

# Gridding Emission Tool for ArcGIS (GRETA)

Weiterentwicklungen

Dokumentation

# Gridding Emission Tool for ArcGIS (GRETA)

## Weiterentwicklungen

## Dokumentation

(uba0919gretaerw/uba1019gretaerw2)  
GRETA-AddIn Version: 1.1.4.2; ArcGIS 10.8

**Bearbeitung:**

Michael Pelzer  
Christiane Schneider  
Erric Gallus  
Nicola Toenges-Schuller

**Aachen, Mai 2021**

**Im Auftrag des Umweltbundesamtes**

**AVISO GmbH**  
Am Hasselholz 15  
52074 Aachen  
Fon: +49 (0) 241 / 470358-0  
Fax: +49 (0) 241 / 470358-9

E-Mail: [info@avisogmbh.de](mailto:info@avisogmbh.de)  
<http://www.avisogmbh.de>



## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
1 Einleitung .....	1
2 Verfeinerung der Verteilparameter Landwirtschaft - Verbesserung Verteilparameter Stallemission -.....	2
2.1 Ausgangslage und Zielsetzung .....	2
2.2 Vorgehensweise.....	2
2.3 Technische Umsetzung.....	3
3 Verfeinerung der Verteilparameter Landwirtschaft - Gewichtung auf Kreisebene - .....	4
3.1 Ausgangslage und Zielsetzung .....	4
3.2 Vorgehensweise und technische Umsetzung .....	4
4 Umsetzung „Vermeidung von Doppelzählungen“ .....	6
4.1 Ausgangslage und Zielsetzung .....	6
4.2 Vorgehensweise.....	6
4.3 Technische Umsetzung.....	7
5 Häfen .....	9
5.1 Ausgangslage und Zielsetzung .....	9
5.2 Vorgehensweise.....	9
5.3 Technische Umsetzung.....	9
6 Internationale Schifffahrt .....	11
6.1 Ausgangslage und Zielsetzung .....	11
6.2 Vorgehensweise.....	11
6.3 Technische Umsetzung.....	11
Anhang .....	13

# 1 Einleitung

Informationen zur räumlichen Verteilung von Emissionen sind für eine Vielzahl von Fragestellungen im Bereich der Luftreinhaltung unerlässlich. Sie werden für die Ausbreitungsmodellierung von Luftschadstoffen, zur räumlichen Visualisierung von Schadstoffemissionen sowie von Minderungspotentialen einzelner Maßnahmen oder Maßnahmenbündel, zur regelmäßigen Berichterstattung im Rahmen internationaler Luftreinhaltungsverpflichtungen (Genfer Luftreinhaltungskonvention) und zur Darstellung diffuser Emissionen im nationalen Schadstoffregister thru.de benötigt.

Die räumliche Verteilung nationaler Emissionen erfolgte bisher unregelmäßig im Rahmen einzelner Forschungsprojekte. Aus diesem Grund standen Informationen zur Emissionssituation bisher nur in unzureichenden Zeitabständen zur Verfügung, deren Erstellung zudem mit hohen Kosten verbunden war. Mit dem UFOPLAN-Vorhaben 3712 63 240/2 „Räumliche Verteilung nationaler Emissionswerte“ wurde daher eine flexible, ArcGIS basierte Software und Datenbanklösung entwickelt (GRidding Emission Tool for ArcGIS, GRETA), die es dem UBA ermöglicht, regelmäßig räumlich hoch aufgelöste Emissionsdatensätze zu generieren. Die Software und Datenbanklösung wurde als ArcGIS Add-In programmiert und greift auf eine Vielzahl von Eingangsdaten zu. Im o.g. UFOPLAN-Vorhaben wurde eine Datenbasis für das Jahr 2010 aufgebaut.

Im Zuge der Berichterstattung im Rahmen internationaler Luftreinhaltungsverpflichtungen müssen neben den nationalen Emissionen auch räumlich verteilte Emissionen für die Basisjahre 1990, 1995, 2000, 2005 und 2015 berichtet werden. Hierfür wurden weitere Datenbasen zur räumlichen Verteilung der Emissionen für diese Jahre aufgebaut. Das von Greta unterstützte Stoffspektrum wurde zwischenzeitlich um Schwermetalle, POPs (Persistente organische Schadstoffe), Gesamtstaub (TSP) sowie um die Treibhausgase CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O erweitert.

Während des Betriebs im Rahmen der beschriebenen Aufgaben, ergaben sich weitere Verbesserungs- und Weiterentwicklungsmöglichkeiten. Deren Umsetzung wird im Folgenden erläutert.

## 2 Verfeinerung der Verteilparameter Landwirtschaft - Verbesserung Verteilparameter Stallemission -

### 2.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Die landwirtschaftlichen Emissionen der Tierhaltung umfassen im Inventar die Emissionen aus Stall, Lagerung, Wirtschaftsdüngerausbringung sowie Weidegang. Im Gegensatz zur Wirtschaftsdüngerausbringung und Emissionen des Weideganges handelt es sich bei den Emissionen aus Stall und Lagerung eigentlich um Punktquellen. Aktuell werden die Emissionen, die nicht bereits durch PRTR- Standorte verteilt werden, komplett auf die landwirtschaftliche Fläche, die aus CORINE Land Cover (CLC) abgeleitet wurde, verteilt. Dies führt zu einer ungenauen Verteilung der relevanten Sektoren.

Zur besseren Verortung der Emissionen aus Stall und Lagerung wird ein Flächenlayer möglicher Ställe aus dem Landbedeckungsmodell für Deutschland (LBM-DE, 1ha Mindestkartiereinheiten, wird vom UBA im Rahmen des Vorhabens bereitgestellt) abgeleitet. TNO hatte in der Vergangenheit eine Machbarkeitsstudie für ein Modellsystem in Niedersachsen erstellt (TNO 2015 R10736, Ammoniakkonzentration und Stickstoffdeposition in Niedersachsen – Machbarkeitsstudie für ein Modellsystem Niedersachsen).

Aufbauend auf diesem Ansatz wurde im Dialog mit dem UBA eine Vorgehensweise zur Ableitung von deutschlandweiten Datensätzen von Ställen für die Jahre 1990 bis 2015 erarbeitet.

### 2.2 Vorgehensweise

Der erste Teil der Emissionsverteilung erfolgt wie bisher kreisweise unter Verwendung der Thünen-Daten. Die bislang nachfolgende pauschale Unterverteilung auf definierte CLC-Gruppen entfällt künftig zugunsten einer detaillierteren Verteilung nur auf Stallflächen. Zur Identifikation der relevanten Flächen aus dem Landbedeckungsmodell (generell LBM 2018 sowie LBM 2015 für die Länder MV, BB, BW und HE) wurden folgende Kriterien erarbeitet:

- Filter auf CLC-Kennungen mit PRTR-Betrieben der Gruppe 7 (Landwirtschaft): 111,112,121,231,311
- zusätzlicher Filter (UND-verknüpft):
  - o ZUS\_AKT=" „ (→ Zusatzfunktion NICHT „Friedhof“, „Militär“ oder „Solar“)
  - o LB\_AKT="B110" ODER „B233“ (→ Landbedeckungscode „Babauung“ ODER „Grasland mit Bäumen“)
  - o LN\_AKT="N120“ (→ Landnutzungscode „Produktionsgelände mit Gebäuden/Hallen“)
- weiteres Kriterium: SIE\_AKT <= 70 (Versiegelungsanteil = 70%)

Die so gefilterten Flächen bilden den zur Endverteilung verwendeten neuen Layer „F\_STABLES\_DISTRICT“.

Die gewählte Vorgehensweise wurde unter Verwendung der für Deutschland relevanten Daten geprüft, auch im Hinblick darauf, wie viele der vorliegenden PRTR-Standorte abgedeckt werden.

Der neue Verteilparameter für die NFR-Sektoren 3B1a- 3B4giii wurde in Greta implementiert.

## 2.3 Technische Umsetzung

Im GRETA-Code wurde die DEM („DistributionExecutionMachine“) erweitert um eine neue Verteilparameterklasse „DistributionParameterStables“. In der Tabelle „T\_DISTRIBUTION\_PARAMETERS“ erfolgt deren Auswahl bei allen relevanten Verteilparametern als „d\_param\_class\_name“. Dies sind die folgenden Verteilparameter:

- P\_Milch
- P\_A\_Rinder
- P\_Schweine
- P\_A\_Tiere

Der finale Teil der Emissionsverteilung erfolgt auf die im Layer „F\_STABLES\_DISTRICT“ kreisweise zusammengefassten und, wie bereits beschrieben, als Ställe identifizierten Bereiche. Programmintern werden die Zwischenlayer „F\_STABLES\_DISTRICT\_RESULT“ und „INTERSECT\_R\_FQ\_STABLES\_DISTRICT“ erzeugt und bei der Rasterung berücksichtigt.

Es wurde die „normale“ FQ-Verteilung ergänzt um einen Parameter „LandUseLayer“. Dieser ermöglicht ein Umschalten der zweiten Stufe der Verteilung zwischen der bisher üblichen CLC-Verteilung und der neuen Verteilung über Stallflächen. Eine künftige zusätzliche Differenzierung ist somit möglich.

Die Tabelle „T\_ASSIGN\_NFR\_CLC“ ist für ALLE NFR-Sektoren versorgt und fungiert als Rückfallebene, damit jeder Sektor mit allen verfügbaren Verteilparametern verteilt werden kann.

Die doppelte Berücksichtigung von Flächen, die bereits als PRTR-Betriebe vorliegen, wird durch die ebenfalls im Rahmen der GRETA-Erweiterung umgesetzten Methodik zur „Vermeidung von Doppelzählungen“ unterbunden.

### **3 Verfeinerung der Verteilparameter Landwirtschaft - Gewichtung auf Kreisebene -**

#### **3.1 Ausgangslage und Zielsetzung**

Für die Verteilung der Emissionen der Landwirtschaft stellt das Thünen Institut bereits kreisweise Gewichtungen ab dem Jahr 1990 für die unterschiedlichen NFR-Sektoren bereit. Im Zuge der Greta-Entwicklung wurde eine Datenbasis für das Bezugsjahr 2010 aufgebaut und derzeit auf alle anderen Datenbasen übertragen.

Unter Verwendung aktueller Thünen-Daten soll künftig eine kreisweise Gewichtung individuell für die Jahre 1990, 1995, 2000, 2005 und 2015 in Greta hinterlegt werden.

#### **3.2 Vorgehensweise und technische Umsetzung**

Es wurden die als Excel-Tabellen vom UBA bereitgestellten Thünen-Daten auf die jeweiligen Datenbasen („F\_DISTRICTS“) der Jahre übertragen. Unterschiede zwischen den Kreisdefinitionen (Thünen und Greta) wurden dabei berücksichtigt, d.h. beruhten die Thünen-Daten auf einer anderen Kreisdefinition, so wurden diese Daten auf die Greta-Kreisdefinition übertragen. Einige bisher verwendete Verteilungen waren in den Thünen-Daten nicht mehr enthalten, einige zusätzliche Verteilungen kamen hinzu.

Zunächst wurden daher den bisher im GriddingTool enthaltenen Verteilparametern (bzw. den verwendeten DS-Feldern in den F\_DISTRICTS) die passenden neuen Thünen-Verteilungen zugewiesen. Einige neue Gewichtungen wurden zusätzlich zu den bereits vorhandenen abgeleitet, diese werden bislang noch nicht in den Verteilparametern verwendet. Im Ergebnis wurden für alle relevanten Kombinationen von Schadstoff/Thünen-Verteilung Verteilparameter aufbereitet, dies sind im Einzelnen:

- DS\_[Schadstoff]\_Milch
- DS\_[Schadstoff]\_A\_Rinder
- DS\_[Schadstoff]\_Schweine
- DS\_[Schadstoff]\_A\_Tiere
- DS\_[Schadstoff]\_Mineralduenger
- DS\_[Schadstoff]\_Wirtschaftsduenger
- DS\_[Schadstoff]\_Wirtschaftsduenger\_Milch
- DS\_[Schadstoff]\_Wirtschaftsduenger\_A\_Rinder
- DS\_[Schadstoff]\_Wirtschaftsduenger\_Schweine
- DS\_[Schadstoff]\_Wirtschaftsduenger\_A\_Tiere
- DS\_[Schadstoff]\_Leguminosen
- DS\_[Schadstoff]\_Weide
- DS\_[Schadstoff]\_Weide\_Milch
- DS\_[Schadstoff]\_Weide\_A\_Rinder

- DS\_[Schadstoff]\_Weide\_Schweine
- DS\_[Schadstoff]\_Weide\_A\_Tiere
- DS\_[Schadstoff]\_Tiere\_Ges
- DS\_[Schadstoff]\_Boden\_Ges
- DS\_[Schadstoff]\_Kreis\_Ges
- DS\_[Schadstoff]\_Klaerschlam
- DS\_[Schadstoff]\_Gaerung
- DS\_[Schadstoff]\_Gaerung\_Ausbringung

Im letzten Schritt erfolgte die Zuordnung der aktualisierten und neuen DS-Felder zu den Kreislayern „F\_DISTRICTS“ der Jahre.



## **4 Umsetzung „Vermeidung von Doppelzählungen“**

### **4.1 Ausgangslage und Zielsetzung**

Eine wesentliche Datenquelle für die räumliche Zuordnung der nationalen ZSE-Emissionen stellt die PRTR-Datenbank des UBA dar (PRTR = Pollutant Release and Transfer Register; Thru.de). Die in dieser Datenbank enthaltenen Emissionen liegen ab 2007 als Punktquellen vor und werden auch als solche zur räumlichen Zuordnung im Gridding Tool verwendet. Betriebe sind im Rahmen der PRTR-Berichterstattung dann berichtspflichtig, wenn Tätigkeiten nach der Europäischen PRTR-Verordnung ausgeführt und pro Stoff bestimmte Schwellenwerte überschritten werden.

Räumliche Emissionsverteilungen können mittels GRETA wahlweise mit oder ohne Berücksichtigung von PRTR-Punktquellen erfolgen. Die nationalen Emissionen werden bei aktivierter PRTR-Berücksichtigung zunächst je NFR-Sektor und Schadstoff auf die vorhandenen und passenden („Hauptgruppe“) PRTR-Betriebe verteilt. Hierbei handelt es sich um absolute Emissionsmengen, die je PRTR-Punktquelle und Schadstoff vorliegen. Die nach Abzug dieser PRTR-Emissionen verbleibenden diffusen Restemissionen der nationalen Emissionsmenge werden auf die Kreise verteilt. Diese Verteilung von Restemissionen erfolgt mittels zuvor abgeleiteter Verteilparameter welche auch dann Anwendung finden, wenn eine Rasterung OHNE Berücksichtigung der PRTR-Punktquellen durchgeführt wird.

Betrachtet man die räumliche Verteilung mit aktivierter PRTR-Berücksichtigung, so ergibt sich folgende Unschärfe: Die nach der Verteilung auf die PRTR-Punktquellen verbleibenden Restemissionen werden auch auf die Kreise verteilt, welche die PRTR-Quellen enthalten, und dies teilweise auch noch überproportional hoch, da z.B. die relevanten Beschäftigtenzahlen in Kreisen mit vielen bzw. großen PRTR-Betrieben entsprechend hoch sind. Im Ergebnis werden Kreise mit vielen PRTR-Betrieben bei der Emissionszuteilung fehlengewichtet. Dies gilt es künftig zu vermeiden.

### **4.2 Vorgehensweise**

Im Bereich der Landwirtschaftsemissionen trifft die oben beschriebene Unschärfe nicht zu, da hier bislang zwei Sätze von Verteilparametern in GRETA vorgehalten werden. Der eine enthält räumliche Verteilungen, basierend auf den kreisweise vorliegenden Emissionsmengen (Thünen-Institut). Dieser Datensatz findet Anwendung bei einem Gridding ohne PRTR-Berücksichtigung. Soll die räumliche Verteilung mit PRTR-Berücksichtigung erfolgen, so kommt der zweite Verteilparameter-Satz zur Anwendung. Bei diesem wurden die vorhandenen PRTR-Emissionen kreisweise aggregiert und anschließend von den ebenfalls kreisweise vorliegenden Landwirtschaftsemissionen abgezogen. Die resultierende räumliche Verteilung berücksichtigt also sowohl exakt die berichtspflichtigen PRTR-Quellen des Sektors Landwirtschaft als auch die korrekte Verteilung der verbleibenden Rest-

Emissionen auf die übrigen Kreise. Möglich war diese „zweigleisige“ Vorgehensweise durch die kreisweise vorliegenden absoluten Emissionsmengen.

Die Verteilung der nicht durch PRTR-Betriebe abgedeckten Emissionsmengen wird künftig nach dem Prinzip erfolgen, wie es im Landwirtschaftssektor umgesetzt ist. Der hierzu bei der Landwirtschaft im Vorfeld erzeugte Verteilparametersatz wird allerdings programmintern bei jedem Gridding-Lauf automatisch in GRETA erzeugt. Diese Berechnungen erfolgen separat für jeden Schadstoff.

Im Extremfall bekommen die Kreise mit PRTR-Betrieben keine weiteren Emissionen zugeteilt. Die Restemissionen werden ausschließlich auf solche Kreise ohne PRTR-Betriebe verteilt. Da jedoch auch in den Kreisen mit PRTR-Betrieben mutmaßlich noch weitere, nicht berichtspflichtige Betriebe sind, ist zumindest ein noch zu bestimmender Anteil der Restemissionen auch in Kreise ohne PRTR-Betriebe zu verteilen (Korrekturfaktor). Ist dieser Faktor=1 so erhalten alle Flächen den Anteil wie bei einer Verteilung OHNE PRTR-Berücksichtigung, ist der Faktor=0, so erhalten die Flächen unter PRTR-Betrieben des NFR-Sektors/Schadstoff KEINE Restemissionen. Hierzu wird der vorliegende Verteilparameter (ohne PRTR-Berücksichtigung, also beispielsweise basierend auf Beschäftigtenzahlen einer Branche) entsprechend modifiziert und neu normiert. Theoretisch ist mit einem Faktor  $> 1$  auch eine Höhergewichtung der Flächen unter PRTR-Betrieben möglich.

Im Ergebnis haben die bereits vorliegenden und angewandten Verteilparameter unverändert Bestand, dies gilt auch für die Import-Tools zur Erzeugung einiger Verteilparameter. Bei Durchführung einer räumlichen Verteilung ohne PRTR-Berücksichtigung werden diese Verteilparameter nach wie vor angewandt. Bei der räumlichen Verteilung mit PRTR-Berücksichtigung erfolgt die Umsetzung der korrekten Berücksichtigung von bereits auf PRTR-Betriebe verteilten Emissionsanteilen vollständig innerhalb von GRETA.

### 4.3 Technische Umsetzung

Die Behandlung aller Flächenlayer (Basisklasse „DistributeFQ“) im GriddingTool wurde so erweitert, dass bereits über PRTR-Betriebe verteilte Emissionen berücksichtigt werden. Die verbleibenden Restemissionen werden nun nicht mehr pauschal auf alle Flächen verteilt, sondern je NFR-Sektor nur zu einem frei wählbaren Anteil auf solche Flächen mit PRTR-Emissionen. Hierzu ist in der Tabelle T\_NFR\_CODES ein neues Feld „Factor\_PRTR\_Rest“ vorhanden. Der Faktor 0 bewirkt, dass die Restemissionen (schadstoffein) nicht mehr auf Flächen mit PRTR-Betrieben verteilt werden. Faktor 1 hat eine Verteilung auf alle Flächen zur Folge (also der „Urzustand“) und ein Faktor  $>1$  bewirkt eine höhere Gewichtung der Flächen, die bereits PRTR-Emissionen erhalten haben.

Die Modifikation dieser Restemissionsverteilung unter Verwendung des Korrekturfaktors erfolgt in dem jeweiligen „\_RESULTS“-Layer. Wenn für den behandelten NFR-Sektor und Schadstoff PRTR-Emissionen im aktuellen Kreis/Gemeinde vorliegen, so wird das DS-Feld im Layer F\_DISTRICTS\_RESULT unter Verwendung des Korrekturfaktors modifiziert und

erst anschließend erfolgt die Emissionsverteilung (Die Kopie des DS-Feldes in \*\_RESULT entspricht bei PRTR-Behandlung daher NICHT mehr dem Original DS-Feld).

Als Nebeneffekt dieser neuen Methodik entfällt bei den DS-Feldern der Landwirtschaft der komplette Block „\*nachAbzugPRTR“, da diese nun im Gridding-Lauf direkt berechnet werden.

Der Korrekturfaktor liegt für jeden NFR-Sektor vor und kann geändert werden (Tabelle "T\_NFR\_CODES", Feld "Factor\_PRTR\_Rest")

## 5 Häfen

### 5.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Hafenflächen werden derzeit bei der Emissionsverteilung in Greta nicht berücksichtigt. Die räumliche Verteilung der Emissionen ausgewählter NFR-Sektoren soll zukünftig nicht mehr ausschließlich über die bislang zugewiesenen Verteilparameter, sondern zusätzlich unter Verwendung eines neu implementierten Verteilparameters „P\_Haefen“ auf die Hafengebiete erfolgen. Ziel ist eine erkennbar höhere Berücksichtigung der Hafenflächen bei der Emissionsverteilung.

### 5.2 Vorgehensweise

Es wurde recherchiert, welche NFR-Sektoren in welchem Umfang für Häfen relevant sind. Für diese NFR-Sektoren werden zusätzlich zum bisher angewendeten Verteilparameter auch die Hafenflächen anteilig bei der Emissionsverteilung berücksichtigt. Die Verteilung auf die Hafenflächen erfolgt mittels eines neuen Verteilparameters „P\_Haefen“. Dieser verteilt die Emissionen über eine erarbeitete Gewichtung auf die Hafenflächen Deutschlands. Die Gewichtung erfolgte für die größten See-/Binnenhäfen unter Verwendung der Güterumschlagszahlen. Für die übrigen Häfen wurde eine Gewichtung über die Fläche angewandt.

### 5.3 Technische Umsetzung

Aus dem digitalen Landbedeckungsmodell für Deutschland, Stand 2018 (Auflösung 1 ha) wurden die Hafengebiete extrahiert. Kriterium war der Landnutzungscode (LN\_AKT) „N123“ / Hafen. Dieser Layer ist in der GRETA allYears-Datenbank unter dem Namen „F\_HARBOUR“ abgelegt. Notwendige Felder sind eine eindeutige Flächenummer („area\_nr“), die Fläche in m<sup>2</sup> („area\_qm“) sowie das Feld „height\_usage“ (standard / urban). Außerdem ist das zur Verteilung verwendete Feld „DS\_Harbour“ erforderlich. Dieses Feld wird von der neu im GRETA-Code erzeugten Verteilparameterklasse „DistributionParameterHarbour“ verwendet.

Die Gewichtung der einzelnen Häfen erfolgte für die 17 größten Häfen mittels der ausgewerteten Güterumschlagsmengen (See-/ Binnenschifffahrt) aus Destatis (Stand 2016). Diese machen ca. 70% des Gesamtumschlags aus. Die verbleibenden 30% wurden, gewichtet über die Fläche, auf die übrigen Hafenflächen verteilt.

Bei der Zuweisung der Verteilparameter zu den NFR-Sektoren sind somit im Ergebnis zwei Verteilparameter auszuwählen. Die je NFR-Code anteilige Verwendung des bisherigen Verteilparameters und des Parameters „P\_Haefen“ wird in der Tabelle „T\_SELECTED\_DISTRIBUTION\_PARAMETERS“ festgelegt.

Die Auswahl der hierfür relevanten NFR-Sektoren sowie die Anteile der auf die Hafengebiete zu verteilenden Emissionen je NFR-Sektor wurde wie folgt erarbeitet:

NFR_code	NFR_longname	SNAP_sector	GNFR_code	Anteil Hafengebiete
1A2gvii	1A2gvii Mobile Combustion in manufacturing industries and construction: (please specify in the IIR)	8	I_Offroad	8%
1A3dii	1A3dii National navigation (shipping)	8	G_Shipping	5%
1A4aaii	1A4aaii Commercial/institutional: Mobile	8	I_Offroad	8%
2L	2L Other production, consumption, storage, transportation or handling of bulk products (please specify in the IIR)	6	B_Industry	6%

Der Anteil für die beiden Sektoren **1A2gvii** und **1A4aaii** wurde ermittelt unter Verwendung von Daten, die von der Hamburg Port Authority (HPA) bereitgestellt wurden. Dabei handelt es sich um Emissionsmengen des für den Güterumschlag benötigten Umschlagequipments.

Setzt man den Güterumschlag des Hamburger Hafens ins Verhältnis zum Gesamtumschlag aller deutschen Häfen, so lassen sich daraus näherungsweise die Gesamtemissionen der für Güterumschlag und Hafenlogistik eingesetzten mobilen Geräte und Maschinen ermitteln. Dieser Wert stellt im Mittel einen Anteil von 8% an den im ZSE berichteten Emissionen für die genannten Sektoren dar.

Für den Sektor **1A3dii** ist ein Anteil von 5% aufgrund des Dieserverbrauchs der Hilfsmotoren und Nebenaggregate zur Stromerzeugung an Bord oder zum Manövrieren der Schiffe in Häfen oder in Schleusen anzusetzen (Quelle: TREMOD, Emissionsberechnung Binnenschifffahrt, 2013).

Die Emissionen aus dem Sektor **2L** sind in Hafengebieten dem Umschlag, der Lagerung und dem Transport von Schüttgütern zuzuordnen. Es handelt sich hierbei maßgeblich um diffuse Partikelemissionen. Der gewählte Anteil von 6% ergibt sich aus Daten des statistischen Bundesamtes zu Beförderungsmengen nach Verkehrsträgern (Stand 2018).

Von einer Berücksichtigung des Sektors 1A3ei (Pipeline transport) bei der Verteilung auf Hafengebiete wurde aufgrund des geringen Beitrages dieses Sektors an den Gesamtemissionen abgesehen (NOx 2018: 0,1%). Gleichwohl ist eine Aktualisierung des bislang in GRETA verwendeten Verteilparameters für den Sektor (Kreisfläche) zukünftig sicherlich sinnvoll. Hierzu wäre die Verwendung des Verteilnetzes und z.B. der Erdgasverdichterstationen in Form von Linien- und Punktquellen denkbar.

## 6 Internationale Schifffahrt

### 6.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Die Emissionen der internationalen Schifffahrt sind nicht im nationalen Emissionsinventar enthalten. Da Emissionen der internationalen Schifffahrt auch in Deutschland freigesetzt werden, z.B. Nord- und Ostsee sowie Häfen, sind auch diese Emissionen bei einer Ausbreitungsrechnung mit Chemie-Transport-Modellen zu betrachten. In der Vergangenheit wurden diese Emissionen hierzu aus internationalen Datensätzen abgeleitet und separat eingelesen. In GRETA soll die Möglichkeit zur Berücksichtigung dieser Emissionen beim Gridding geschaffen werden. Hierzu soll der Anwender wählen können, ob die Emissionen der internationalen Schifffahrt als weiterer, separater Zwischenergebnis-Layer bei der Rasterung berücksichtigt werden sollen.

Als Grundlage dienen zunächst die Emissionen MACC III für das Jahr 2011, die bereits im Rahmen des Refoplan Vorhabens „Weiterentwicklung von Prognosen für Luftschadstoffe für nationale Luftreinhaltprogramme“ verwendet wurden.

### 6.2 Vorgehensweise

Die Emissionen des Sektors 1A3di(i) (international maritime navigation) wurden als Raster-Layer aufbereitet. Grundlage hierzu bildete der im Rahmen der Arbeiten zur NEC-Richtlinie verwendete MACC III Datensatz. Der neue Layer „F\_INAT\_SHIPPING“ kann in der Jahres-FGDB oder in einer Projekt-FGDB abgelegt werden (GRETA-Standard). Neben den Feldern mit den Emissionssummen je Raster und Schadstoff muss zusätzlich nur noch ein Feld „area\_qm“ vorhanden und mit der Fläche in m<sup>2</sup> versorgt sein. Die Namen der Emissionsfelder müssen den Schadstoffnamen aus T\_NFR\_EMISSIONS“ entsprechen, die Emissionen sind in der Einheit der NFR-Emissionen abzulegen.

### 6.3 Technische Umsetzung

Im GRETA-Tabsheet „Projekteinstellungen“ wurde eine neue Checkbox zur Berücksichtigung der Emissionen aus internationaler Schifffahrt hinzugefügt. Die gewählte Einstellung wird in „T\_SETTINGS“ gespeichert und beim erneuten Öffnen der Datenbank wiederhergestellt.

Bei aktivierter Checkbox werden die in „F\_INAT\_SHIPPING“ abgelegten Emissionen in die Rasterung einbezogen. Hierzu wird eine Kopie des Eingangslayers erzeugt und die erforderlichen Emissionsfelder angelegt. Die Benennung lautet „E\_1A3di\_i\_[Schadstoff]“, für jeden zur Verteilung und Rasterung ausgewählten Schadstoff. Liegen für einen Schadstoff

keine Emissionen im Layer „F\_INAT\_SHIPPING“ vor, so erfolgt ein Eintrag im Aktions-Log und es wird kein Emissionsfeld angelegt. Bei aktivierter Option „Höhenlevel“ werden GRETA-konform entsprechende Emissionsfelder angelegt. Hierbei werden die Emissionen generell der untersten Höhenklasse zugewiesen. Der so erzeugte Layer „F\_INAT\_SHIPPING\_RESULT“ wird bei der Rasterung berücksichtigt, es wird also auch ein Zwischenlayer mit den im Zielraster abgelegten Emissionen erzeugt („INTERSECT\_R\_FQ\_INAT\_SHIPPING“).

Im Ergebnisraster „RASTER\_EMI“ finden sich die Emissionen aus „international maritim navigation“ dann im Feld „E\_1A3di\_i[Schadstoff]“ (bzw. entsprechend in den E-Felder je Höhenlevel) und im Summenfeld des jeweiligen Schadstoffs („E\_SUM[Schadstoff]“).

Der nach erfolgter Rasterung intern durchgeführte Test, ob die Emissionen aus „T\_NFR\_EMISSIONS“ vollständig verteilt wurden berücksichtigt die Emissionen der internationalen Schifffahrt nicht, da diese nicht in den nationalen Summen enthalten sind (sektorweiser Vergleich NFR-Emissionen zu gerasterten Emissionen). Daher ist zu beachten, dass die in den Summenfeldern des Ergebnisrasters ausgewiesenen Emissionsmengen, bei aktivierter Option „Internationale Schifffahrt“, nicht den nationalen Summen entsprechen.

## Anhang

### **Änderungen/Ergänzungen an Datenbanken**

#### Verfeinerung der Verteilparameter Landwirtschaft - Verbesserung Verteilparameter Stallemission -:

- AllYears: T\_DISTRIBUTION\_PARAMETERS „DistributionParameterStables“ als „d\_param\_class\_name“ eingesetzt (P\_Milch, P\_A\_Rinder, P\_Schweine, P\_A\_Tiere)
- Data\Jahr: F\_STABLES\_DISTRICT hinzugefügt (1990 bis 2015)

#### Aktualisierung Verteilparameter Landwirtschaft:

- Data\Jahr: F\_DISTRICTS aktualisiert (1990 bis 2015)

#### Vermeidung von Doppelzählungen:

- AllYears: T\_NFR\_CODES: Feld „Factor\_PRTR\_Rest“ eingefügt und mit 1 vorbelegt.
- AllYears: T\_DISTRIBUTION\_PARAMETERS: „spatial\_source\_fieldname“ bei Landwirtschaft modifiziert (nun ohne [PRTR]).

#### Häfen:

- AllYears: F\_HARBOUR eingefügt
- AllYears: T\_DISTRIBUTION\_PARAMETERS: „P\_Haefen“ eingefügt

#### Internationale Schifffahrt:

- AllYears bzw. Data\Jahr: „F\_INAT\_SHIPPING“ eingefügt