



Hafenmonitoring

Teil B: Emissionsinventare der Hafengebiete Neuss
und Duisburg

LANUV-Fachbericht 123

Hafenmonitoring

Teil B: Emissionsinventare der Hafengebiete Neuss
und Duisburg

LANUV-Fachbericht 123

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
Recklinghausen 2022

IMPRESSUM

Herausgeber	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) Leibnizstraße 10, 45659 Recklinghausen Telefon 02361 305-0 Telefax 02361 305-3215 E-Mail: poststelle@lanuv.nrw.de
Bearbeiter	Dr. Dieter Busch, Anton Bergen (LANUV) Kai Krause (IUP, Universität Bremen) Dr. Svenja Sommer (BFG Koblenz)

Dieser Bericht ist ein Teilbericht des CLINSH-Projektes LIFE15 ENV/NL/000217 „CLean INland SHipping (CLINSH)“. CLINSH ist ein LIFE+-Projekt der EG, das mit dem Beitrag des LIFE-Finanzierungsinstruments der Europäischen Gemeinschaft durchgeführt wird. Dieses Ergebnis ist Teil der Aktion B1, Technologien zur Emissionsminderung. Das Ziel von LIFE „CLINSH“ ist die Verbesserung der Luftqualität in städtischen Gebieten in der Nähe von Häfen und Binnenwasserstraßen durch beschleunigte Reduzierung der Emissionen der Binnenschifffahrt.

Projekt-Website	www.clinsh.eu 
-----------------	---

Titelbild	©AdobeStock_Tom Bayer
-----------	-----------------------

ISSN	1864-3930 (Print), 2197-7690 (Internet), LANUV-Fachberichte
------	---

Informationsdienste	Informationen und Daten aus NRW zu Natur, Umwelt und Verbraucherschutz unter • www.lanuv.nrw.de Aktuelle Luftqualitätswerte zusätzlich im • WDR-Videotext
---------------------	--

Bereitschaftsdienst	Nachrichtenbereitschaftszentrale des LANUV (24-Std.-Dienst) Telefon 0201 714488
---------------------	--

Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur unter Quellenangaben und Überlassung von Belegexemplaren nach vorheriger Zustimmung des Herausgebers gestattet. Die Verwendung für Werbezwecke ist grundsätzlich untersagt.

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	7
1 Einleitung	7
2 Grundsätzliches zu den Emissionsinventaren	11
2.1 Bereits vorhandene Emissionsdaten	11
2.2 Zusätzlich für CLINSH erhobene Emissionsdaten	11
2.3 Neue Methodik zur Erfassung der NO _x -Emissionen fahrender Binnenschiffe	11
2.4 Neue Methodik zur Ermittlung der Emissionen liegender Schiffe	12
3 Emissionen fahrender Schiffe auf dem Rhein	13
3.1 Eingangsgrößen und Beschreibung der Berechnungsmethode	13
3.2 Berechnung der Emissionen	13
3.3 NO _x -Emissionen der fahrenden Schiffe auf dem Rhein	14
3.4 Berechnung der Emissionen der im Hafenbereich fahrenden Schiffe	16
3.4.1 NO _x -Emissionen der im Hafen Neuss fahrenden Schiffe	17
3.4.2 NO _x -Emissionen der im Hafen Duisburg fahrenden Schiffe	18
3.5 Berechnung der durch die Schleusenaktivitäten entstehenden Emissionen	20
3.5.1 Schiffsverkehr zu den Schleusen	20
3.5.2 Emissionen in Schleusen, berechnet mit dem neuen LuWas-Modell	20
3.6 Georeferenzierung der NO _x -Emissionen der fahrenden Schiffe	23
4 Emissionen der liegenden Schiffe im Hafen	27
4.1 Eingangsgrößen und Beschreibung der Berechnungsmethoden	27
4.2 Emissionen von Tankschiffen mit schiffsseitiger Entladetätigkeit	35
4.2.1 Emissionsverhalten der "größten" Generatoren auf Tankschiffen	36
4.2.2 Berechnung der Emissionen aus dem realen Tankerverkehr auf der "Ölinsel" im Duisburger Hafen für das Jahr 2018	37
4.3 Emissionen der liegenden Fracht- und Tankschiffe und ihre Georeferenzierung	39
5 Emissionsinventare aus den Emissionskatastern des Landes NRW	43
5.1 Industrielle Emittenten im Stadtgebiet Duisburg	44
5.1.1 Anlagenstruktur im Stadtgebiet Duisburg (NO _x)	44
5.1.2 Anlagenstruktur im Stadtgebiet Duisburg (PM ₁₀)	47
5.1.3 Emittentengruppe kleine und mittlere Feuerungsanlagen - nicht genehmigungsbedürftige Anlagen (Duisburg)	49
5.1.4 Emittentengruppe Straßenverkehr	49
5.1.5 Weitere Emittentengruppen	49
5.2 Neuss/Düsseldorf Emittentengruppe Industrie/ genehmigungsbedürftige Anlagen	49
5.2.1 Anlagenstruktur im Stadtgebiet Neuss/Düsseldorf (NO _x)	49

5.2.2	Anlagenstruktur im Stadtgebiet Neuss/Düsseldorf (PM ₁₀)	52
5.2.3	Emittentengruppe kleine und mittlere Feuerungsanlagen - nicht genehmigungsbedürftige Anlagen (Neuss/Düsseldorf)	55
5.2.4	Emittentengruppe Straßenverkehr (Neuss/Düsseldorf)	55
5.2.5	Weitere Emittentengruppen	55
5.3	Gesamtbetrachtung des großräumigen Untersuchungsgebietes	55
5.3.1	Industrie und Kleinfeuerungsanlagen	55
5.3.2	Verkehrssektor	57
6	Sondererhebungen für CLINSH zum Verkehr in den Hafengebieten	61
6.1	Verkehrsemissionen im Hafengebiet Duisburg	61
6.1.1	Straßenverkehr im Hafengebiet Duisburg	61
6.1.2	Schienenverkehr / Hafenbahn im Hafengebiet Duisburg	65
6.1.3	Flurförderfahrzeuge im Hafengebiet Duisburg	66
6.2	Verkehrsemissionen im Hafengebiet Neuss/Düsseldorf	67
6.2.1	Straßenverkehr im Hafengebiet Neuss/Düsseldorf	67
6.2.2	Schienenverkehr / Hafenbahn im Hafengebiet Neuss/Düsseldorf	71
6.2.3	Flurförderfahrzeuge im Hafengebiet Neuss/Düsseldorf	71
6.2.4	Autoverladung im Hafengebiet Neuss/Düsseldorf	71
7	Zusammenfassung der Emissionen im Untersuchungsgebiet und in den Hafengebieten	72
7.1	Untersuchungsgebiet	72
7.2	Hafengebiete Duisburg und Neuss/Düsseldorf	73
8	Ausblick	74
9	Danksagung	74
10	Literatur	75
11	Anhang	78
12	CLINSH Partner	89

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schiff, Schiene, Straße. Die verschiedenen Verkehrsträger im Hafenbereich stellen wichtige Emissionsquellen dar.	10
Abbildung 2:	NO _x : Emissionsmengen pro Quartal im Jahresverlauf im Rheinabschnitt Duisburg. Die Messstation DURH steht am Rhein-km 782.....	16
Abbildung 3:	Segmente der NO _x Linienquellen für die im Hafen Neuss fahrenden Schiffe.....	17
Abbildung 4:	Segmente der NO _x Linienquellen für die im Hafen Duisburg fahrenden Schiffe	19
Abbildung 5:	Ein Binnenschiff verlässt die Schleuse Meiderich ins Oberwasser	21
Abbildung 6:	NO _x -Emissionsdichten der fahrenden Schiffe im Untersuchungsgebiet Duisburg	24
Abbildung 7:	NO _x -Emissionsdichten aus dem Schleusenbetrieb im Untersuchungsgebiet Duisburg	25
Abbildung 8:	NO _x -Emissionsdichten der fahrenden Schiffe im Untersuchungsgebiet Neuss/Düsseldorf	26
Abbildung 9:	Liegende Schiffe im Hafen Neuss	31
Abbildung 10:	Übersicht über die Einteilung der einzelnen Becken des Hafens Duisburg in ein Gitternetz.....	32
Abbildung 11:	Zuordnung der Punktdaten der einzelnen Schiffe zu den jeweiligen Linienquellen (Hafen Duisburg).....	32
Abbildung 12:	Übersicht über die Einteilung der einzelnen Becken des Hafens Neuss in ein Gitternetz.....	33
Abbildung 13:	Zuordnung der Punktdaten der einzelnen Schiffe zu den jeweiligen Linienquellen (Hafen Neuss).....	33
Abbildung 14:	Darstellung der Emissionen liegender Schiffe als Linien- (Frachtschiffe) und Punktquellen (Tankschiffe) im Hafengebiet Duisburg	41
Abbildung 15:	Darstellung der Emissionen liegender Schiffe als Linien- (Frachtschiffe) und Punktquellen (Tankschiffe) im Hafengebiet Neuss.....	42
Abbildung 16:	Anzahl der Anlagen, unterteilt nach den Obergruppen der 4. BImSchV im Stadtgebiet Duisburg	44
Abbildung 17:	Die 17 größten Stickstoffdioxid-Emittenten mit nach dem BImSchG genehmigungspflichtigen Anlagen der Industrie im Stadtgebiet Duisburg	46
Abbildung 18:	Die 16 größten PM ₁₀ -Emittenten mit nach dem BImSchG genehmigungspflichtigen Anlagen der Industrie im Stadtgebiet Duisburg	48

Abbildung 19:	Anzahl der Anlagen, unterteilt nach den Obergruppen der 4. BImSchV im Stadtgebiet Neuss/Düsseldorf.....	50
Abbildung 20:	Die 18 größten Stickstoffoxid-Emittenten mit nach dem BImSchG genehmigungspflichtigen Anlagen der Industrie im Stadtgebiet Neuss/Düsseldorf.....	51
Abbildung 21:	Die 12 größten PM ₁₀ -Emittenten mit nach dem BImSchG genehmigungspflichtigen Anlagen der Industrie im Stadtgebiet Neuss/Düsseldorf.....	54
Abbildung 22:	Emissionen aus Straßenverkehr und Flugverkehr im Untersuchungsgebiet, Analysejahr 2018	58
Abbildung 23:	Hafenbahn von Rheincargo im Hafen Neuss.....	59
Abbildung 24:	NO _x -Emissionen aus Schienen- und des Off-Road-Verkehr im Untersuchungsgebiet, Analysejahr 2018	60
Abbildung 25:	Kfz-Verkehrsstärken im Hafengebiet Duisburg für das Analysejahr 2018.....	62
Abbildung 26:	NO _x -Jahresemissionen des Straßenverkehrs im Hafengebiet, Analysejahr 2018	64
Abbildung 27:	Kfz-Verkehrsstärken im Hafengebiet Neuss für das Analysejahr 2018	68
Abbildung 28:	NO _x -Jahresemissionen von Industrieanlagen und HuK im Hafengebiet Duisburg, Analysejahr 2018	78
Abbildung 29:	NO _x -Jahresemissionen von Schienen-, Offroad- und Flugverkehr im Hafengebiet Duisburg, Analysejahr 2018	79
Abbildung 30:	NO _x -Jahresemissionen des Straßenverkehrs im Hafengebiet Duisburg, Analysejahr 2018	80
Abbildung 31:	NO _x -Jahresemissionen von Industrieanlagen und HuK im Hafengebiet Neuss, Analysejahr 2018	81
Abbildung 32:	NO _x -Jahresemissionen von Schienen-, Offroad- und Flugverkehr im Hafengebiet Neuss, Analysejahr 2018	82
Abbildung 33:	NO _x -Jahresemissionen des Straßenverkehrs im Hafengebiet Neuss, Analysejahr 2018	83
Abbildung 34:	Anzahl der Fahrten der Lokomotiven der Hafenbahn von Duisport nach Angaben der Hafenbetreiber.	84
Abbildung 35:	Anzahl der Fahrten der Lokomotiven der Hafenbahn von Rheincargo im Hafen Neuss nach Angaben der Hafenbetreiber.	86
Abbildung 36:	Anzahl der Fahrten der Lokomotiven der Hafenbahn von Rheincargo im Hafen Düsseldorf nach Angaben der Hafenbetreiber.	87

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	NO _x -Emissionsmengen der auf dem Rhein fahrenden Schiffe in den Stadtgebieten Neuss/Düsseldorf und Duisburg in den Jahren 2018-2020	14
Tabelle 2:	NO _x -Emissionsdichten der auf dem Rhein fahrenden Schiffe an verschiedenen Rheinkilometern. *Hafen Neuss (Station NERH); **Hafen Duisburg (Station DURH)	15
Tabelle 3:	NO _x -Emissionen der im Hafen Neuss fahrenden Schiffe pro Hafensegment	18
Tabelle 4:	NO _x -Emissionen der fahrenden Schiffe im Hafen Duisburg incl. Schleusenverkehr	19
Tabelle 5:	Im Jahr 2018 geschleuste Schiffe in Duisburg nach Daten des WSA „Westdeutsche Kanäle“	20
Tabelle 6:	Schiffsemissionen an der Schleuse Meiderich	23
Tabelle 7:	Schätzung der NO _x -Emissionen der Stromgeneratoren von Fracht- und Tankschiffen am Liegeplatz ohne Ladetätigkeit an Bord unter Berücksichtigung der Zusammensetzung der Emissionswerte der "kleinsten" Generatoren	28
Tabelle 8:	Schätzung der PM-Emissionen (Feinstaub) der Stromerzeuger von Fracht- und Tankschiffen ohne schiffsseitige Ladetätigkeit unter Berücksichtigung der Zusammensetzung der Emissionswerte der "kleinsten" Generatoren	29
Tabelle 9:	Prozentuale Aufteilung der Schiffe auf die Hafenbecken (nach den Angaben zu den Schiffszahlen der Hafenbetreiber) für die Häfen Duisburg und Neuss	30
Tabelle 10a:	Anteil der Schiffe [%] des jeweiligen Beckens im Hafen Duisburg, der auf die entsprechende Linienquelle (LQ) entfällt	34
Tabelle 10b:	Anteil der Schiffe [%] des jeweiligen Beckens im Hafen Neuss, der auf die entsprechende Linienquelle (LQ) entfällt	35
Tabelle 11:	Schätzung der NO _x - und PM-Emissionen (Feinstaub) der Generatoren von liegenden Tankschiffen mit Ladetätigkeit an Bord unter Berücksichtigung der Zusammensetzung der Emissionswerte der "größten" Generatoren	36
Tabelle 12:	Lösch- und Ladevorgänge im Jahr 2018 auf der "Ölinsel" im Duisburger Hafen	37
Tabelle 13:	Abschätzung der NO _x - und PM ₁₀ -Emissionen durch Be- und Entladeaktivitäten an der "Ölinsel" im Hafenbecken A in Duisburg für das Jahr 2018	38
Tabelle 14a:	Berechnete Emissionen der liegenden Frachtschiffe für die einzelnen Hafenbecken der Häfen Neuss und Duisburg	39
Tabelle 14b:	Berechnete Emissionen der liegenden Tankschiffe für die einzelnen Hafenbecken der Häfen Neuss und Duisburg	40

Tabelle 14c:	Summe der Emissionen der liegenden Schiffe in den Häfen Neuss/Düsseldorf und Duisburg im Jahr 2018	40
Tabelle 15:	NO _x -Emissionen der Obergruppen der 4. BImSchV im Stadtgebiet Duisburg	45
Tabelle 16:	Die 17 größten NO _x -Emittenten mit nach dem BImSchG genehmigungspflichtigen Anlagen der Industrie im Stadtgebiet Duisburg	45
Tabelle 17:	PM ₁₀ -Emissionen der Obergruppen der 4. BImSchV im Stadtgebiet Duisburg	47
Tabelle 18:	Die 16 größten PM ₁₀ -Emittenten mit nach dem BImSchG genehmigungspflichtigen Anlagen der Industrie im Stadtgebiet Duisburg	47
Tabelle 19:	NO _x -Emissionen der Obergruppen der 4. BImSchV im Stadtgebiet Neuss/Düsseldorf	50
Tabelle 20:	Die 18 größten Stickstoffdioxid-Emittenten mit nach dem BImSchG genehmigungspflichtigen Anlagen der Industrie im Stadtgebiet Neuss/Düsseldorf	52
Tabelle 21:	PM ₁₀ -Emissionen der Obergruppen der 4. BImSchV im Stadtgebiet Neuss/Düsseldorf	52
Tabelle 22:	Die 12 größten PM ₁₀ -Emittenten mit nach dem BImSchG genehmigungspflichtigen Anlagen der Industrie im Stadtgebiet Neuss/Düsseldorf	53
Tabelle 23:	Jahresfahrleistungen, NO _x - und NO ₂ -Jahresemissionen für das Hafengebiet Duisburg, differenziert nach Fahrzeugkategorien, Analysejahr 2018	63
Tabelle 24:	Emissionsfaktoren der DB AG für Baureihen 202 und 203 aus Datenbank der DB AG und Kraftstoffverbrauch als Durchschnittswerte über die gesamte DB Flotte (im Bereich der jeweiligen Rangierlokklassen)	65
Tabelle 25:	Emissionsfaktoren [kg/h] für dieselbetriebene Rangierlokomotiven (>560 kW, Schiene_D_EU3a) aus Non-road-Datenbank (BAFU 2021)	65
Tabelle 26:	Vergleich der Emissionsfaktoren [g/kg Kraftstoff] aus den unterschiedlichen Quellen	66
Tabelle 27:	Jahresfahrleistungen, NO _x -, und NO ₂ -Jahresemissionen für das Hafengebiet Neuss, differenziert nach Fahrzeugkategorien, Analysejahr 2018	69
Tabelle 28:	NO _x -Jahresemissionen Untersuchungsgebiet, Analysejahr 2018	72
Tabelle 29:	Jahresfahrleistungen, NO _x - und NO ₂ -Jahresemissionen für das Hafengebiet, differenziert nach Fahrzeugkategorien, Analysejahr 2018	73
Tabelle 30:	Übersicht über die eingesetzten Lokomotiven (Lokomotivenfuhrpark)	85
Tabelle 31:	Daten aus technischen Verkaufsunterlagen	88

1 Einleitung

Trotz der stetigen Verbesserung der Luftqualität in den vergangenen Jahren in Nordrhein-Westfalen bleibt insbesondere in den urbanen Ballungsgebieten die Einhaltung der verbindlichen Grenzwerte der EU-Luftqualitätsrichtlinie⁽¹⁾ eine Herausforderung, die erfordert, dass im Rahmen der aufzustellenden Luftreinhaltepläne kurzfristig wirksame Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität festgelegt werden müssen. Neben dem in Innenstädten für die Luftbelastung meist maßgebenden Straßenverkehr stellen auch die Emissionen der Binnenschiffe für die Kommunen an Wasserstraßen eine wichtige Quelle für die Luftschadstoffbelastung dar.

Zur Verbesserung der Datenlage im Bereich der durch Binnenschiffe verursachten Luftbelastungen wurde im Rahmen eines CLINSH Sondermessprogrammes eine Messkampagne in den Hafengebieten von Duisburg und Neuss/Düsseldorf mit NO₂-Passivsammlern im Jahr 2018 durchgeführt. Zusätzlich wurde in beiden Untersuchungsgebieten eine automatische Messstation aufgestellt, in der die Parameter NO und NO₂ im Fünf-Sekunden-Takt gemessen wurden. Zusätzlich wurde hier auch die Meteorologie und die Feinstaubbelastung erfasst.

Ziel dieses Berichtsteiles ist es, die vom LANUV für die Auswertungen (Ursachenanalysen) der Ergebnisse des CLINSH Sondermessprogrammes zugrunde gelegten Emissionen zu dokumentieren. Um den Anteil der durch den Schiffsverkehr verursachten NO_x-Immissionen an den einzelnen Messstellen quantifizieren zu können, sollen mittels Modellierung die Anteile der verschiedenen Belastungsquellen (Schiffsemissionen, Emissionen von Straßen- und Bahnverkehr, Industrie, Hintergrundbelastung etc.) ermittelt werden (Verursacheranalyse). Als Datengrundlage sind hierfür die Emissionsmengen der einzelnen Verursacher in den Hafengebieten Duisburg und Neuss/Düsseldorf sowie Daten zur Charakteristik dieser Quellen erforderlich.

Im Rahmen des CLINSH-Projektes wurden für beide Hafengebiete die Emissionen des dort stattfindenden Straßenverkehrs, des Schienenverkehrs und des Schiffsverkehrs detailliert für das Jahr 2018 ermittelt. Derartige Daten lagen bisher nicht oder nicht in der notwendigen Auflösung vor.

Darüber hinaus wurden auch die Emissionen für ein erweitertes Untersuchungsgebiet, das die beiden Hafengebiete umschließt, aufbereitet. Dabei wurden zusätzlich die Emissionen aus dem Umland, wie z.B. aus Flug- und Straßenverkehr, der Industrie und aus Kleinf Feuerungsanlagen berücksichtigt. Die Emissionen gehen, je nach Emittentengruppe, als Punkt-, Linien- oder Flächenquelle in die Modellierungen ein. Bei den Industrieanlagen wurde auch die Emissionshöhe (Punktquelle Schornstein) berücksichtigt. Grundlage hierfür waren die beim LANUV geführten Emissionskataster und die speziell für die Stadtgebiete Neuss, Düsseldorf und Duisburg im Rahmen der Aufstellung der Luftqualitätspläne erhobenen Daten.

In dem vorliegenden Berichtsteil werden die Grundlagen und Ergebnisse der Emissionsermittlung für die Hafengebiete Duisburg und Neuss und den darin stattfindenden Binnenschiffsverkehr erläutert und mit den Emissionen der übrigen Emittentengruppen zusammengeführt, die als Eingangsdaten für die Immissionsmodellierungen des LANUV NRW für das CLINSH-Projekt zur Ermittlung der Verursacheranteile der einzelnen Emissionsquellen dienen.

Anhand der Auswertung der aktuellen CLINSH-Ergebnisse soll ein Beitrag geleistet werden, die derzeit mögliche Beschreibung der Binnenschiffsemissionen und deren Wirkungen auf die Luftqualität anhand der Auswertung aktueller Schiffsdaten weiterzuentwickeln. Die Ergebnisse der Verursacheranalysen werden in einem weiteren Fachbericht dargestellt.



Abbildung 1: Schiff, Schiene, Straße. Die verschiedenen Verkehrsträger im Hafenbereich stellen wichtige Emissionsquellen dar. (Foto: Rheincargo)

2 Grundsätzliches zu den Emissionsinventaren

2.1 Bereits vorhandene Emissionsdaten

Das Landesumweltamt NRW pflegt die landesweiten Emissionskataster und stellt die fachlichen Grundlagen für die Umsetzung der EU-Luftqualitätsrichtlinie (1) und die danach zu erstellenden Luftqualitätspläne in den Gemeinden mit Grenzwertüberschreitungen in Nordrhein-Westfalen zur Verfügung. Aus diesem Grund liegen viele der auch für die Modellierungen im CLINSH-Projekt benötigten Emissionsdaten für die Untersuchungsgebiete Duisburg und Neuss/Düsseldorf bereits in der jeweils aktuellen Fassung vor und können auch für CLINSH verwendet werden. Diese Daten sind im Kapitel 5 zusammengestellt.

2.2 Zusätzlich für CLINSH erhobene Emissionsdaten

Zusätzlich zu den bereits für die Luftreinhaltepläne vorhandenen Emissionsdaten wurden für eine detaillierte Modellierung der Verursacheranteile der einzelnen Emittentengruppen an der Luftbelastung in den Hafengebieten Duisburg und Neuss/Düsseldorf weitere Angaben benötigt. Hierzu gehörten detailliertere Daten zum Straßenverkehr in den Hafenbereichen, zum Verkehr der hafeneigenen Hafenbahnen sowie zum Offroad-Verkehr mit den für den Containertransport eingesetzten Flurförderfahrzeuge.

Diese Daten wurden speziell für das CLINSH-Projekt zusätzlich erhoben. Wir danken dem Hafenbetreiber **Rheincargo** (Hafengebiet Neuss) und der **Stadt Duisburg** (Hafengebiet Duisburg) für die Durchführungen der zusätzlichen Verkehrszählungen im Hafengebiet. Die Datenerhebung zum Betrieb der Hafenbahnen sowie zu den Flurförderfahrzeugen erfolgte ebenfalls mit Unterstützung der Hafenbetreiber.

2.3 Neue Methodik zur Erfassung der NO_x-Emissionen fahrender Binnenschiffe

Das bisherige Emissionskataster des Landes NRW für Binnenschiffsemissionen beruht auf Schiffsdaten aus den Verkehrsberichten der WSV (Wasserstraßen- und Schiffsverwaltung des Bundes), soweit diese vorhanden waren und auf der Auswertung von Frachtstatistiken. Darüber hinaus wurden bisher verschiedenen Annahmen und Schätzungen zum Schiffsverkehr getroffen, falls detaillierte offizielle Zahlen nicht zur Verfügung standen. Zudem mussten bislang Annahmen zur durchschnittlichen Motorisierung der Schiffe und zu durchschnittlichen Schiffsgeschwindigkeiten getroffen werden, auf deren Basis anhand von Ableitungen aus verallgemeinerten Leistungs-/Emissionskurven für Schiffsmotoren die Ermittlung der Emissionen erfolgte.

In Zusammenarbeit von LANUV NRW und der Universität Bremen ist es im Rahmen von CLINSH gelungen, die NO_x-Emissionen von vorbeifahrenden Binnenschiffe durch Onshore-Messungen direkt zu erfassen und aus den individuellen Schiffspeaks Onshore-Emissionsfaktoren abzuleiten. Die mehr als 18.000 Einzelfaktoren (ca. 16.000 für den Verkehr auf dem Rhein und ca. 2.000 für den Hafenverkehr) konnten nach Schiffsgröße, Fahrtrichtung (Bergfahrt/Talfahrt) und Fahrgeschwindigkeit klassifiziert werden. Zusätzlich wurde eine

detaillierte Analyse des Schiffsverkehrs und der Fahrtgeschwindigkeiten der verschiedenen Schiffsklassen durchgeführt, die ebenfalls als CLINSH-Report und LANUV Fachbericht 122 (2a) veröffentlicht wurden.

Zusammen mit der Erfassung des realen Schiffsverkehrs mittels AIS (Automatic Identification System)-Signalen war es möglich, aus der Kombination beider Datensätze eine neue Methode zur Berechnung der Binnenschiffsemissionen zu entwickeln und im Rahmen von CLINSH bereits für die Untersuchungsgebiete in Neuss/Düsseldorf und Duisburg anzuwenden. Das Land NRW plant, sein eigenes Emissionskataster auf dieser Basis fortzuschreiben und die Methode zu verfeinern. Die Methodenentwicklung und die Anwendung für die Emissionserhebungen in CLINSH sind im gemeinsamen CLINSH-Report des LANUV und der Universität Bremen *“Harbour monitoring Part E: Determination of NO_x emission rates of passing vessels from onshore measurements, comparison to onboard observations and application for emission calculation”* (2) und in einem LANUV-Fachbericht (2a) ausführlich dargestellt.

2.4 Neue Methodik zur Ermittlung der Emissionen liegender Schiffe

Eine bereits anwendbare Methodik zur realitätsnahen Ermittlung der Emissionen liegender Schiffe stand für CLINSH nicht zur Verfügung und wurde daher zusätzlich vom LANUV NRW entwickelt. Grundlage für diese Methodik waren die realen Zahlen der im Hafen liegenden Schiffe, deren durchschnittliche Liegezeiten sowie die Ableitung von durchschnittlichen Emissionsfaktoren pro Schiffstyp. Die entwickelte Methode wurde im Rahmen von CLINSH bereits ebenfalls für die Hafengebiete Neuss/Düsseldorf und Duisburg angewandt.

Eine detaillierte Beschreibung der Methode findet sich im CLINSH-Bericht des LANUV *“Harbour Monitoring Part B: Determination of NO_x and particulate matter emissions from inland vessels at berth”* (2) und im Fachbericht 119 des LANUV (2a). Eine zusammengefasste Beschreibung der Anwendung der Methodik findet sich im Kapitel 4 dieses Berichtes.

3 Emissionen fahrender Schiffe auf dem Rhein

3.1 Eingangsgrößen und Beschreibung der Berechnungsmethode

Die Emissionsbestimmung wurde mit der Zielsetzung durchgeführt, die Belastungssituation so genau wie möglich abzubilden und dabei möglichst real gemessene Daten als Datengrundlage zu verwenden. Für das bisherige Binnenschiffskataster in NRW standen keine Daten zum tatsächlich stattfindenden Schiffsverkehr auf den Wasserstraßen und in den Häfen für die Auswertung zur Verfügung.

Seit einigen Jahren sind auch Binnenschiffe verpflichtet, fortlaufend **AIS-Signale** (**A**utomatic **I**dentification **S**ystem, ein verbindlich von kommerziellen Schiffen einzusetzendes automatisches Identifikationssystem zur Verkehrssicherung) zu senden. Mit diesen Signalen ist es möglich geworden, Daten zum realen Schiffsverkehr zu erheben. Dabei handelt es sich um eine elektronisch übermittelte Kennung, die jedes gewerblich fahrende Schiff in Abständen von wenigen Sekunden bis Minuten senden muss. Sie enthält unter anderem Informationen bezüglich der Größe und Art des jeweiligen Schiffes, über dessen Position und seine Geschwindigkeit.

Durch die **AIS-Signale** können die vorbeifahrenden Schiffe als Tankschiff, Frachtschiff, Passagierschiff, Koppel- oder Schubverband oder als „sonstiges Schiff“ identifiziert werden. Die Schiffe können entsprechend ihrer Größe, ihrer Fahrtrichtung (Bergfahrt/Talfahrt) und ihrer Geschwindigkeit (über Grund) klassifiziert werden. Die Größenklassifizierung erfolgte nach dem an den CEMT (Europäische Verkehrsministerkonferenz, französisch: *Conférence Européenne des Ministres des Transports (CEMT)*) orientierten Schema des niederländischen „Bureau Voorlichting Binnenvaart“ (4).

Für die Klassifizierung der Geschwindigkeiten wurden Klassen in Schritten von 1,0 m/s definiert. Diese Einteilung wurde auch bei der Klassifizierung der Emissionsfaktoren zugrunde gelegt. Mit dieser Einteilung ist es möglich für jede Kombination aus Fahrtrichtung, Schiffsgeschwindigkeit und Schiffgröße unterschiedliche Emissionsfaktoren für die Emissionsberechnungen zu berücksichtigen. Die Emissionsberechnung wurde für jeden Rheinkilometer, für den eine Abdeckung mit einem der für CLINSH in den automatischen Messstationen aufgestellten AIS-Empfänger vorhanden war, separat durchgeführt. Das Verkehrsgeschehen für weitere Rheinkilometer, die außerhalb des „sicheren“ Empfangsbereich der AIS-Empfänger lagen, konnte das Verkehrsgeschehen für die Emissionsberechnungen aus den vorhandenen Daten extrapoliert werden.

3.2 Berechnung der Emissionen

Für die Berechnungen der NO_x-Emissionen der fahrenden Schiffe wurden drei unterschiedliche Situationen unterschieden:

Fahrende Schiffe auf dem Rhein: Die Berechnungen der Emissionen der fahrenden Schiffe auf dem Rhein erfolgte mittels der Verkehrserfassung über die AIS-Signale und unter Anwendung der aus den Messungen der automatischen Messstation am Rhein bei Duisburg (DURH) für den Rheinverkehr (Strömungseinfluss) ermittelten Emissionsfaktoren.

Fahrende Schiffe in den Hafenbecken: Für die Berechnung der Emissionen der in den Hafenbecken fahrenden Schiffe wurden spezielle Emissionsfaktoren für den Hafenverkehr (strömungsfreie Gewässer) aus den Messungen der automatischen Messstation im Hafen Neuss (NERH) abgeleitet. Das Verkehrsgeschehen wurde über die AIS-Signale erfasst.

Schleusungsvorgänge: Eine besondere Herausforderung stellt die Berechnung der Emissionen für die Anfahrt zu den beiden Schleusen in Duisburg und den Schleusenbetrieb dar. Hier kommt es vor und hinter der Schleuse zu Abbrems- und Beschleunigungsvorgängen. Während des eigentlichen Schleusungsvorganges von ca. 20-30 Minuten läuft die Hauptmaschine der Schiffe im Leerlauf. Für diese Berechnungen kam das aktualisierte Modell zur Ermittlung der Luftschadstoffbelastung an Wasserstraßen (**LuWas**) der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) zum Einsatz.

3.3 NO_x-Emissionen der fahrenden Schiffe auf dem Rhein

Eine detaillierte Beschreibung der Ableitung der Onshore-Emissionsfaktoren und die Anwendung der Berechnungs-Methode findet sich im gemeinsamen CLINSH-Bericht des LANUV und der Universität Bremen *"Harbour monitoring part E: Determination of NO_x emission rates of passing vessels from onshore measurements, comparison to onboard observations and application for emission calculations"* (2).

Die Berechnungen der Emissionen der fahrenden Schiffe auf dem Rhein erfolgte in Abschnitten pro Rheinkilometer, da die Anzahl der jeweils auf diesem Abschnitt fahrenden Schiffe und auch die jeweils gefahrenen Geschwindigkeiten durch Faktoren wie Flussmorphologie, Stromkajen, Hafenausfahrten und Verkehrsdichte variieren kann.

Für Betrachtungen im Rahmen der EU-Luftqualitätsrichtlinie (1) ist es üblich, die Gesamtmenge der Emissionen für das jeweilige Stadtgebiet zu erfassen. Für die Schifffahrt werden in der Regel die zum Stadtgebiet gehörigen Flussabschnitte ausgewertet. Zu den Stadtgebieten Neuss und Düsseldorf gehört der Rheinabschnitt von Rheinkilometer 718-760. Direkt daran anschließend folgt das Duisburger Stadtgebiet mit dem Rheinabschnitt von Kilometer 761-797.

Die mittels der neuen „Onshore“-Methode zur Berechnung der Emissionen ermittelten Emissionsmengen der auf dem Rhein fahrenden Schiffe im Bereich Neuss/Düsseldorf lagen im Jahr 2018 bei 1.643 t NO_x und im Jahr 2019 bei 1.588 t NO_x (Tab. 1).

Für den Bereich Duisburg ergab die neue Methode für das Jahr 2018 eine Emissionsmenge des Schiffsverkehrs auf dem Rhein von 2.100 t NO_x. Im Jahr 2019 lagen diese Emissionen für NO_x bei 1.906 t und im Jahr 2020 bei 1.882 t (Tab. 1).

Tabelle 1: NO_x-Emissionsmengen der auf dem Rhein fahrenden Schiffe in den Stadtgebieten Neuss/Düsseldorf und Duisburg in den Jahren 2018-2020

Gebiet	Rhein-km	NO _x (t/a)		
		2018	2019	2020
Neus/Düsseldorf	718-760	1.643	1.588	Keine Daten
Duisburg	761-797	2.100	1.906	1.882

Modellrechnungen, beispielsweise für Verursacheranalysen, erfolgen anhand der jeweiligen Emissionsdichten für die unterschiedlichen Flussabschnitte in Form von georeferenzieren Linienquellen. Diese Emissionsdichten werden als Emissionsmenge/pro Längenabschnitt definiert. In Tab. 2 sind die jährlichen Emissionsmengen am Beispiel verschiedener Flusskilometer des Rheins dargestellt.

Tabelle 2: NO_x-Emissionsdichten der auf dem Rhein fahrenden Schiffe an verschiedenen Rheinkilometern. *Hafen Neuss (Station NERH); **Hafen Duisburg (Station DURH)

Rhein-km	NO _x -Emissionen der Binnenschiffe pro Rhein-Kilometer (t/km)		
	2018	2019	2020
730	36,3	35,8	keine AIS-Daten
740*	53,3	49,0	keine AIS-Daten
750	47,2	42,9	Keine AIS-Daten
772	45,5	42,4	39,6
782**	58,7	50,1	50,0
792	57,7	48,4	47,1

Neben der jährlichen Auswertung der gesamten Emissionen wurden die vorhandenen Daten auch auf eventuell vorhandene saisonale Verteilungsunterschiede der NO_x-Emissionsmengen untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass im Bereich Duisburg im Jahr 2018 eine Tendenz zu höheren Emissionsmengen in den letzten beiden Quartalen vorgelegen hat. Ursache ist hier der niedrige Wasserstand des Rheins in der zweiten Jahreshälfte, der zu einem stärkeren Schiffsverkehr geführt hat, da die größeren Schiffe nicht mehr voll beladen fahren konnten (2a, Fachbericht 122). Im Jahr 2019 waren keine signifikanten saisonalen Unterschiede in den Emissionsmengen zu beobachten. Im Jahr 2020 gab es eine leichte Tendenz zu höheren Emissionen im letzten Quartal (s. Abb. 1).

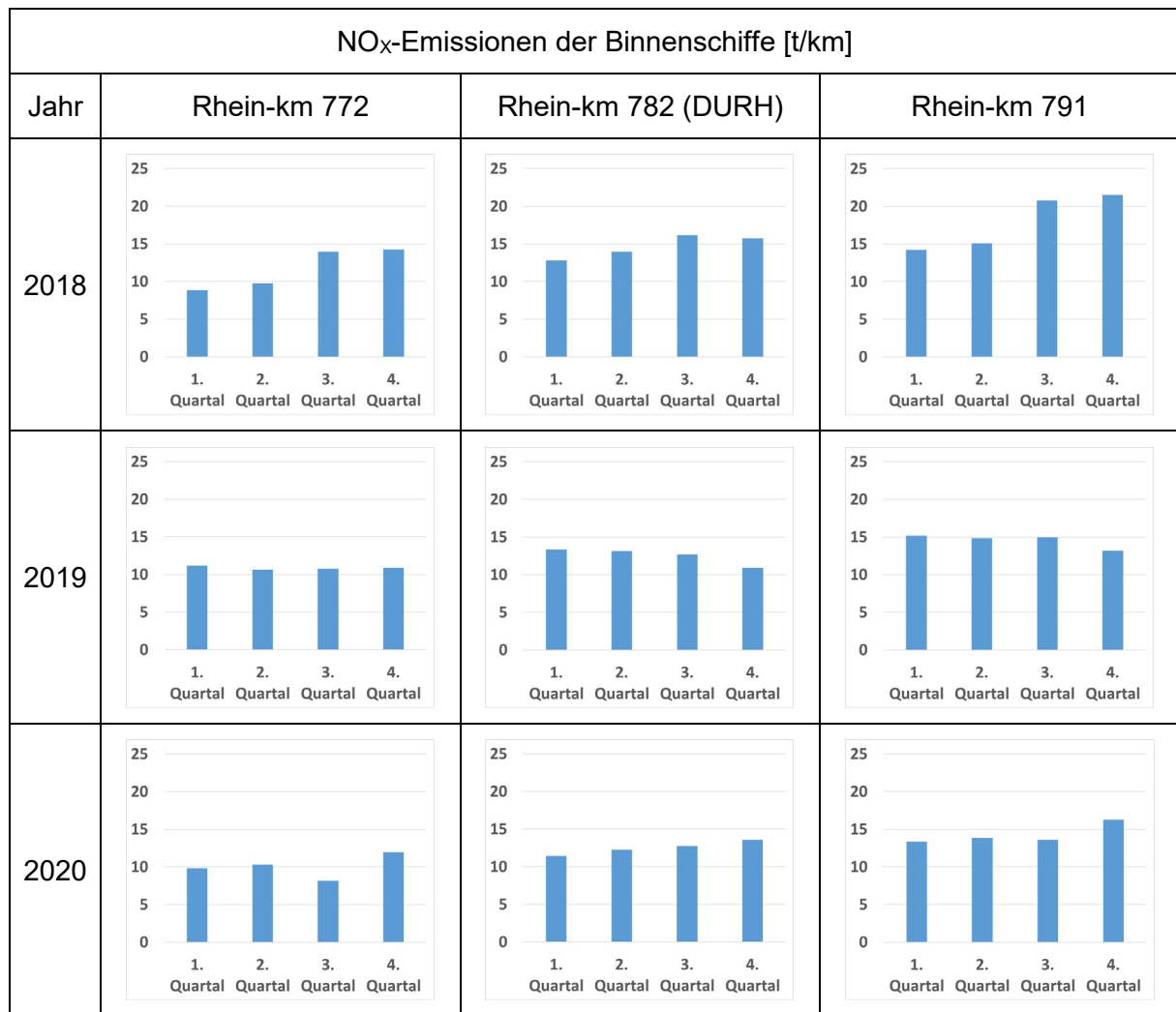


Abbildung 2: NO_x: Emissionsmengen pro Quartal im Jahresverlauf im Rheinabschnitt Duisburg. Die Messstation DURH steht am Rhein-km 782

3.4 Berechnung der Emissionen der im Hafenbereich fahrenden Schiffe

In den Hafenbecken und -kanälen liegt in der Regel keine oder nur eine sehr geringe Strömung vor. Daher sind die Emissionsfaktoren, die für die fahrenden Schiffe auf dem Niederrhein abgeleitet wurden, hier nicht anwendbar. Für Berechnungen der Emissionen der in den Häfen fahrenden Schiffe wurden spezielle Emissionsfaktoren für den Hafenverkehr (strömungsfreie Gewässer) aus den Messungen der automatischen Messstation im Hafen Neuss (NERH) abgeleitet.

Auch in den Häfen wurde das Verkehrsgeschehen über die AIS-Signale erfasst. Die Emissionsfaktoren (onshore-Hafen) wurden ebenfalls nach Schiffsgröße und Fahrtgeschwindigkeit klassifiziert. Die Berechnung der Emissionen musste für die einzelnen Hafenabschnitte getrennt erfolgen, da hinter einander liegende Abschnitte der Hafengewässer unterschiedlich stark befahren werden. Um dem Rechnung zu tragen, wurden für die Hafenbecken und Hafenkanäle verschiedene Linienquellen definiert, die den Fahrweg im Hafenbereich beschreiben.

3.4.1 NO_x-Emissionen der im Hafen Neuss fahrenden Schiffe

Die für den Hafenbereich Neuss definierten Linienquellen, die den Fahrweg im Hafenbereich beschreiben, sind in der Abb. 2 dargestellt. Für die unterschiedlich eingefärbten Segmente wurden die Emissionsbeiträge der einzelnen Schiffe separat aufaddiert. Hierbei wurde berücksichtigt, dass in den hinteren Abschnitten nur jeweils ein Teil der Schiffe die einzelnen Segmente auf dem Weg von und zum Liegeplatz befährt. So wird beispielsweise in Neuss das Segment 0 noch von allen Schiffen passiert, das Segment 13 (Becken 1) hingegen nur noch von den Schiffen, die tatsächlich zum Becken 1 fahren.

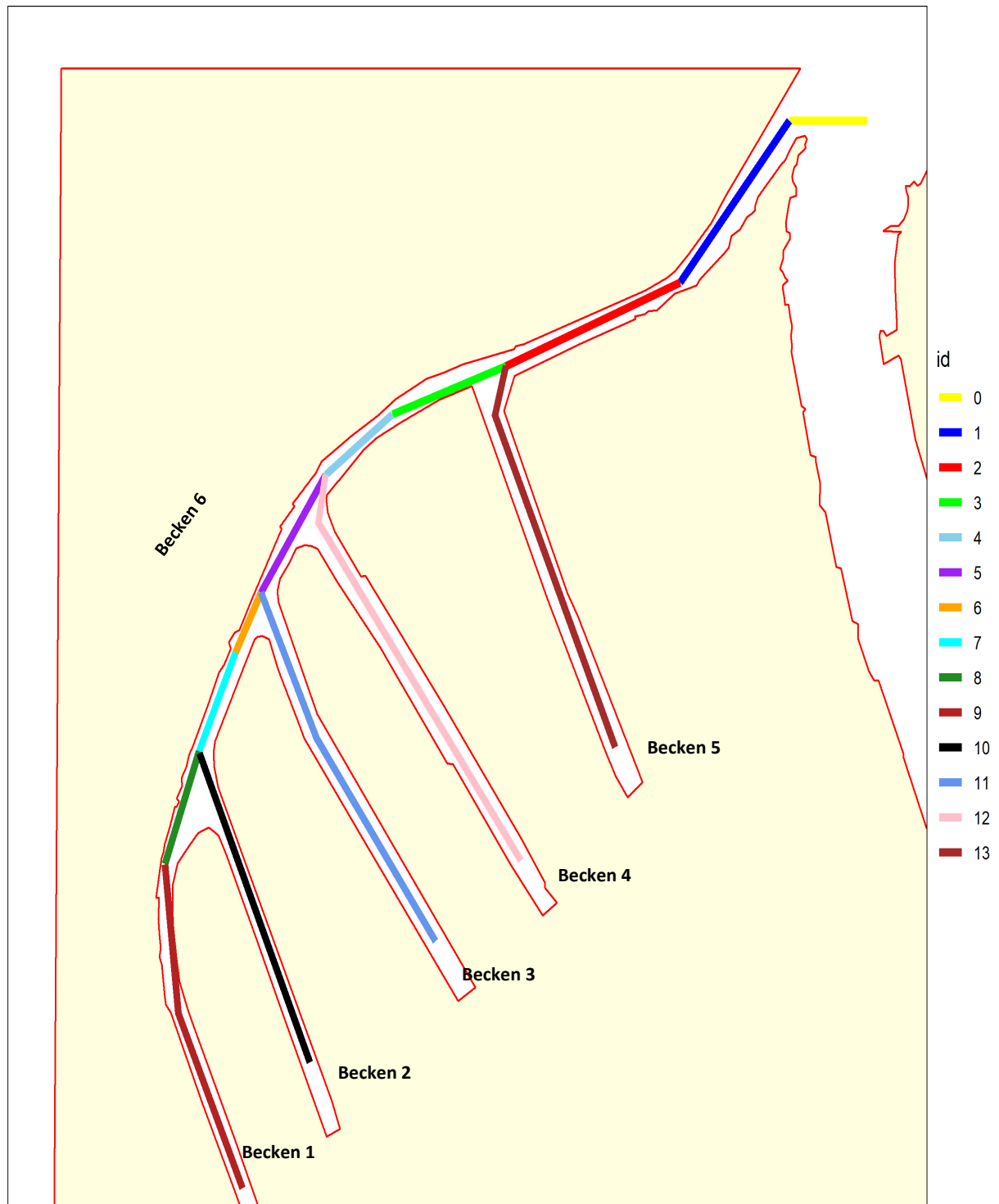


Abbildung 3: Segmente der NO_x Linienquellen für die im Hafen Neuss fahrenden Schiffe

Bei den Emissionsberechnungen für den Hafenbereich Neuss muss nur der reine Hafenverkehr betrachtet werden. In Neuss ergibt sich für das Jahr 2018 eine Emissionsmenge von 18,7 t NO_x durch die im Hafenbereich fahrenden Schiffe (Tab. 3). Es ist anzunehmen, dass die Emissionsmengen in den Jahren 2019 und 2020 in der gleichen Größenordnung gelegen haben.

Tabelle 3: NO_x-Emissionen der im Hafen Neuss fahrenden Schiffe pro Hafensegment

Linienquellen-segment	NO _x -Emissionen [t/a]	Linienquellen-segment	NO _x -Emissionen [t/a]
Segment 0	1,6	Segment 7	0,4
Segment 1	3,5	Segment 8	0,3
Segment 2	3,8	Segment 9	0,9
Segment 3	1,6	Segment 10	0,2
Segment 4	1,0	Segment 11	0,4
Segment 5	0,6	Segment 12	2,0
Segment 6	0,2	Segment 13	2,1
		Gesamt	18,7

3.4.2 NO_x-Emissionen der im Hafen Duisburg fahrenden Schiffe

Die für den Hafenbereich Duisburg definierten Linienquellen, die den Fahrweg im Hafenbereich beschreiben, sind in der Abb. 3 dargestellt. Für die unterschiedlich eingefärbten Segmente wurden die Emissionsbeiträge der einzelnen Schiffe separat aufaddiert (Tab. 4). Auch hier wurde berücksichtigt, dass nur jeweils ein Teil der Schiffe die einzelnen Hafenbecken befährt. Der zu den Schleusen (Schleuse Meiderich bzw. Ruhrschleuse) fahrende bzw. von dort kommende Schiffsverkehr im Hafenkanal und in der Ruhrmündung ist hier ebenfalls enthalten. Nur das direkt zum Schleusenbetrieb (kurze Abschnitte vor und hinter der Schleuse mit Abbrems- bzw. Beschleunigungsphasen sowie die Verweilzeit im Schleusenbecken) gehörende Emissionsgeschehen wurde gesondert erfasst (s. Kap. 3.4).

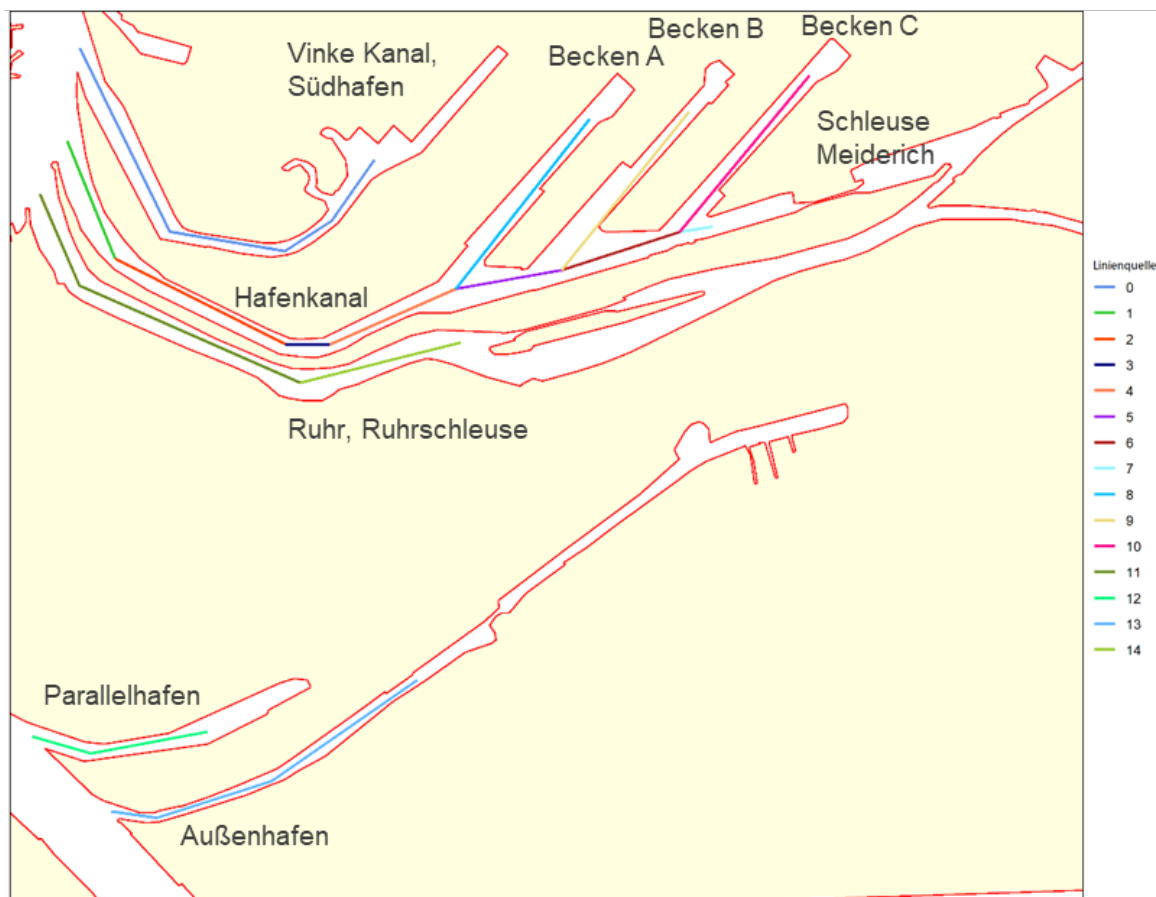


Abbildung 4: Segmente der NO_x Linienquellen für die im Hafen Duisburg fahrenden Schiffe

Die Berechnung der Emissionsmengen im Hafen Duisburg gestaltet sich schwieriger, da hier im Hafenkanal und im Bereich der Ruhrmündung zusätzlich ein Durchgangsverkehr zur Ruhrschleuse und der Schleuse Meiderich stattfindet. Es handelte sich im Jahr 2018 um insgesamt etwa 15.000 Schiffe, die hier zusätzlich zu den Schleusen fahren (12.846 im Hafenkanal, 2.025 in der Ruhr, vergl. Tab. 5). Für das Jahr 2018 ergab sich insgesamt eine Menge von 41,3 t NO_x, durch die im Hafen und über die Ruhrmündung oder den Hafenkanal zu den Schleusen fahrenden Schiffe.

Tabelle 4: NO_x-Emissionen der fahrenden Schiffe im Hafen Duisburg incl. Schleusenverkehr

Linienquellen-segment	NO _x -Emissionen [t/a]	Linienquellen-segment	NO _x -Emissionen [t/a]
Segment 0	4,9	Segment 8	2,3
Segment 1	4,9	Segment 9	0,4
Segment 2	7,3	Segment 10	0,8
Segment 3	1,7	Segment 11	2,1
Segment 4	5,0	Segment 12	1,9
Segment 5	2,7	Segment 13	3,3
Segment 6	2,9	Segment 14	0,4
Segment 7	0,7		
		Gesamt	41,3

3.5 Berechnung der durch die Schleusenaktivitäten entstehenden Emissionen

Für die Berechnung der durch Schleusungsaktivitäten verursachten Emissionen war es bisher nicht möglich, aus onshore-Messungen geeignete Emissionsfaktoren abzuleiten. Für den für den Schleusenbetrieb prägenden etwa 600 m vor und nach der Schleuse liegenden Gewässerabschnitt (Abbrems- und Beschleunigungsvorgänge sowie für die Verweilzeit mit laufender Hauptmaschine in der Schleusenkammer) wurde daher ein anderes Verfahren zur Berechnung der anfallenden Emissionen gewählt. Die Emissionsberechnung für den Bereich des Schleusenbetriebes wurden mit dem aktualisierten und verbesserten **LuWas-Modell** (3) der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) durchgeführt.

3.5.1 Schiffsverkehr zu den Schleusen

Die im Duisburger Hafenbereich liegenden Schleusen „Meiderich“ (Abb. 4) und „Ruhrschleuse“ verbinden den Rhein mit dem Rhein-Herne-Kanal (RHK). Im Jahr 2018 wurden insgesamt 12.846 Binnenschiffe und Schubverbände sowie 1.684 Sportboote über die Schleuse Meiderich geschleust. Die Zufahrt führt über den Duisburger Hafenkanal. Über die weniger frequentierte Ruhrschleuse wurden insgesamt 2.050 Binnenschiffe und Schubverbände sowie 76 Sportboote geschleust. Die Zufahrt führt über die Ruhrmündung (s. Abb. 3).

Tabelle 5: Im Jahr 2018 geschleuste Schiffe in Duisburg nach Daten des WSA „Westdeutsche Kanäle“

Schiffstyp	Schleuse Meiderich												
	Schleusungen in 2018												
	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Gesamt
Gütermotorschiff	524	636	799	694	633	596	818	925	878	99	--	--	6.589
Güterschubverband	58	55	96	91	105	70	87	87	65	9	--	--	723
Tankmotorschiff	573	593	616	555	526	507	620	732	641	65	--	--	5.482
Tanker Schubverband	2	4	5	4	2	10	10	14	1	--	--	--	52
Berufsschiffahrt													12.846
Sportboote													1.684

Schiffstyp	Ruhrschleuse												
	Schleusungen in 2018												
	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Gesamt
Gütermotorschiff	141	215	244	217	202	171	40	0	0	15	143	98	1.486
Güterschubverband	2	11	20	12	14	23	2				1		89
Tankmotorschiff	47	50	56	68	82	84	17			2	44	26	475
Tanker Schubverband	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Berufsschiffahrt													2.050
Sportboote													76

3.5.2 Emissionen in Schleusen, berechnet mit dem neuen LuWas-Modell

Das LuWas ist ein von der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) verwendetes Emissionsmodell für Binnenschiffe. Im Jahr 2020 wurde es von der Ingenieurgesellschaft Lohmeyer GmbH im Auftrag der BfG aktualisiert. Dieses Modell liefert Emissionsberechnungen für Schiffe, die mit konstanter Geschwindigkeit fahren, für Schiffe, die sich einem Liegeplatz/Hafen oder einer Schleuse nähern oder diese verlassen, für Schiffe am Liegeplatz oder für Schiffe im Schleusenbetrieb. Die Flotte ist in Schiffsklassen unterteilt, um verschiedenen Schiffstypen gerecht zu werden. Das Modell basiert auf der Berechnung der durchschnittlichen Emissionen pro Schiff für jede Schiffsklasse. Um die

Gesamtemissionen zu ermitteln, werden die Durchschnittswerte mit der Anzahl der Schiffe multipliziert, die in einem bestimmten Abschnitt unterwegs sind.

Die Modellierung der Emissionen mit dem LuWas basiert auf Emissionsfaktoren und aufgebrachter Leistung. Der durchschnittliche Energiebedarf einer Schiffsklasse wird anhand verschiedener Parameter berechnet, z.B. Fahrverhalten (z.B. Annäherung an eine Schleuse), Schiffsgröße, installierte Nennleistung, Leerlauffaktor, Wassertiefe, Geschwindigkeit über Grund, Wasserdurchflussrate und Schiffsbeladung. Vom Schiffstyp abhängige Parameter (z.B. Gesamtgewicht, Strömungswiderstandskoeffizient) sind mit Standardwerten versehen (Lohmeyer 2020, Aktualisierung und Erweiterung des softwarebasierten Modells LuWas zur Ermittlung der schiffahrtsbedingten Luftschadstoffbelastung an Wasserstraßen, S. 47), können aber verändert werden. Andererseits müssen vor der Berechnung für jeden Wasserstraßenabschnitt auch von der Wasserstraße abhängige Parameter (z.B. Geschwindigkeit über Grund, Durchflussmenge, Wassertiefe, Wartezeit vor der Schleuse, Schleusungsdauer) eingegeben werden. Für die in dieser Arbeit vorgestellten Emissionsberechnungen in Schleusen werden die Schiffsklassenwerte gemäß der CEMT-Klassifikation verwendet.

Um die Emissionen in und um eine Schleuse zu berechnen, wird der Prozess der Schleusenpassage eines Schiffes in drei Phasen unterteilt: die Annäherung (Abbremsvorgang), der Schleusenvorgang selbst (Hauptmaschine im Leerlauf) und das Verlassen der Schleuse (Beschleunigungsvorgang). Jede Phase wird durch ein Liniensegment modelliert und die Emissionen werden entlang dieser Linie verteilt.

Für jede Phase werden verschiedene Schritte modelliert. Jedes Segment muss lang genug sein, um die modellierten Schritte aufnehmen zu können. Im Folgenden wird der in LuWas modellierte Prozess eines Schiffs, das eine Schleuse passiert, im Detail dargestellt.



Abbildung 5: Ein Binnenschiff verlässt die Schleuse Meiderich ins Oberwasser

Annäherung an eine Schleuse

1. Das Schiff erreicht den Beginn der Annäherung mit seiner Reisegeschwindigkeit.
2. Das Schiff reduziert seine Geschwindigkeit nur mit dem Strömungswiderstand, der Motor läuft im Leerlauf. Die Zielgeschwindigkeit ist 0 km/h.
3. Wenn die Zielgeschwindigkeit von 0 km/h nicht allein durch den Strömungswiderstand erreicht werden kann, wird der Motor mit 80 % seiner Nennleistung in den Rückwärtsgang versetzt. (Dieser Schritt ist nur erforderlich, wenn die Segmentlänge zum Abbremsen zu kurz ist, um allein durch den Strömungswiderstand vor der Schleuse zum Stillstand zu kommen).
4. Das Schiff wartet eine bestimmte Zeit vor der Schleuse, der Motor läuft im Leerlauf.
5. Das Schiff beschleunigt mit 80% seiner Nennleistung auf 3 km/h und fährt in die Schleuse ein.

In der Schleuse

1. Das Schiff fährt mit 3 km/h in die Mitte der Schleuse.
2. Der Motor wird mit 80% seiner Nennleistung in den Rückwärtsgang versetzt, bis das Schiff zum Stillstand kommt.
3. Während des Betriebs der Schleuse läuft der Motor im Leerlauf.
4. Nach Abschluss des Schleusenvorgangs beschleunigt das Schiff mit 80 % seiner Nennleistung auf 3 km/h und verlässt die Schleuse.

Verlassen der Schleuse

1. Nach Passieren der Schleusentore beschleunigt das Schiff mit 80% seiner Nennleistung auf seine Reisegeschwindigkeit.
2. Wenn die Reisegeschwindigkeit vor dem Ende des Segments erreicht wird, fährt das Schiff mit Reisegeschwindigkeit weiter.

Dieser Vorgang wird für jede betrachtete Schiffsklasse modelliert. Die Emissionen aller Schiffsklassen werden zu den Emissionen einer Schleuse addiert. Bei Gegenverkehr ist das Liniensegment für ein sich näherndes Schiff das gleiche Segment wie für ein Schiff, das die Schleuse in der Gegenrichtung verlässt.

Das Programm **LuWas** verwendet zeitlich variierende Emissionsfaktoren für die Schiffsmotoren, mit denen die Modernisierung der Schiffsmotoren abgebildet werden soll. Somit konnte mittels des Programmes sowohl eine Situation für das Bezugsjahr 2015 als auch für 2020 abgebildet werden. Die zu erwartenden Emissionen für 2018 wurden mittels Interpolation der Emissionsmengen der beiden Bezugsjahre ermittelt. Aus den Berechnungen ergibt sich für das Jahr 2018 für die Schleuse Meiderich eine Emissionsmenge von 18,2 t NO_x sowie 480 kg PM₁₀. Insgesamt wurden im Jahr 2018 an beiden Schleusen 26,2 t NO_x emittiert (Tab. 6).

Tabelle 6: Schiffsemissionen an der Schleuse Meiderich

Schleuse Duisburg Meiderich		NO _x (t/a)		
		2015	2018	2020
	Länge	berechnet	interpoliert	berechnet
Oberwasser	600 m	5,73	5,46	5,29
Schleusenbecken	211 m	6,04	5,76	5,57
Unterwasser	600 m	7,96	7,60	7,35
		PM ₁₀ (kg/a)		
Oberwasser	600 m	151	141	134
Schleusenbecken	211 m	158	147	139
Unterwasser	600 m	207	192	183

3.6 Georeferenzierung der NO_x-Emissionen der fahrenden Schiffe

Für beide Hafengebiete wurden für das CLINSH-Projekt umfangreiche Sondermessprogramme zur NO₂-Belastung der Luft durchgeführt. Eine detaillierte Zusammenstellung der Ergebnisse findet sich im CLINSH-Bericht des LANUV *“Harbour Monitoring Part A: Air quality on the Rhine and in the inland ports of Duisburg and Neuss/Düsseldorf. Immission-side effect of emissions from shipping and port operations on nitrogen oxide pollution”* (2) und im LANUV Fachbericht 115 (2a).

Um die Schiffsanteile an den vorliegenden Luftbelastungen quantitativ beurteilen zu können, werden detaillierte Modellierungen in Form von Ursachenanalysen durchgeführt. Für diese Modellierungen müssen die vorliegenden Emissionsquellen als Punkt-, Linien- oder Flächenquellen georeferenziert werden. In den Abb. 5 bis Abb. 7 erfolgt eine Darstellung der NO_x-Emissionen der fahrenden Schiffe.

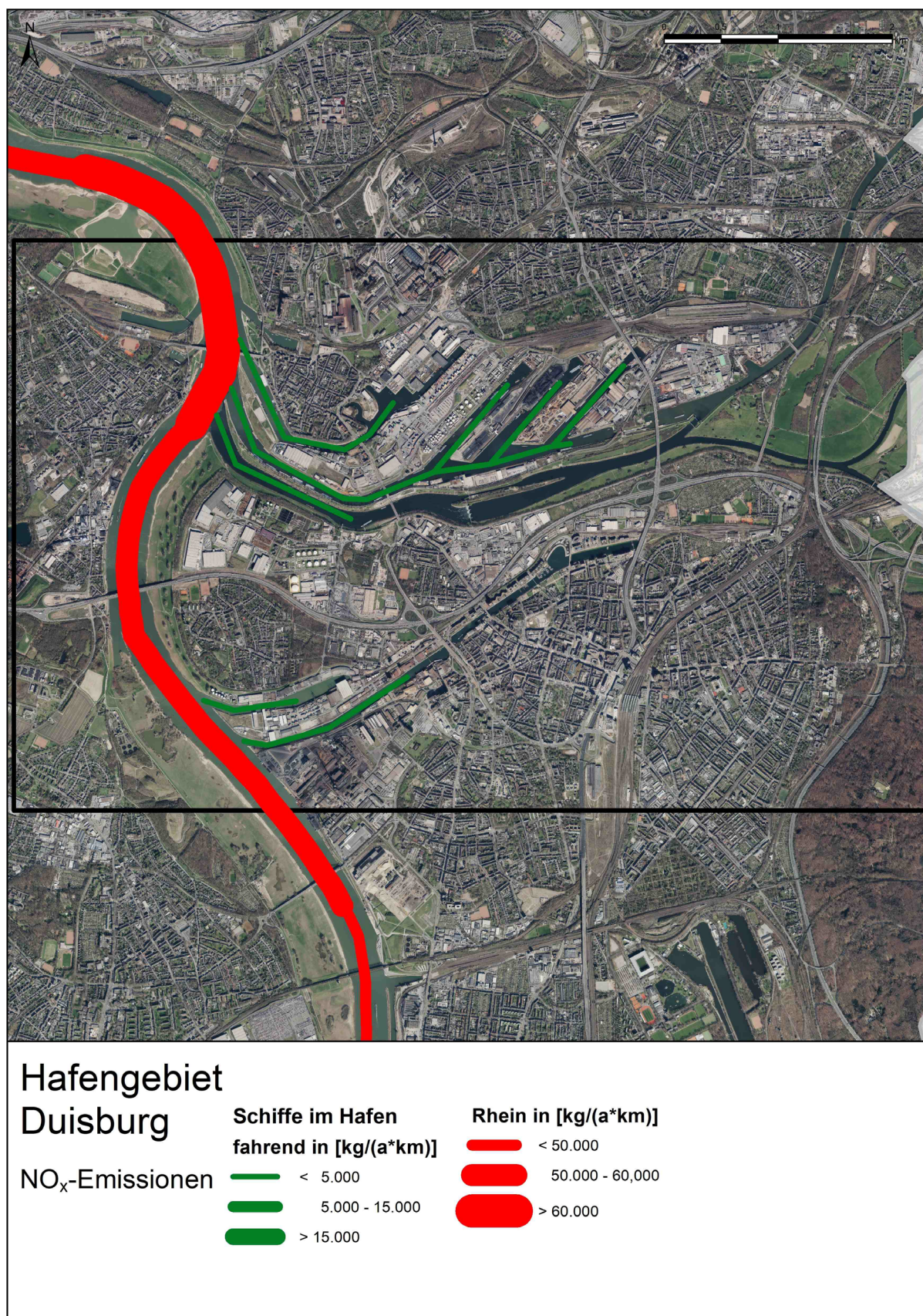


Abbildung 6: NO_x-Emissionsdichten der fahrenden Schiffe im Untersuchungsgebiet Duisburg

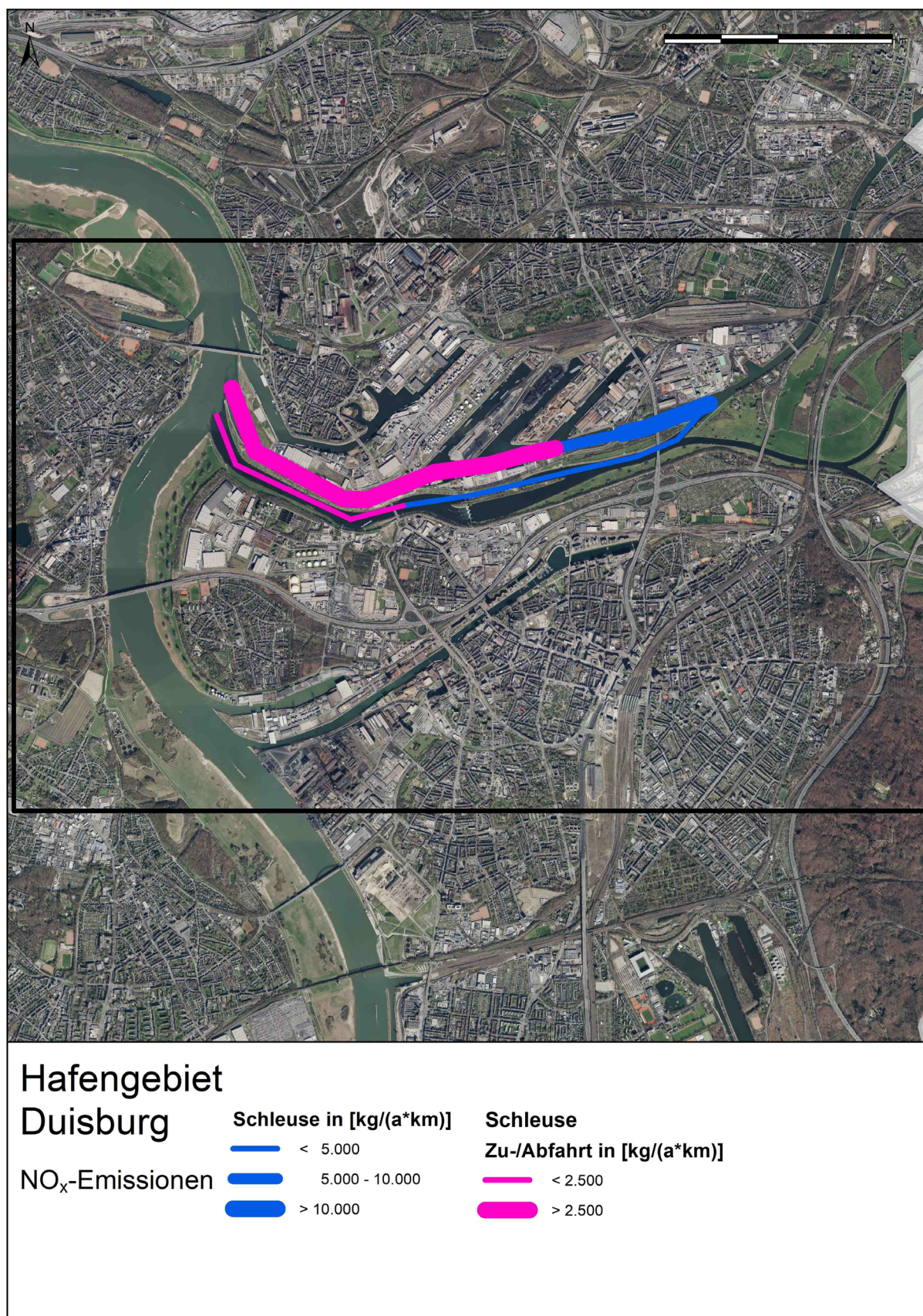


Abbildung 7: NO_x-Emissionsdichten aus dem Schleusenbetrieb im Untersuchungsgebiet Duisburg

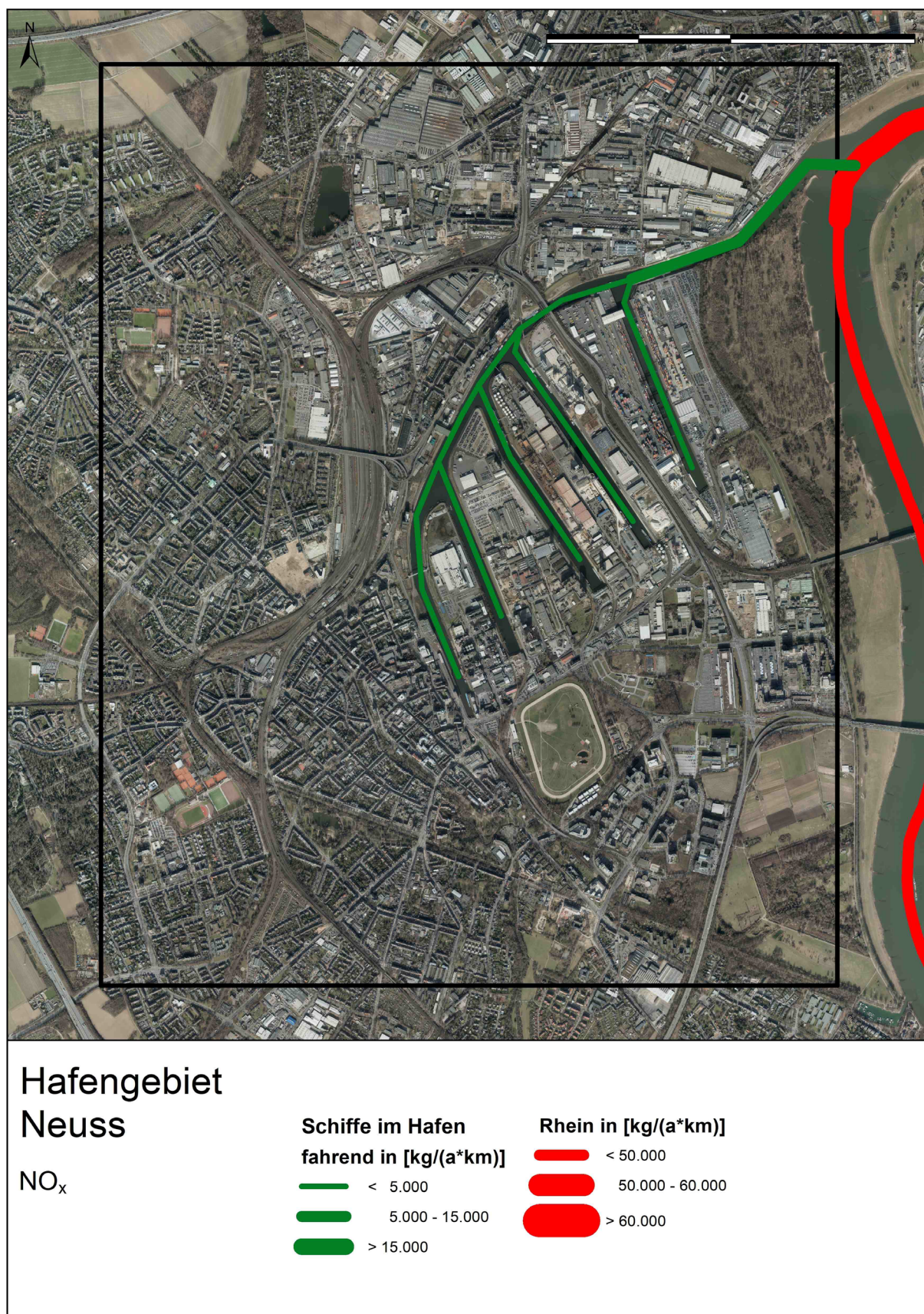


Abbildung 8: NO_x-Emissionsdichten der fahrenden Schiffe im Untersuchungsgebiet Neuss/Düsseldorf

4 Emissionen der liegenden Schiffe im Hafen

4.1 Eingangsgrößen und Beschreibung der Berechnungsmethoden

Bei der Emissionsbestimmung in den Häfen muss berücksichtigt werden, dass Schiffe Schadstoffe nicht nur emittieren, während sie sich in Fahrt befinden, sondern auch eine zusätzliche Luftschadstoffbelastung durch Schiffe am Liegeplatz verursacht wird, wenn ihre Stromversorgung über die an Bord befindlichen Generatoren sichergestellt wird. Die Grundlagen der Emissionsbestimmung für diese Beträge sind im CLINSH-Bericht „*Harbour Monitoring Part B: Determination of NO_x-and particulate matter emissions from inland vessels at berth*“ (2) und im LANUV-Fachbericht 119 (2a) erläutert. Für diesen Beitrag wurde die dort beschriebene Methodik für die Untersuchungsgebiete in Neuss und Duisburg angewandt.

Literaturrecherchen und Befragungen haben ergeben, dass Frachtschiffe während der Liegezeit einen Leistungsbedarf von etwa 2 kW (P_{Liege}) haben. Dieser wird dabei über die „kleinsten“ an Bord befindlichen Generatoren erbracht.

Da nicht für jedes einzelne liegende Schiff der Generatorenbestand individuell ermittelt und die Emissionen mit den realen Daten einzeln berechnet werden kann, wurden die Emissionsfaktoren des „mittleren Flottengenerators“ angesetzt, um die Emissionen der liegenden Schiffe zu berechnen. Die Auswertung des ZBBD-Datensatzes (Zentrale Binnenschiffsbestandsdatei der WSV) (4) für die "kleinsten" Generatoren an Bord der verschiedenen Schiffsklassen hinsichtlich der durchschnittlichen Leistung ergab sowohl für Tanker als auch für Frachtschiffe jeweils ein homogenes Bild.

Tankschiffe verfügen überwiegend über „kleinste“ Generatoren mit einer Leistung von 37 kW bis 74 kW und Frachtschiffe über „kleinste“ Generatoren mit einer Leistung aus der Leistungsgruppe von 28 kW bis 36 kW.

Anhand der bei TREMOD (6) aufgeführten Emissionsfaktoren und der Zusammensetzung des Generatorenpools wurden jeweils für Fracht- und Tankschiffe ein durchschnittlicher Emissionsfaktor für einen „mittleren kleinsten Flottengenerator“ abgeleitet, der für die aktuelle Binnenschiffsflotte zur Emissionsberechnung genutzt werden kann. Die Herleitung der Emissionsfaktoren der "Flottengeneratoren" für Tanker und Frachtschiffe wurde in Tab. 7 und Tab. 8 zusammengefasst.

Die Emissionsmengen, des Flottengenerators werden dabei für den jeweiligen Luftschadstoff und die jeweilige Generatorgröße nach folgender Formel berechnet:

$$E_{Flottengen} = \sum_i e_{Generator_i} \cdot f_{Estufe_i} \cdot P_{Liege}$$

Wobei i der Index für die jeweilige Emissionsstufe ist. Es ergeben sich daher die in Tab. 7 und Tab. 8 dargestellten Emissionsmengen für den jeweiligen Flottengenerator

Tabelle 7: Schätzung der NO_x-Emissionen der Stromgeneratoren von Fracht- und Tankschiffen am Liegeplatz ohne Ladetätigkeit an Bord unter Berücksichtigung der Zusammensetzung der Emissionswerte der "kleinsten" Generatoren

Frachtschiffe: "kleinster" Generator 28-36 kW, 2 kW/h				
NO _x	Flottenanteil	Basis- emissionen pro Stufe	Anteil am "Flotten- generator"	1 Schiff in 8 Stunden
Emissionslevel nach TREMODO	%	g/kWh	g/kWh	g/8h
vor 1981	38,4	31,5	12,1	193,5
1981-1990	5,9	33,6	2,0	31,7
1991-2002	12,6	19,6	2,5	39,5
Σ EU II + ZKR I	18,1	13	2,4	37,6
Σ EU IIIa + ZKR II	24,6	12,2	3,0	48,0
EG V (ab 2019)	0,2	8,5	0,02	0,27
Basisdaten für die Berechnung	Emissionen "Flottengenerator"		g/kWh 21,9	g/8h 350,7
Tankschiffe: "kleinster" Generator 37-74 kW; (IV, Va, Vb), 9 kW/h				
NO _x	Flottenanteil	Basis- emissionen pro Stufe	Anteil am "Flotten- generator"	1 Schiff in 8 Stunden
Emissionslevel nach TREMODO	%	g/kWh	g/kWh	g/8h
vor 1981	7,0	11,4	0,8	57,5
1981-1990	4,1	13,4	0,5	39,6
1991-2002	13,1	19	2,5	179,2
Σ EU II + ZKR I	53,3	9,1	4,9	349,2
Σ EU IIIa + ZKR II	22,5	6,3	1,4	102,1
EG V (ab 2019)	--	3,5	--	--
Basisdaten für die Berechnung	Emissionen "Flottengenerator"		g/kWh 10,1	g/8h 727,5

Tabelle 8: Schätzung der PM-Emissionen (Feinstaub) der Stromerzeuger von Fracht- und Tankschiffen ohne schiffsseitige Ladetätigkeit unter Berücksichtigung der Zusammensetzung der Emissionswerte der "kleinsten" Generatoren

Frachtschiffe: "kleinster" Generator 28-36 kW, 2 kW/h				
PM	Flottenanteil	Basis-emissionen pro Stufe	Anteil am "Flotten-generator"	1 Schiff in 8 Stunden
Emissionslevel nach TREMOD	%	g/kWh	g/kWh	g/8h
vor 1981	38,4	3,5	1,3	21,5
1981-1990		2,6	0,2	2,5
1991-2002		2,8	0,4	5,6
Σ EU II + ZKR I		0,7	0,1	2,0
Σ EU IIIa + ZKR II		0,7	0,2	2,8
EG V (ab 2019)		0,03	0,00	0,00
Basisdaten für die Berechnung	Emissionen "Flottengenerator"		g/kWh 2,1	g/8h 34,4
Tankschiffe: "kleinster" Generator 37-74 kW; (IV, Va, Vb), 9 kW/h				
PM	Flottenanteil	Basis-emissionen pro Stufe	Anteil am "Flotten-generator"	1 Schiff in 8 Stunden
Emissionslevel nach TREMOD	%	g/kWh	g/kWh	g/8h
vor 1981	7,0	2,7	0,2	13,6
1981-1990	4,1	1,9	0,1	5,6
1991-2002	13,1	1,3	0,2	12,3
Σ EU II + ZKR I	53,3	0,4	0,2	15,4
Σ EU IIIa + ZKR II	22,5	0,4	0,1	6,5
EG V (ab 2019)	--	0,02	--	--
Basisdaten für die Berechnung	Emissionen "Flottengenerator"		g/kWh 0,7	g/8h 53,3

Über die Liegedauer (t) eines Schiffes und den Emissionswert des entsprechenden Flottengenerators aus Tab. 7 und Tab. 8 lässt sich die Menge des jeweiligen Schadstoffs ermitteln, die ein Schiff im Hafen emittiert hat. Die gesamte emittierte Schadstoffmenge ergibt sich als Summe über die Emissionen aller Schiffe, die im Hafen gelegen haben.

Als Datenbasis für die Emissionsberechnung dienten die Schiffszahlen (n_{Schiff}) für das Jahr 2018. Im ersten Schritt erfolgte eine Auswertung der AIS-Daten der Schiffe aus den jeweiligen Hafenbereichen. Parallel dazu wurden die Hafenbetreiber um die bei ihnen registrierten offiziellen Schiffszahlen gebeten. Es stellte sich heraus, dass sich aus den Auswertungen der

AIS-Signale unplausibel hohe Schiffszahlen, teilweise in etwa doppelter Höhe für die liegenden Schiffe, ergaben. Hier besteht noch Entwicklungsbedarf zur Analyse der Anzahl der liegenden Schiffe anhand von AIS-Signalen.

Anhand der offiziellen Schiffszahlen wurden die AIS-Daten normiert. Dies war notwendig, da sich aus den AIS-Signalen die räumliche Verteilung, an der die einzelnen Schiffe im Hafen lagen, die Größenklasse der einzelnen Schiffe und die Liegedauer ($t [h]$) pro Hafenbecken und Schiffsklasse ermitteln ließ. Diese Angaben konnten durch die Hafenbetreiber im benötigten Detailgrad nicht bereitgestellt werden. Daher wurden die Informationen aus der Auswertung der AIS-Signale mit den Schiffszahlen der Hafenbetreiber skaliert. Tab. 9 zeigt wie sich die Schiffe auf die Hafenbecken der Häfen Duisburg und Neuss verteilen.

Damit liegt ein Datensatz vor, der jedes einzelne Schiff als Punktquelle an der entsprechenden Liegeposition abbildet. Diese Punktwolken lassen erkennen, dass sich die Schiffe in bestimmten Abschnitten der Hafenbecken häufen. Diese Häufungen können am besten als Linienquellen charakterisiert werden.

Um die einzelnen Punktquellen zu Linienquellen zusammenzuziehen, wurden die einzelnen Becken der jeweiligen Häfen in ein Gitternetz unterteilt und die Schiffe gezählt, die sich innerhalb jeder einzelnen Gitterzelle befanden. Abb. 9 bzw. Abb. 11 zeigen, in welchen Gitterzellen die Schiffe im jeweiligen Hafen lagen. In Abb. 10 und Abb. 12 sind die daraus resultierenden Gruppierungen der liegenden Schiffe zu Linienquellen und die entsprechende Zuteilung der Punktquellen „Schiff“ zu den jeweiligen Linienquellen dargestellt.

Tabelle 9: Prozentuale Aufteilung der Schiffe auf die Hafenbecken (nach den Angaben zu den Schiffszahlen der Hafenbetreiber) für die Häfen Duisburg und Neuss

Hafen	Becken	Prozentsatz der Schiffe im jeweiligen Hafenbecken. [%]
Duisburg	Südhafen/Vinckekanal	26,0
	Becken A	22,2
	Becken B	3,7
	Becken C	7,4
	Hafenkanal	7,4
	Ruhrmündung	7,4
	Außenhafen	3,7
	Parallelhafen	22,2
Neuss	Becken 1	10,1
	Becken 2	2,7
	Becken 3	7,4
	Becken 4	19,0
	Becken 5	12,2
	Becken 6	48,6

Die anschließende Emissionsberechnung erfolgte für jedes Schiff separat. Dabei wird jedem Schiff der dazugehörige „kleinste Flottengenerator“ zugeordnet, je nachdem ob es sich um ein Frachtschiff, ein Tankschiff (ohne eigene Ladeaktivität) oder eine andere Art von Schiff handelt. Anschließend erfolgte darüber eine Zuordnung der entsprechenden Emissionsfaktoren

aus Tab. 7 und Tab. 8 und der jeweiligen Liegedauer, wobei bei Letzteren noch berücksichtigt wurde, in welchem Becken des Hafens sich das Schiff befand.

Das Produkt aus Emissionsmenge pro Zeiteinheit und Liegezeit ergibt den Emissionsbeitrag für jedes einzelne Schiff. Danach werden die Emissionen der Schiffe der jeweilig zugeordneten Linienquelle aufaddiert. Um die Schiffszahlen der Hafenbetreiber zu berücksichtigen, erfolgte im Anschluss eine lineare Skalierung der Emissionen. Dabei wurde die (aus den AIS-Daten ermittelte) prozentuale Verteilung der Schiffe der einzelnen Linienquellen (Tab. 9) auf die offiziellen Schiffszahlen der Hafenbetreiber übertragen, um eine realistischere Zuordnung der offiziellen Schiffszahlen auf die Linienquellen zu erreichen. Die so ermittelte prozentuale Verteilung der Schiffe auf die einzelnen Segmente in den Hafenbecken ist in Tab. 10a und 10b zusammengestellt. Mit den so ermittelten Schiffszahlen wurden die Emissionen der liegenden Schiffe pro Segment ermittelt (Siehe Tab. 14, S. 35).



Abbildung 9: Liegende Schiffe im Hafen Neuss

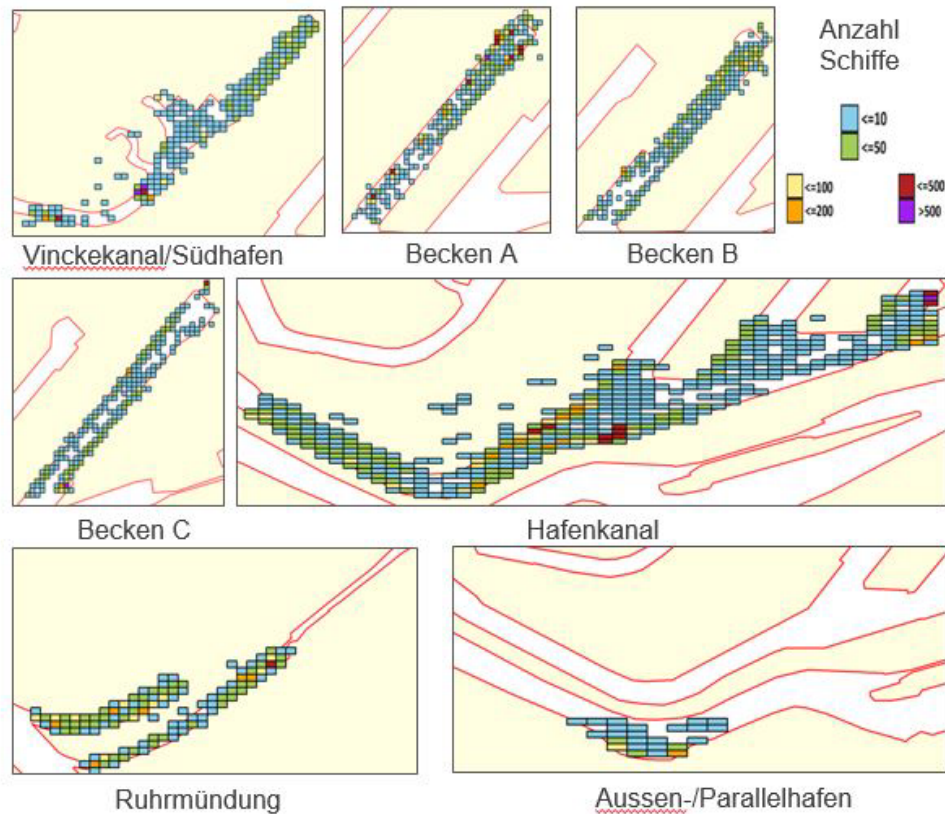


Abbildung 10: Übersicht über die Einteilung der einzelnen Becken des Hafens Duisburg in ein Gitternetz. Dargestellt sind die Gitterzellen, in denen Liegepositionen von Schiffen registriert wurden. Die Füllfarbe gibt an, wie viele Schiffe sich in der jeweiligen Gitterzelle befunden haben.

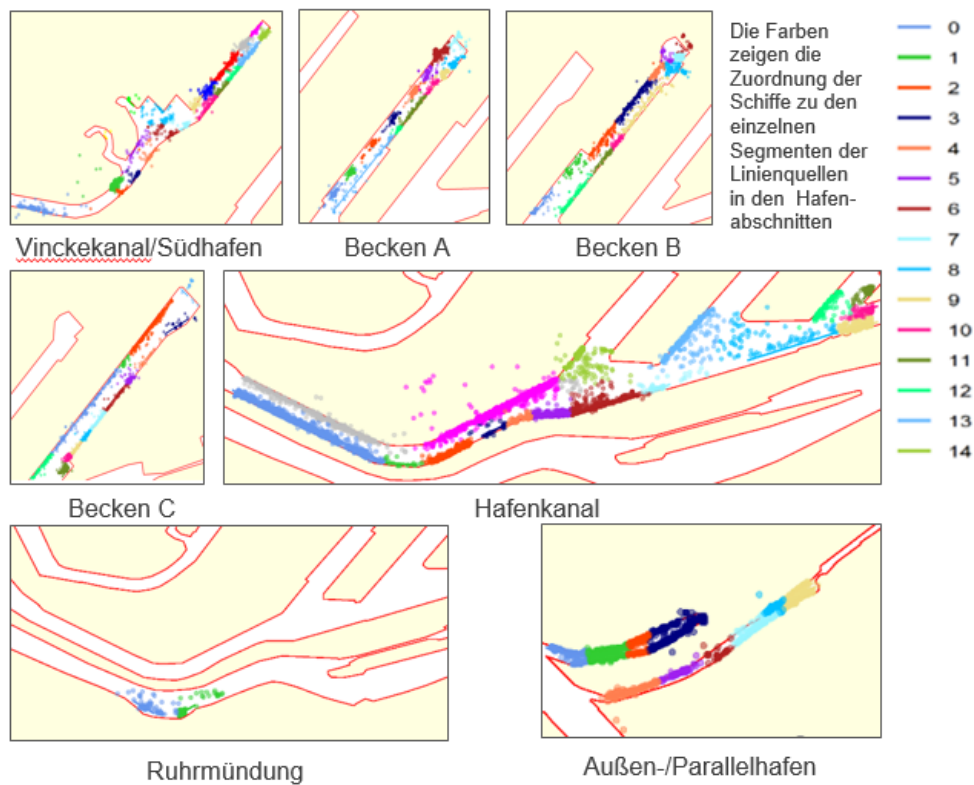


Abbildung 11: Zuordnung der Punktdaten der einzelnen Schiffe zu den jeweiligen Linienquellen (Hafen Duisburg)

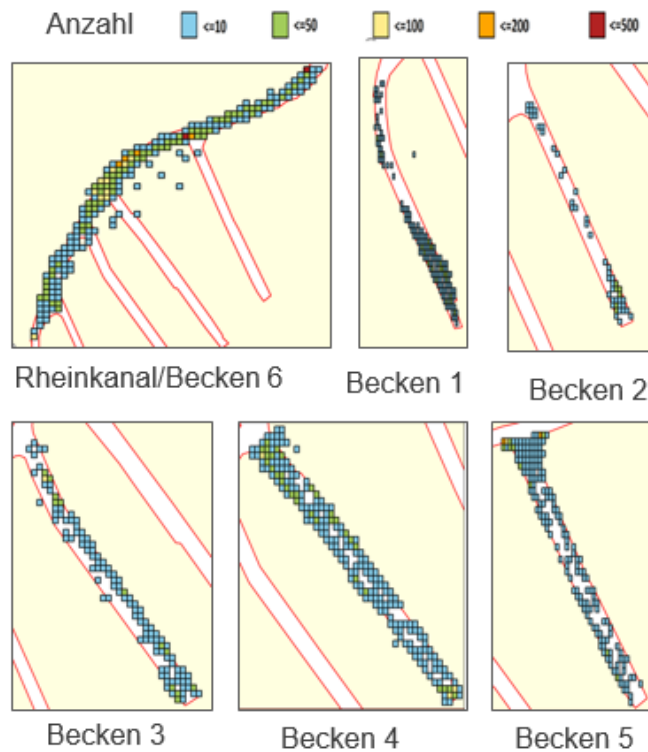
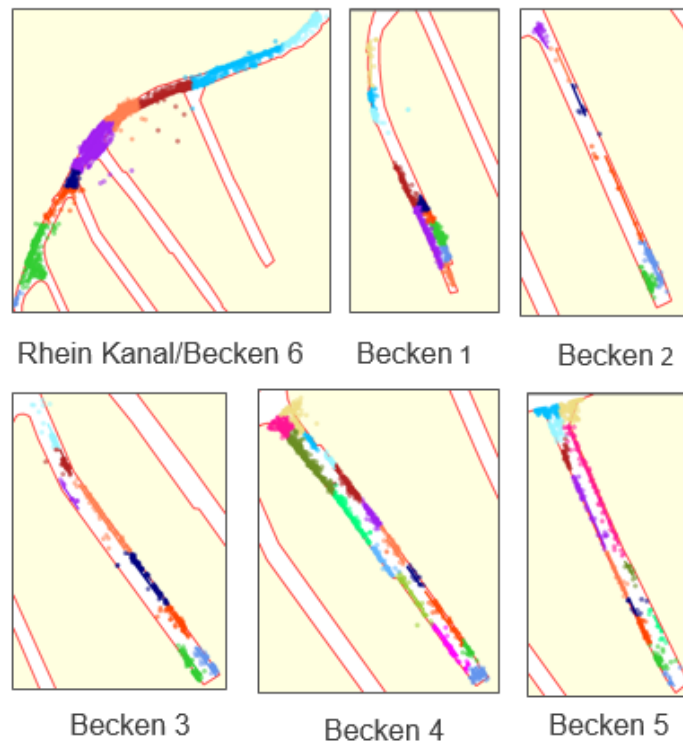


Abbildung 12: Übersicht über die Einteilung der einzelnen Becken des Hafens Neuss in ein Gitternetz. Dargestellt sind die Gitterzellen, in denen Liegepositionen von Schiffen registriert wurden. Die Füllfarbe gibt an, wie viele Schiffe sich in der jeweiligen Gitterzelle befunden haben.



Die Farben zeigen die Zuordnung der Schiffe zu den einzelnen Segmenten der Linienquellen in den Hafenabschnitten

Abbildung 13: Zuordnung der Punktdaten der einzelnen Schiffe zu den jeweiligen Linienquellen (Hafen Neuss)

Tabelle 10a: Anteil der Schiffe [%] des jeweiligen Beckens im Hafen Duisburg, der auf die entsprechende Linienquelle (LQ) entfällt

Hafen	Linien- quelle	Südhafen/ Vincke- kanal	Becken A	Becken B	Becken C	Hafen- kanal	Ruhr- mün- dung	Außen- hafen	Parall el- hafen
Duisburg	Segment 0	16,9	6,6	2	5,6	9,9	49,3		24,6
	Segment 1	40,6	6,8	1	5,5	0,2	50,7		23,9
	Segment 2	4,1	4,1	8	12,8	4,2			19,5
	Segment 3	1,9	4,0	1	1,1	0,6			32,0
	Segment 4	1,0	5,9	9	0,6	3,6		23,3	
	Segment 5	1,3	15,8	4	3,0	8,3		7,0	
	Segment 6	4,1	21,8	4	2,5	10,8		2,6	
	Segment 7	0,8	4,0	7	3,2	0,7		10,9	
	Segment 8	1,5	15,7	1	3,2	1,0		20,9	
	Segment 9	1,9	8,1	7	2,4	5,4		35,4	
	Segment 10	2,1	2,0	4	4,5	1,5			
	Segment 11	2,3	1,9	3	39,5	17,0			
	Segment 12	1,4	1,6	4	3,9	2,0			
	Segment 13	4,4	1,7		12,0	3,5			
	Segment 14	2,2				4,1			
	Segment 15	1,0				22,7			
	Segment 16	3,9				4,5			
	Segment 17	5,0							
	Segment 18	2,2							
	Segment 19	1,4							
	Segment 20	0							
	Summe (%)	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabelle 10b: Anteil der Schiffe [%] des jeweiligen Beckens im Hafen Neuss, der auf die entsprechende Linienquelle (LQ) entfällt

Hafen	Linienquelle	Becken 1	Becken 2	Becken 3	Becken 4	Becken 5	Becken 6
Neuss	Segment 0	8,4	46,9	9,5	15,5	1,7	1,6
	Segment 1	19,9	28,5	17,7	2,0	5,2	7,8
	Segment 2	2,7	5,8	14,5	2,5	5,3	1,8
	Segment 3	9,8	3,4	15,2	0,9	1,1	2,5
	Segment 4	10,0	2,4	13,7	2,9	2,6	21,1
	Segment 5	26,3	13,4	1,9	9,0	4,5	24,8
	Segment 6	9,7		9,6	6,8	3,7	16,0
	Segment 7	5,7		17	2,3	6,7	11,6
	Segment 8	5,0			1,7	35,3	12,7
	Segment 9	2,5			8,7	25,5	
	Segment 10				11,5	6,3	
	Segment 11				17,0	1,3	
	Segment 12				6,8	1,1	
	Segment 13				5,4		
	Segment 14				2,5		
	Segment 15				4,5		
	gesamt	100	100	100	100	100	100

4.2 Emissionen von Tankschiffen mit schiffsseitiger Entladetätigkeit

Die Entladung von Tankschiffen erfolgt in der Regel durch bordeigene Pumpen. Tankschiffe, die die Tanklager in Duisburg und Neuss anlaufen, gehören überwiegend zu den Größenklassen IV (85m), Va (110m) und Vb (135m). Bei diesen Schiffen wird zum Betrieb des Schiffes und der bordeigenen Pumpen eine Leistung von etwa 110 kW benötigt, die von dem größten an Bord befindlichen Generator abgedeckt wird. Die mögliche maximale Entladekapazität (m³/h) wird von der jeweiligen Aufnahmekapazität der Landanlage bestimmt. Somit hängt die jeweilige Entladedauer der Schiffe sowohl vom Ladevolumen des Schiffes als auch von der Aufnahmekapazität der Landanlage ab. Die Berechnung der Emissionen der Tankschiffe beim Entladevorgang erfolgt mit den TREMOD-Basisemissionsfaktoren für mobile Dieselmotoren der Leistungsklasse 130-299 kW.

Die Emissionen von Tankschiffen ohne Entladetätigkeit werden unter Verwendung der TREMOD⁽⁵⁾-Basisfaktoren für die Leistungsklasse 27-74 kW berechnet, die für geringe Last angepasst wurden (Tab. 7 und Tab. 8).

4.2.1 Emissionsverhalten der "größten" Generatoren auf Tankschiffen

Tab. 11 fasst die Basisemissionen (TREMODO) für die Abschätzung der NO_x- und PM-Emissionen der "größten" Flottengeneratoren (Leistungsklasse 130-299 kW) von Tankschiffen der Längenklassen IV, Va und Vb zusammen. Analog zum Vorgehen bei den "kleinsten" Generatoren wurden die Emissionswerte auch für den durchschnittlichen "größten Flottengenerator" auf Tankschiffen pro Stunde Entladetätigkeit mit einem Leistungsbedarf von 110 kW ermittelt.

Tabelle 11: Schätzung der NO_x- und PM-Emissionen (Feinstaub) der Generatoren von liegenden Tankschiffen mit Ladetätigkeit an Bord unter Berücksichtigung der Zusammensetzung der Emissionswerte der "größten" Generatoren

Tankschiffe: "größter" Generator 130-299 kW; (Schiffsklassen IV, Va, Vb = 85 - 135 m), 110 kW/h				
NO _x	Flottenanteil	Basis-emissionen pro Stufe	Anteil am "Flottengenerator"	
Emissionslevel nach TREMOD	%	g/kWh	g/kWh	g/110 kWh
vor 1981	6,6	17,8	1,2	129,2
1981-1990	3,7	12,4	0,5	50,5
1991-2002	10,7	11,2	1,2	131,8
Σ EU II + ZKR I	42,4	5,2	2,2	242,5
Σ EU IIIa + ZKR II	36,6	3,2	1,2	128,8
EG V ab 2018	--	--	--	--
Basisdaten für die Berechnung	Emissionen "Flottengenerator"		g/kWh 6,2	g/110kWh 682,88
Tankschiffe: "größter" Generator 130-299 kW; (Schiffsklassen IV, Va, Vb = 85 - 135 m), 110 kW/h				
PM	Flottenanteil	Basis-emissionen pro Stufe	Anteil am "Flottengenerator"	
Emissionslevel nach TREMOD	%	g/kWh	g/kWh	g/110 kWh
vor 1981	6,6	0,90	0,06	6,5
1981-1990	3,7	0,80	0,03	3,3
1991-2002	10,7	0,40	0,04	4,7
Σ EU II + ZKR I	42,4	0,10	0,04	4,7
Σ EU IIIa + ZKR II	36,6	0,10	0,04	4,0
EG V ab 2018	--	--	--	--
Basisdaten für die Berechnung	Emissionen "Flottengenerator"		g/kWh 0,21	g/110kWh 23,19

4.2.2 Berechnung der Emissionen aus dem realen Tankerverkehr auf der "Ölinsel" im Duisburger Hafen für das Jahr 2018

Auf der sogenannten "Ölinsel" im Duisburger Hafen werden Mineralölprodukte und Industriechemikalien umgeschlagen. Die sieben Anlagen zur Abfertigung von Tankschiffen befinden sich alle im Hafenbecken A. Die Anlagen haben eine Aufnahmekapazität von jeweils 400 m³/h. Die Tanker werden mit schiffseigenen Pumpen entladen, die Beladung erfolgt mit den Pumpen der Landanlage.

Im Jahr 2018 wurde die Ölinsel von insgesamt 1.864 Tankschiffen angelaufen. Etwa 40 % der Schiffe gehörten zur Größenklasse IV (85 m) und 60 % zur Größenklasse Va (110 m). Kleinere Tanker können in der Anlage nicht abgefertigt werden. Schiffe der Klasse Vb (135 m) laufen die Anlagen nur 1-2 Mal pro Monat an. Daher wurden bei der Schätzung zusätzlich fünf Entlade- und zwölf Ladevorgänge berücksichtigt. In 715 Fällen wurden die Schiffe entladen, in 1.149 Fällen wurden die Schiffe beladen (Tab. 12).

Tabelle 12: Lösch- und Ladevorgänge im Jahr 2018 auf der "Ölinsel" im Duisburger Hafen

„Ölinsel“ Duisburg	Ladeaktivitäten		Schiffsklasse		
	Anzahl	Anteil	IV	Va	Vb
2018		%	85 m (40 %)	110 m (60 %)	135 m
Entladungen	715	38,4	286	429	5
Beladungen	1.149	61,6	460	689	12
Gesamt	1.864		746	1118	17

Die Berechnung der Emissionen durch die Ladevorgänge erfolgt analog zum Verfahren für Gütermotorschiffe unter Verwendung der Anzahl der liegenden Schiffe, der durchschnittlichen Liegezeit, eines Leistungsbedarfs von 9 kW und der Emissionsfaktoren für den angenommenen durchschnittlichen "kleinsten Flottengenerator" (TREMODO-Basisemissionen (5), Niedriglast, Leistung 37-74 kW) der Tankschiffe (Tab. 7 und Tab. 8).

Die Emissionen von Tankschiffen bei den Löschvorgängen (mit Generatoreinsatz an Bord) werden anhand der Anzahl der Ladevorgänge pro Schiffsklasse, eines Leistungsbedarfs von 110 kW, der Anzahl der durchschnittlichen Entladezeiten pro Schiffsklasse und der Emissionsfaktoren für den durchschnittlichen "größten Flottengenerator" (130-299 kW) berechnet (Tab. 12).

Da die Entladung eine zusätzliche Liegezeit von ca. 1 h für das Ein- und Ausklarieren erfordert, wurde für jeden Entladevorgang und jede Laufzeit "kleinster Generator" ein zusätzlicher "Emissionszuschlag" von 1 h berücksichtigt. Für die Ladevorgänge wurde diese Zeit bereits in die Liegezeit eingerechnet. Die Berechnungsergebnisse wurden in Tab. 13 zusammengestellt. Insgesamt emittierten die 1.864 Tankschiffe, die im Jahr 2018 an der "Ölinsel" im Hafenbecken A abgefertigt wurden, eine Emissionsmenge von 4,06 t NO_x und 145 kg PM.

Tabelle 113: Abschätzung der NO_x- und PM₁₀-Emissionen durch Be- und Entladeaktivitäten an der "Ölinsel" im Hafenbecken A in Duisburg für das Jahr 2018

Entladevorgänge mit bordeigenen Pumpen	Schiffsklasse	IV 85 m	Va 110 m	Vb 135 m
	Entladezeit	6 h	9 h	12 h
Emissionen pro Entladevorgang	NO _x (kg)	4,10	6,15	8,20
	PM (g)	139,2	208,8	278,4
Entladevorgänge	Anzahl	286	429	5
Emissionen 2018	NO _x (kg)	1172,0	2637,1	41,0
	PM (kg)	39,8	89,6	1,4
Zuschlag für Ein- und Ausklarieren 1h "kleinster" Generator	NO _x (kg)	14,5		
	PM (kg)	1,0		
Entladevorgänge	Emissionen liegender Tankschiffe Duisburg 2018			
	Entladevorgänge in Hafenbecken A			
		NO _x (t)	3,86	
		PM (kg)	131,8	
Ladevorgänge mit landseitigen Pumpen	Schiffsklasse	IV 85 m	Va 110 m	Vb 135 m
	Ladezeit	7 h	10 h	13 h
Emissionen pro Ladevorgang	NO _x (g)	141,4	181,8	242,4
	PM (g)	9,8	12,6	16,8
Ladevorgänge	Anzahl	460	689	12
Emissionen 2018	NO _x (kg)	65,04	125,26	2,91
	PM (kg)	4,5	8,7	0,2
Zuschlag für Ein- und Ausklarieren	Bereits in den Ladezeiten enthalten			
Ladevorgänge	Emissionen liegender Tankschiffe Duisburg 2018			
	Ladevorgänge in Hafenbecken A			
		NO _x (t)	0,19	
		PM (kg)	13,4	
2018	Emissionen liegender Tankschiffe Duisburg 2018			
	Tankschiffe im Hafenbecken A "Ölinsel"			
		NO _x (t)	4,06	
		PM (kg)	145,2	

4.3 Emissionen der liegenden Fracht- und Tankschiffe und ihre Georeferenzierung

Für die Modellierungen der Ursachenanalysen zu den Messergebnissen an den Messstellen des Sondermessprogrammes für CLINSH müssen die Emissionscharakteristiken der Quelle „Liegende Schiffe“ ermittelt und georeferenziert werden. Es stellte sich heraus, dass die Verteilung der Frachtschiffe in den Hafenbecken, bedingt durch die Mobilität der meisten landseitigen Ladevorrichtungen (Kräne, Containerbrücken), sehr variabel ist. Für Modellierungen ist daher die Darstellung als Linienquelle am besten geeignet.

Tankschiffe sind an feste Ladeeinrichtungen gebunden, die angelaufen werden müssen. Daher ist für Tankschiffemissionen eine Darstellung als Punktquelle für die Modellierungen am besten geeignet. In Tab. 14 sind die ermittelten Emissionen der liegenden Frachtschiffe in den einzelnen Hafenbecken in Neuss und Duisburg zusammengestellt. In den Abb. 13 und Abb. 14 ist die georeferenzierte Verteilung der Schiffemissionen für die Hafengebiete Neuss/Düsseldorf und Duisburg dargestellt.

Tabelle 14a: Berechnete Emissionen der liegenden Frachtschiffe für die einzelnen Hafenbecken der Häfen Neuss und Duisburg

Hafen	Becken	NO _x [t/a]	PM ₁₀ [t/a]
Duisburg	Südhafen/Vinckekanal	1,435	0,141
	Becken A	0,500	0,049
	Becken B	0,079	0,008
	Becken C	0,190	0,019
	Hafenkanal	0,255	0,024
	Ruhrmündung	0,323	0,032
	Außenhafen	0,997	0,098
	Parallelhafen	0,115	0,011
	Duisburg gesamt	3,9	0,38
Neuss	Becken 1	0,803	0,078
	Becken 2	0,172	0,017
	Becken 3	0,301	0,029
	Becken 4	1,203	0,116
	Becken 5	0,513	0,050
	Becken 6	1,069	0,104
	Neuss gesamt	4,1	0,39

Tabelle 14b: Berechnete Emissionen der liegenden Tankschiffe für die einzelnen Hafenbecken der Häfen Neuss und Duisburg

Hafen	Becken	NO _x [t/a]	PM ₁₀ [t/a]
Duisburg	Becken A	5,21	0,154
	Parallelhafen	1,52	0,055
	Ruhrmündung	4,91	0,180
	Duisburg gesamt	11,6	0,39
Neuss	Becken 1	0,31	0,013
	Becken 2	0,62	0,022
	Becken 3	2,19	0,078
	Becken 4	1,03	0,038
	Rheinkanal (6)	0,12	0,009
	Neuss gesamt	4,0	0,16

Tabelle 14c: Summe der Emissionen der liegenden Schiffe in den Häfen Neuss/Düsseldorf und Duisburg im Jahr 2018

2018	Duisburg		Neuss	
	NO _x (t)	%	NO _x (t)	%
Frachtschiffe	4,0	26	4,3	52
Tankschiffe	11,6	74	4,0	48
Gesamt	15,6		8,1	
	PM ₁₀ (t)	%	PM ₁₀ (t)	%
Frachtschiffe	0,38	49	0,39	71
Tankschiffe	0,39	51	0,16	29
Gesamt	0,77		0,55	

Insgesamt wurden im Jahr 2018 im Hafen Duisburg ca. 15,6 t NO_x durch liegende Schiffe emittiert. Die ca. 3.000 Tankschiffe (etwa 20 % Schiffsanteil verursachten hierbei etwa 74 % der Emissionen. Zusätzlich wurden ca. 770 kg Feinstaub emittiert. Der Anteil der Tankschiffe betrug hier etwa 50 %. Die Emissionsmengen der liegenden Schiffe im Hafen Neuss lagen im Jahr 2018 etwa bei 8,1 t NO_x und bei 550 kg Feinstaub.

Eine detaillierte Beschreibung der Methode zur Berechnung der Emissionen der liegenden Schiffe findet sich im CLINSH-Bericht des LANUV ("Harbour Monitoring Part B: Determination of NO_x and particulate matter emissions from inland vessels at berth") (2) sowie im deutschsprachigen Fachbericht 119 des LANUV (2a).

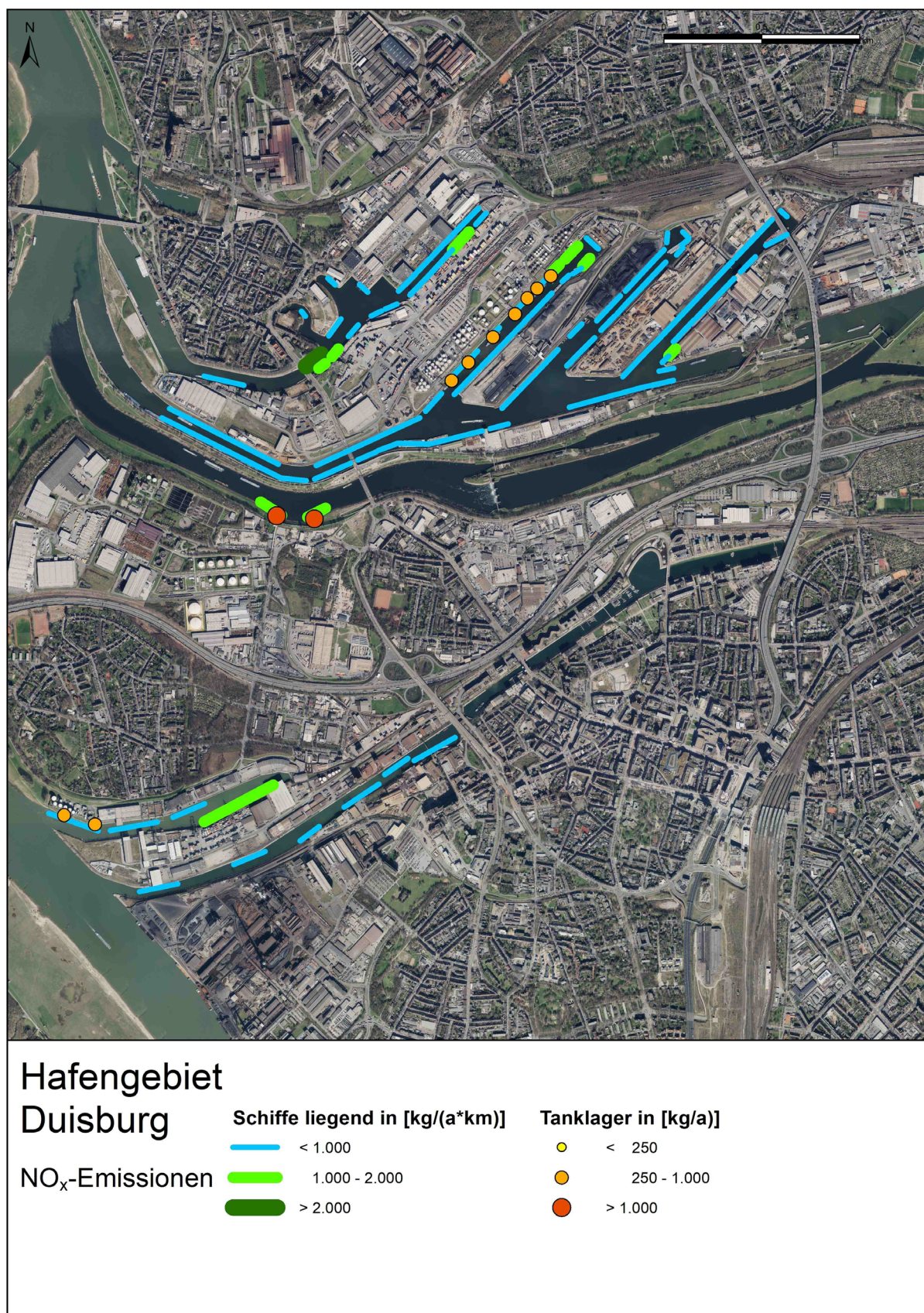


Abbildung 14: Darstellung der Emissionen liegender Schiffe als Linien-(Frachtschiffe) und Punktquellen (Tankschiffe) im Hafengebiet Duisburg

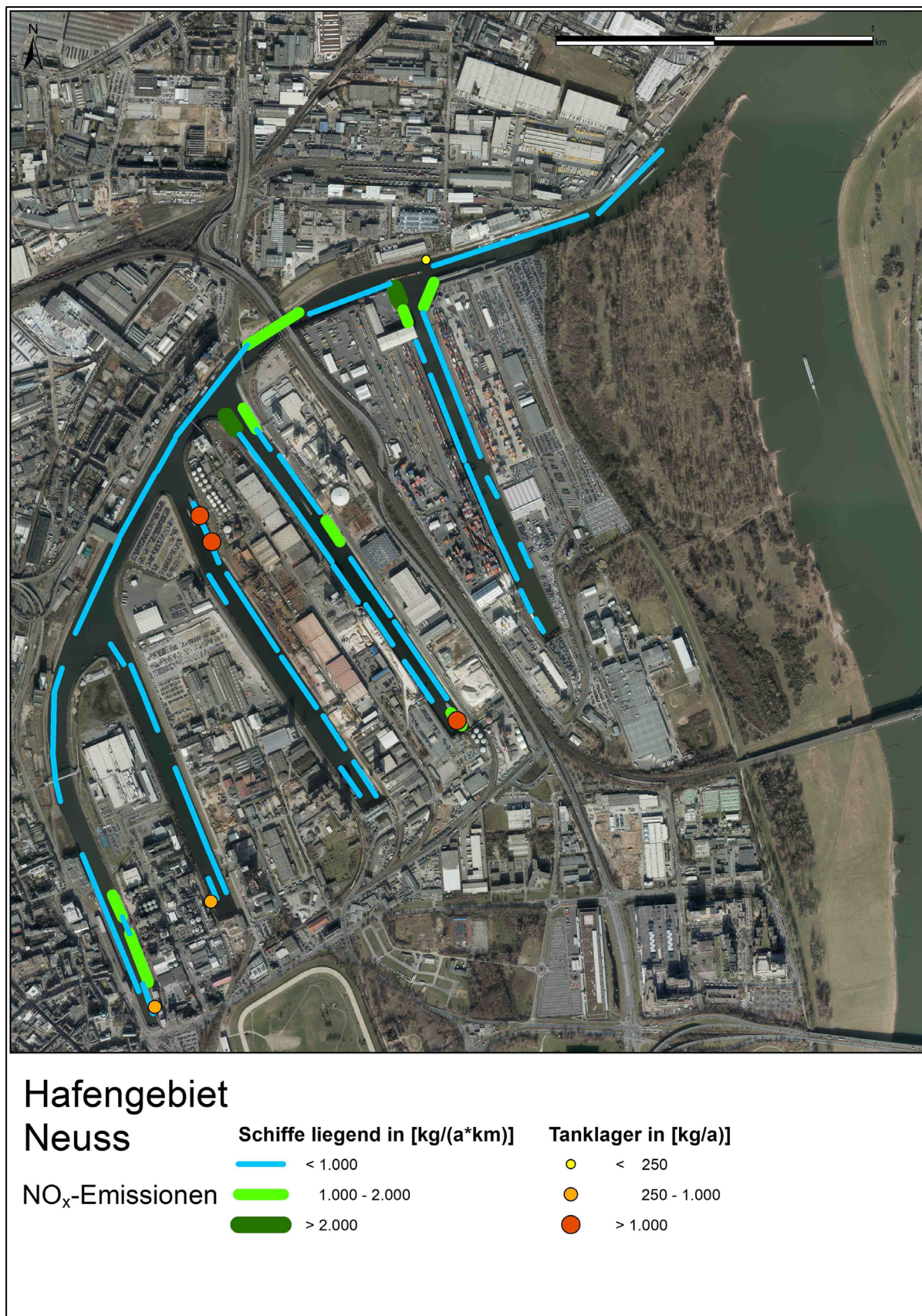


Abbildung 15: Darstellung der Emissionen liegender Schiffe als Linien-(Frachtschiffe) und Punktquellen (Tankschiffe) im Hafengebiet Neuss

5 Emissionsinventare aus den Emissionskatastern des Landes NRW

Neben den Emissionen des Schiffsverkehrs in den beiden Häfen und auf dem Rhein (vgl. Kap. 3 und 4) wurden die Emissionen aller weiteren relevanten Emittentengruppen ermittelt bzw. aus den aktuellen Emissionskatastern des Landes NRW für das Untersuchungsgebiet, das die beiden Hafengebiete Duisburg und Neuss/Düsseldorf umfasst, zusammengestellt.

Genehmigungsbedürftige Anlagen sind in besonderem Maße geeignet, schädliche Umwelteinwirkungen durch Emissionen Luft verunreinigender Stoffe hervorzurufen. Derartige Anlagen sind im Anhang zur 4. Verordnung zum BImSchG (7) aufgeführt.

Gemäß der 11. BImSchV (8) sind Betreiber genehmigungspflichtiger Anlagen, dazu verpflichtet, luftverunreinigende Stoffe in Menge, räumlicher und zeitlicher Verteilung anzugeben. Die neuesten zur Verfügung stehenden Daten für Duisburg und Neuss/Düsseldorf stammen aus den Emissionserklärungen für den Erklärungszeitraum 2016.

Die Emissionen der folgenden Emittentengruppen wurden aus den aktuellen Emissionskatastern des Landes NRW berücksichtigt:

- Industrie
- Kleinf Feuerungsanlagen (HuK)
- Straßenverkehr
- Flugverkehr
- Schienenverkehr
- Off-road (nicht straßengebundener Verkehr, z.B. Baumaschinen, Landwirtschaft)

Für den Straßenverkehr im Untersuchungsgebiet konnte neben den Daten aus dem Landesemissionskataster auch auf aktuelle Daten aus den Arbeiten zu den Luftreinhalteplänen Neuss und Duisburg zurückgegriffen werden. Zusätzlich standen Daten zu Verkehrsbelastungen aus Sondererhebungen in den beiden Hafengebieten zur Verfügung. Des Weiteren wurden zusätzlich innerhalb der Hafengebiete die Emissionen der Hafenbahn, von Flurförderfahrzeugen und der Kfz-Verladung auf Basis von Detailerhebungen ermittelt.

Zusammenfassende Erläuterungen zu den Emissionen aus den Emissionskatastern des Landes NRW finden sich in den folgenden Unterkapiteln. Auf die Ermittlung der Emissionen auf Basis weiterer Sondererhebungen zum Straßenverkehr und zu weiteren Emissionsquellen im Hafengebiet wird im nachfolgenden Kap. 6 eingegangen.

5.1 Industrielle Emittenten im Stadtgebiet Duisburg

5.1.1 Anlagenstruktur im Stadtgebiet Duisburg (NO_x)

Das Stadtgebiet von Duisburg ist durch eine starke Industrialisierung geprägt. Insgesamt sind hier 201 genehmigungsbedürftige Anlagen registriert, von denen 164 gemäß der 11. BImSchV (8) vollständige Emissionserklärungen abgeben müssen. Die Verteilung dieser Anlagen auf die Obergruppen der 4. BImSchV (7) zeigt die Abb. 15.

Die Tabelle 15 (NO_x-Emissionen der Obergruppen der 4. BImSchV im Stadtgebiet Duisburg) verdeutlicht die dominierende Rolle der Obergruppen 1 (Wärmeerzeugung, Bergbau, Energie) und 3 (Stahl, Eisen und sonstige Metalle einschließlich Verarbeitung) am NO_x-Emissionsgeschehen. Der wesentliche Anteil der NO_x-Emissionen fällt auf die Betriebe der Gruppe „Wärmeerzeugung, Bergbau, Energie“ (9,1 kt, 52 % der Emissionen) und der Gruppe Stahl, Eisen und sonstige Metalle (8,2 kt, 46,7 % der Emissionen) (Tab. 15).

Die Abb. 16 zeigt die Lage der NO_x-Emittenten (> 50 t/a) im Stadtgebiet. Auffällig sind hier die großen Duisburger Stahlstandorte von **thyssenkrupp Steel Europe AG** (Duisburg-Mitte/Nord) und Hüttenwerke Krupp-Mannesmann GmbH im Duisburger Süden.

Bei diesen Emissionsmengen muss berücksichtigt werden, dass der größte Anteil der NO_x-Emissionen über hohe Schornsteine emittiert wird. Daher kommen diese Mengen in der Regel nicht im unmittelbaren Stadtgebiet zu einer bodennahen Wirkung auf die Luftqualität. Sie werden in höheren Luftschichten über weite Strecken (Ferntransport) mit den Luftströmungen transportiert und führen erst in großer Entfernung zu einer Erhöhung der Hintergrundbelastung. Bei der Betrachtung der Wirkung von Emissionsquellen auf die Luftbelastung an Wasserstraßen sind vor allem niedrige nahe gelegene Quellen relevant.

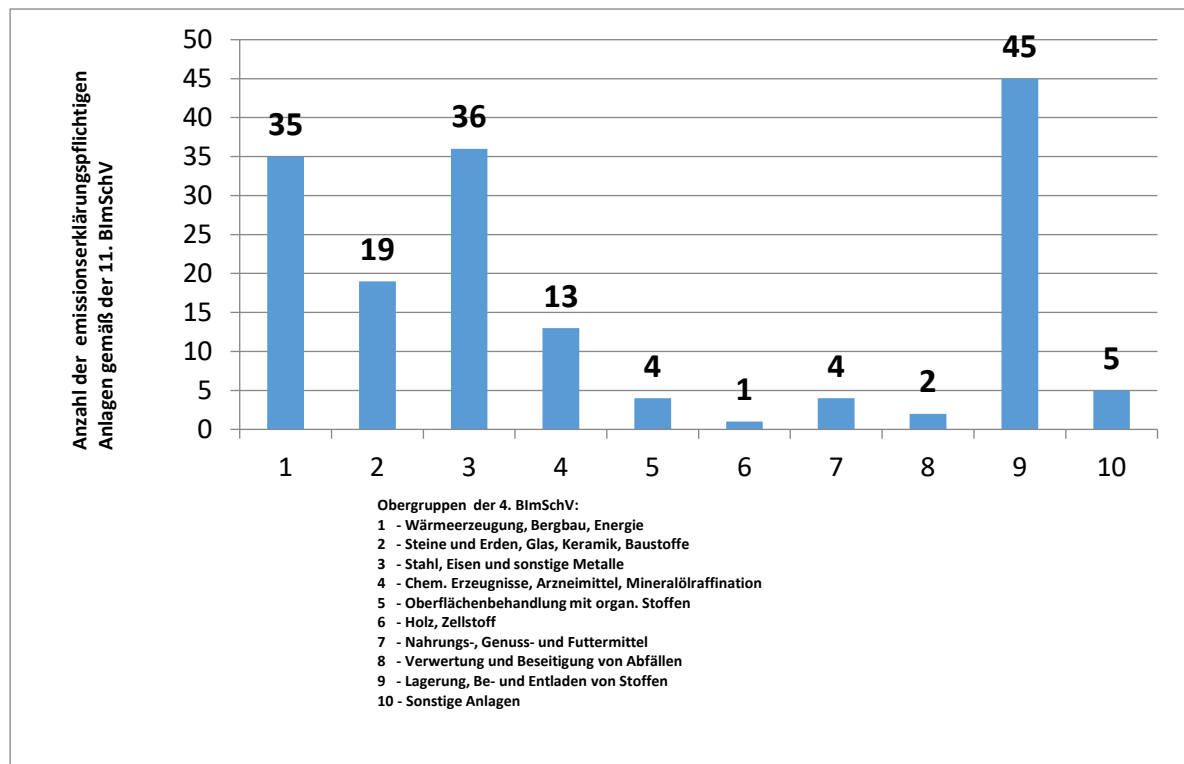


Abbildung 16: Anzahl der Anlagen, unterteilt nach den Obergruppen der 4. BImSchV im Stadtgebiet Duisburg

Tabelle 15: NO_x-Emissionen der Obergruppen der 4. BImSchV im Stadtgebiet Duisburg

Obergruppe nach 4. BImSchV		NO _x -Emissionen	
		[t/a]	[%]
01	Wärmeerzeugung, Bergbau, Energie	9.164,9	52,0
03	Stahl, Eisen und sonstige Metalle einschl. Weiterverarbeitung	8.230,8	46,7
	Sonstige Obergruppen	226,8	1,3
	Gesamt	17.622,5	100,0

In Tab. 16 sind die größten NO_x-Emittenten in Duisburg zusammengestellt.

Tabelle 16: Die 17 größten NO_x-Emittenten mit nach dem BImSchG genehmigungspflichtigen Anlagen der Industrie im Stadtgebiet Duisburg

Lfd.-Nr.	Betrieb	NO _x (t/a)
1	thyssenkrupp Steel Europe AG Werk Schvelgern	4.961
2	STEAG GmbH Heizkraftwerk Walsum	3.555
3	Hüttenwerke Krupp Mannesmann GmbH	2.679
4	Pruna Betreiber GmbH	1.416
5	thyssenkrupp Steel Europe AG Werk Ruhrort	902
6	thyssenkrupp Steel Europe AG Werk Beeckerwerth	902
7	Hüttenwerke Krupp Mannesmann GmbH KW Huckingen	624
8	thyssenkrupp Steel Europe AG Werk Bruckhausen	553
9	thyssenkrupp Steel Europe AG Werk Kraftwerk Hamborn	410
10	RWE Generation SE HKW Hamborn	365
11	Venator Germany GmbH	232
12	Stadtwerke Duisburg AG Heizkraftwerk III	199
13	thyssenkrupp Steel Europe AG Werk Hamborn	131
14	Stadtwerke Duisburg AG Heizkraftwerk I	127
15	thyssenkrupp Steel Europe AG Werk Hüttenheim	104
16	DK Recycling und Roheisen GmbH	87
17	Befesa Zinc Duisburg GmbH	53

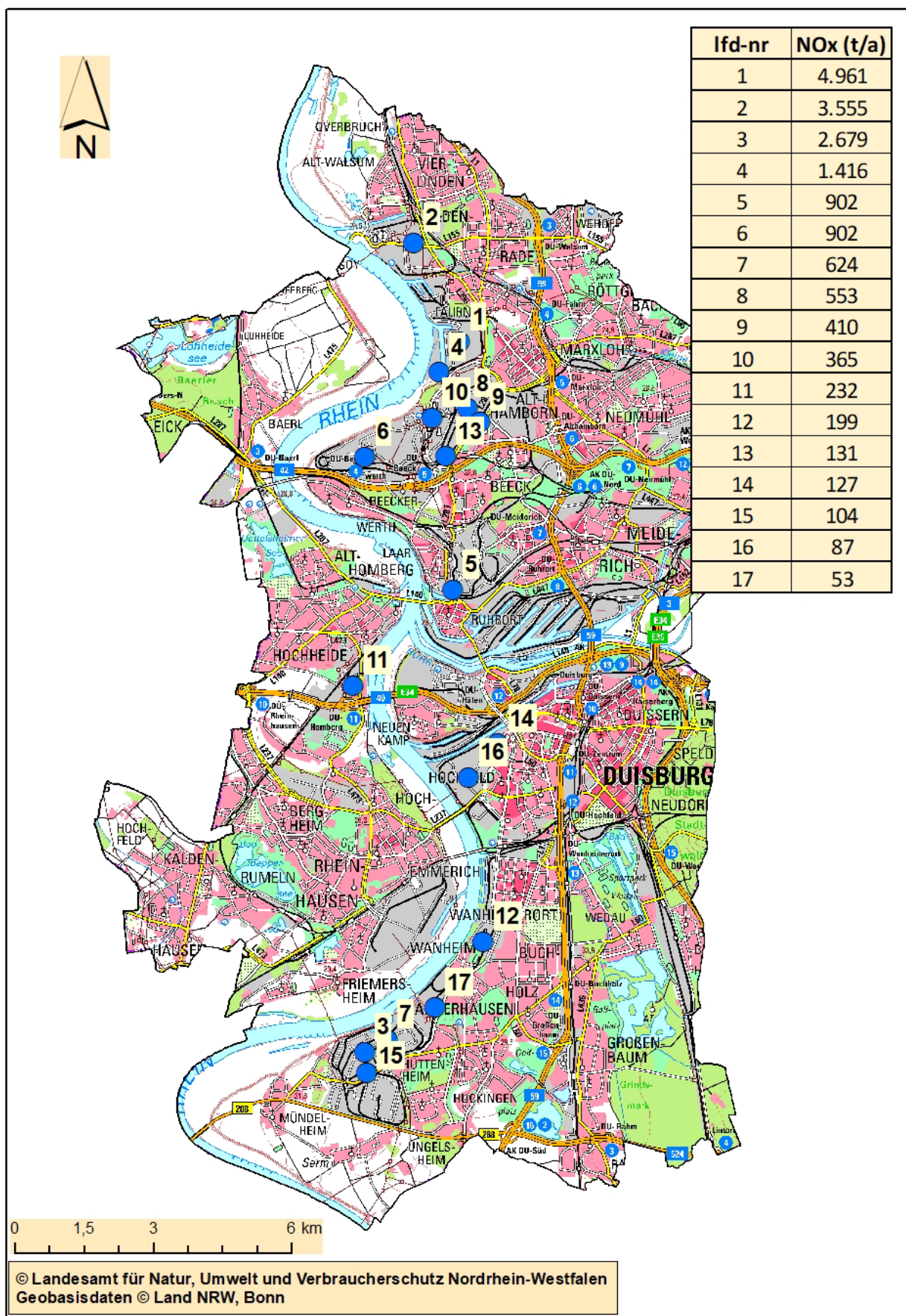


Abbildung 17: Die 17 größten Stickstoffdioxid-Emittenten mit nach dem BImSchG genehmigungspflichtigen Anlagen der Industrie im Stadtgebiet Duisburg

5.1.2 Anlagenstruktur im Stadtgebiet Duisburg (PM₁₀)

Noch größer als beim NO_x ist die dominierende Rolle der Metall-Industrie (Obergruppe 3 der 4. BImSchV) beim Feinstaub PM₁₀ (Tab. 17). Die Tabelle 18 benennt die PM₁₀-Emittenten mit Emissionsmengen > 10 t/a.

Tabelle 17: PM₁₀-Emissionen der Obergruppen der 4. BImSchV im Stadtgebiet Duisburg

Obergruppe nach 4. BImSchV		PM ₁₀ -Emissionen	
		[t/a]	[%]
01	Wärmeerzeugung, Bergbau, Energie	216,8	7,1
03	Stahl, Eisen und sonstige Metalle einschließlich Verarbeitung	2.287,3	75,3
	Sonstige Obergruppen	534,9	17,6
	Gesamt	3.039,0	100,0

Tabelle 18: Die 16 größten PM₁₀-Emittenten mit nach dem BImSchG genehmigungspflichtigen Anlagen der Industrie im Stadtgebiet Duisburg

Lfd. Nr.	Betrieb	PM ₁₀ (t/a)
1	thyssenkrupp Steel Europe AG Werk Schwelgern	1.116
2	Hüttenwerke Krupp Mannesmann GmbH	887
3	thyssenkrupp Steel Europe AG Werk Bruckhausen	240
4	thyssenkrupp Steel Europe AG Werk Beeckerwerth	225
5	neska GmbH Rhein-Ruhr Bulk Terminal	132
6	ArcelorMittal Ruhrort GmbH Werk Ruhrort	61
7	thyssenkrupp Steel Europe AG Hafenbetrieb	61
8	Venator Germany GmbH	39
9	Pruna Betreiber GmbH	37
10	DK Recycling und Roheisen GmbH	33
11	STEAG GmbH Heizkraftwerk Walsum	32
12	thyssenkrupp Steel Europe AG Werk Hamborn	22
13	ThyssenKrupp Mill Services & Systems GmbH	21
14	PMG Premium Mühlen GmbH & Co. KG	15
15	Stadtwerke Duisburg AG Heizkraftwerk I	15
16	Holcim WestZement GmbH Werk Schwelgern	13

Die Abb. 17 zeigt die Lage der PM₁₀-Emittenten (Emissionsmenge > 10 t/a) im Stadtgebiet. Markant sind auch hier die großen Duisburger Stahlstandorte.

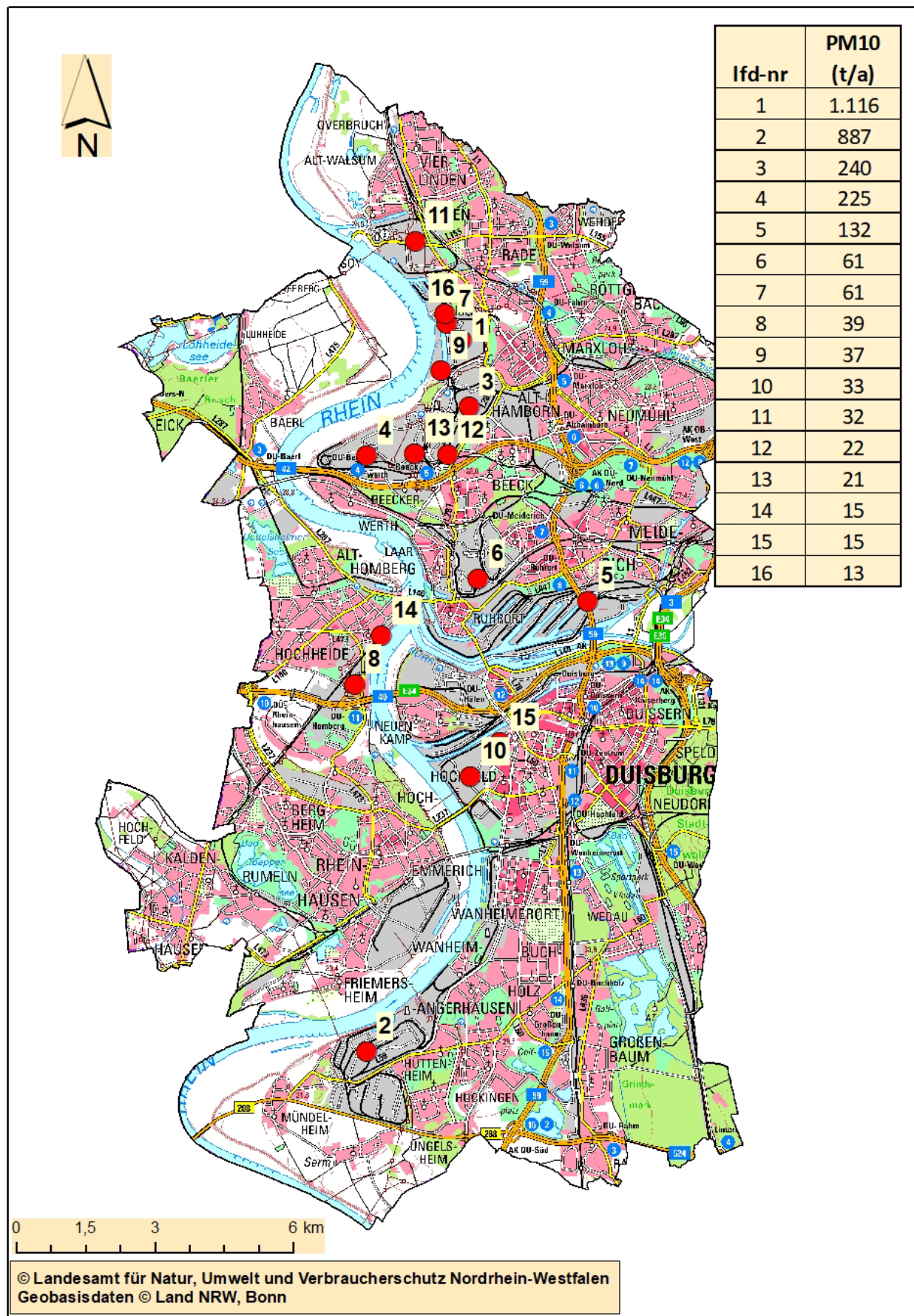


Abbildung 18: Die 16 größten PM₁₀-Emittenten mit nach dem BImSchG genehmigungspflichtigen Anlagen der Industrie im Stadtgebiet Duisburg

5.1.3 Emittentengruppe kleine und mittlere Feuerungsanlagen - nicht genehmigungsbedürftige Anlagen (Duisburg)

Aus dem Bereich der immissionsschutzrechtlich nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen sind für das Stadtgebiet die Kleinferungsanlagen als weitere Emissionsquellen zu betrachten. Für das Jahr 2015 betragen die Emissionen im gesamten Stadtgebiet insgesamt rd. 236,3 t/a NO_x bzw. 20,6 t/a PM₁₀.

5.1.4 Emittentengruppe Straßenverkehr

Die NO_x-Emissionen aus dem Bereich Straßenverkehr im Stadtgebiet Duisburg betragen für das Jahr 2018 insgesamt 1.177 t/a.

5.1.5 Weitere Emittentengruppen

Weitere Emittentengruppen sind die Landwirtschaft, natürliche Quellen sowie sonstige Emittenten. Diese Emittentengruppen haben für die Belastungssituation im Bereich des Binnenhafens Duisburg keine Relevanz.

5.2 Neuss/Düsseldorf Emittentengruppe Industrie/ genehmigungsbedürftige Anlagen

Genehmigungsbedürftige Industrieanlagen sind auch in Neuss/Düsseldorf vorhanden. Auch hier ist zu beachten, dass die meisten industriellen Emissionen über hohe Quellen (Schornsteine) emittiert werden. Bei der Analyse der Wirkung von Emissionsquellen auf die Luftbelastung an Wasserstraßen oder andere bodennahe Messorte sind vor allem niedrige nahe gelegene Quellen relevant.

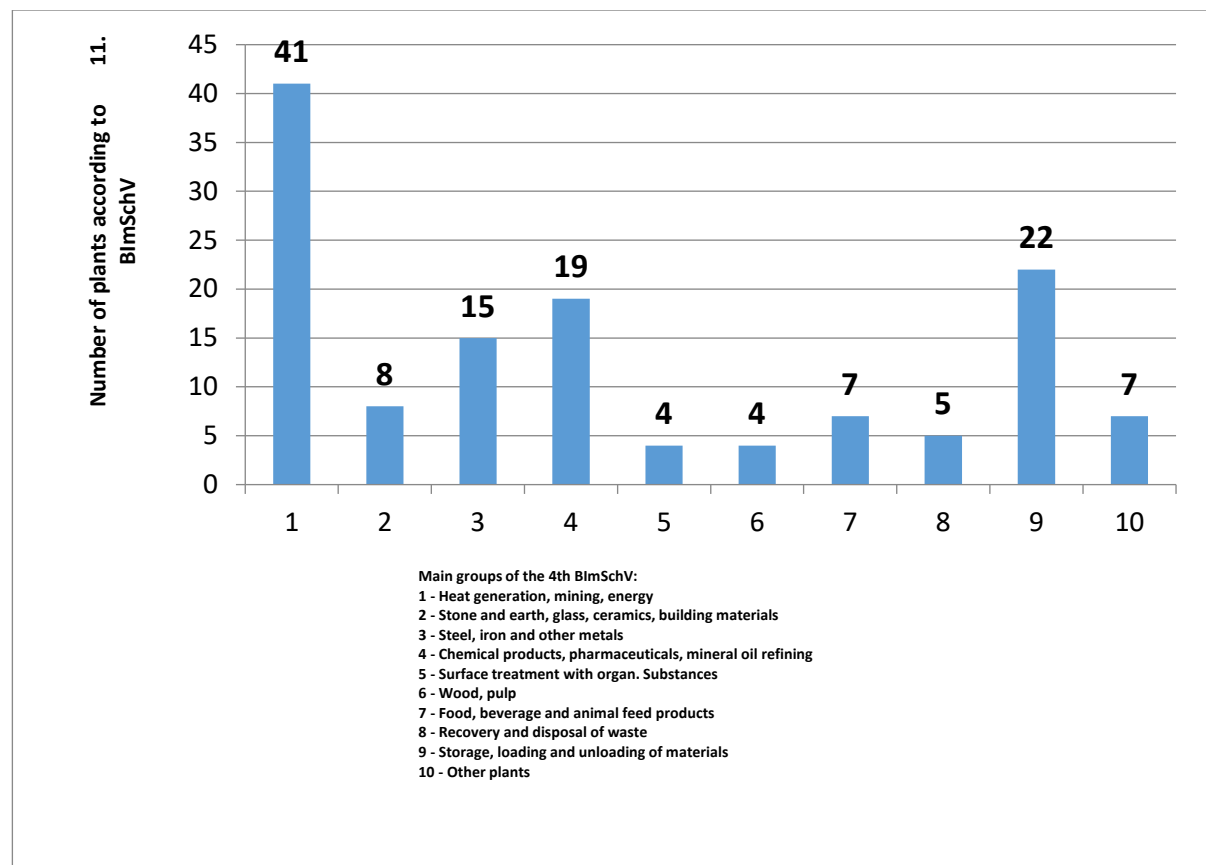
5.2.1 Anlagenstruktur im Stadtgebiet Neuss/Düsseldorf (NO_x)

Auch das Stadtgebiet von Neuss/Düsseldorf ist durch eine starke Industrialisierung geprägt. Insgesamt sind hier 176 genehmigungsbedürftige Anlagen registriert, von denen 132 gemäß der 11. BImSchV hinsichtlich der verursachten Emissionen vollständige Erklärungen anzugeben waren. Die Verteilung dieser Anlagen auf die Obergruppen der 4. BImSchV zeigt die Abb. 18.

Die Tab. 19 (NO_x-Emissionen der Obergruppen der 4. BImSchV im Stadtgebiet Neuss/Düsseldorf) verdeutlicht die dominierende Rolle der Obergruppen 1 (Wärmeerzeugung, Bergbau, Energie) und 3 (Stahl, Eisen und sonstige Metalle einschließlich Verarbeitung, hier: Aluminium) am NO_x-Emissionsgeschehen. Die Abb. 19 zeigt die Lage der NO_x-Emittenten mit Emissionsmengen > 20 t/a im Stadtgebiet.

Tabelle 19: NO_x-Emissionen der Obergruppen der 4. BImSchV im Stadtgebiet Neuss/Düsseldorf

Obergruppe nach 4. BImSchV		NO _x -Emissionen	
		[t/a]	[%]
01	Wärmeerzeugung, Bergbau, Energie	1.188,2	40,2
03	Stahl, Eisen und sonstige Metalle einschließlich Verarbeitung	949,2	32,1
	Sonstige Obergruppen	816,7	27,7
	Gesamt	2.954,1	100,0


Abbildung 19: Anzahl der Anlagen, unterteilt nach den Obergruppen der 4. BImSchV im Stadtgebiet Neuss/Düsseldorf

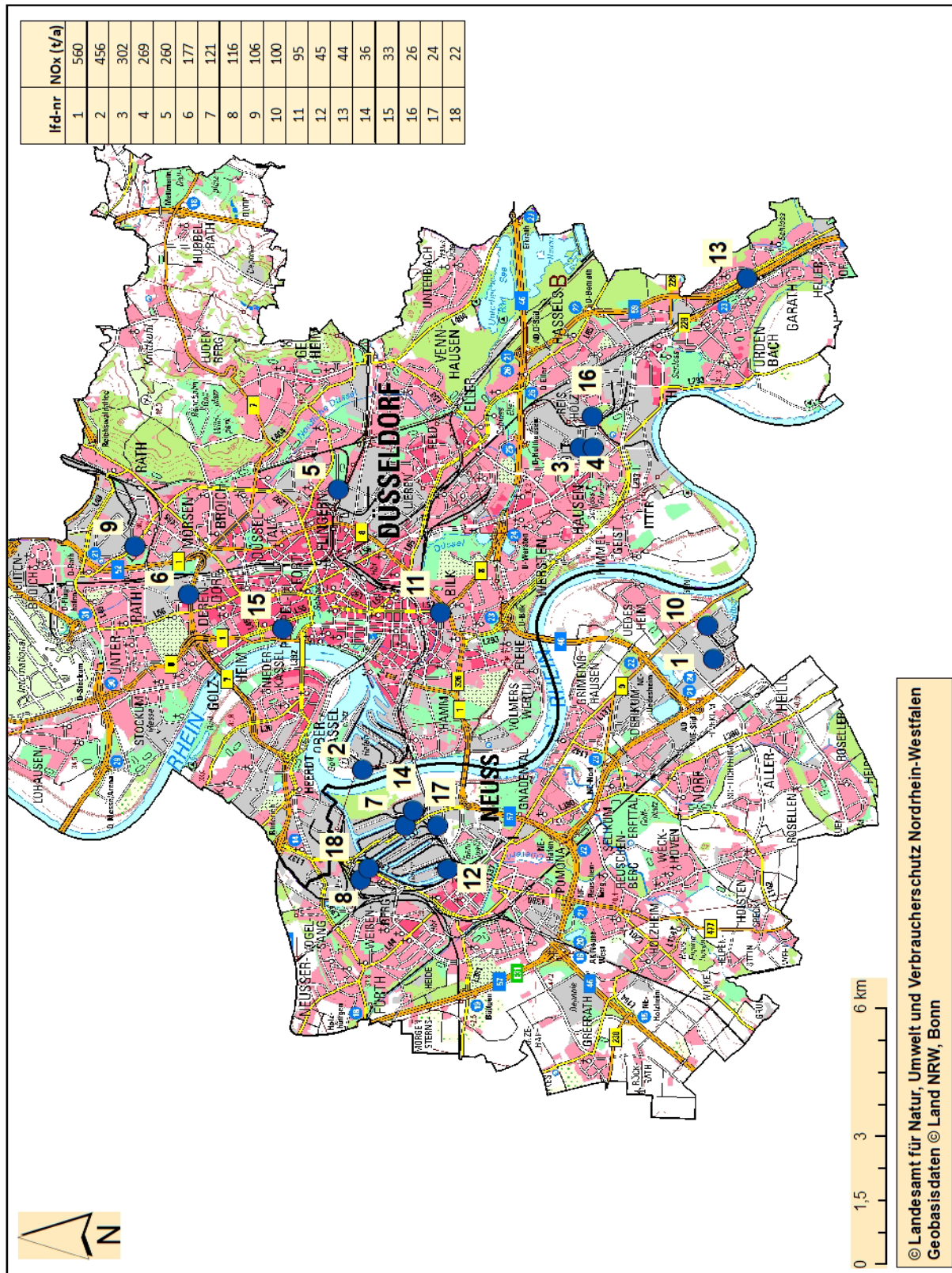


Abbildung 20: Die 18 größten Stickstoffoxid-Emittenten mit nach dem BImSchG genehmigungspflichtigen Anlagen der Industrie im Stadtgebiet Neuss/Düsseldorf

Tabelle 20: Die 18 größten Stickstoffdioxid-Emittenten mit nach dem BImSchG genehmigungspflichtigen Anlagen der Industrie im Stadtgebiet Neuss/Düsseldorf

Lfd. Nr.	Betrieb	NO _x (t/a)
1	Aluminium Norf GmbH	560
2	Stadtwerke Düsseldorf AG, Kraftwerk Lausward	456
3	Henkel AG & Co. KGaA	302
4	BASF Personal Care and Nutrition GmbH	269
5	Stadtwerke Düsseldorf AG, Müllverbrennungsanlage	260
6	Daimler AG Mercedes-Benz	177
7	Knauf Gips KG	121
8	FS Karton GmbH	116
9	Vallourec Deutschland GmbH	106
10	Hydro Aluminium Rolled Products GmbH	100
11	Julius Schulte Söhne GmbH & Co. KG	95
12	Protein- und Ölwerk Neuss GmbH & Co. KG	45
13	Stadtwerke Düsseldorf AG, Heizkraftwerk Garath	44
14	SCA Hygiene Products GmbH	36
15	ERGO Versicherungsgruppe AG	33
16	Vallourec Deutschland GmbH	26
17	KEMNA BAU Andreae GmbH & Co. KG	24
18	O. & L. Sels GmbH & Co. KG	22

5.2.2 Anlagenstruktur im Stadtgebiet Neuss/Düsseldorf (PM₁₀)

Das Emissionsgeschehen im Stadtgebiet Neuss/Düsseldorf für Feinstaub wird durch die Anlagen der Aluminium-Industrie und die Anlagen der Nahrungs- und Futtermittel dominiert (siehe Tab. 21).

Tabelle 21: PM₁₀-Emissionen der Obergruppen der 4. BImSchV im Stadtgebiet Neuss/Düsseldorf

Obergruppe nach 4. BImSchV		PM ₁₀ -Emissionen	
		[t/a]	[%]
03	Stahl, Eisen und sonstige Metalle einschließlich Verarbeitung	85,9	46,5
07	Nahrungs-, Genuss- und Futtermittel	50,7	27,4
	Sonstige Obergruppen	48,3	26,1
	Gesamt	184,9	100,0

In Tabelle 22 sind die PM₁₀-Emittenten (Emissionsmenge > 4 t/a) zusammengestellt.

Tabelle 22: Die 12 größten PM₁₀-Emittenten mit nach dem BImSchG genehmigungspflichtigen Anlagen der Industrie im Stadtgebiet Neuss/Düsseldorf

Lfd. Nr.	Betrieb	PM ₁₀ (t/a)
1	Hydro Aluminum Rolled Products GmbH	60,4
2	PMG Premium Mühlen Gruppe GmbH & Co. KG	31,3
3	Daimler AG Mercedes-Benz	16,9
4	Henkel AG & Co. KGaA	14,0
5	Aluminium Norf GmbH	13,1
6	Deutsche Tiernahrung Cremer GmbH & Co.KG	7,1
7	KEMNA BAU Andreae GmbH & Co. KG	6,6
8	BASF Personal Care and Nutrition GmbH	5,6
9	Deutsche Tiernahrung Cremer GmbH & Co. KG	5,2
10	AGRAVIS Kraftfutterwerke Rhein-Main GmbH	5,0
11	RheinCargo GmbH & Co. KG	4,8
12	Knauf Gips KG	4,5

Die Abb. 20 zeigt die Lage der PM₁₀-Emittenten mit Emissionsmengen > 4 t/a im Stadtgebiet Düsseldorf/Neuss.

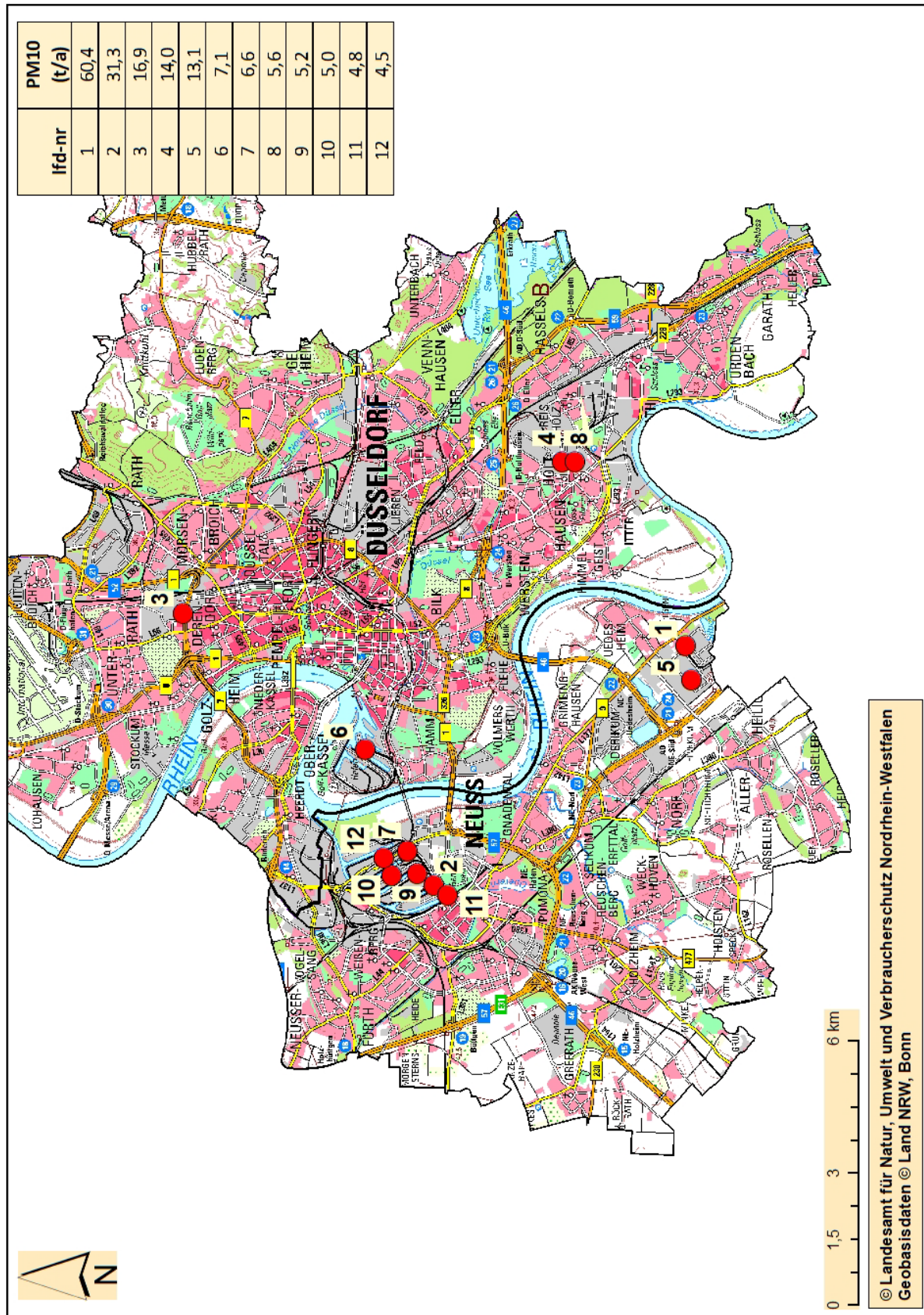


Abbildung 21: Die 12 größten PM₁₀-Emittenten mit nach dem BImSchG genehmigungspflichtigen Anlagen der Industrie im Stadtgebiet Neuss/Düsseldorf

5.2.3 Emittentengruppe kleine und mittlere Feuerungsanlagen - nicht genehmigungsbedürftige Anlagen (Neuss/Düsseldorf)

Bei den nach den Vorgaben des Immissionsschutzrechtes nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen sind für das Stadtgebiet die Kleinf Feuerungsanlagen als weitere Emissionsquellen zu betrachten. Für das Jahr 2015 betragen die Emissionen im gesamten Stadtgebiet insgesamt ca. 477 t/a NO_x bzw. 34,2 t/a PM₁₀.

5.2.4 Emittentengruppe Straßenverkehr (Neuss/Düsseldorf)

Die NO_x- Emissionen aus dem Bereich Straßenverkehr im Stadtgebiet Neuss betragen für das Jahr 2018 insgesamt 513 t/a und für das Stadtgebiet Düsseldorf 2.023 t/a

5.2.5 Weitere Emittentengruppen

Weitere Emittentengruppen sind die Landwirtschaft, natürliche Quellen sowie sonstige Emittenten. Diese Emittentengruppen haben für die Belastungssituation im Bereich des Binnenhafens keine Relevanz.

5.3 Gesamtbetrachtung des großräumigen Untersuchungsgebietes

Für die Immissionsmodellierungen zu den Ursachenanalysen wurden die Emissionen aller Emittentengruppen in einem größeren Untersuchungsgebiet (1.025 km²) aufbereitet, das beide Hafengebiete (Duisburg und Neuss) enthält. Dieses Untersuchungsgebiet ist in Abb. 21 als Rechteck gekennzeichnet. Die in diesem Untersuchungsgebiet freigesetzten Emissionen entsprechen daher nicht exakt der Summe der beiden Stadtgebiete, da die Bilanzierungsräume nicht identisch sind.

5.3.1 Industrie und Kleinf Feuerungsanlagen

Im Emissionskataster Industrie des Landes NRW sind die Emissionen der genehmigungsbedürftigen Anlagen in NRW erfasst. Diese basieren auf den Daten der Emissionserklärungen nach 11. BImSchV (8) (Verordnung über Emissionserklärungen) der Betreiber genehmigungsbedürftiger Anlagen nach Anhang der 4. BImSchV (7) (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen). Der aktuelle Stand stellt die im 4-Jahres-Rhythmus durchgeführte Datenerhebung aus dem Jahr 2016 dar, die hier für das Jahr 2018 übernommen wurde (Daten des LANUV 2021).

Für die Industrie liegen die Emissionen der genehmigungsbedürftigen Anlagen als Punktquellen vor. Die NO_x-Emissionen aus der Industrie sind gemeinsam mit den Emissionen aus Kleinf Feuerungsanlagen für das Untersuchungsgebiet in Abb. 21 dargestellt.

Die industriellen Punktquellen zeigen eine deutliche Konzentration im Bereich und im Umfeld der beiden Hafengebiete bzw. Stadtgebiete Duisburg und Neuss/Düsseldorf. Im gesamten Untersuchungsgebiet wurden im Jahr 2018 von den genehmigungsbedürftigen Anlagen der Industrie 19.511 t/a NO_x-Emissionen freigesetzt.

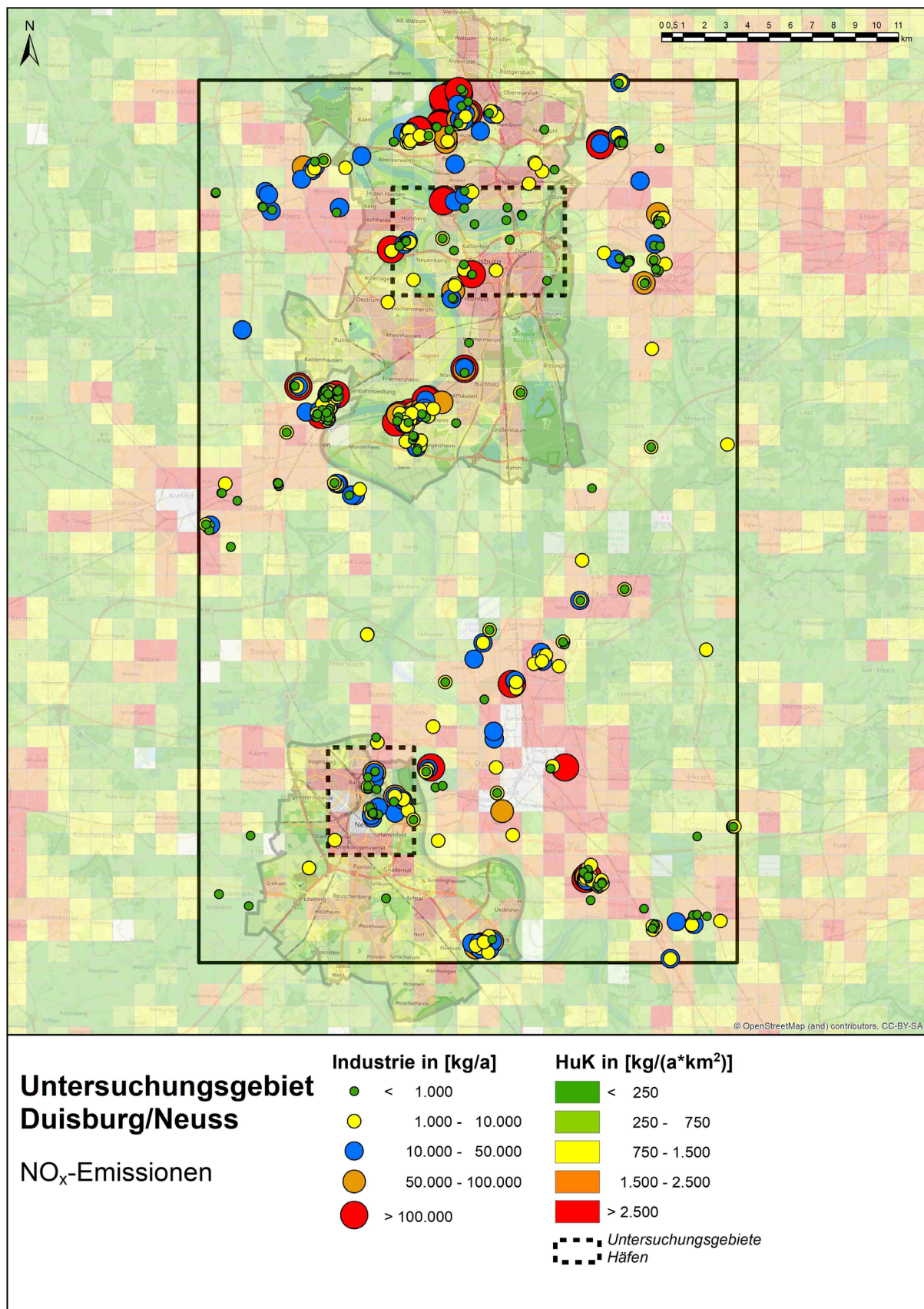


Abbildung 22: NO_x-Emissionen aus Industrie und Kleinfeuerungsanlagen (HuK) im Untersuchungsgebiet, Analysejahr 2018

Die Emissionen aus den nicht genehmigungsbedürftigen Kleinf Feuerungsanlagen werden als eine eigene Emittentengruppe ausgewiesen. Diese umfasst die Feuerungsanlagen in Gewerbebetrieben, privaten Haushalten und sonstigen Kleinverbraucher (HuK), die nicht unter den Geltungsbereich der 4. BImSchV fallen.

Der Stand der Emissionsmengen dieser Emittentengruppe bezieht sich auf das Erhebungsjahr 2015. Sie liegen als Rasterdaten im 1km x 1km Raster vor (HuK Kataster des LANUV 2021) und sind ebenfalls in Abb. 21 gemeinsam mit den Punktquellen der Industrie dargestellt. Höhere Emissionsdichten treten in den besiedelten Bereichen auf, die gesamten NO_x-Emissionen der Kleinf Feuerungsanlagen im Untersuchungsgebiet liegen bei 1.151 t NO_x/a.

Im Anhang finden sich zusätzlich Detaildarstellungen mit den Emissionen für die beiden Hafengebiete.

5.3.2 Verkehrssektor

Im Emissionsinventar des Landes NRW sind für den Verkehrssektor die folgenden relevanten Emittentengruppen enthalten:

- Straßenverkehr
- Flugverkehr
- Schienenverkehr
- Offroad

Die Emissionen des Straßenverkehrs liegen für das relevante öffentliche Straßennetz abschnittsfein ermittelt aktuell für das Jahr 2017 (11) vor. Daten zu den Verkehrsbelastungen werden aus Verkehrszählungen und Emissionsfaktoren, die das Abgasverhalten der Fahrzeugflotte in Abhängigkeit kraftfahrzeugspezifischer Einflussfaktoren (Antriebsart, Abgasnachbehandlungskonzept, Gewichtsklasse etc.) beschreiben, berechnet. Die NO_x-Emissionen des Straßenverkehrs im übergreifenden Untersuchungsgebiet liegen bei 4.971 t/a.

In Abb. 22 sind die Emissionen des Straßenverkehrs als Linienquellen dargestellt. Die höchsten Belastungen zeigen sich für die Autobahnen, die das Gebiet durchqueren.

Für den Flugverkehr wurden für das Emissionsinventar NRW für jeden Flughafen die bodennahen Emissionen im LTO-Zyklus ermittelt (Bezugsjahr 2013). Im Untersuchungsgebiet liegt der Flughafen Düsseldorf, der die Emissionen des Flugverkehrs dominiert, außerdem einige kleine Landeplätze z.B. für Hubschrauber an Krankenhäusern. Die NO_x-Emissionen des Flugverkehrs im gesamten Untersuchungsgebiet betragen 913 t/a.

In Abb. 22 sind auch die Emissionen des Flugverkehrs im 1km x 1km Raster dargestellt. Zu erkennen ist der Bereich in direkter Flughafennähe mit den höchsten Emissionsdichten und die Bereiche, die von den Flugzeugen im An- und Abflug überstrichen werden.

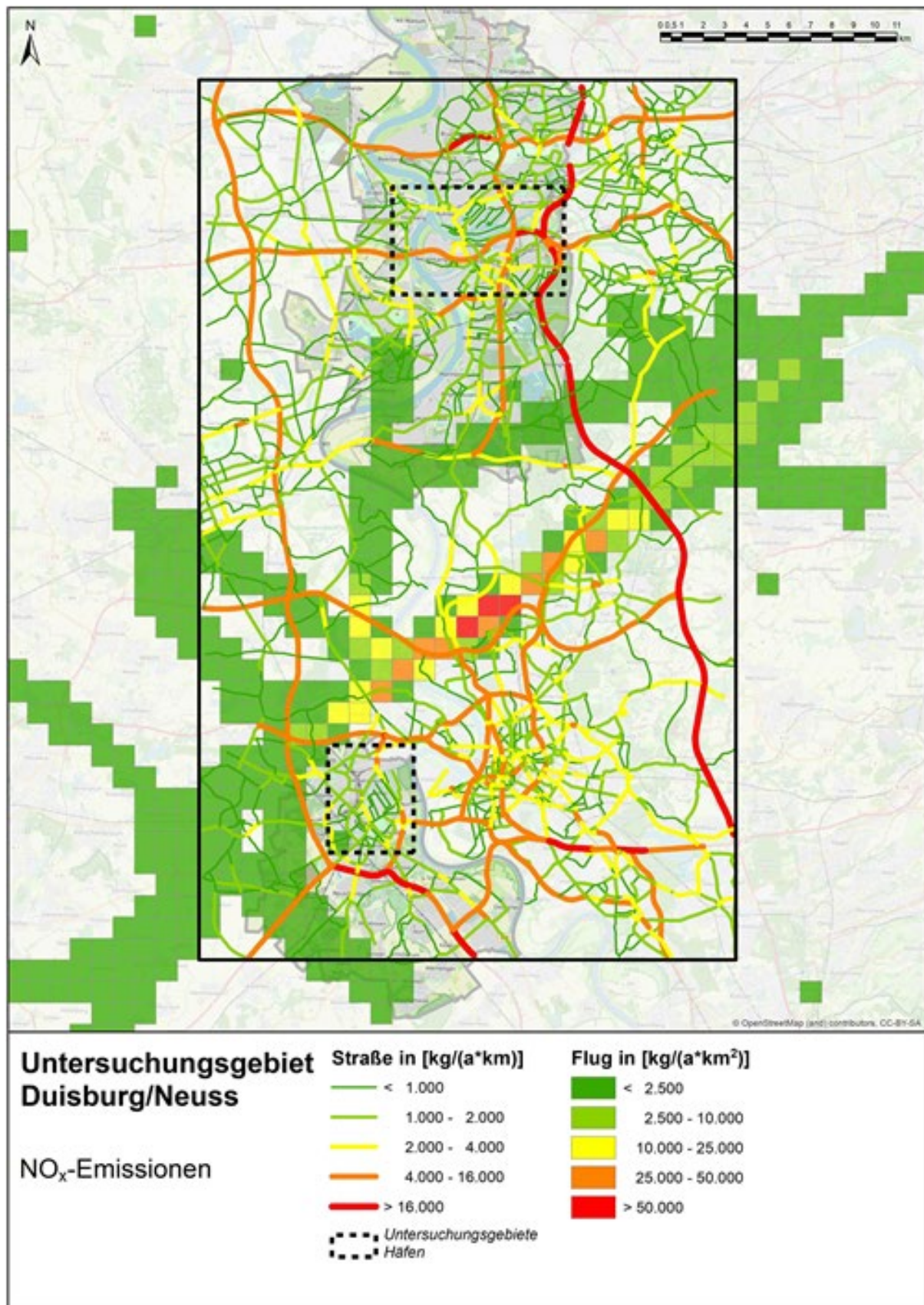


Abbildung 22: Emissionen aus Straßenverkehr und Flugverkehr im Untersuchungsgebiet, Analysejahr 2018

Auch für die Emissionen des Schienenverkehrs auf dem Schienennetz der DB AG liegt ein Emissionskataster NRW vor (12), aktuell für das Jahr 2018. Durch den DB-Schienenverkehr wurden 337 t/a NO_x-Emissionen im Untersuchungsgebiet freigesetzt. Dabei handelt es sich um Emissionen aus dem dieselbetriebenen Zugverkehr einschließlich des Rangierbetriebs.

In Abb. 24 sind die Emissionen des Schienenverkehrs auf dem Schienennetz der DB AG dargestellt und zeigen die höchsten Emissionsbelastungen entlang der im Süden verlaufenden Ost-West-Schienentrasse. Zusätzlich sind die Emissionen der Hafenbahnen mit dargestellt, die nicht in den Daten der DB AG enthalten sind und deren Ermittlung im nachfolgenden Kapitel zu den Sondererhebungen in den Hafengebieten erläutert wird.

In den Emissionen des Offroad-Verkehrs sind die Emissionen von mobilen Geräten und Maschinen der folgenden Kategorien enthalten:

- Baumaschinen
- Forstwirtschaft
- Landwirtschaft
- Gartenpflege und Hobby
- Industrie
- Militär

Die Emissionen des Offroad-Sektors liegen aus dem Emissionsinventar des LANUV NRW im 1km x 1km- Raster vor und sind ebenfalls in Abb. 24 dargestellt. Höhere Emissionsdichten treten in einigen Teilbereichen der beiden Stadtgebiete auf. Die NO_x-Emissionen des Offroad-Verkehrs im Untersuchungsgebiet liegen insgesamt bei 401 t/a.

Detailldarstellungen zu den Emissionen des Verkehrssektors in den beiden Hafengebieten finden sich im Anhang.



Abbildung 23: Hafenbahn von Rheincargo im Hafen Neuss

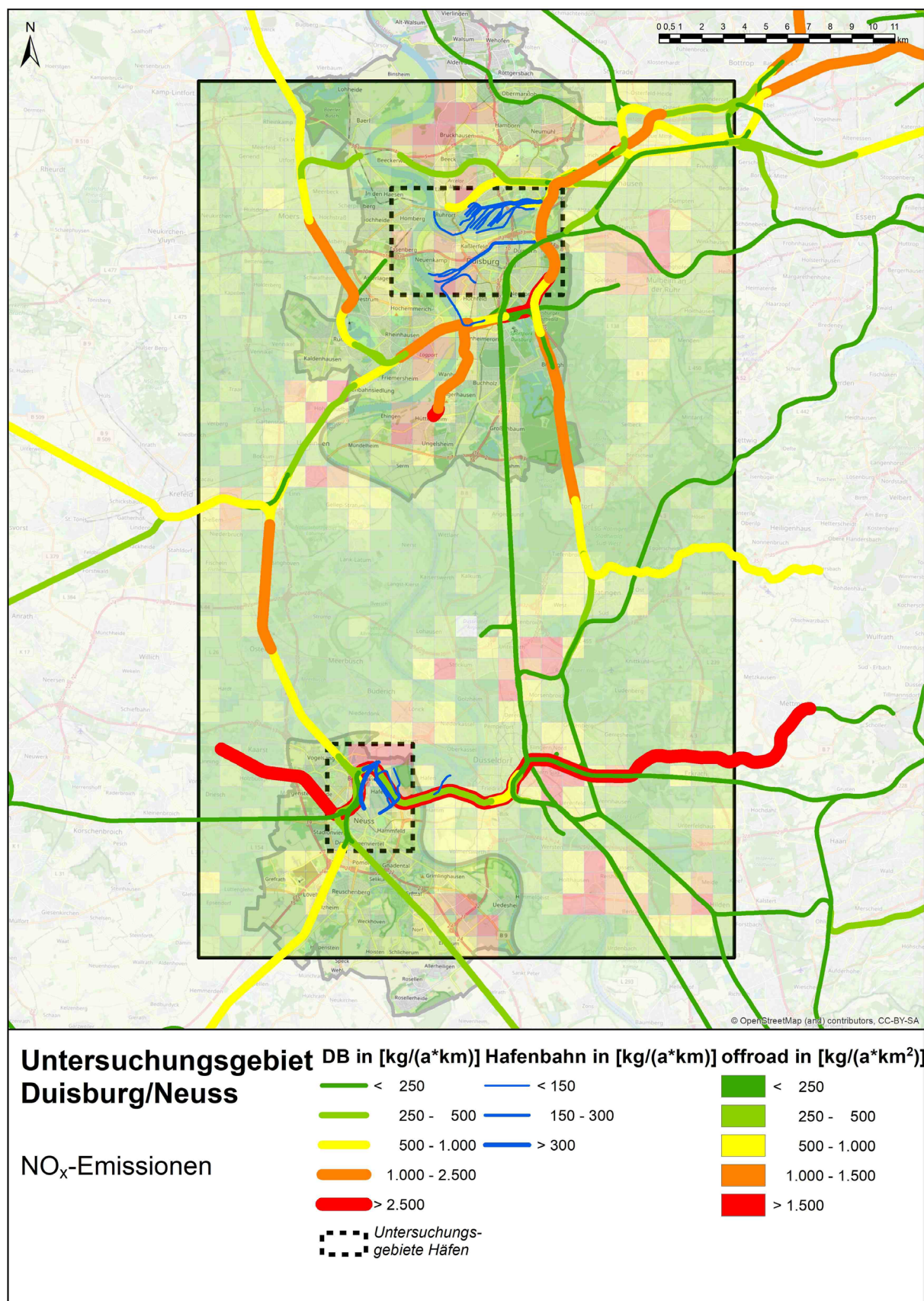


Abbildung 24: NO_x-Emissionen aus Schienen- und des Off-Road-Verkehr im Untersuchungsgebiet, Analysejahr 2018

6 Sondererhebungen für CLINSH zum Verkehr in den Hafengebieten

Da insbesondere die Emissionen der beiden Hafengebiete im Detail ermittelt werden sollten, wurden für diese Gebiete einige Sondererhebungen durchgeführt. Dies betraf zum einen die Erhebung von Verkehrsbelastungen innerhalb der Hafengebiete, um die Emissionen des Straßenverkehrs dort auf Linienquellenebene zu ermitteln. Des Weiteren wurden Recherchen zu den Hafenbahnen und Flurförderfahrzeugen und deren Emissionsverhalten durchgeführt. Außerdem wurden die Emissionen der Kfz-Verladung in Neuss abgeschätzt.

Die Datengrundlagen und Ergebnisse dieser Detailermittlungen werden im Folgenden erläutert. Ergänzend finden sich im Anhang Detaildarstellungen der ermittelten Emissionen für die beiden Hafengebiete.

6.1 Verkehrsemissionen im Hafengebiet Duisburg

6.1.1 Straßenverkehr im Hafengebiet Duisburg

Für das Hafengebiet Duisburg wurde seitens der Stadt Duisburg für das CLINSH-Projekt eine Verkehrszählung durchgeführt (13). Es wurden Zählraten aus 24-h-Zählungen für die folgenden sieben Zählstellen im Hafengebiet (differenziert nach den Fahrzeugarten Krad, Pkw, Lieferwagen, Lkw ohne Anhänger, Lkw mit Anhänger, Busse, Fahrrad) geliefert (Zst.: Zählstelle):

- Zum Container Terminal (Zst. 3240, 23.05.2019)
- Schlickstraße (Zst. 2620, 06.06.2019)
- Schlickstraße / Bürgermeister-Pütz-Straße (Zst. 544, 04.06.2019)
- Am Nordhafen / Vohwinkelstraße / Im Freihafen (Zst. 72, 04.06.2019)
- Alte Ruhrorter Straße (Zst. 3219, 21.05.2019)
- Vinckeweg / August-Hirsch-Straße (Zst. 3255, 21.05.2019),
- Mercatorinsel (Zst. 3241, 23.05.2019)

Die daraus abgeleiteten jahresmittleren Verkehrsstärken sind in Abb. 25 dargestellt. Innerhalb des eigentlichen Hafens Duisburg liegen die Kfz-Belastungen auf den einzelnen Streckenabschnitten maximal bei 1.400 Kfz/24h, der Anteil des Schwerverkehrs (Lkw > 3,5 t zulässigem Gesamtgewicht) liegt mit bis zu 70% teilweise sehr hoch, z.B. im Bereich der Container-Terminals.

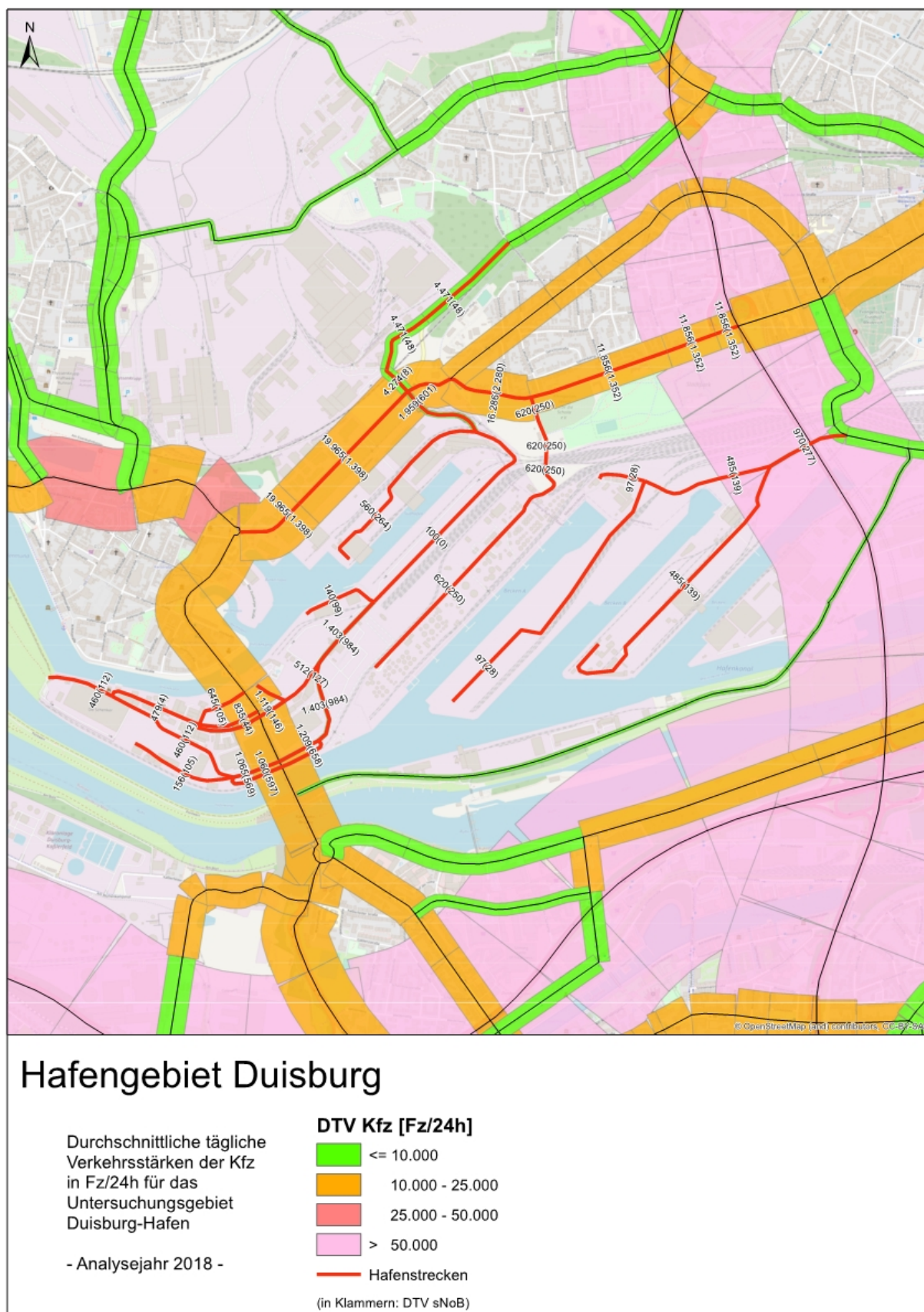


Abbildung 25: Kfz-Verkehrsstärken im Hafengebiet Duisburg für das Analysejahr 2018

Zur Ermittlung der Emissionen des Straßenverkehrs auf Basis der erhobenen Verkehrsdaten wurden die gleichen Emissionsfaktoren eingesetzt wie für die Berechnungen für den Luftreinhalteplan Duisburg für das Analysejahr 2018 (14). Diese basieren auf den Daten des Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA 2021) (10), wobei für die Pkw und leichten Nutzfahrzeuge die regionale Flottenzusammensetzung (differenziert nach Antriebsart, Euronormstufe, Gewichtsklasse etc.) berücksichtigt wurde. Die Berechnung der Verkehrsemissionen erfolgte mit der HBEFA-Version 3.3. Für die schweren Nutzfahrzeuge wurde von einer bundesmittleren Flottenzusammensetzung ausgegangen. Es wurden pro Linienquelle die Jahresemissionen für die Schadstoffe NO_x und NO₂ ermittelt.

Die Ergebnisse der Emissionsberechnungen für das Hafengebiet Duisburg sind in Abb. 26 für NO_x dargestellt. Deutlich zeigt sich, dass die Emissionsdichten auf den Straßen im Hafengebiet wesentlich geringer sind als auf dem umgebenden öffentlichen Straßennetz, auf dem deutlich höhere Verkehrsbelastungen vorliegen (siehe Abb. 25).

Die Jahresfahrleistungen und Gesamtemissionen sind differenziert für das Analysejahr 2018 nach Fahrzeugkategorien für das Hafengebiet in Tab. 23 aufgeführt. Hier sind auch die Emissionen der direkt anschließenden öffentlichen Straßen mit bilanziert. Betrachtet man nur die direkt im Hafengebiet liegenden Streckenabschnitte ergibt sich für NO_x nur Jahresemissionen von 3,15 t/a.

Tabelle 23: Jahresfahrleistungen, NO_x- und NO₂-Jahresemissionen für das Hafengebiet Duisburg, differenziert nach Fahrzeugkategorien, Analysejahr 2018

Duisburg 2018	Pkw	INfz	Bus	Krad	Lkw	LzSz	Kfz
Fahrleistung Mio.FZkm/a	814,44	61,11	4,19	11,71	28,06	53,96	973,48
	83,7%	6,3%	0,4%	1,2%	2,9%	5,5%	100,0%
NO _x t/a	230,78	37,53	19,19	1,56	34,85	63,93	387,84
	59,5%	9,7%	4,9%	0,4%	9,0%	16,5%	100,0%
NO ₂ t/a	65,46	12,24	4,15	0,08	4,23	9,10	95,26
	68,7%	12,8%	4,4%	0,1%	4,4%	9,6%	100,0%

INfz = leichte Nutzfahrzeuge; LzSz = Lastzüge und Sattelschlepper

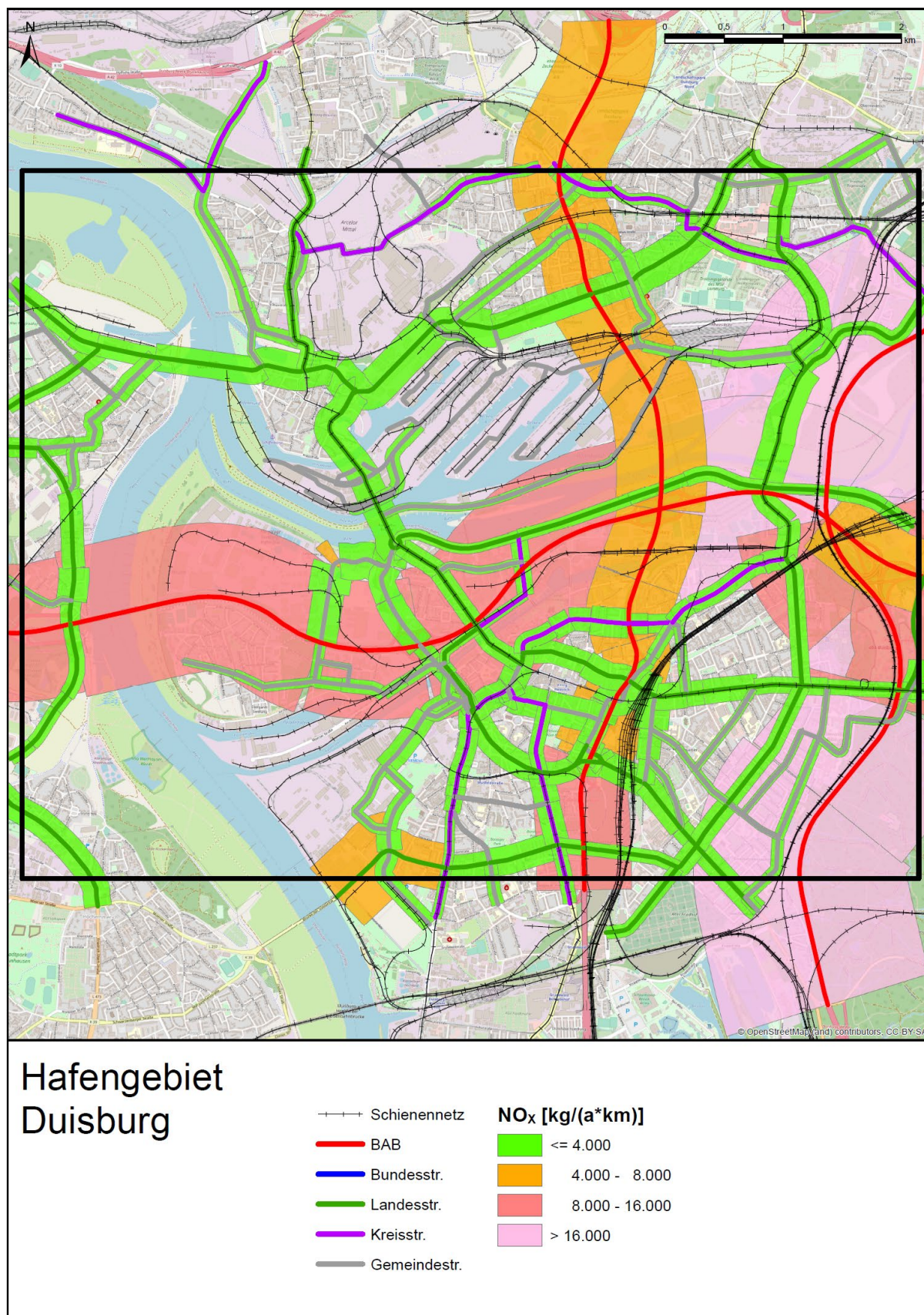


Abbildung 26: NO_x-Jahresemissionen des Straßenverkehrs im Hafengebiet, Analysejahr 2018

6.1.2 Schienenverkehr / Hafenbahn im Hafengebiet Duisburg

Für den Schienenverkehr innerhalb des Hafengebietes wurden Angaben zur Anzahl der Fahrbewegungen der Hafenbahn vom Hafenbetreiber **duisport** zur Verfügung gestellt (LANUV 2019a) (15) (s. Anhang A). Diese liegen im Bereich von 8 Fahrten/Tag bis 40 Fahrten/Tag je nach Streckenabschnitt im Hafen.

Außerdem wurden Daten zu den eingesetzten Lokomotiven zur Verfügung gestellt. (LANUV 2019b) (16) (s. Anhang B). Zusätzlich mussten den eingesetzten Lokomotiven typische Emissionskennwerte zugeordnet werden, da keine konkreten Angaben zum realen Emissionsverhalten im Betrieb zu den einzelnen Lokomotiven vorlagen. Hierzu konnten Angaben der DB AG zu typischen Emissionskenn- und Verbrauchswerten und ergänzende Daten aus der schweizerischen non-road-Datenbank herangezogen werden.

Die Emissionsfaktoren für Lokomotiven für den Rangierbetrieb aus den Angaben der DB AG (LANUV 2019c) (17) sind in Tabelle 24 zusammengestellt. Zusätzlich sind in Tabelle 25 Emissionsfaktoren für eine typischen dieselbetriebenen Rangierlokomotive aus der Non-road-Datenbank des Schweizerischen Bundesamtes für Umwelt (BAFU 2021) (18) aufgeführt.

Tabelle 24: Emissionsfaktoren der DB AG für Baureihen 202 und 203 aus Datenbank der DB AG und Kraftstoffverbrauch als Durchschnittswerte über die gesamte DB Flotte (im Bereich der jeweiligen Rangierlokklassen)

Baureihe	NO _x [g/kg]	Verbrauch [l/h]
BR 202	26,754	
BR 203	32,42	
Kleine Rangierloks (z.B. DB BR 363)		3-6
Schwere Rangierloks (z.B. DB BR 261)		10-20

Tabelle 25: Emissionsfaktoren [kg/h] für dieselbetriebene Rangierlokomotiven (>560 kW, Schiene_D_EU3a) aus Non-road-Datenbank (BAFU 2021) ⁽¹⁸⁾

	NO _x [kg/h]	Verbrauch [kg/h]
Rangierlok (>560 kW, Schiene_D_EU3a)	0,691	29,4

In Ergänzung standen aus dem technischen Datenblatt von zwei verschiedenen Lokomotiven Daten zu spezifischen NO_x-Emissionen bezogen auf den Kraftstoffverbrauch zur Verfügung. Diese sind in Tab. 26 den Emissionsfaktoren der DB AG (17) und aus der non-road-Datenbank des BAFU (18) gegenübergestellt. Die Emissionsfaktoren von DB AG und BAFU liegen im Bereich von 23,5 bis 32,4 g NO_x/kg Kraftstoff, die aus dem Verkaufsdatenblatt bei ca. 28 g NO_x/kg Kraftstoff und damit innerhalb dieser Bandbreite.

Tabelle 26: Vergleich der Emissionsfaktoren [g/kg Kraftstoff] aus den unterschiedlichen Quellen

Schadstoff	Quelle	Bezeichnung	Emissionen [g/kg]
NO _x	Verkaufsdatenblatt	12V4000R43L	28,571
		8V4000R43L	29,126
	DB AG	BR 202	26,754
		BR 203	32,420
	BAFU	Rangierlok (>560 kW, Schiene_D_EU3a)	23,509

Für die Emissionsberechnung wurde aus den Angaben der DB AG ein Treibstoffverbrauch von 20 l Diesel pro Betriebsstunde (entspricht einem Verbrauch von ca. 16,6 kg/h) und ein mittlerer Emissionsfaktor von 29,9 g/kg übernommen. Weiterhin wird angenommen, dass die mittlere Geschwindigkeit bei ca. 20 km/h liegt. Daraus ergibt sich ein fahrleistungsbezogener Emissionsfaktor für NO_x von **24,6 g/km**. Im Ergebnis konnten auf dieser Basis für den Betrieb der Hafenbahn Duisburg 4,95 t NO_x-Emissionen für das Jahr 2018 ermittelt werden.

6.1.3 Flurförderfahrzeuge im Hafengebiet Duisburg

Neben der Hafenbahn sind im Hafengebiet Duisburg auch dieselbetriebene Flurförderfahrzeuge im Einsatz, deren Emissionen zusätzlich ermittelt wurden. Für den Hafen Duisburg wurde angenommen, dass 10 dieselbetriebene Reach Stacker (Flurförderzeuge, die zum Stapeln und Umschlagen von Containern eingesetzt werden) mit einer Leistung von ca. 200-300 kW eingesetzt werden (Angaben des Hafenbetreibers **duisport**).

Zur Abschätzung der Emissionen, die durch die Flurförderfahrzeuge im Hafen Duisburg verursacht werden, wurde auf die Emissionsfaktoren für Pneu-/Mobilkrane in der Leistungsklasse 130-300 kW aus der Non-road-Datenbank des Schweizerischen Bundesamtes für Umwelt (BAFU 2021) (18) zurückgegriffen. Insgesamt wurden für die Flurförderfahrzeuge in Duisburg Emissionen von 3,82 t/a NO_x ermittelt.

6.2 Verkehrsemissionen im Hafengebiet Neuss/Düsseldorf

6.2.1 Straßenverkehr im Hafengebiet Neuss/Düsseldorf

Für das Hafengebiet Neuss wurde von Rheincargo eine Verkehrszählung für das CLINSH-Projekt in Auftrag gegeben und die Daten zur Verfügung gestellt (19). Es handelt sich dabei um die Ergebnisse von Verkehrszählungen mit Seitenradargeräten an insgesamt 16 Messquerschnitten im Hafengebiet auf folgenden Straßen:

- Industriestraße,
- Hansastrasse,
- Danziger Straße,
- Duisburger Straße,
- Königsberger Straße,
- Tilsiter Straße und
- Floßhafenstraße.

Die Daten liegen differenziert nach Pkw und Lkw und Lastzug (sNoB) vor und es wurden daraus jahresmittlere Verkehrsstärken abgeleitet, die in Abb. 27 für das Hafengebiet und das nähere Umfeld dargestellt sind. Die maximalen Verkehrsbelastungen liegen etwas höher als im Hafen Duisburg, hier bei maximal 3.300 Kfz/24h. Der Anteil des Schwerverkehrs liegt im Bereich von 20% bis 40%.

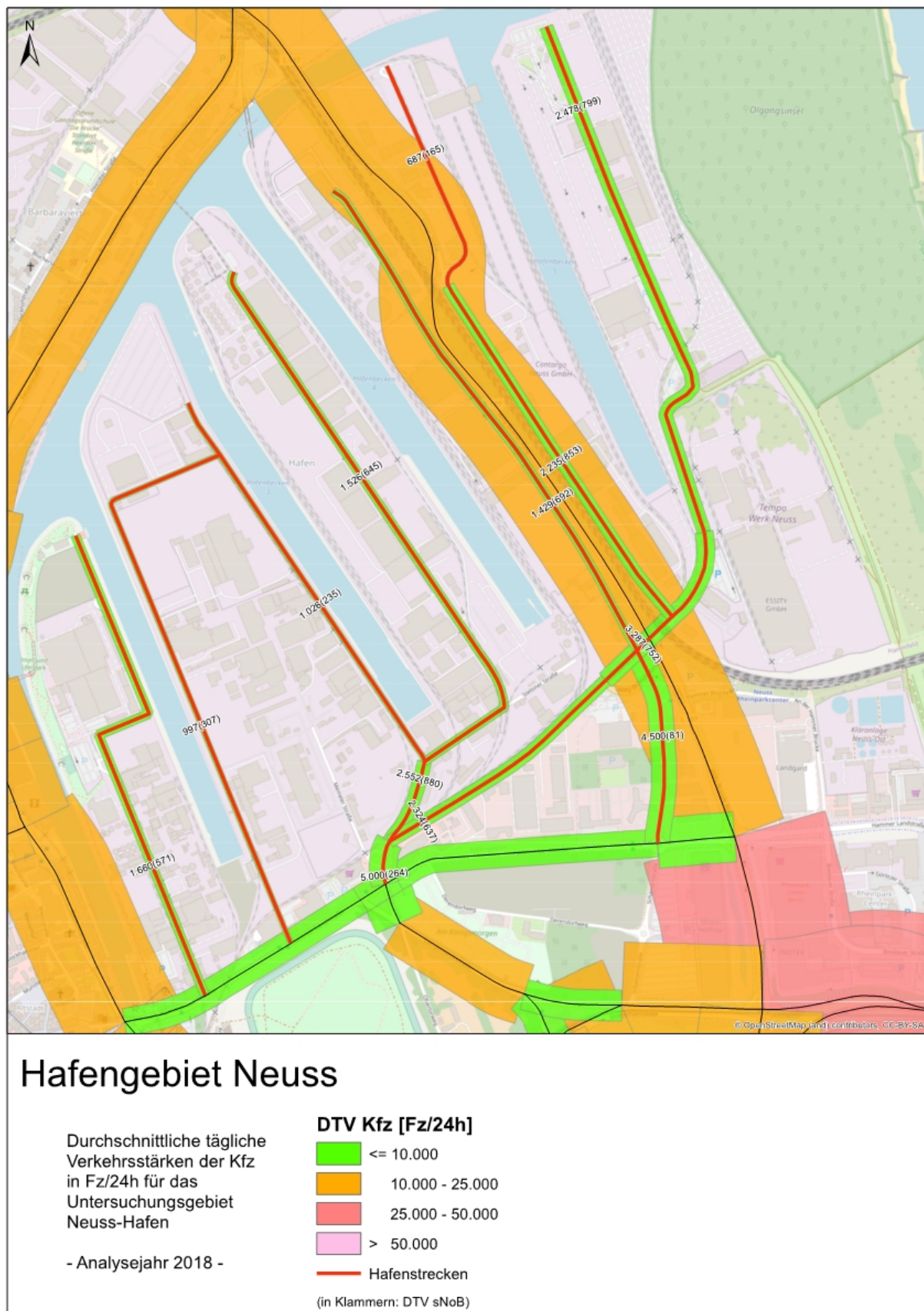


Abbildung 27: Kfz-Verkehrsstärken im Hafengebiet Neuss für das Analysejahr 2018

Zur Ermittlung der Emissionen des Straßenverkehrs im Hafen Neuss wurden die gleichen Emissionsfaktoren eingesetzt wie für die Berechnungen für den Luftreinhalteplan Neuss für das Analysejahr 2018 (9). Diese basieren auf den Daten des Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA 2021) (10), wobei für die Pkw und leichten Nutzfahrzeuge die regionale Flottenzusammensetzung für Neuss berücksichtigt wurde. Die Berechnung der Verkehrsemissionen erfolgte mit der HBEFA-Version 3.3. Für die schweren Nutzfahrzeuge wurde von einer bundesmittleren Flottenzusammensetzung ausgegangen. Es wurden pro Linienquelle die Jahresemissionen für die Schadstoffe NO_x und NO₂ ermittelt.

Die Ergebnisse der Emissionsberechnungen für das Hafengebiet sind in Abb. 28 dargestellt. Auch hier für Neuss zeigt sich ähnlich wie in Duisburg, dass die NO_x-Emissionsdichten auf den Straßen im Hafengebiet niedriger sind als die auf dem umgebenden öffentlichen Straßennetz, auf dem deutlich höhere Verkehrsbelastungen auftreten.

Die Jahresfahrleistungen und Gesamtemissionen sind differenziert nach Fahrzeugkategorien für das Hafengebiet in Tab. 27 für das Analysejahr 2018 aufgeführt. Hier sind auch die Emissionen der direkt anschließenden öffentlichen Straßen mit bilanziert. Betrachtet man nur die direkt im Hafengebiet liegenden Streckenabschnitte ergeben sich für NO_x nur Jahresemissionen von 9,13 t/a.

Tabelle 27: Jahresfahrleistungen, NO_x -, und NO₂-Jahresemissionen für das Hafengebiet Neuss, differenziert nach Fahrzeugkategorien, Analysejahr 2018

Neuss	Pkw	INfz	Bus	Krad	sNoB	Kfz
Fahrleistung Mio.FZkm/a	209,62	17,17	2,02	3,06	13,96	245,82
	85,3%	7,0%	0,8%	1,2%	5,7%	100,0%
NO _x t/a	64,92	8,40	7,06	0,30	25,18	105,87
	61,3%	7,9%	6,7%	0,3%	23,8%	100,0%
NO ₂ t/a	16,06	2,52	1,81	0,02	3,09	23,49
	68,4%	10,7%	7,7%	0,1%	13,2%	100,0%

INfz = leichte Nutzfahrzeuge; sNoB = schwere Nutzfahrzeuge ohne Busse

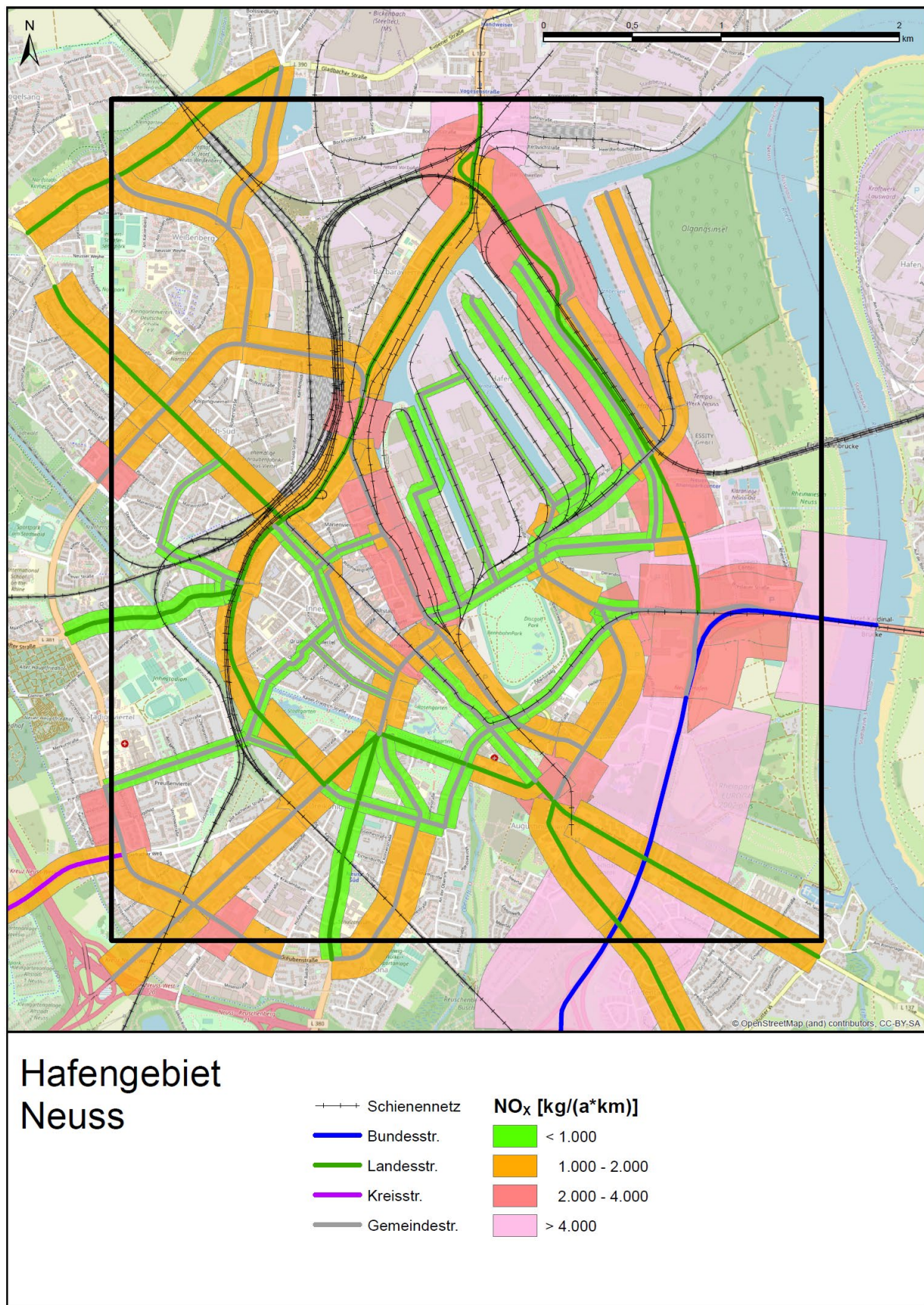


Abbildung 28: NO_x-Jahresemissionen des Straßenverkehrs im Hafengebiet Neuss, Analysejahr 2018

6.2.2 Schienenverkehr / Hafenbahn im Hafengebiet Neuss/Düsseldorf

Für den Schienenverkehr innerhalb des Hafengebietes wurden Angaben zur Anzahl der Fahrbewegungen von **Rheincargo** zur Verfügung gestellt (LANUV 2019d) (21) (s. Anhang C). Es ergeben sich daraus bis zu 39 Fahrten/Tag für die Hafenbahn je nach Streckenabschnitt.

Bezüglich der zur Emissionsberechnung verwendeten Emissionsfaktoren wurden die gleichen Datengrundlagen verwendet wie für Duisburg, d.h. es wurde ein fahrleistungsbezogener Emissionsfaktor für NO_x von **24,6 g/km** angesetzt. Im Ergebnis konnten auf dieser Basis für den Betrieb der Hafenbahn Neuss 2,478 t NO_x-Emissionen für das Jahr 2018 ermittelt werden.

6.2.3 Flurförderfahrzeuge im Hafengebiet Neuss/Düsseldorf

Für den Hafen Neuss wurden seitens des Hafenbetreibers **Rheincargo** Angaben zu den eingesetzten Flurförderfahrzeugen ermittelt. Die konkrete Anzahl an Geräten, die im Hafen Neuss aktiv sind, ist nicht bekannt, es wird davon ausgegangen, dass im Jahresmittel ca. 10-15 Geräte im Einsatz sind (**Rheincargo**). Die als Flurförderfahrzeuge eingesetzten Reach Stacker sind dieselbetrieben und haben in der Regel eine Leistung von ca. 200-300 kW.

Zur Abschätzung der Emissionen durch die Flurförderfahrzeuge im Hafen Neuss, wurde analog zu den Betrachtungen für den Hafen Duisburg, auf die Emissionsfaktoren für Pneu-/Mobilkrane in der Leistungsklasse 130-300 kW aus der Non-road-Datenbank des Schweizerischen Bundesamtes für Umwelt (BAFU 2021) (18) zurückgegriffen.

Insgesamt wurden für die Flurförderfahrzeuge in Neuss NO_x-Emissionen von 3,0 t/a ermittelt. Diese wurden als Flächenquellen auf die Bereiche der Containerterminals gelegt.

6.2.4 Autoverladung im Hafengebiet Neuss/Düsseldorf

Als eine weitere Quelle von Abgasemissionen wurden die Emissionen des Autoterminals Neuss abgeschätzt. Nach Angaben des Hafenbetreibers **Rheincargo** wurden dort im Jahr 2018 insgesamt 27.616 Fahrzeuge entladen. Diese fahren selbständig (mit eigenem Antrieb) über eine Strecke von durchschnittlich 200 m. Es handelt sich überwiegend (ca. 60-70%) um Kleinwagen der Marke Ford (Fiesta). Es wird davon ausgegangen, dass sich alle entladenen Fahrzeuge im Kaltstart befinden. Der Dieselanteil wurde analog zum Dieselanteil bei den Neuzulassungen in Deutschland mit 32,3% angesetzt und es wurde angenommen, dass es sich um Fahrzeuge handelt, die die Euro 6 Norm einhalten.

Der Emissionsfaktor für Pkw Euro 6 wurde wie in den Berechnungen zu den Emissionen des Straßenverkehrs auf Basis der Daten des Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA 2021) (10) ermittelt, wobei hier eine Verkehrssituation mit geringen Fahrgeschwindigkeiten zugrunde gelegt wurde. Die Berechnung der Verkehrsemissionen erfolgte mit der HBEFA-Version 3.3. Im Ergebnis wurden für die Autoverladung Emissionen in Höhe von 1,98 kg/a ermittelt. Die Emissionen wurden als Linienquelle in den Gesamtemissionen des Hafengebietes berücksichtigt. Ein messbarer Einfluss auf die Luftqualität im Hafen ist hierbei nicht zu erwarten.

7 Zusammenfassung der Emissionen im Untersuchungsgebiet und in den Hafengebieten

Im Folgenden sind nochmals zusammenfassend die ermittelten und in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Emissionen aller Emittentengruppen für das umfassende Untersuchungsgebiet und daran anschließend für die zwei Hafengebiete aufgeführt.

7.1 Untersuchungsgebiet

Das umfassende Untersuchungsgebiet Neus/Düsseldorf/Duisburg umfasst eine Fläche von 1.025 km². Die NO_x-Emissionen aller Emittentengruppen in dem betrachteten Untersuchungsgebiet sind in Tab. 28 zusammengefasst ausgewiesen. Der größte Anteil der NO_x-Emissionen wird mit 62% von den genehmigungsbedürftigen Anlagen in der Industrie verursacht. Diese werden überwiegend über Schornsteine in größeren Höhen und nicht bodennah freigesetzt.

Der Anteil des Straßenverkehrs liegt bei 16% und der des Schiffsverkehrs bei 13%. Dagegen tragen die übrigen Emittentengruppen Flugverkehr, Offroad und Kleinfeuerungsanlagen jeweils nur mit maximal 4% zu den gesamten NO_x-Emissionen bei.

Tabelle 28: NO_x -Jahresemissionen Untersuchungsgebiet, Analysejahr 2018

Emittentengruppe	Untersuchungsgebiet	
	NO _x -Emissionen t/a	Anteil
Schiffsverkehr	3.251,9	11%
Straßenverkehr	4.971,4	16%
Industrie	19.510,6	64%
Schienenverkehr incl. Hafenbahn	330,4	1%
Flugverkehr	912,9	3%
Offroad, incl. Hafengebiete	407,7	1%
Kleinfeuerungsanlagen (HuK)	1.151,3	4%
Summe	30.536,2	100%

7.2 Hafengebiete Duisburg und Neuss/Düsseldorf

Werden jeweils nur die beiden eigentlichen Hafengebiete betrachtet, dann zeigen sich grundsätzlich ähnliche Verhältnisse. Die Emissionen der Emittentengruppe Industrie haben den größten Anteil an den NO_x-Emissionen mit 63% bzw. 58% in Neuss bzw. Duisburg. Dabei ist aber zu beachten, dass in absoluten Werten die NO_x-Emissionen der Industrie im Hafengebiet Duisburg um den Faktor 3 höher liegen als im Hafengebiet Neuss (Tab. 29).

Die im Hafengebiet vom Schiffsverkehr verursachten NO_x-Emissionen (ohne Rhein) liegen in Neuss bei 4,3% der gesamten Emissionen und in Duisburg bei 3,8%.

Tabelle 29: Jahresfahrleistungen, NO_x- und NO₂-Jahresemissionen für das Hafengebiet, differenziert nach Fahrzeugkategorien, Analysejahr 2018

Emittentengruppe	Hafengebiet Neuss		Hafengebiet Duisburg	
	Summe NO _x t/a	Anteil	Summe NO _x t/a	Anteil
Tankschiffe, liegend	4,0	0,7%	11,6	0,5%
Fracht- und Kabinenschiffe (leer), liegend	4,1	0,6%	3,9	0,2%
Autoverladung Neuss	0,002	0,0%	-	-
Schiffe fahrend	18,68	2,9%	25,11	1,1%
Schleusen	-	-	26,23	1,2%
Zur Schleuse fahrende Schiffe	-	-	16,20	0,7%
Flurfördergeräte	3,00	0,5%	3,81	0,2%
Hafenbahn	2,48	0,4%	4,95	0,2%
DB Schiene	38,32	6,0%	16,58	0,8%
Straßenverkehr	105,87	16,5%	387,84	17,6%
Rhein	-	-	356,83	16,2%
Industrie	403,97	62,8%	1.276,28	58,1%
Flug	0,02	0,0%	-	-
Offroad	13,78	2,1%	19,33	0,9%
Huk	48,45	7,5%	49,79	2,3%
Summe	642,90		2.198,48	

8 Ausblick

Mit den im Rahmen von CLINSH neu erhobenen Daten und den neuentwickelten Methoden zur Berechnung der Emissionen der fahrenden und im Hafen liegenden Schiffe ist es möglich geworden, in Zukunft sehr viel detaillierter den Einfluss von Schifffahrt und Hafenbetrieb auf die Luftqualität zu erfassen und zu bewerten.

Das LANUV NRW plant diese neuen Methoden auch bei der anstehenden Fortschreibung des Emissionskatasters für Binnenschiffe anzuwenden.

9 Danksagung

Die Autoren danken allen Kolleginnen und Kollegen des LANUV, die bei der Erstellung dieses Berichtes mitgewirkt haben. Ein besonderer Dank gilt Herrn Gerhard Kobs für die Erstellung vieler Tabellen und Abbildungen aus den Emissionskatastern. Vielen Dank auch an Sabine Turhan für die Erstellung der Abbildungen und Tabellen zum Schiffs-, Schienen-, Luft- und Straßenverkehr.

Die Hafenbetreiber Rheincargo (Neuss/Düsseldorf) und duiSport (Duisburg) haben die Untersuchungen für CLINSH in den Hafengebieten möglich gemacht und uns mit Rat und Tat und vielen Daten unterstützt. Ganz besonderen Dank an Jan Eckel, dem Geschäftsführer des Hafenbetreibers Rheincargo (Hafengebiet Neuss), Thomas Griebe und Peter Heise von der Stadt Duisburg (Hafengebiet Duisburg) für die Durchführungen der zusätzlichen Verkehrszählungen in den Hafengebieten und Alexander Garbar, der uns viele Daten zu den Schiffen im Hafen Duisburg zur Verfügung gestellt hat.

10 Literatur

- (1) Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. 21.05.2008 (ABl. 152 v. 11.06.2008 S. 1, ber. ABl. L 336 v. 08.12.2012 S. 101), Stand 28.08.2015 (ABl. L 226 v. 29.08.2015 S. 4)

(2) **CLINSH Reports by LANUV NRW**

<https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/luft/eu-life-projekt-clean-inland-shipping>

"Harbour Monitoring Part A: Air quality on the Rhine and in the inland ports of Duisburg and Neuss/Düsseldorf. Immission-side effect of emissions from shipping and port operations on nitrogen oxide pollution" (already published)

"Harbour Monitoring Part B: Determination of NO_x and particulate matter emissions from inland vessels at berth" (already published)

"Harbour Monitoring Part C: Emission inventories for the ports of Duisburg and Neuss/Düsseldorf"

"Harbour Monitoring Part D: Analysis of shipping traffic on the Rhine for the years 2018-2020"

"Harbour Monitoring Part E: Determination of NO_x emission rates of passing vessels from onshore measurements, comparison to onboard observations and application for emission calculations"

"Harbour Monitoring Part F: Root Cause Analyses for Air Quality Measurement Results in the Inland Ports of Neuss and Duisburg)"

(2a) **Deutschsprachige Fachberichte des LANUV zu den CLINSH-Ergebnissen**

<https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/luft/eu-life-projekt-clean-inland-shipping/publikationen>

Fachbericht 102, LANUV 2020: Emissionsmessungen auf dem Laborschiff „Max Prüss“ nach Ausrüstung mit einem SCRT-System - Ein Beitrag zum Projekt Clean Inland Shipping (CLINSH)

Fachbericht 115, LANUV 2021: Hafenmonitoring: Luftqualität auf dem Rhein und in den Binnenhäfen von Duisburg und Neuss/Düsseldorf - Teil A: Immissionsseitige Effekte der Emissionen aus Schiffs- und Hafenbetrieb auf die Luftbelastung mit Stickoxiden.

Fachbericht 119, LANUV 2021: Bestimmung der NO_x- und Feinstaubemissionen (PM₁₀) von Binnenschiffen am Liegeplatz

Fachbericht 122, LANUV 2021: Analyse des Schiffsverkehrs auf dem nordrhein-westfälischen Niederrhein in den Jahren 2018-2020 für das EU-Life-Projekt "CLINSH"

- (3) Lohmeyer 2020: Aktualisierung und Erweiterung des softwarebasierten Modells LuWas zur Ermittlung der schiffahrtsbedingten Luftschadstoffbelastung an Wasserstraßen, p. 47), 10.10.2021

- (4) German ZBBD database (German Ship Inspection Commission) on the engines and generators on the ships inspected by the Commission. (Database extract requested for CLINSH 2020)
- (5) Bureau Voorlichting Binnenvaart (BVB); www.bureauvoorlichtingbinnenvaart.nl, Types of vessels, 15.03.2021
- (6) TREMOD-(Transport Emission Model of the German Federal Environment Agency, UBA), UBA-Texte 117: Aktualisierung der Modelle TREMOD/TREMOD-MM für die Emissionsberichterstattung 2020, (Berichtsperiode 1990-2018), Berichtsteil „TREMOD-MM“; Christoph Heidt, Hinrich Helms, Claudia Kämper, Jan Kräck, Institut für Energie und Umweltforschung (ifeu), Heidelberg, 2020, Im Auftrag des Umweltbundesamtes, Projektnummer 123 135
- (7) 4. BImSchV - Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen) Ausfertigungsdatum: 02.05.2013 Vollzitat: "Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. Mai 2017 (BGBl. I S. 1440), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 12. Januar 2021 (BGBl. I S. 69) geändert worden ist".
- (8) 11. BImSchV - Elfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Emissionserklärungen) neugefasst durch B. v. 05.03.2007; zuletzt geändert durch V. v. 09.01.2017 BGBl. I S. 42 Geltung ab 06.05.2004.
- (9) AVISO 2020a: Emissionsberechnungen im Rahmen der Fortschreibung des Luftreinhalteplans für das Plangebiet in Duisburg (HBEFA 3.3) - Analyse 2018 und Prognose 2023 - Bericht – Teil: Straßenverkehr, im Auftrag des LANUV NRW, AVISO GmbH, Aachen 28.10.2020
- (10) HBEFA 2021: Handbook Emission Factors for Road Transport <https://www.hbefa.net/d/>
- (11) Aktualisierung des landesweiten Emissionskatasters Kfz-Verkehr für das Untersuchungsgebiet Nordrhein-Westfalen auf das Bezugsjahr 2017 und 2020, im Auftrag des LANUV NRW, AVISO GmbH, Aachen
- (12) EBA 2003: Informationen zur Abgasemission aus Schienenfahrzeugen, Eisenbahn-Bundesamt, Referat 32, Bonn, 01.07.2003
- (13) STADT DUISBURG 2019: Datenlieferung der Stadt Duisburg an das LANUV NRW – Ergebnisse von Verkehrszählungen an 7 Zählstellen im Hafengebiet als Excel-Dateien, 03.07.2019
- (14) AVISO 2020b: Emissionsberechnungen im Rahmen der Fortschreibung des Luftreinhalteplans für das Plangebiet in Duisburg (HBEFA 3.3) - Analyse 2018 und Prognose 2023 - Bericht – Teil: Straßenverkehr, im Auftrag des LANUV NRW, AVISO GmbH, Aachen
- (15) LANUV 2019a: Tägliche Fahrten der Hafenbahn Duisburg; Bahnverkehr.pptx, per E-Mail am 05.07.2019

- (16) LANUV 2019b: Lokomotivenfuhrpark Duisport; Übersicht Loks duisport.pdf, per E-Mail am 05.07.2019
- (17a) LANUV 2019c: Kraftstoffverbrauch im Rangierbetrieb (Deutsche Bahn AG), übermittelt per E-Mail am 14.10.2019
- (17b) LANUV 2019c: Emissionsfaktoren für Baureihen 202 und 203 der Deutsche Bahn AG, übermittelt per E-Mail am 10.10.2019
- (18) BAFU 2021: Non-Road-Datenbank BAFU;
<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/zustand/non-road-datenbank.html>
- (19) STADT NEUSS 2020: Ergebnisbericht inkl. Exceldaten zur straßenseitigen Verkehrszählung im Neusser Hafen, Kurzbericht über die Durchführung einer Verkehrszählung im Neusser Hafen, per E-Mail am 12.08.2019
- (20) AVISO 2020c: Emissionsberechnungen im Rahmen der Fortschreibung des Luftreinhalteplans für das Plangebiet in Neuss (HBEFA 3.3) - Analyse 2018 und Prognose 2023 - Bericht – Teil: Straßenverkehr, im Auftrag des LANUV NRW, AVISO GmbH, Aachen 14. Oktober 2020
- (21a) LANUV 2019d: Anzahl der Fahrten der Hafenbahn in Neuss pro Tag, Angaben des Hafenbetreibers Rheincargo, Bahnverkehr_täglich_Neuss_roh.pptx, per E-Mail am 23.07.2019
- (21b) LANUV 2019e: Datenblätter (inkl. Emissionswerte) der in Neuss Hafen durch die RheinCargo grundsätzlich eingesetzten Lokomotiven; übermittelt per E-Mail am 23.07.2019

11 Anhang

Detaildarstellungen der Emissionen in den Hafengebieten Duisburg und Neuss/Düsseldorf

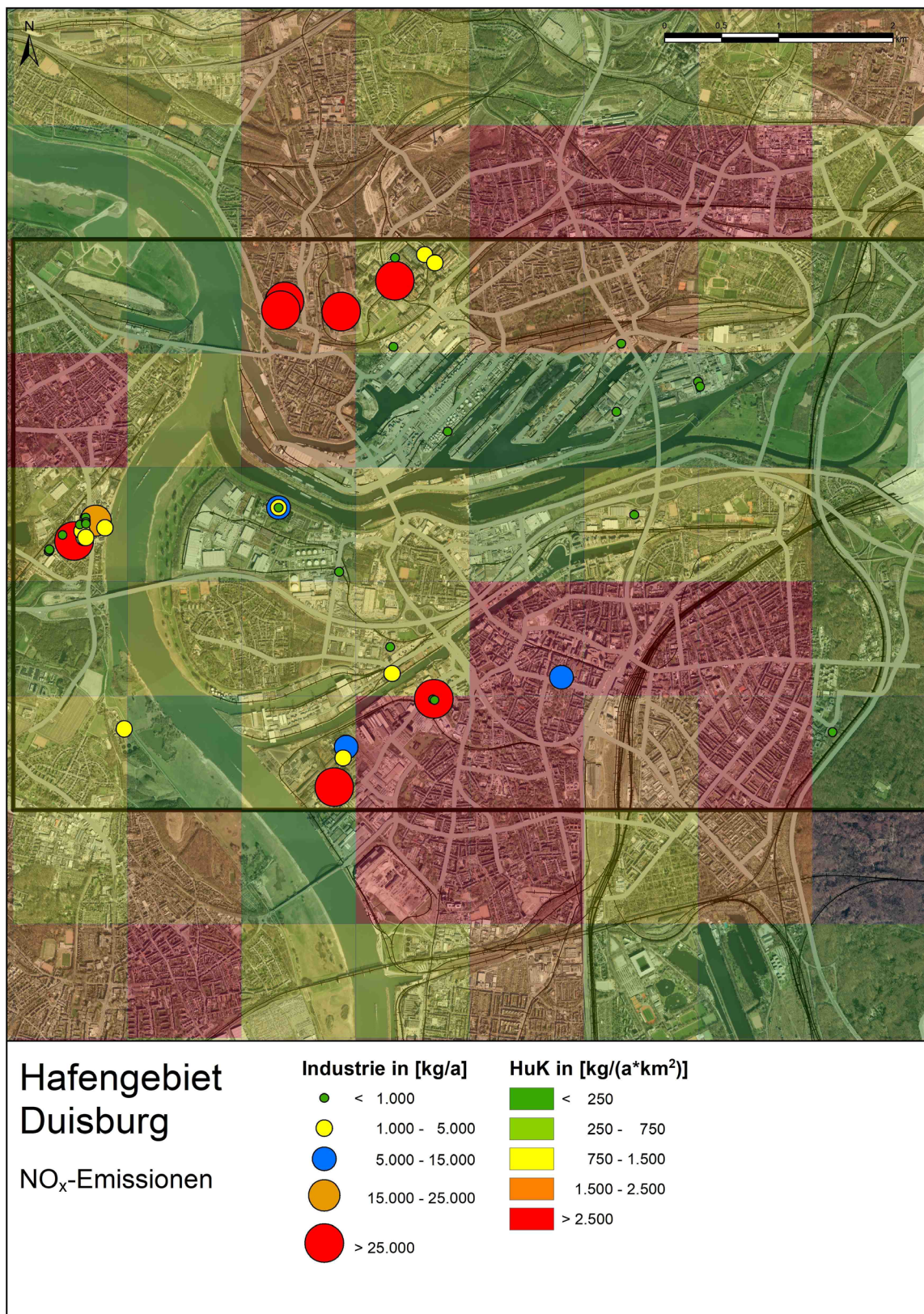


Abbildung 28: NO_x-Jahresemissionen von Industrieanlagen und HuK im Hafengebiet Duisburg, Analysejahr 2018

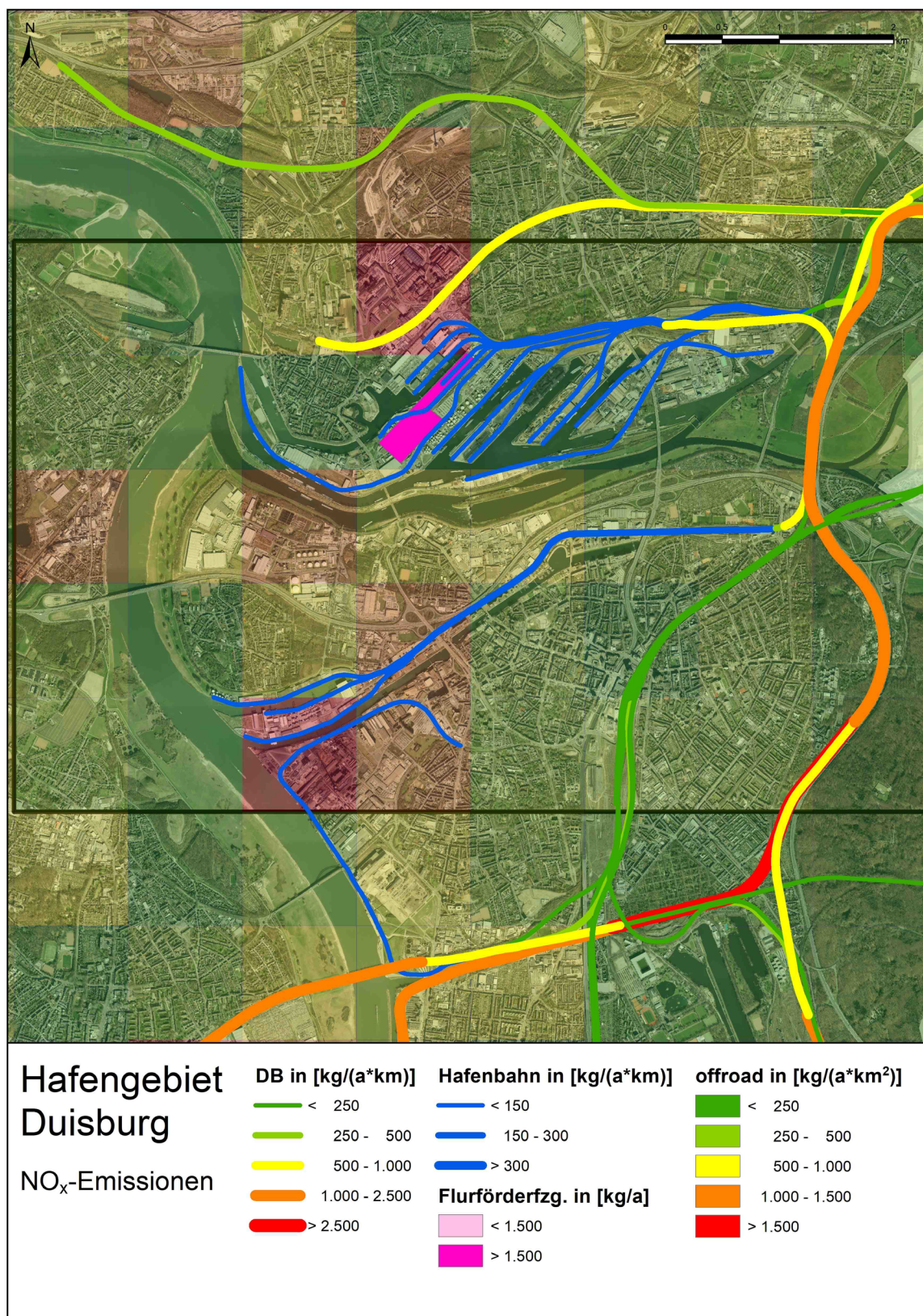


Abbildung 29: NO_x-Jahresemissionen von Schienen-, Offroad- und Flugverkehr im Hafengebiet Duisburg, Analysejahr 2018

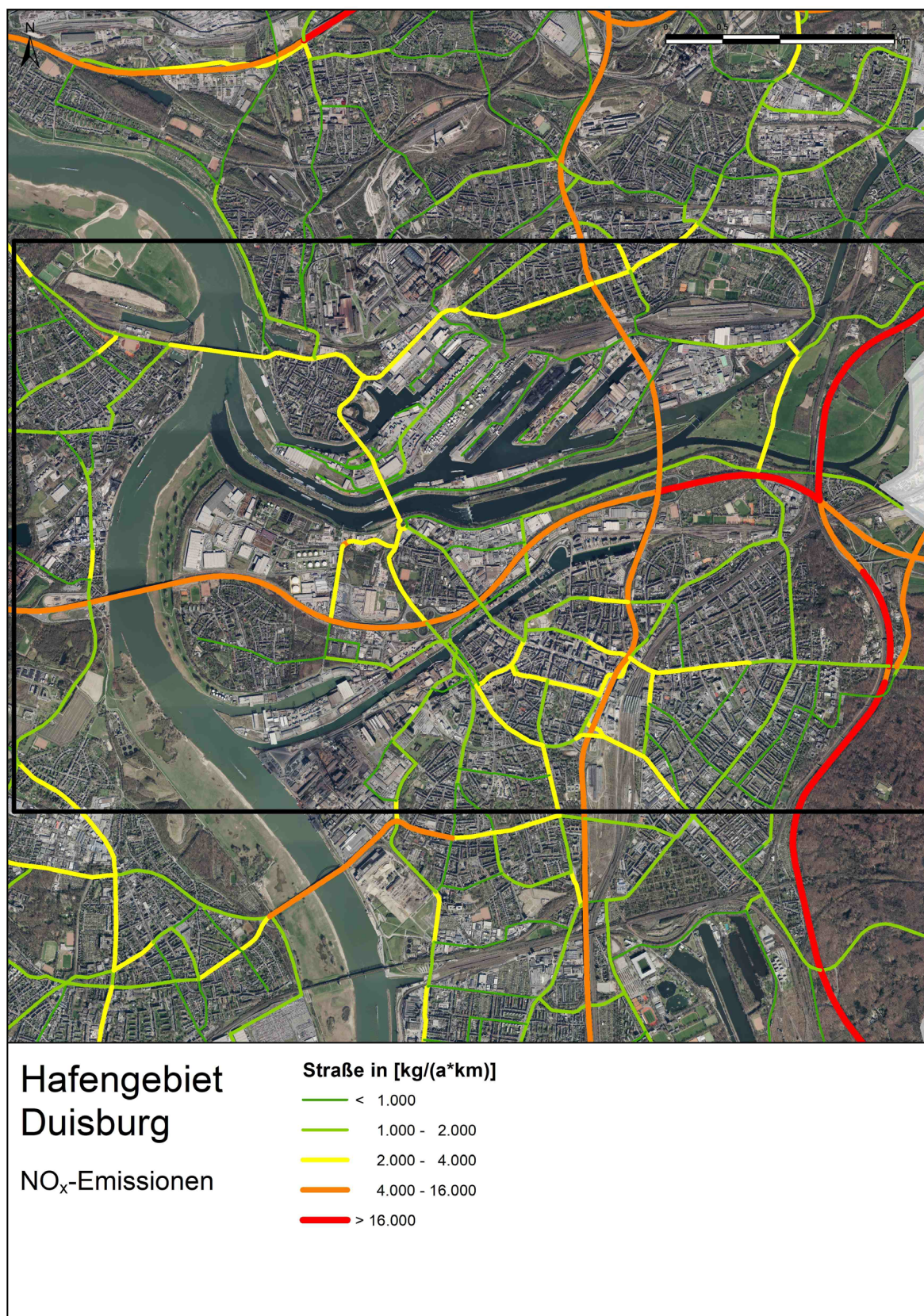


Abbildung 30: NO_x-Jahresemissionen des Straßenverkehrs im Hafengebiet Duisburg, Analysejahr 2018

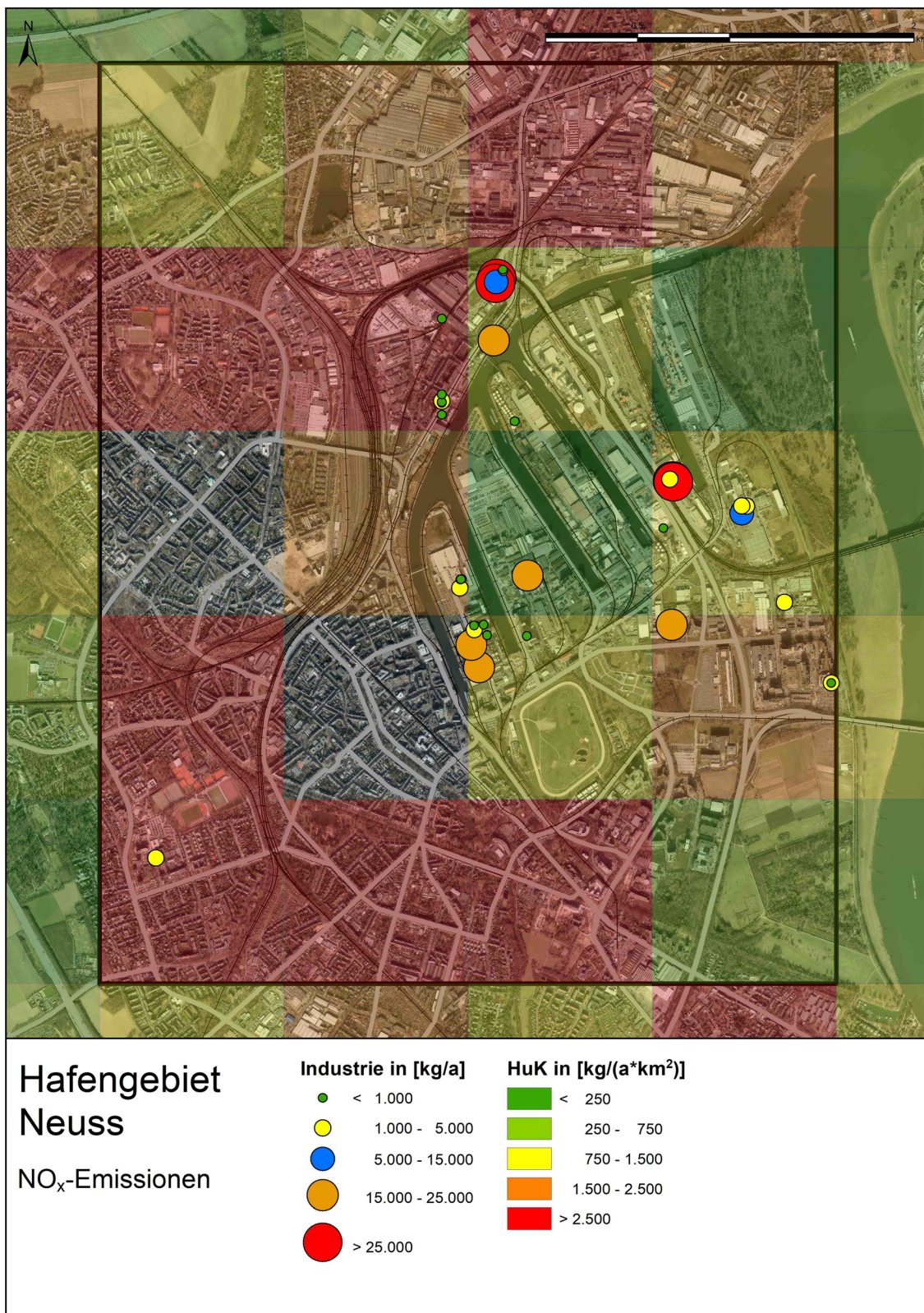


Abbildung 31: NO_x-Jahresemissionen von Industrieanlagen und HuK im Hafengebiet Neuss, Analysejahr 2018

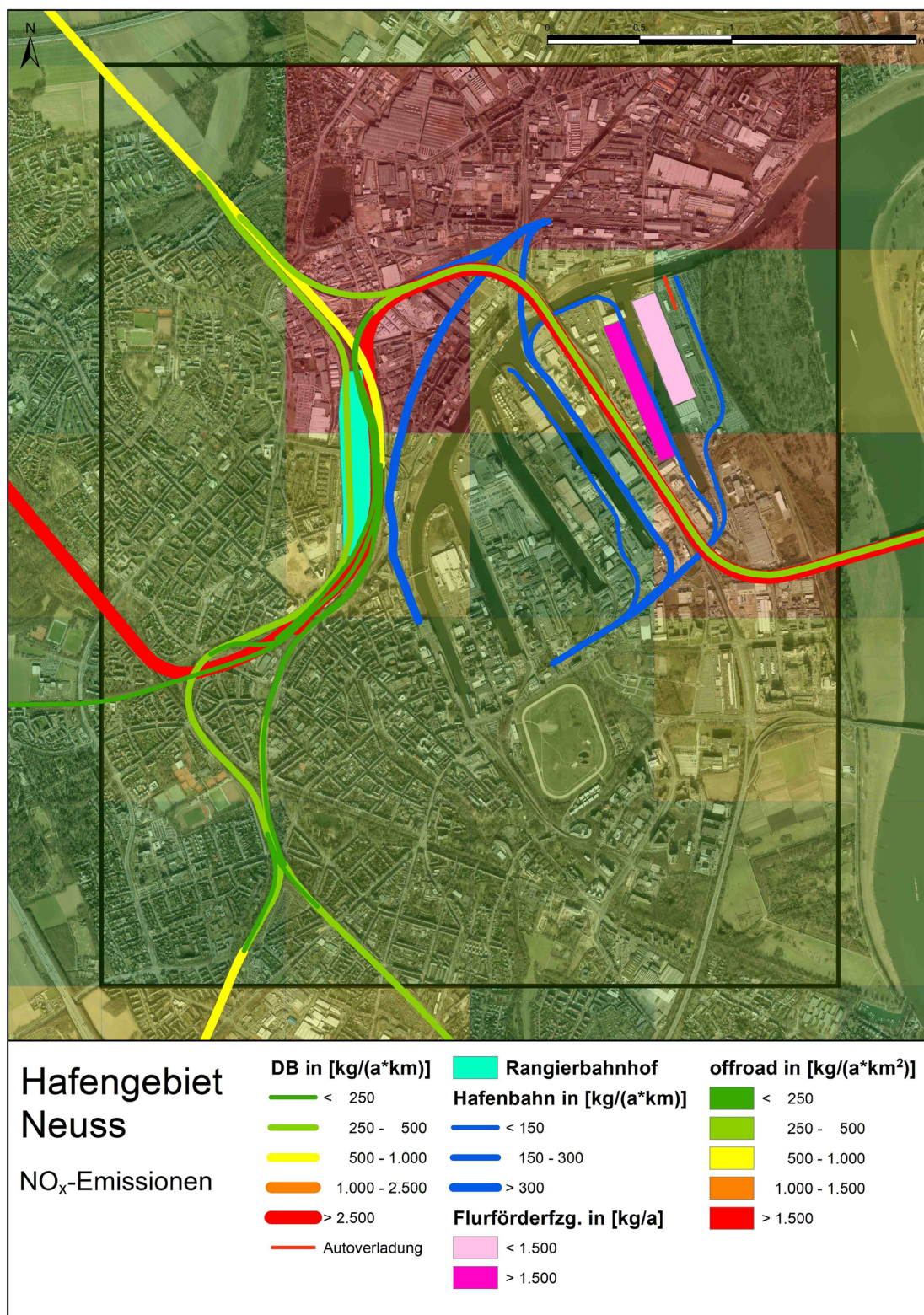


Abbildung 32: NO_x-Jahresemissionen von Schienen-, Offroad- und Flugverkehr im Hafengebiet Neuss, Analysejahr 2018

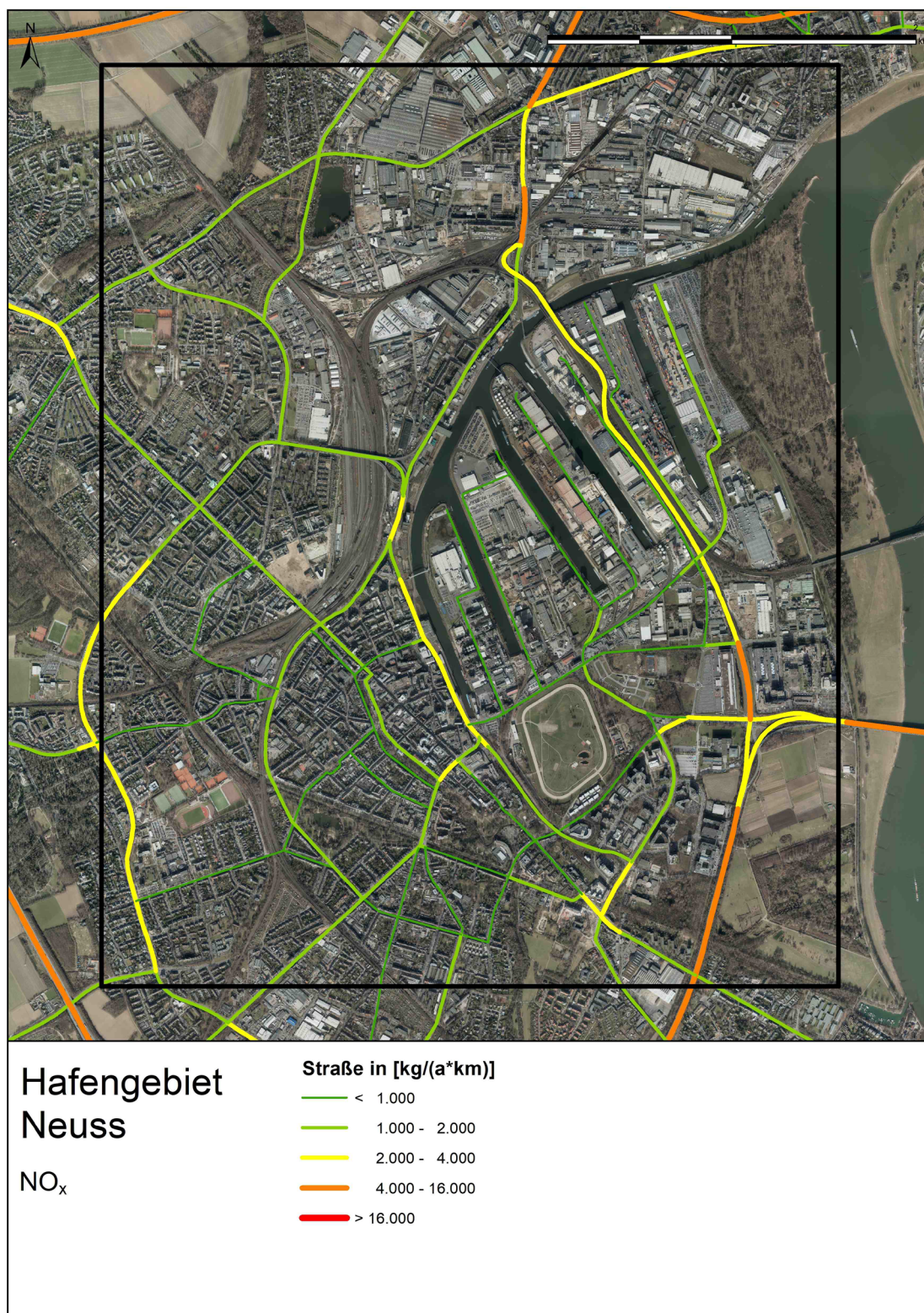


Abbildung 33: NO_x-Jahresemissionen des Straßenverkehrs im Hafengebiet Neuss, Analysejahr 2018

Anhang A: Hafenbahn Duisburg (Fahrten pro Tag)

Anzahl der Fahrten des Schienenverkehrs im Hafengebiet (vorne: Anzahl Lokomotiven, hinten: Anzahl der Fahrten) /LANUV 2019a/

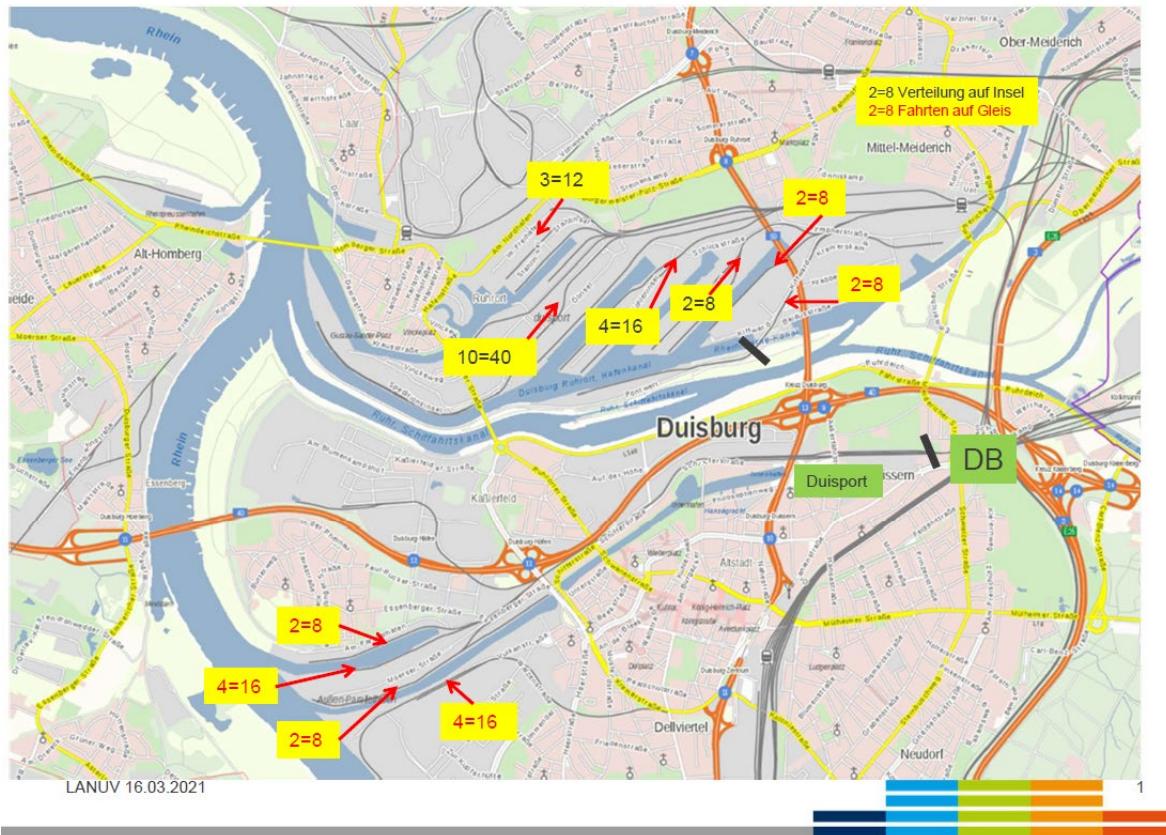


Abbildung 34: Anzahl der Fahrten der Lokomotiven der Hafenbahn von Duisport nach Angaben der Hafenbetreiber.

2=8 bedeutet: Auf dieser Strecke werden täglich zwei Züge gefahren, d. h. die Lokomotive fährt pro Zug viermal. D.h. die Lok bringt die leeren Wagen und fährt dann wieder zurück. Nach Abschluss der Beladung fährt die Lok wieder zum Zug und zieht die Waggons aus dem Bereich des Hafenbeckens

Anhang B: eingesetzte Lokomotiven Hafen Duisburg**Tabelle 30:** Übersicht über die eingesetzten Lokomotiven (Lokomotivenfuhrpark) /LANUV 2019b/
(gelb:eigene, grün: gemietete)

Baureihe	NVR-Nummer	Motor-Nr
V100 (BR 202)	98 80 3202 778-7	CAT 3512: 3ZW00396
203	92 80 1203 004-7	MTU 12B4000R10, S/N: 526100833
G1206D	9280 1275 021-4	CAT 3512: F2X00134
G1206	9280 1275 107-1	CAT 3512: 3ZW00372
G1206	9280 1275 631-0	CAT 3512: 3ZW00925
B&V Leipzig		
G761C (7)	98 80 0262 005-8	MTU: 6V331 S/N: 5501034
DT502 (29)	98 80 0271 102-2	MTU: 6V396 S/N: 5550792
DT502 (30)	9880 0271 103-0	MTU: 6V396TC13, S/N: 5550795
G1206D	9280 1275 015-6	CAT 3512: 3ZW01051
G1206D/NL	9280 1275 635-1	CAT 3512: 3ZW00866
V90	9880 3295 014-5	8M282AK B: 5470035
V90	9880 3295 025-1	8M282AK B: 5470011
V90	9880 3295 027-7	8M282AK B: 5470109
V90	9880 3295 061-6	8M282AK B: 5470044

Anhang C: Hafenbahn Neuss (Fahrten pro Tag)

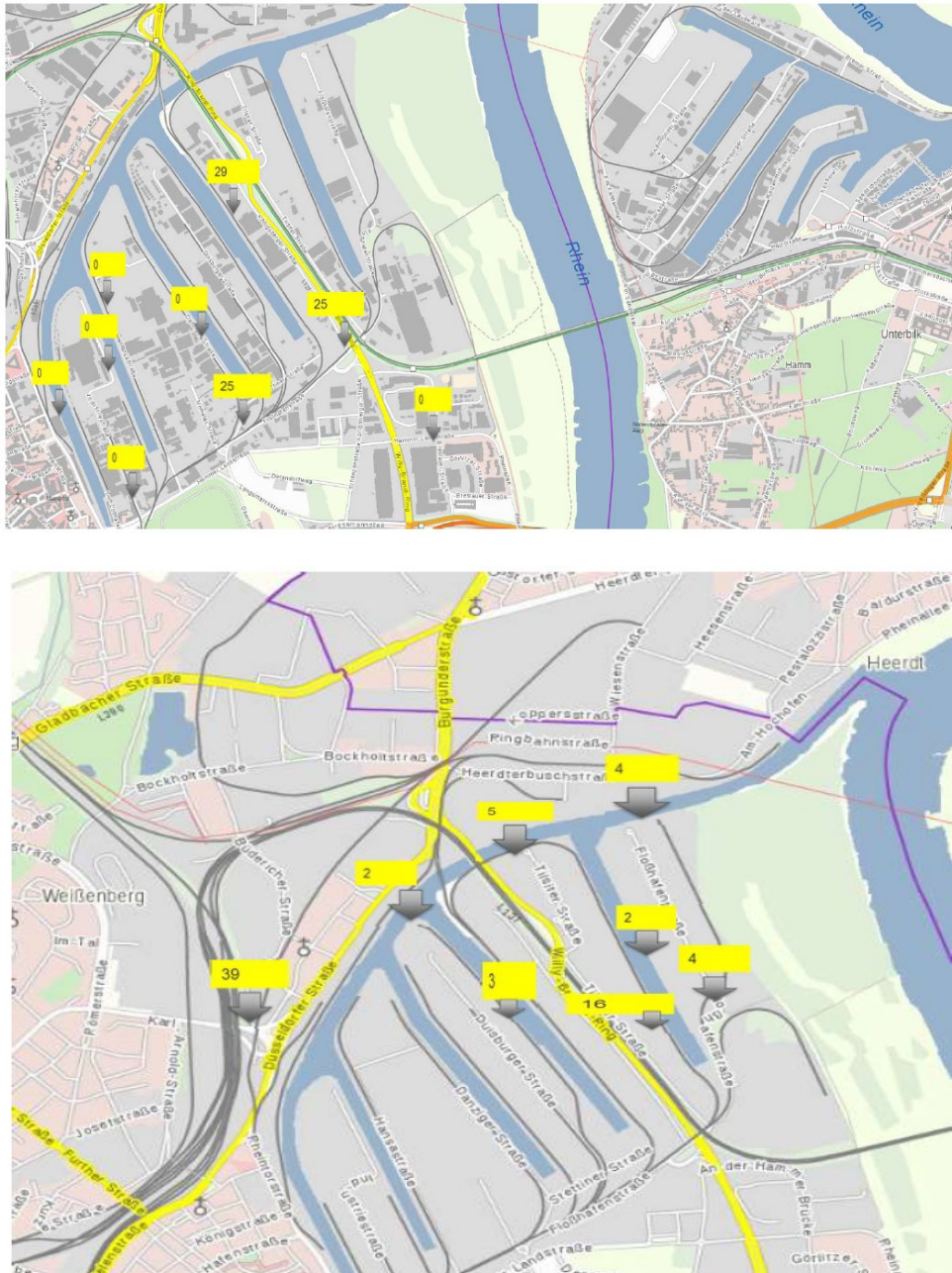


Abbildung 35: Anzahl der Fahrten der Lokomotiven der Hafenbahn von Rheincargo im Hafen Neuss nach Angaben der Hafenbetreiber.

2=8 bedeutet: Auf dieser Strecke werden täglich zwei Züge gefahren, d. h. die Lokomotive fährt pro Zug viermal. D.h. die Lok bringt die leeren Wagen und fährt dann wieder zurück. Nach Abschluss der Beladung fährt die Lok wieder zum Zug und zieht die Waggons aus dem Bereich des Hafenbeckens



Abbildung 36: Anzahl der Fahrten der Lokomotiven der Hafenbahn von Rheincargo im Hafen Düsseldorf nach Angaben der Hafenbetreiber.

2=8 bedeutet: Auf dieser Strecke werden täglich zwei Züge gefahren, d. h. die Lokomotive fährt pro Zug viermal. D.h. die Lok bringt die leeren Wagen und fährt dann wieder zurück. Nach Abschluss der Beladung fährt die Lok wieder zum Zug und zieht die Waggonen aus dem Bereich des Hafenbeckens

Anhang D: Eingesetzte Lokomotiven Hafengebiet Neuss**Tabelle 31:** Daten aus technischen Verkaufsunterlagen

Name	Abgasnorm	Verbrauch	Wert	Einheit
12V4000R43L	UIC IIIA Rail (Kodex 624V); EU Nonroad St IIIA Comp (97/68/EG);	Spezifischer Kraftstoffverbrauch (be) - 100% BL (+5%; EN 590; 42,8MJ/kg)	210	g/kWh
		Kraftstoffverbrauch bei unterer Leerlaufdrehzahl	6,3	kg/h
		Schmierölverbrauch nach 100h Laufzeit (B = stündlicher Kraftstoffverbrauch)	0,3	% von B
		Schmierölverbrauch nach 100h Laufzeit, max. (B = stündlicher Kraftstoffverbrauch)	1	% von B

Abgasemissionen	Wert	Einheit
Vorschrift: UIC IIIA (Stand 2009) Stickoxide (NOx)	6,0	g/kWh
Vorschrift: UIC IIIA (Stand 2009) Kohlenmonoxyd (CO)	3,5	g/kWh
Vorschrift: UIC IIIA (Stand 2009) Unverbrannte Kohlenwasserstoffe (HC)	0,5	g/kWh
Vorschrift: UIC IIIA (Stand 2009) Partikel	0,2	g/kWh

Name	Abgasnorm	Verbrauch	Wert	Einheit
8V4000R43L	UIC IIIA Rail (Kodex 624V); EU Nonroad St IIIA Comp (97/68/EG);	Spezifischer Kraftstoffverbrauch (be) - 100% BL (+5%; EN 590; 42,8MJ/kg)	206	g/kWh
		Kraftstoffverbrauch bei unterer Leerlaufdrehzahl	4,2	kg/h
		Schmierölverbrauch nach 100h Laufzeit (B = stündlicher Kraftstoffverbrauch)	0,3	% von B
		Schmierölverbrauch nach 100h Laufzeit, max. (B = stündlicher Kraftstoffverbrauch)	1	% von B

Abgasemissionen	Wert	Einheit
Vorschrift: UIC IIIA (Stand 2009) Stickoxide (NOx)	6,0	g/kWh
Vorschrift: UIC IIIA (Stand 2009) Kohlenmonoxyd (CO)	3,5	g/kWh
Vorschrift: UIC IIIA (Stand 2009) Unverbrannte Kohlenwasserstoffe (HC)	0,5	g/kWh
Vorschrift: UIC IIIA (Stand 2009) Partikel	0,2	g/kWh

12 CLINSH Partner



Landesamt für Natur, Umwelt und
Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Leibnizstraße 10
45659 Recklinghausen
Telefon 02361 305-0
poststelle@lanuv.nrw.de

www.lanuv.nrw.de