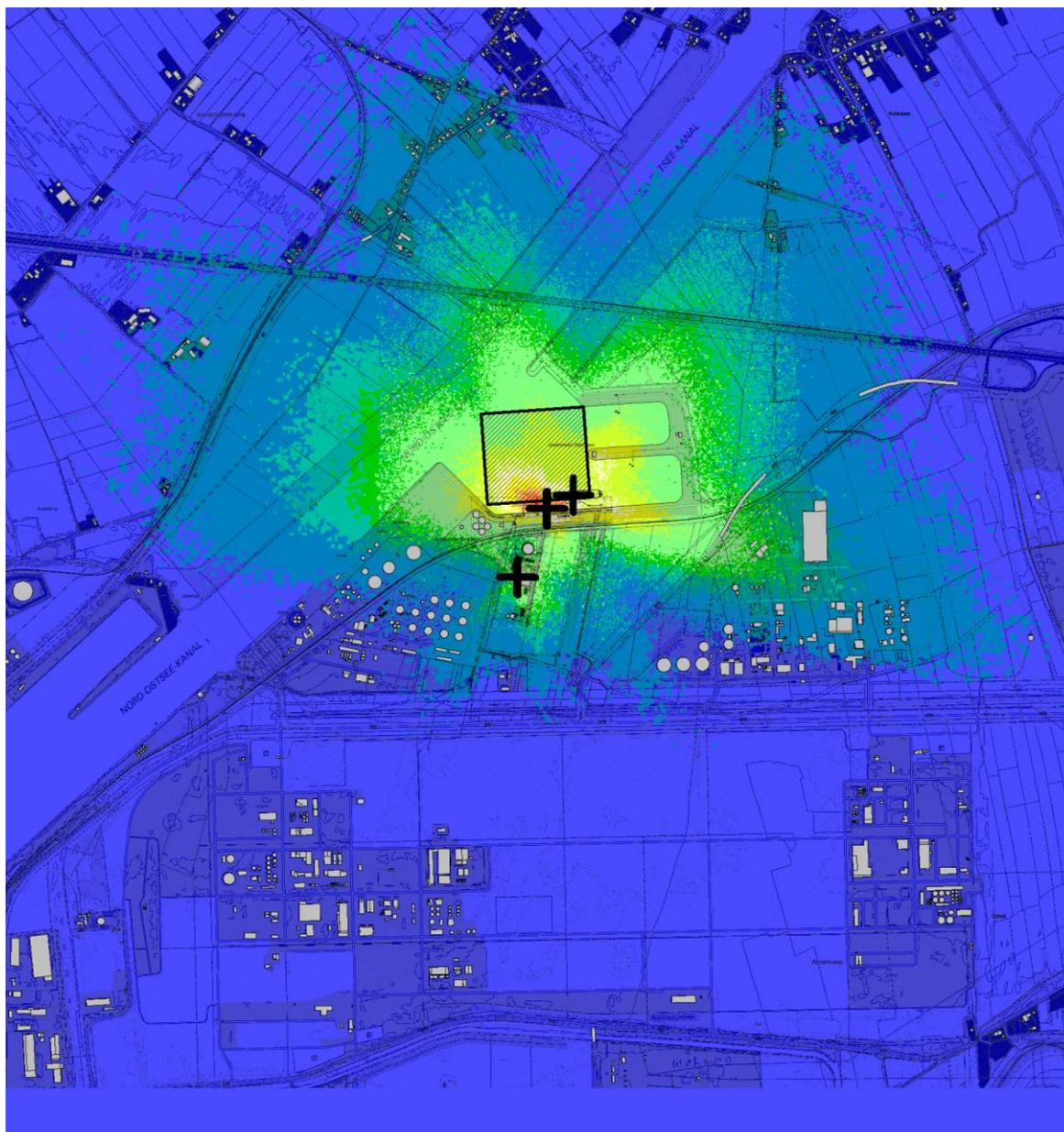
Immissionswert TA Luft: $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Hintergrundbelastung: $41,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Irrelevanzschwelle gemäß TA Luft: $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Maßstab 1:25.000

A 10 Stickstoffdeposition, Maßstab 1:25.000



Stickstoffdeposition-Zusatzbelastung:

Einheit g/(ha*a)

	> 0		> 100		> 500
	> 25		> 200		> 600
	> 50		> 300		> 800
	> 75		> 400		> 1.000

Abschneidekriterium:

300 g/(ha*a)

Maßstab 1:25.000

A 11 Rechenprotokolle

A 11.1 Rechenlauf Luftschadstoffimmissionen

```
2024-12-10 09:38:17 -----
TalServer.D:\Transfer\23150\RL1

Ausbreitungsmodell AUSTAL, Version 3.2.1-WI-x
Copyright (c) Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2002-2023
Copyright (c) Ing.-Büro Janicke, Überlingen, 1989-2023

Arbeitsverzeichnis: D:/Transfer/23150/RL1

Erstellungsdatum des Programms: 2023-08-01 07:39:04
Das Programm läuft auf dem Rechner "RECHNER-6".

===== Beginn der Eingabe =====
> ti "23150"
> az "D:\Transfer\23150\RL1\akzr_brunsbuettel_01_z0.akt"
> qs 2
> ux 32509900
> uy 5970650
> os "SCINOTAT"
> x0 2350 1500 0
> y0 3000 2000 0
> dd 5 10 20
> nx 300 300 300
> ny 300 300 300
> hq 10 10 5 5 5
> xq 2740.4 3050.1 2850 2845 2952.9 2955.8
> yq 3462.7 3497.3 3199.2 3200 3448.5 3448.6
> aq 370 0 0 0 0 0
> bq 330 0 0 0 0 0
> cq 10 10 5 5 5 5
> wq 4 0 0 0 0 0
> dq 1 1 0 0 0 0
> vq 4 4.5 0 0 0 0
> tq 150 150 0 0 0 0
> so2 ? ? ? ? ? ?
> nox ? ? ? ? ? ?
> xx ? ? ? ? ? ?
> pm25-1 ? ? ? ? ? ?
> pm-1 ? ? ? ? ? ?
> xp 3423.9 2798.2 2811.7 2410 1617.2 1593.8 1568.1 3766 4449.8
> yp 3713.2 3388.4 4790.5 4397.6 3991.5 3524 3180 4420.2 4186.9
> hp 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5
===== Ende der Eingabe =====

Die Höhe hq der Quelle 3 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 4 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 5 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 6 beträgt weniger als 10 m.

Standard-Kataster z0-utm.dmna (e9ea3bcd) wird verwendet.
Aus dem Kataster bestimmter Mittelwert von z0 ist 0.130 m.
Der Wert von z0 wird auf 0.10 m gerundet.
Die Zeitreihen-Datei "D:/Transfer/23150/RL1/zeitreihe.dmna" wird verwendet.
Es wird die Anemometerhöhe ha=22.4 m verwendet.
Die Angabe "az D:\Transfer\23150\RL1\akzr_brunsbuettel_01_z0.akt" wird ignoriert.

Prüfsumme AUSTAL d4279209
Prüfsumme TALDIA 7502b53c
Prüfsumme SETTINGS d0929e1c
Prüfsumme SERIES 57b4fbb8

=====
```

```
TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "so2"
TMT: 365 Mittel (davon ungültig: 18)
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-j00z01" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-j00s01" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-t03z01" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-t03s01" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-t03i01" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-t00z01" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-t00s01" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-t00i01" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-depz01" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-deps01" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-j00z02" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-j00s02" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-t03z02" geschrieben.
```

TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-t03s02" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-t03i02" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-t00z02" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-t00s02" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-t00i02" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-depz02" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-deps02" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-j00z03" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-j00s03" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-t03z03" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-t03s03" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-t03i03" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-t00z03" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-t00s03" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-t00i03" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-depz03" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-deps03" geschrieben.
TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "nox"
TMT: 365 Mittel (davon ungültig: 18)
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/nox-j00z01" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/nox-j00s01" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/nox-j00z02" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/nox-j00s02" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/nox-j00z03" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/nox-j00s03" geschrieben.
TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "pm"
TMT: 365 Mittel (davon ungültig: 18)
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-j00z01" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-j00s01" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-t35z01" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-t35s01" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-t35i01" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-t00z01" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-t00s01" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-t00i01" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-depz01" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-deps01" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-j00z02" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-j00s02" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-t35z02" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-t35s02" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-t35i02" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-t00z02" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-t00s02" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-t00i02" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-depz02" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-deps02" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-j00z03" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-j00s03" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-t35z03" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-t35s03" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-t35i03" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-t00z03" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-t00s03" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-t00i03" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-depz03" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-deps03" geschrieben.
TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "pm25"
TMT: 365 Mittel (davon ungültig: 18)
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm25-j00z01" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm25-j00s01" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm25-j00z02" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm25-j00s02" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm25-j00z03" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm25-j00s03" geschrieben.
TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "xx"
TMT: 365 Mittel (davon ungültig: 18)
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/xx-j00z01" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/xx-j00s01" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/xx-depz01" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/xx-deps01" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/xx-j00z02" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/xx-j00s02" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/xx-depz02" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/xx-deps02" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/xx-j00z03" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/xx-j00s03" geschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/xx-depz03" geschrieben.

TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/xx-deps03" ausgeschrieben.
 TMT: Dateien erstellt von AUSTAL 3.2.1-WI-x.
 TQL: Berechnung von Kurzzeit-Mittelwerten für "so2"
 TQL: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-s24z01" ausgeschrieben.
 TQL: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-s24s01" ausgeschrieben.
 TQL: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-s00z01" ausgeschrieben.
 TQL: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-s00s01" ausgeschrieben.
 TQL: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-s24z02" ausgeschrieben.
 TQL: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-s24s02" ausgeschrieben.
 TQL: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-s00z02" ausgeschrieben.
 TQL: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-s00s02" ausgeschrieben.
 TQL: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-s24z03" ausgeschrieben.
 TQL: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-s24s03" ausgeschrieben.
 TQL: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-s00z03" ausgeschrieben.
 TQL: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-s00s03" ausgeschrieben.
 TMO: Zeitreihe an den Monitor-Punkten für "so2"
 TMO: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-zbpbz" ausgeschrieben.
 TMO: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/so2-zbps" ausgeschrieben.
 TMO: Zeitreihe an den Monitor-Punkten für "nox"
 TMO: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/nox-zbpbz" ausgeschrieben.
 TMO: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/nox-zbps" ausgeschrieben.
 TMO: Zeitreihe an den Monitor-Punkten für "pm"
 TMO: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-zbpbz" ausgeschrieben.
 TMO: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm-zbps" ausgeschrieben.
 TMO: Zeitreihe an den Monitor-Punkten für "pm25"
 TMO: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm25-zbpbz" ausgeschrieben.
 TMO: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/pm25-zbps" ausgeschrieben.
 TMO: Zeitreihe an den Monitor-Punkten für "xx"
 TMO: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/xx-zbpbz" ausgeschrieben.
 TMO: Datei "D:/Transfer/23150/RL1/xx-zbps" ausgeschrieben.

Auswertung der Ergebnisse:

DEP: Jahresmittel der Deposition
 J00: Jahresmittel der Konzentration/Geruchsstundenhäufigkeit
 Tnn: Höchstes Tagesmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen
 Snn: Höchstes Stundenmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen

WARNUNG: Eine oder mehrere Quellen sind niedriger als 10 m.
 Die im folgenden ausgewiesenen Maximalwerte sind daher
 möglicherweise nicht relevant für eine Beurteilung!

Maximalwerte, Deposition

SO2 DEP : 1.038e+00 kg/(ha*a) (+/- 7.6%) bei x= 2913 m, y= 3463 m (1:113, 93)
 PM DEP : 2.077e-05 g/(m²*d) (+/- 6.4%) bei x= 2918 m, y= 3468 m (1:114, 94)
 XX DEP : 0.000e+00 g/(m²*d) (+/- 0.0%)

Maximalwerte, Konzentration bei z=1.5 m

SO2 J00 : 4.954e-01 µg/m³ (+/- 2.5%) bei x= 2938 m, y= 3458 m (1:118, 92)
 SO2 T03 : 1.729e+01 µg/m³ (+/- 9.1%) bei x= 2923 m, y= 3463 m (1:115, 93)
 SO2 T00 : 4.267e+01 µg/m³ (+/- 3.6%) bei x= 2988 m, y= 3458 m (1:128, 92)
 SO2 S24 : 3.677e+01 µg/m³ (+/- 3.4%) bei x= 2970 m, y= 3450 m (3:149,173)
 SO2 S00 : 1.007e+03 µg/m³ (+/- 3.6%) bei x= 2988 m, y= 3458 m (1:128, 92)
 NOX J00 : 1.514e+01 µg/m³ (+/- 2.6%) bei x= 2938 m, y= 3458 m (1:118, 92)
 PM J00 : 2.775e-01 µg/m³ (+/- 2.1%) bei x= 2928 m, y= 3473 m (1:116, 95)
 PM T35 : 7.441e-01 µg/m³ (+/- 4.8%) bei x= 2970 m, y= 3450 m (3:149,173)
 PM T00 : 2.088e+01 µg/m³ (+/- 4.9%) bei x= 2983 m, y= 3663 m (1:127,133)
 PM25 J00 : 2.775e-01 µg/m³ (+/- 2.1%) bei x= 2928 m, y= 3473 m (1:116, 95)
 XX J00 : 6.260e-13 g/m³ (+/- 2.3%) bei x= 3153 m, y= 3618 m (1:161,124)

Auswertung für die Beurteilungspunkte: Zusatzbelastung

PUNKT	01	02	03	04	05	06	07	08	09
xp	3424	2798	2812	2410	1617	1594	1568	3766	4450
yp	3713	3388	4791	4398	3992	3524	3180	4420	4187
hp	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
SO2 DEP	1.569e-01 11.3%	1.471e-01 13.5%	3.133e-02 13.1%	3.417e-02 21.8%	1.832e-02 15.7%	2.532e-02 18.1%	1.574e-02 20.5%	5.238e-02 24.4%	1.843e-02 14.7% kg/(ha*a)
SO2 J00	5.300e-02 3.5%	6.115e-02 4.3%	1.089e-02 5.6%	1.342e-02 7.1%	8.405e-03 5.3%	8.866e-03 6.9%	6.257e-03 7.5%	1.410e-02 6.2%	6.574e-03 5.6% µg/m³
SO2 T03	1.378e+00 11.6%	1.764e+00 9.0%	2.192e-01 23.2%	3.305e-01 21.8%	2.179e-01 23.8%	2.233e-01 15.2%			

1.992e-01 22.6% 3.101e-01 18.7% 2.250e-01 13.3% µg/m³
SO2 T00 2.352e+00 8.6% 3.901e+00 14.7% 1.230e+00 10.4% 1.276e+00 14.1% 4.143e-01 14.5% 7.687e-01 14.5%
4.569e-01 15.8% 8.356e-01 14.2% 4.856e-01 11.5% µg/m³
SO2 S24 5.487e+00 17.2% 4.856e+00 23.8% 1.300e+00 88.2% 1.810e+00 53.6% 8.208e-01 28.5% 1.042e+00 47.3%
7.567e-01 55.9% 1.762e+00 50.8% 9.029e-01 36.7% µg/m³
SO2 S00 1.555e+01 50.1% 8.839e+01 15.4% 5.335e+00 26.1% 5.628e+00 40.1% 3.409e+00 41.0% 6.996e+00 26.9%
3.749e+00 45.9% 3.967e+00 36.0% 2.174e+00 30.2% µg/m³
NOX J00 1.913e+00 3.5% 2.112e+00 4.0% 4.179e-01 5.6% 5.079e-01 6.8% 3.335e-01 6.3% 3.473e-01 8.0% 2.380e-01
7.4% 5.306e-01 6.6% 2.406e-01 5.5% µg/m³
PM DEP 5.999e-06 8.9% 4.942e-06 11.9% 1.515e-06 13.5% 1.608e-06 20.3% 8.571e-07 16.4% 1.074e-06 16.5%
7.167e-07 20.5% 2.074e-06 18.5% 8.270e-07 13.8% g/(m²·d)
PM J00 7.344e-02 3.1% 6.435e-02 3.6% 1.771e-02 5.7% 2.042e-02 6.8% 1.230e-02 5.4% 1.343e-02 6.3% 9.905e-03
7.4% 2.135e-02 5.5% 9.585e-03 5.5% µg/m³
PM T35 4.629e-02 48.5% 4.672e-03 70.9% 0.000e+00 0.0% 0.000e+00 0.0% 0.000e+00 0.0% 0.000e+00 0.0%
0.000e+00 0.0% 4.300e-03 66.1% 1.167e-03 100% µg/m³
PM T00 3.647e+00 8.7% 3.390e+00 8.9% 2.067e+00 10.8% 2.115e+00 13.6% 7.295e-01 14.3% 1.324e+00 14.0%
7.425e-01 15.6% 1.348e+00 14.0% 8.168e-01 11.6% µg/m³
PM25 J00 7.344e-02 3.1% 6.435e-02 3.6% 1.771e-02 5.7% 2.042e-02 6.8% 1.230e-02 5.4% 1.343e-02 6.3% 9.905e-03
7.4% 2.135e-02 5.5% 9.585e-03 5.5% µg/m³
XX DEP 0.000e+00 0.0% 0.000e+00 0.0% 0.000e+00 0.0% 0.000e+00 0.0% 0.000e+00 0.0% 0.000e+00 0.0%
0.000e+00 0.0% 0.000e+00 0.0% 0.000e+00 0.0% g/(m²·d)
XX J00 2.549e-13 3.2% 1.887e-13 4.2% 6.346e-14 5.7% 7.195e-14 6.9% 4.225e-14 5.6% 4.597e-14 6.3% 3.623e-14
7.5% 7.716e-14 5.5% 3.441e-14 5.6% g/m³
=====

2024-12-10 11:09:41 AUSTAL beendet.

A 11.2 Rechenlauf Stickstoffdeposition

```
2024-12-10 09:38:51 -----
TalServer:D:\Transfer\23150\RL2

Ausbreitungsmodell AUSTAL, Version 3.2.1-WI-x
Copyright (c) Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2002-2023
Copyright (c) Ing.-Büro Janicke, Überlingen, 1989-2023

Arbeitsverzeichnis: D:\Transfer\23150\RL2

Erstellungsdatum des Programms: 2023-08-01 07:39:04
Das Programm läuft auf dem Rechner "RECHNER-6".

===== Beginn der Eingabe =====
> ti "23150"
> az "D:\Transfer\23150\RL2\akzr_brunsbuettel_01_z0.akt"
> qs 2
> ux 32509900
> uy 5970650
> os "SCINOTAT"
> x0 2350 1500 0
> y0 3000 2000 0
> dd 5 10 20
> nx 300 300 300
> ny 300 300 300
> hq 10 10 5 5 5 5
> xq 2740.4 3050.1 2850 2845 2952.9 2955.8
> yq 3462.7 3497.3 3199.2 3200 3448.5 3448.6
> aq 370 0 0 0 0 0
> bq 330 0 0 0 0 0
> cq 10 10 5 5 5 5
> wq 4 0 0 0 0 0
> dq 1 1 0 0 0 0
> vq 4 4.5 0 0 0 0
> tq 150 150 0 0 0 0
> no ? ? ? ? ? ?
> no2 ? ? ? ? ? ?
> nh3 ? ? ? ? ? ?
> xp 3423.9 2798.2 2811.7 2410 1617.2 1593.8 1568.1 3766 4449.8
> yp 3713.2 3388.4 4790.5 4397.6 3991.5 3524 3180 4420.2 4186.9
> hp 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5
===== Ende der Eingabe =====
```

Die Höhe hq der Quelle 3 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 4 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 5 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 6 beträgt weniger als 10 m.

Standard-Kataster z0-utm.dmna (e9ea3bcd) wird verwendet.
Aus dem Kataster bestimmter Mittelwert von z0 ist 0.130 m.
Der Wert von z0 wird auf 0.10 m gerundet.
Die Zeitreihen-Datei "D:\Transfer\23150\RL2\zeitreihe.dmna" wird verwendet.
Es wird die Anemometerhöhe ha=22.4 m verwendet.
Die Angabe "az D:\Transfer\23150\RL2\akzr_brunsbuettel_01_z0.akt" wird ignoriert.

Prüfsumme AUSTAL d4279209
Prüfsumme TALDIA 7502b53c
Prüfsumme SETTINGS d0929e1c
Prüfsumme SERIES 3e1c3cc4

```
=====
TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "no2"
TMT: 365 Mittel (davon ungültig: 18)
TMT: Datei "D:\Transfer\23150\RL2\no2-j00z01" geschrieben.
TMT: Datei "D:\Transfer\23150\RL2\no2-j00s01" geschrieben.
TMT: Datei "D:\Transfer\23150\RL2\no2-depz01" geschrieben.
TMT: Datei "D:\Transfer\23150\RL2\no2-deps01" geschrieben.
TMT: Datei "D:\Transfer\23150\RL2\no2-j00z02" geschrieben.
TMT: Datei "D:\Transfer\23150\RL2\no2-j00s02" geschrieben.
TMT: Datei "D:\Transfer\23150\RL2\no2-depz02" geschrieben.
TMT: Datei "D:\Transfer\23150\RL2\no2-deps02" geschrieben.
TMT: Datei "D:\Transfer\23150\RL2\no2-j00z03" geschrieben.
TMT: Datei "D:\Transfer\23150\RL2\no2-j00s03" geschrieben.
TMT: Datei "D:\Transfer\23150\RL2\no2-depz03" geschrieben.
TMT: Datei "D:\Transfer\23150\RL2\no2-deps03" geschrieben.
TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "no"
TMT: 365 Mittel (davon ungültig: 18)
TMT: Datei "D:\Transfer\23150\RL2\no-depz01" geschrieben.
```

TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/no-deps01" ausgeschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/no-depz02" ausgeschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/no-deps02" ausgeschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/no-depz03" ausgeschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/no-deps03" ausgeschrieben.
TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "nh3"
TMT: 365 Mittel (davon ungültig: 18)
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/nh3-j00z01" ausgeschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/nh3-j00s01" ausgeschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/nh3-depz01" ausgeschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/nh3-deps01" ausgeschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/nh3-j00z02" ausgeschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/nh3-j00s02" ausgeschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/nh3-depz02" ausgeschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/nh3-deps02" ausgeschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/nh3-j00z03" ausgeschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/nh3-j00s03" ausgeschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/nh3-depz03" ausgeschrieben.
TMT: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/nh3-deps03" ausgeschrieben.
TMT: Dateien erstellt von AUSTAL_3.2.1-WI-x.
TQL: Berechnung von Kurzzeit-Mittelwerten für "no2"
TQL: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/no2-s18z01" ausgeschrieben.
TQL: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/no2-s18s01" ausgeschrieben.
TQL: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/no2-s00z01" ausgeschrieben.
TQL: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/no2-s00s01" ausgeschrieben.
TQL: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/no2-s18z02" ausgeschrieben.
TQL: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/no2-s18s02" ausgeschrieben.
TQL: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/no2-s00z02" ausgeschrieben.
TQL: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/no2-s00s02" ausgeschrieben.
TQL: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/no2-s18z03" ausgeschrieben.
TQL: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/no2-s18s03" ausgeschrieben.
TQL: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/no2-s00z03" ausgeschrieben.
TQL: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/no2-s00s03" ausgeschrieben.
TMO: Zeitreihe an den Monitor-Punkten für "no2"
TMO: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/no2-zbpbz" ausgeschrieben.
TMO: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/no2-zbps" ausgeschrieben.
TMO: Zeitreihe an den Monitor-Punkten für "nh3"
TMO: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/nh3-zbpbz" ausgeschrieben.
TMO: Datei "D:/Transfer/23150/RL2/nh3-zbps" ausgeschrieben.

Auswertung der Ergebnisse:

DEP: Jahresmittel der Deposition
J00: Jahresmittel der Konzentration/Geruchsstundenhäufigkeit
Tnn: Höchstes Tagesmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen
Snn: Höchstes Stundenmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen

WARNUNG: Eine oder mehrere Quellen sind niedriger als 10 m.
Die im folgenden ausgewiesenen Maximalwerte sind daher
möglicherweise nicht relevant für eine Beurteilung!

Maximalwerte, Deposition

NO2 DEP : 1.397e+00 kg/(ha*a) (+/- 8.8%) bei x= 2913 m, y= 3463 m (1:113, 93)
NO DEP : 1.125e+00 kg/(ha*a) (+/- 7.9%) bei x= 2928 m, y= 3468 m (1:116, 94)
NH3 DEP : 1.616e-03 kg/(ha*a) (+/- 6.5%) bei x= 3153 m, y= 3618 m (1:161,124)

Maximalwerte, Konzentration bei z=1.5 m

NO2 J00 : 1.764e+00 µg/m³ (+/- 2.9%) bei x= 2938 m, y= 3458 m (1:118, 92)
NO2 S18 : 1.726e+02 µg/m³ (+/- 7.6%) bei x= 2988 m, y= 3453 m (1:128, 91)
NO2 S00 : 3.726e+03 µg/m³ (+/- 4.3%) bei x= 2988 m, y= 3458 m (1:128, 92)
NH3 J00 : 5.762e-04 µg/m³ (+/- 2.2%) bei x= 3153 m, y= 3618 m (1:161,124)

Auswertung für die Beurteilungspunkte: Zusatzbelastung

PUNKT	01	02	03	04	05	06	07	08	09
xp	3424	2798	2812	2410	1617	1594	1568	3766	4450
yp	3713	3388	4791	4398	3992	3524	3180	4420	4187
hp	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
NO2 DEP	2.479e-01 16.3%	2.387e-01 24.1%	5.067e-02 13.3%	5.547e-02 20.8%	3.277e-02 16.1%	6.540e-02 38.3%	3.042e-02 23.8%	1.041e-01 42.8%	3.078e-02 15.6%
NO2 J00	2.440e-01 4.9%	3.134e-01 5.2%	5.535e-02 5.8%	7.228e-02 9.9%	5.630e-02 12.9%	5.844e-02 16.9%	3.594e-02		

8.0% 7.323e-02 10.8% 3.780e-02 11.0% µg/m³
NO2 S18 2.386e+01 38.0% 2.385e+01 25.4% 7.933e+00 49.8% 9.994e+00 34.1% 7.734e+00 29.7% 6.389e+00 33.7%
5.825e+00 66.4% 1.017e+01 37.3% 4.977e+00 39.8% µg/m³
NO2 S00 2.630e+02 26.9% 7.725e+02 12.7% 2.788e+01 28.2% 4.458e+01 100% 5.197e+01 100% 8.809e+01 85.9%
2.087e+01 45.4% 5.735e+01 100% 2.424e+01 100% µg/m³
NO DEP 1.667e-01 10.2% 1.526e-01 13.9% 3.625e-02 13.2% 4.016e-02 20.8% 2.220e-02 15.6% 2.567e-02 16.0%
1.753e-02 20.5% 5.559e-02 21.6% 2.065e-02 14.7% kg/(ha*a)
NH3 DEP 6.133e-04 9.1% 4.646e-04 12.5% 1.479e-04 13.4% 1.509e-04 21.4% 7.489e-05 17.3% 9.421e-05 17.1%
6.864e-05 21.1% 1.958e-04 18.5% 8.204e-05 13.6% kg/(ha*a)
NH3 J00 2.234e-04 3.2% 1.672e-04 4.1% 5.055e-05 5.7% 5.802e-05 7.2% 3.342e-05 5.5% 3.645e-05 6.3% 2.909e-05
7.5% 6.336e-05 5.5% 2.827e-05 5.6% µg/m³
=====

2024-12-10 11:01:06 AUSTAL beendet.

A 11.3 BESMIN, Notstromaggregate

besmin_nsa.log

2023-12-13 14:41:26 BESMIN Version 1.0.1
IBJpluris Version 3.1.6
Berechnete Schornsteinhöhen hb (in m):

Stoff	S	eq	dq	vq	tq	zq	hb
Formaldehyd	0,025	9,48E-01	1,0	13,9	410	0,0000	10,1

A 11.4 BESMIN, Feuerlöschpumpen

besmin_flp.log

2023-12-13 14:43:51 BESMIN Version 1.0.1
IBJpluris Version 3.1.6
Berechnete Schornsteinhöhen hb (in m):

Stoff	S	eq	dq	vq	tq	zq	hb
Formaldehyd	0,025	1,01E+00	1,0	15,9	460	0,0000	10,0