

Gridding Emission Tool for ArcGIS (GRETA)

Weiterentwicklungen 2023 / 2024

Dokumentation, Stand 20.6.2024

Gridding Emission Tool for ArcGIS (GRETA)

Weiterentwicklungen 2023 / 2024

Dokumentation, Stand 20.6.2024

(uba1423gretaw3)

GRETA-AddIn Version: 1.5.4.3; ArcGIS 10.8.2

Bearbeitung:

Michael Pelzer

Nicola Toenges-Schuller

Christiane Schneider

Aachen, Juni 2024

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

<http://www.avisogmbh.de>



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Arbeitspaket 1 – Aufbau Datenbasen 2019 und 2021	4
2.1	Ausgangslage und Zielsetzung	4
2.2	Vorgehensweise und technische Umsetzung	4
3	Arbeitspaket 2 – Berücksichtigung Fährverkehr (Sektor 1A3dii)	6
3.1	Ausgangslage und Zielsetzung	6
3.2	Vorgehensweise.....	6
3.3	Technische Umsetzung.....	7
4	Arbeitspaket 3 – konzeptionelle Überarbeitung der Verteilung des Straßenverkehrs.....	8
4.1	Ausgangslage und Zielsetzung	8
4.2	Vorgehensweise.....	10
4.3	Technische Umsetzung.....	14
5	Arbeitspaket 4 – Aktualisierung / Erweiterung Verteilung Landwirtschaft.....	15
5.1	Aktualisierung Zeitreihe	15
5.1.1	Ausgangslage und Zielsetzung	15
5.1.2	Vorgehensweise und technische Umsetzung	15
5.2	Sonderfall Hamburg	17
5.2.1	Ausgangslage und Zielsetzung	17
5.2.2	Vorgehensweise.....	17
5.3	Erweiterung Treibhausgase.....	18
5.3.1	Ausgangslage und Zielsetzung	18
5.3.2	Vorgehensweise und technische Umsetzung	18
5.4	Recherche Verteilung der Emissionen von Pflanzenschutzmitteln (PSM).....	19
5.4.1	Ausgangslage und Zielsetzung	19
5.4.2	Mögliche Vorgehensweise	19
6	Arbeitspaket 5 – Aktualisierung der Verteilung von Hausbrandemissionen	24
6.1	Ausgangslage und Zielsetzung	24
6.2	Vorgehensweise.....	24
6.2.1	Beiträge der Brennstoffe zu den Gesamtemissionen.....	24
6.2.2	Verteilparameter Holzfeuerungen.....	25
6.3	Technische Umsetzung.....	28
6.3.1	Verteilparameter Holz.....	28

7	Arbeitspaket 6 – Automatisierung Szenarien.....	30
7.1	Ausgangslage und Zielsetzung	30
7.2	Vorgehensweise.....	30
8	Arbeitspaket 7 – Gasverteiler	31
8.1	Ausgangslage und Zielsetzung	31
8.2	Vorgehensweise.....	31
9	Arbeitspaket 8 – Technische Anpassungen.....	32
9.1	Anpassungen Export.....	32
9.1.1	Ausgangslage und Zielsetzung	32
9.1.2	Vorgehensweise.....	32
9.2	Anpassungen Zwischenlayer.....	32
9.2.1	Ausgangslage und Zielsetzung	32
9.2.2	Vorgehensweise und technische Umsetzung	32
9.3	Basisverzeichnis	32
9.3.1	Ausgangslage und Zielsetzung	32
9.3.2	Vorgehensweise und technische Umsetzung	33
9.4	GNFR / SNAP in RASTER_EMI.....	33
9.4.1	Ausgangslage und Zielsetzung	33
9.4.2	Vorgehensweise und technische Umsetzung	33
10	LULUCF-Layer.....	34
10.1	Ausgangslage und Zielsetzung	34
10.1.1	Vorgehensweise.....	34
10.1.2	Technische Umsetzung.....	34

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 früher 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.

In den vergangenen Jahren hat sich GRETA zu einem nationalen Standard entwickelt. Aufgrund von Anpassungen im Emissionsinventar, neuer Anforderungen (beispielsweise Verteilung von Treibhausgasemissionen) sowie notwendiger Verbesserungen in der räumlichen Verteilung muss GRETA stetig weiterentwickelt werden.

Im Folgenden findet sich die Dokumentation der aktuell umgesetzten Arbeitspakete zur Verbesserung und Weiterentwicklung von GRETA.

2 Arbeitspaket 1 – Aufbau Datenbasen 2019 und 2021

2.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Der räumlichen Verteilung der Emissionen liegen verschiedene Datenbasen 1990 – 2015 zu Grunde, um auch zeitliche Veränderungen in den Verteilungen berücksichtigen zu können. In Abhängigkeit von der Datenverfügbarkeit werden Datensätze jährlich oder in 5-Jahresscheiben aktualisiert. Aufgrund der Corona-Krise im Jahr 2020 und der damit verbundenen Maßnahmen wurde neben der Datenbasis für 2021 zusätzlich eine Datenbasis für das Jahr 2019 („normales Jahr“) aufgebaut.

2.2 Vorgehensweise und technische Umsetzung

Auf Grundlage der GRETA-Datenbank für das Jahr 2020 wurden Datenbasen für die Jahre 2019 und 2021 erstellt.

Der zur Verteilung der Emissionen des Straßenverkehrs relevante Layer „F_ROAD“ wurde für die Jahre 2019 und 2021 neu aufgebaut. Es erfolgte eine Aktualisierung der für die Emissionsverteilung relevante Verkehrsbelastung auf Basis der Straßenverkehrszählung 2021. Aufgrund der Verschiebung der SVZ 2020 in das Jahr 2021 wurden auch für das Jahr 2019 Verkehrskenngrößen ermittelt (s. BASt-Bericht V 365). Diese wurden verwendet, um auch für 2019 eine verkehrliche Datenbasis zur Ableitung von Verteilparametern für GRETA aufzubauen. Die genannten Daten liegen lediglich für die Bundesfernstraßen vor, für das verbleibende Streckennetz erfolgte eine Aktualisierung mittels eines neuen Verfahrens (s. Arbeitspaket 3 – konzeptionelle Überarbeitung der Verteilung des Straßenverkehrs).

Im Zuge der Erstellung der Datenbasen für die Jahre 2019 und 2021 erfolgte ebenfalls eine Aktualisierung der im Layer „F_DISTRICTS“ auf Kreisebene hinterlegten Verteilparameter. Hierzu wurden eine Auswertung und Aufbereitung der beim statistischen Bundesamt erhältlichen Wirtschaftsstatistiken (WZ08) für die Jahre 2019 und 2021 durchgeführt. Es wurden die Verteilparameter auf Basis der Bereiche „Erwerbstätige nach Wirtschaftsbereichen; 13312-01-05-4“, „Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte; 13111-07-05-4 “ und „Beschäftigte nach Wirtschaftsbereichen; 42111-02-03-4“ aktualisiert. Für den Bereich „National fishing“ / NFR 1A4cii lagen keine neuen Informationen vor (steuerbarer Umsatz; 73311-01-01-4). Zusätzlich erfolgte eine Aktualisierung des auf den kreisweisen Einwohnerzahlen basierenden Verteilparameters.

Im finalen Arbeitsschritt der räumlichen Verteilung der Emissionen werden in GRETA bei der Verteilung auf Flächenquellen die Landbedeckungs- und Nutzungsdaten herangezogen. Diese liegen auf Kreis- und Gemeindeebene vor („F_DISTRICTS_CLC“ und „F_COMMUNES_CLC“). Es war eine Aktualisierung auf CORINE Land Cover 2018 (Auflösung 5ha) vorgesehen.

Für die Gemeindeebene konnte die Aktualisierung erfolgreich durchgeführt werden. Wegen der höher aufgelösten Geometriedaten erhöht sich die Rechenzeit bei der Verteilung und Rasterung etwa um den Faktor 3. Auf Kreisebene war eine Aktualisierung aus diesem Grund nicht möglich. Der erzeugte Layer „F_DISTRICTS_CLC“ ist von GRETA nicht mehr verarbeitbar. Grund sind die zu vielen Stützpunkte der Polygonflächen. Auch ein manueller Verschnitt von „F_DISTRICTS_CLC“ mit dem Zielraster unter Verwendung der ArcGIS-Toolbox schlug fehl. Offensichtlich ist hier ein ArcGIS-Limit erreicht. Eine bereits diskutierte Lösungsmöglichkeit wäre die Verwendung nur eines CLC-Layers für Kreis- und Gemeindeebene. Dieser entspräche dann dem im ArcGIS verarbeitbaren Layer „F_DISTRICTS_COMMUNES“ mit zusätzlicher Information zur Kreiszugehörigkeit. Hierzu müssten auch die Verteilparameterklassen im Code entsprechend angepasst werden.

Der zur Verteilung der Emissionen aus dem Flugverkehr u.a. verwendete Layer „F_FLIGHT_AREA“ wurde für den Flughafen Frankfurt überarbeitet. Es wurden neue Funnel (An-/ Abflugtrichter) für die Nordwestbahn und für die Hauptbahnen aufgenommen. Zusätzlich wurde ein Trichter nach Süd/Ost ergänzt. Der Flughafen Berlin-Schönefeld geht komplett in BER über, inklusive der ICAO-Kennung (EDDB). Die Trichter für BER wurden um bislang nicht enthaltene ergänzt.

Eine Aktualisierung der Verteilparameter für den Schienenverkehr (Layer „F_RAIL“) für die Jahre 2019 und 2021 wurde auf Grundlage der Daten der DB-Umwelt GmbH (vom UBA zur Verfügung gestellt) durchgeführt. Im Vergleich zum bisher verwendeten Layer (bis 2015) enthält der neue Layer statt 38.005 nur noch 9.706 Abschnitte. Aus den je Streckenabschnitt vorliegenden Emissionsdaten wurden die DS-Felder gebildet und anschließend das Streckennetz als bereinigter „F_RAIL“-Layer den GRETA-Datenbanken für 2019 und 2021 hinzugefügt.

3 Arbeitspaket 2 – Berücksichtigung Fährverkehr (Sektor 1A3dii)

3.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Aktuell werden die Emissionen des NFR-Sektors 1A3dii ausschließlich auf die Schifffahrtlinienquellen der Binnenschifffahrt verteilt. Da der Sektor aber auch den nationalen Seeverkehr (Fährverbindungen auf Nord- und Ostsee) sowie Hochseebunker enthält, war ein neuer Verteilparameter in GRETA für den nationalen Seeverkehr zu implementieren. Hierzu wurde aus einem Datensatz des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) ein neuer Layer abgeleitet, der für die Verteilung der anteiligen Emissionen verwendet wird. Dieser Layer ist in der GRETA-Datenbank hinterlegt und eine entsprechende Verteilparameter-Klasse umgesetzt.

Die erforderlichen Daten des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie wurden vom UBA als netCDF-Datei bereitgestellt.

3.2 Vorgehensweise

Die vom BSH vorliegende netCDF-Datei wurde zunächst in einen Feature-Layer (Polygon) für ArcGIS umgewandelt. Das einzige Attribut dieses Layers ist die räumliche Verteilung des jährlichen nationalen Treibstoffverbrauches für das Jahr 2021. Da die Daten auch Verbräuche sowohl in internationalen Gewässern als auch in Landbereichen (Geraden zwischen zwei Häfen, ggf. wegen unzureichender AIS-Signale) aufweisen musste eine Beschränkung auf relevante Gebiete erfolgen. Als Kriterien zur Auswahl der relevanten Raster wurden die 12-Meilen Zone (Quelle: VG250, „GF“=1) und die flächenhaften Fließgewässer (Quelle: DLM250, Objektart 44001) gewählt. Die verbliebenen Raster bilden die geometrische Grundlage des neuen Verteilparameters „P_FERRY“ (s. Bild 3.1).

Bisher erfolgte die Verteilung über die Verteilparameter Binnenschiff („P_SCHIFF“; 95%) und Häfen („P_HAEFEN“, 5%). Zukünftig steht ein weiterer Verteilparameter „P_FERRY“ zur Verfügung.

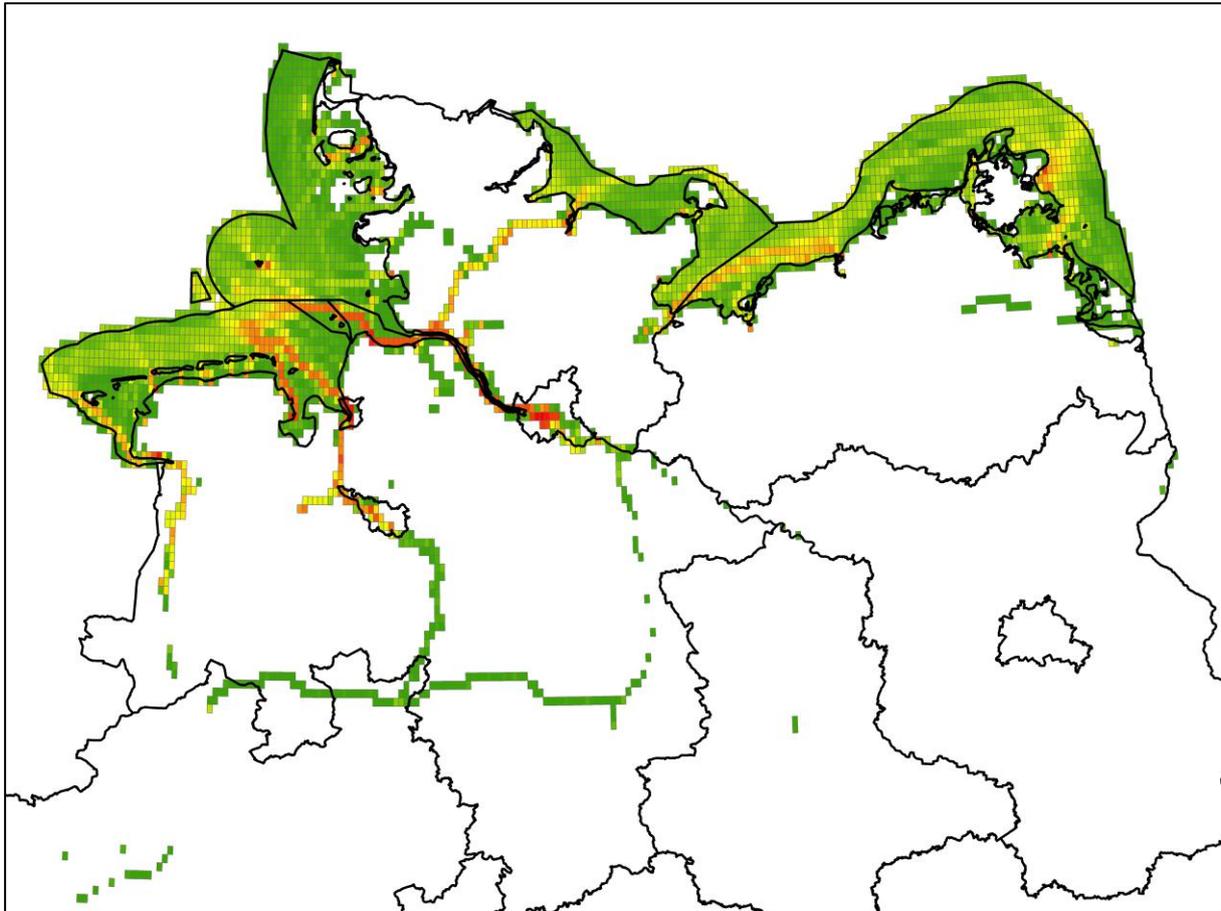


Bild 3.1 : Verteilparameter „P_FERRY“

3.3 Technische Umsetzung

Nachdem der Raster-Layer des BSH mit den Verbrauchsangaben auf die relevanten Bereiche reduziert wurde, erfolgte die Bildung der auf die verbleibende Verbrauchssumme normierten Verteilung („DS_FERRY“) und die Ablage des Layers als „F_FERRY“ in der GRETA-FGDB.

Eine neue Verteilparameterklasse „DistributionParameterFerry“ wurde als abgeleitete Klasse der Basisklasse „BaseDistributionFQ“ implementiert sowie die entsprechenden Einträge zum Zugriff auf diese Klasse in der Tabelle „T_DISTRIBUTION_PARAMETERS“ gesetzt.

OBJECTID	d_param_name	d_param annotation	spatial_source layer	spatial_source fieldname	comment	d_param class name
162	P_WZ08_33	Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen	F_DISTRICTS	DS_WZ08_33	-	DistributionParameterFQ
163	P_WZ08_0609	Wirtschaftsteilung 06, 07, 08, 09 (Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden)	F_DISTRICTS	DS_WZ08_0609	-	DistributionParameterFQ
164	P_WZ08_1332	Ausgewählte Wirtschaftsabteilungen im verarbeitenden Gewerbe	F_DISTRICTS	DS_WZ08_1332	-	DistributionParameterFQ
165	P_EW_DISTRICT	Einwohner Kreisebene	F_DISTRICTS	DS_EW_DISTRICT	-	DistributionParameterFQ
166	P_WZ08_G_U	Dienstleistungsbereich	F_DISTRICTS	DS_WZ08_G_U	-	DistributionParameterFQ
167	P_FISH_DISTRICT	steuerbarer Umsatz Fischerei und Fischzucht	F_DISTRICTS	DS_FISH_DISTRICT	-	DistributionParameterFQ
168	P_WZ08_A	LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, FISCHEREI	F_DISTRICTS	DS_WZ08_A	-	DistributionParameterFQ
169	P_WZ08_F	Baugewerbe	F_DISTRICTS	DS_WZ08_F	-	DistributionParameterFQ
170	P_SMALLCOMB_OEL	Kleinfeuerung, Öl	F_DISTRICTS	DS_SMALLCOMB_OEL	-	DistributionParameterFQ
171	P_SMALLCOMB_GAS	Kleinfeuerung, Gas	F_DISTRICTS	DS_SMALLCOMB_GAS	-	DistributionParameterFQ
172	P_KFZ_DISTRICT	Kfz-Bestand Kreisebene	F_DISTRICTS	DS_KFZ_DISTRICT	-	DistributionParameterFQ
173	P_POWERPLANT_REST	Restemission Kraftwerke (nicht PRTR)	F_DISTRICTS	DS_POWERPLANT	-	DistributionParameterFQ
174	P_Gaerreste	Verteilung der Gaerreste auf die Kreise auf Grundlage der Daten der Uni Gießen	F_DISTRICTS	DS_Gaerreste	-	DistributionParameterFQ
175	P_Haefen	Verteilung von Emissionen auf Hafengebiete	F_HARBOUR	DS_HARBOUR	-	DistributionParameterHarbour
176	P_FERRY	Verteilung Emissionen aus nationalem Seeverkehr (1A3di)	F_FERRY	DS_FERRY	-	DistributionParameterFerry

4 Arbeitspaket 3 – konzeptionelle Überarbeitung der Verteilung des Straßenverkehrs

4.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Evaluierungen mit Landesemissionskatastern (Berlin, Sachsen) haben ergeben, dass GRETA tendenziell zu große Emissionsmengen auf Außerorts-Straßen und zu geringe Emissionen auf Innerorts-Straßen verteilt. Beispiele zeigen die beiden folgenden Bilder.

Grundsätzlich werden in GRETA die nationalen Emissionen des Straßenverkehrs zunächst über die jeweils aktuellen nationalen Emissionen aus TREMOD auf die vier Teilbereiche Autobahnen, Bundesstraßen außerorts, sonstige Außerortsstraßen und Innerortsstraßen verteilt. Die räumliche Verteilung erfolgt dann getrennt für jeden dieser vier Teilbereiche.

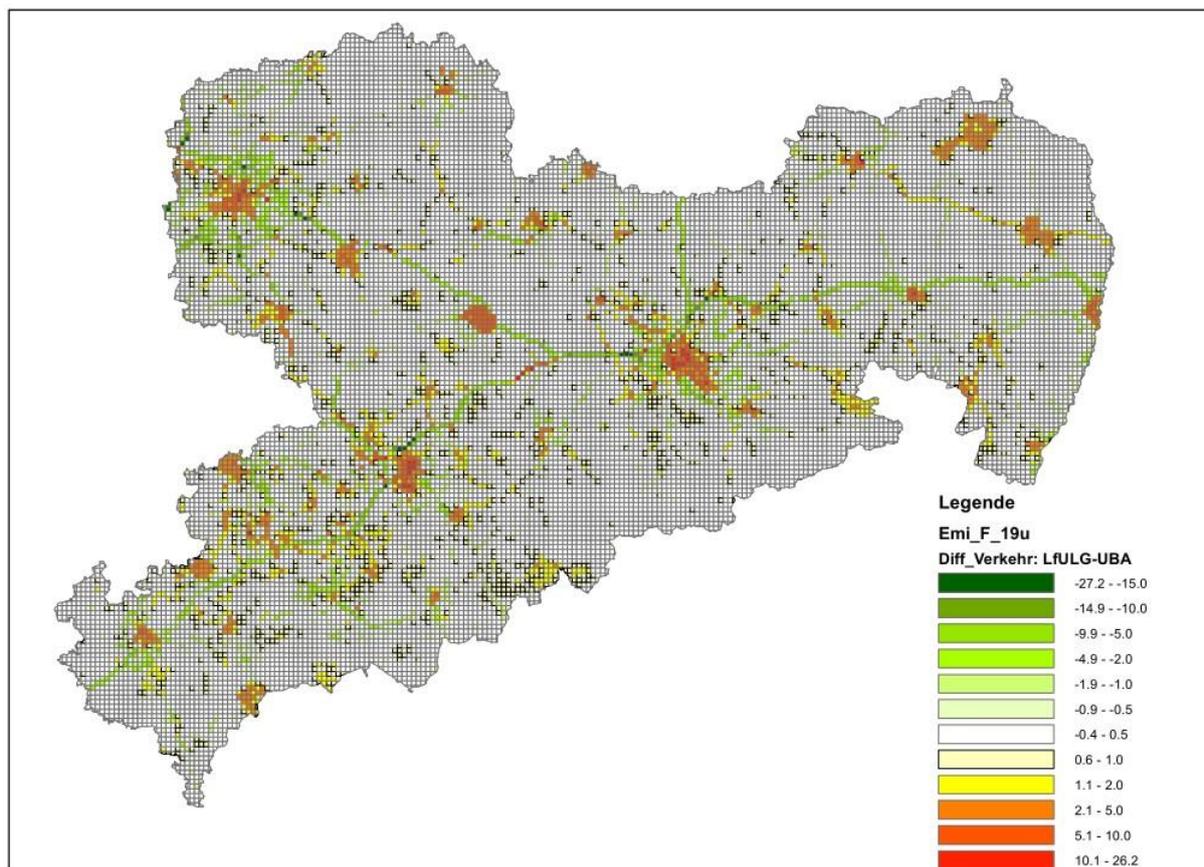


Bild 4.1: NO_x-Straßenverkehrsemissionen Landesemissionskataster Sachsen – GRETA, Quelle: Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft

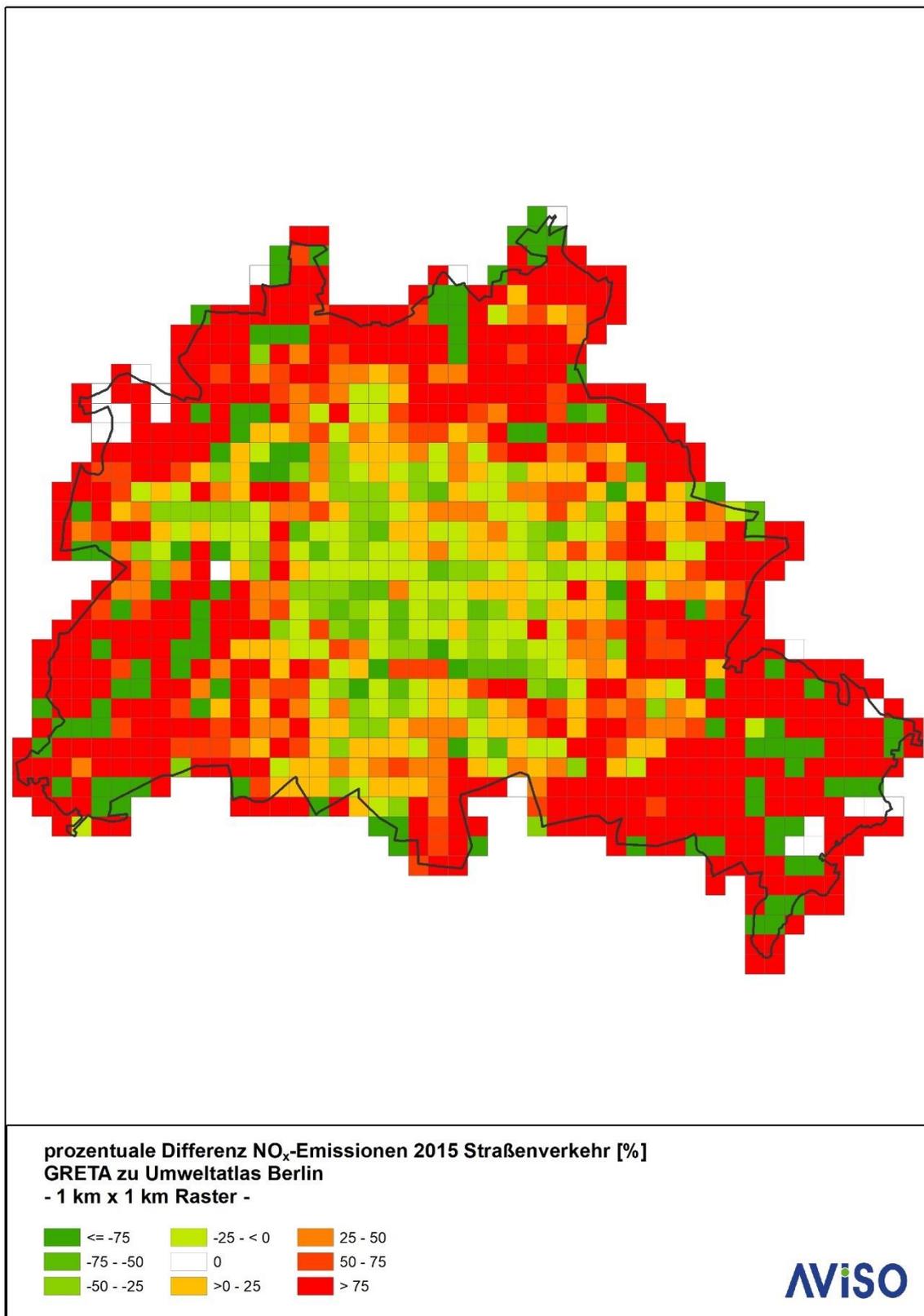


Bild 4.2: prozentuale Differenz NO_x-Emissionen Straßenverkehr GRETA – Umweltatlas Berlin; Quelle: GRETA-Evaluierungen

4.2 Vorgehensweise

Die räumliche Verteilung der Teilbereiche Autobahnen und Bundesstraßen außerorts wurde nicht grundsätzlich verändert, diese basiert auf den aktuellen Verkehrsstärken, die für die Bundesfernstraßen flächendeckend vorliegen.

Aktualisierungen der räumlichen Verteilung wurden für die beiden Teilbereiche restliche Außerortsstraßen und Innerortsstraßen durchgeführt. Diese basieren auf Abschätzungen zur Fahrleistung und werden im Folgenden erläutert.

Bei der Verteilung der Fahrleistung des Straßenverkehrs wurden die Ortslagen „innerorts“ und „außerorts“ unterschieden. Analog zu TREMOD umfasst die Innerorts-Fahrleistung innerörtliche Bundes-, Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen, innerörtliche Autobahnen werden im Rahmen der Autobahnen betrachtet. Die Außerorts-Fahrleistung umfasst außerörtliche Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen, hier werden Bundesstraßen und Autobahnen gesondert betrachtet. Die Verteilung erfolgt zunächst auf die Gemeinden und dann innerhalb der Gemeinden auf die Straßen.

Bereits in der vorherigen GRETA-Version wurden für die Verteilung der Innerorts-Fahrleistung auf die Gemeinden die jeweiligen Einwohner als erklärende Variable verwendet, dies wurde hier im ersten Schritt beibehalten. Als Datensatz zur Ableitung der Regressionsparameter wurden Innerorts-Fahrleistungen aus landesweiten Emissionskatastern für den Straßenverkehr der Bundesländer Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg herangezogen. Über die Einwohner können in diesem Datensatz über 90% der Varianz sowohl des innerörtlichen Personen- wie des innerörtlichen Güterverkehrs erklärt werden, mehr kann von einer Proxy-Variablen kaum erwartet werden.

Für den Außerortsverkehr wurden in der vorherigen GRETA-Version für die Verteilung auf Gemeinden ebenfalls die Einwohner herangezogen, auch wenn damit nur wenig Varianz erklärt werden konnte. Im Rahmen der Weiterentwicklung wurden verschiedene Variablen getestet, die besten Ergebnisse brachte die außerörtliche Gemeindefläche als erklärende Variable. Als Datensatz zur Ableitung der Regressionsparameter wurden hier Außerorts-Fahrleistungen aus landesweiten Emissionskatastern für den Straßenverkehr der Bundesländer Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg und Thüringen herangezogen. In diesem Datensatz können mit diesem Ansatz immerhin mehr als 50% der Varianz des außerörtlichen Personen- wie des außerörtlichen Güterverkehrs erklärt werden.

Zur besseren Berücksichtigung lokaler Gegebenheiten wurden in weiteren Schritten Korrekturen durchgeführt:

- Für den innerörtlichen Pkw-Verkehr wurde eine Korrektur eingefügt, um den Motorisierungsgrad, d.h. die Anzahl zugelassener Pkw pro Einwohner, zu

berücksichtigen. Die zugelassenen Pkw auf Zulassungsbezirksebene sind beim KBA¹ erhältlich. Zum Beispiel lag der Motorisierungsgrad im Jahr 2023 in Berlin bei 338 Pkw je 1.000 Einwohner, in Wolfsburg bei 981 Pkw je 1.000 Einwohner und in Deutschland gesamt bei 585 981 Pkw je 1.000 Einwohner.

- Weiterhin wurde eine Korrektur durchgeführt, um die unterschiedlichen Gemeindetypen zu berücksichtigen. Dazu wurden die Gemeinden entsprechend der regionalstatistischen Raumtypologie (RegioStaR17, siehe Tab. 4.1) klassifiziert. Dazu wurde bestimmt, wie sich der mittlere DTV pro RegioStaR17 Gemeinde vom mittleren DTV pro Gemeinde in Deutschland gesamt unterscheidet. Dazu wurden Korrekturfaktoren jeweils getrennt für innerorts und außerorts sowie für den Personen- und den Güterverkehr abgeleitet. Diese Korrekturfaktoren haben insgesamt den Effekt, dass Fahrleistung vom ländlichen in den städtischen Raum und von Kleinstädten in die Metropolen verteilt wird.

Tab. 4.1: Regionalstatistische Raumtypologie 17 für die Mobilitäts- und Verkehrsforschung – Gemeindetypen; Quelle: www.bmvi.de

111	Metropole in metropolitaner Stadtregion
112	Großstadt in metropolitaner Stadtregion
113	Mittelstadt in metropolitaner Stadtregion
114	Städtischer Raum in metropolitaner Stadtregion
115	Kleinstädtischer, dörflicher Raum in metropolitaner Stadtregion
121	Regiopole in regiopolitaner Stadtregion
123	Mittelstadt in regiopolitaner Stadtregion
124	Städtischer Raum in regiopolitaner Stadtregion
125	Kleinstädtischer, dörflicher Raum in regiopolitaner Stadtregion
211	Zentrale Stadt in stadtreionsnaher ländlicher Region
213	Mittelstadt in stadtreionsnaher ländlicher Region
214	Städtischer Raum in stadtreionsnaher ländlicher Region
215	Kleinstädtischer, dörflicher Raum in stadtreionsnaher ländlicher Region
221	Zentrale Stadt in peripherer ländlicher Region
223	Mittelstadt in peripherer ländlicher Region
224	Städtischer Raum in peripherer ländlicher Region
225	Kleinstädtischer, dörflicher Raum in peripherer ländlicher Region

In Bild 4.3 sind für die Innerorts-Fahrleistung und in Bild 4.4 für die Außerorts-Fahrleistung jeweils in Streudiagrammen auf Gemeindeebene die modellierten Fahrleistungen gegen die

¹ https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/ZulassungsbezirkeGemeinden/zulassungsbezirke_node.html

realen Fahrleistungen aus den landesweiten Emissionskatastern der zur Ableitung der Parameter verwendeten Bundesländer (innerorts: NW und BW, außerorts: NW, BW und TH) dargestellt. Die linken Teilbilder beziehen sich jeweils auf Kfz gesamt, die rechten Teilbilder auf SV. Die oberen Teilbilder beziehen sich jeweils auf die unkorrigierten Regressionsmodelle (innerorts: Regression über Einwohner, außerorts Regression über die Außerortsfläche), die unteren Teilbilder jeweils auf die korrigierten Modelle (innerorts: Kfz gesamt Berücksichtigung Motorisierungsgrad, überall: jeweils Berücksichtigung Gemeindetyp nach RegioStaR17).

Einzelne Gemeinden, die als Ausreißer erkennbar sind, sind jeweils farblich hervorgehoben.

Weiterhin sind lineare Geraden durch den Ursprung angefitzt. Die Steigung zeigt, ob das Modell die Fahrleistung insgesamt über- oder unterschätzt (Bias), bei einer Steigung von eins hätte das Modell keinen Bias. Da die Daten später nur zur Verteilung verwendet werden und der Verteilparameter normiert wird, hätte eine gleichmäßige Abweichung von eins keine Auswirkungen. Der Wert R^2 zeigt jeweils den Anteil an Varianz der realen Fahrleistung, der durch die modellierten Fahrleistungen erklärt wird.

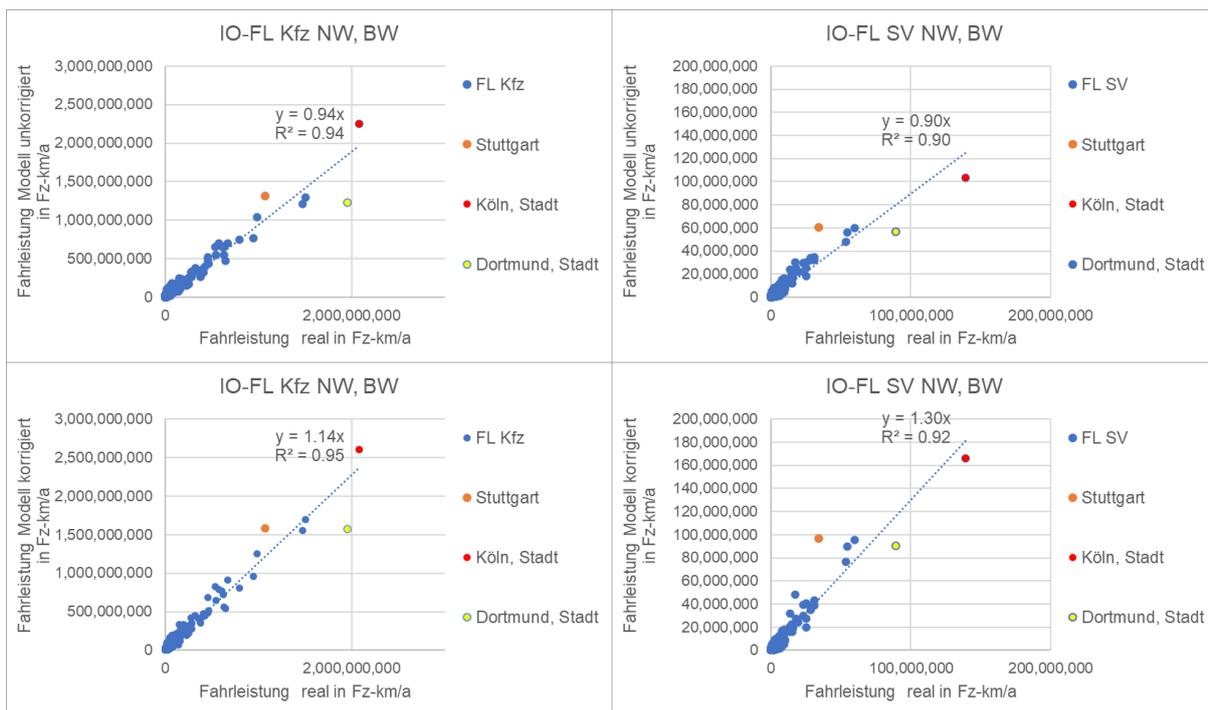


Bild 4.3: Innerörtliche Fahrleistung auf Gemeindeebene: In den Streudiagrammen ist jeweils die Fahrleistung aus dem Regressionsmodell über Einwohner unkorrigiert (oben) und korrigiert (Berücksichtigung Motorisierungsgrad und Gemeindetyp nach RegioStaR17, unten) gegen die reale Fahrleistung aus den landesweiten Emissionskatastern für den Straßenverkehr für den Datensatz aus Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg aufgetragen, und zwar jeweils für Kfz gesamt (links) und SV (rechts); einzelne Gemeinden sind farblich hervorgehoben

Wie oben bereits beschrieben, kann durch die Einwohner bereits ohne weitere Korrekturen über 90% der Varianz der Innerorts-Fahrleistungen erklärt werden. Entsprechend gut ist auch bereits der Zusammenhang zwischen unkorrigiertem Modell und realer Fahrleistung ($R^2 > 90\%$, obere Teilbilder in Bild 4.3). Durch Berücksichtigung des Motorisierungsgrads und des Gemeindetyps können darüber hinaus nur noch geringe Verbesserungen erzielt werden, die Ausreißer (Köln und Stuttgart: Überschätzung der realen Fahrleistung durch das Modell, Dortmund: Unterschätzung der realen Fahrleistung durch das Modell) werden geringfügig abgebildert.

Außerorts wurde die außerörtliche Gemeindefläche als der Parameter identifiziert, mit dem die Fahrleistung am besten erklärt werden kann, die erklärten Varianzen sind jedoch deutlich geringer als innerorts und liegen zwischen 50% und 60% (obere Teilbilder in Bild 4.4). Hier werden durch die Berücksichtigung des Gemeindetyps durch Anwendung von aus RegioStaR17 abgeleiteten Korrekturfaktoren deutliche Verbesserungen erzielt, R^2 steigt auf 82% (Kfz) bzw. 78% (SV). Die Streuung der einzelnen Gemeinden um die Regressionsgerade ist jetzt symmetrischer, auch die Ausreißer liegen näher an der Regressionsgeraden.

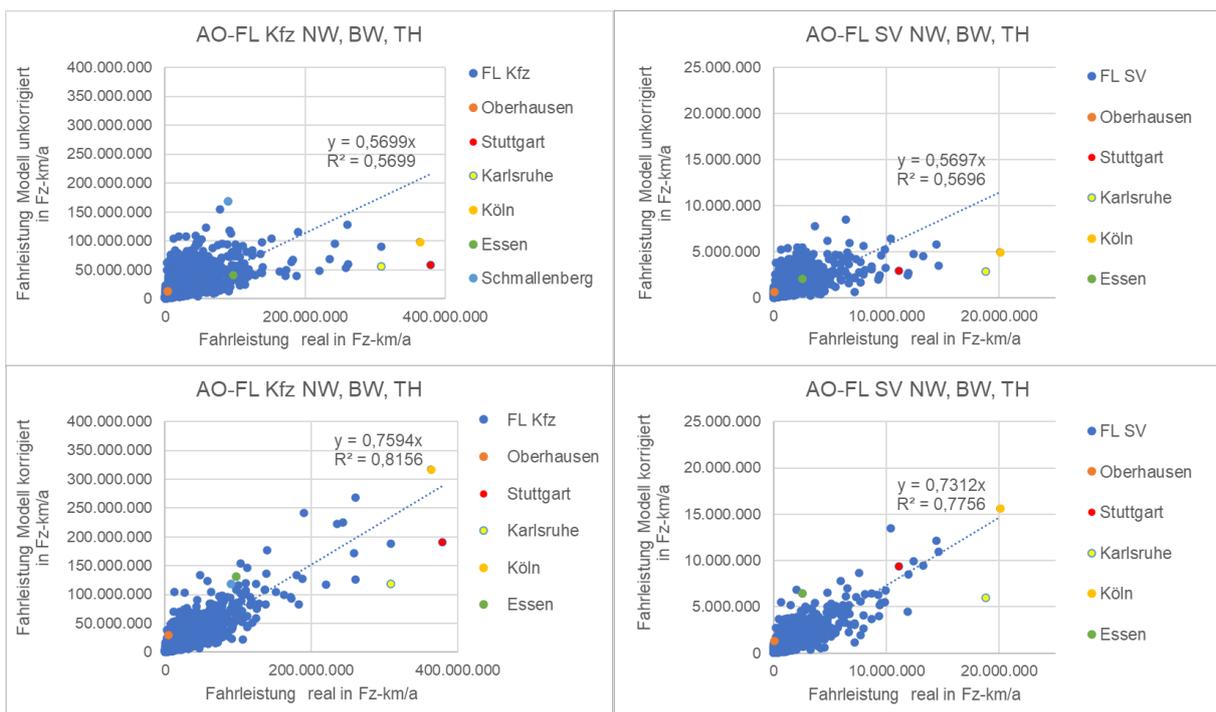


Bild 4.4: Außerörtliche Fahrleistung auf Gemeindeebene: In den Streudiagrammen ist jeweils die Fahrleistung aus dem Regressionsmodell über die Außerortsfläche unkorrigiert (oben) und korrigiert (Berücksichtigung Gemeindetyp nach RegioStaR17, unten) gegen die reale Fahrleistung aus den landesweiten Emissionskatastern für den Straßenverkehr für den Datensatz aus Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg und Thüringen aufgetragen, und zwar jeweils für Kfz gesamt (links) und SV (rechts); einzelne Gemeinden sind farblich hervorgehoben

Innerhalb der Gemeinden wird die innerörtliche Fahrleistung zunächst gleichmäßig auf die Strecken verteilt. Erhebungen zeigen eine stärkere Konzentration auf den inneren Ortskern. Dieser wird daher gegenüber dem Außenbereich mit einem Faktor 1,5 stärker gewichtet.

Weiterhin werden Unterschiede der Fahrleistung für die verschiedenen Straßentypen (Bundesstraßen, Landesstraßen, gemeinsame Betrachtung von Kreis- und Gemeindestraßen) berücksichtigt. Aus den Eingangsdatensätzen ergaben sich folgende Verhältnisse:

Innerorts:

Kfz: B zu L zu K/G wie 2,73 zu 1,51 zu 1

SV: B zu L zu K/G wie 3,99 zu 1,52 zu 1

Außerorts:

Kfz: L zu K/G wie 1,94 zu 1

SV: L zu K/G wie 2,32 zu 1

Diese Verhältnisse wurden bundesweit übernommen, dann wurde pro Kommune der Verteilparameter normiert.

4.3 Technische Umsetzung

Zunächst wurden alle für die Anwendung des oben beschriebenen Verfahrens erforderlichen Attribute und Parameter den Streckenabschnitten im Straßennetz per GIS zugespielt. Neben den 2021er Gemeinde- und Kreiskennungen waren dies die Einwohnerzahlen, der außerörtliche Flächenanteil der Gemeinde und eine Kennung „Kernbereich“. Als Kernbereich wurden Flächen mit dem CLC-Code 111 (Durchgängig städtische Prägung) gewählt.

Zusammen mit den in einem separaten Arbeitsschritt bereits zugeordneten Verkehrsbelastungen der Straßenverkehrszählungen 2021 und 2019 (s. Arbeitspaket 1 – Aufbau Datenbasen 2019 und 2021) lagen somit alle erforderlichen Informationen zur Berechnung der Fahrleistung vor. Der Arbeitsablauf von der Berechnung der Fahrleistung je Gemeinde für den Innerorts-Bereich, die nach Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen differenzierten Außerorts-Bereiche, über die Übernahme der streckenbezogenen Fahrleistungen für die Bundesfernstraßen bis hin zur finalen Bildung der Verteilparameter erfolgte mittels einer Abfrageserie in einer PGDB (MS-Access).

Im letzten Schritt wurden die gebildeten Verteilparameter dem F_ROAD-Layer zugespielt.

5 Arbeitspaket 4 – Aktualisierung / Erweiterung Verteilung Landwirtschaft

5.1 Aktualisierung Zeitreihe

5.1.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Aufgrund grundlegender Änderungen in der Berechnung der Landwirtschaftsemissionen auf Seiten des Thünen-Institutes (TI) waren die Verteilparameter der Landwirtschaft (NFR-Sektoren unter 3) zu überarbeiten.

Die Emissionen des TI wurden als Excel-Tabellen auf Kreisebene bereitgestellt. Diese wurden mit den Kreisen verschnitten und die jeweiligen Anteile wurden den GRETA-Verteilparametern entsprechend der Definition zugeordnet. Hierbei wurde die Zeitreihe 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015, 2019, 2021 berücksichtigt.

5.1.2 Vorgehensweise und technische Umsetzung

Zunächst wurde in Abstimmung mit dem UBA und TI die finale Zuordnung der bereitgestellten Emissionen zu den NFR-Sektoren und Verteilparametern definiert (s. *Bild 5.1: Zuordnung TI-Felder zu Verteilparametern*). Für einige NFR-Sektoren waren Mittelwerte der TI-Daten zu bilden. Im Zuge dieser Arbeiten wurden teilweise neue Verteilparameternamen und entsprechende DS-Feldnamen vergeben.

Es wurden nur die durch Thünen-Daten versorgten NFR/Schadstoff-Kombinationen als Verteilparameter abgelegt (s. Bild 5.2). Alle übrigen Kombinationen haben entweder keine oder vernachlässigbar geringe Anteile an den Gesamtemissionen aus Landwirtschaft. Diese Kombinationen werden mittels „DS_LANDW_DEFAULT“ verteilt. Dieser Verteilparameter entspricht „DS_CLCGrp5_agricultural“. Durch diese Vorgehensweise reduziert sich die Anzahl der in den F_DISTRICTS-Layern abgelegten Verteilparameter drastisch von 525 auf 65, da nun nicht mehr alle theoretisch möglichen, faktisch aber größtenteils nie vorkommenden, Kombinationen im Vorfeld mit geeigneten Daten versorgt werden müssen.

An die neuen Verteilparameter angepasst wurden die beiden Tabellen „T_DISTRIBUTION_PARAMETERS“ und „T_SELECTED_DISTRIBUTION_PARAMETERS“.

Die vom Thünen-Institut bereitgestellten Emissionen liegen für alle Jahre einheitlich differenziert für 429 Kreise vor. Da in GRETA Kreis-/ Gemeindereformen berücksichtigt werden, passen die GRETA-Kreise der unterschiedlichen Jahre nicht zu den Thünen-Kreisen. Dieser Umstand war bereits bei der letzten Aktualisierung gegeben und wurde mittels einer für jedes Jahr erstellten Mapping-Tabelle für die Kreisnummern behandelt.

Zur Bildung der Verteilparameter für das Jahr 2019 wurden die TI-Daten des Jahres 2020 herangezogen.

Feldname	NFR_Sektor(en)	TODO	Schadstoff	Verteilparametername	DS_Name
3A_DC_CH4	3A	mittel	CH4	P_VERDAUUNG	DS_CH4_VERDAUUNG
3A_NDC_CH4	3A		CH4	P_VERDAUUNG	
3A_P_CH4	3A		CH4	P_VERDAUUNG	
3A_OA_CH4	3A		CH4	P_VERDAUUNG	
3B_DC_CH4	3B1a		CH4	P_MM_MILCH	DS_CH4_MM_MILCH
3B_NDC_CH4	3B1b		CH4	P_MM_A_RINDER	DS_CH4_MM_A_RINDER
3B_P_CH4	3B3		CH4	P_MM_SCHWEINE	DS_CH4_MM_SCHWEINE
3B_OA_CH4	3B2, 3B4d, 3B4e, 3B4gi, 3B4gii, 3b4giii, 3B4giv		CH4	P_MM_A_TIERE	DS_CH4_MM_A_TIERE
3B_DC_N2O	3B1a		N2O	P_MM_MILCH	DS_N2O_MM_MILCH
3B_NDC_N2O	3B1b		N2O	P_MM_A_RINDER	DS_N2O_MM_A_RINDER
3B_P_N2O	3B3		N2O	P_MM_SCHWEINE	DS_N2O_MM_SCHWEINE
3B_OA_N2O	3B2, 3B4d, 3B4e, 3B4gi, 3B4gii, 3b4giii, 3B4giv		N2O	P_MM_A_TIERE	DS_N2O_MM_A_TIERE
3B_DS_N2O	3B5	mittel	N2O	P_MM_INDIREKT	DS_N2O_MM_INDIREKT
3B_LS_N2O	3B5		N2O	P_MM_INDIREKT	
3B_DC_NH3	3B1a		NH3	P_MM_MILCH	DS_NH3_MM_MILCH
3B_NDC_NH3	3B1b		NH3	P_MM_A_RINDER	DS_NH3_MM_A_RINDER
3B_P_NH3	3B3		NH3	P_MM_SCHWEINE	DS_NH3_MM_SCHWEINE
3B_OA_NH3	3B2, 3B4d, 3B4e, 3B4gi, 3B4gii, 3b4giii, 3B4giv		NH3	P_MM_A_TIERE	DS_NH3_MM_A_TIERE
3Da2a_DC_NH3	3Da2a	mittel	NH3	P_BODEN_WIRTSCHAFTSDUENGER	DS_NH3_BODEN_WIRTSCHAFTSDUENGER
3Da2a_NDC_NH3	3Da2a		NH3	P_BODEN_WIRTSCHAFTSDUENGER	
3Da2a_P_NH3	3Da2a		NH3	P_BODEN_WIRTSCHAFTSDUENGER	
3Da2a_OA_NH3	3Da2a		NH3	P_BODEN_WIRTSCHAFTSDUENGER	
3Da3_DC_NH3	3Da3	mittel	NH3	P_WEIDE	DS_NH3_WEIDE
3Da3_NDC_NH3	3Da3		NH3	P_WEIDE	
3Da3_P_NH3	3Da3		NH3	P_WEIDE	
3Da3_OA_NH3	3Da3		NH3	P_WEIDE	
3B_DC_NO	3B1a		NO	P_MM_MILCH	DS_NO_MM_MILCH
3B_NDC_NO	3B1b		NO	P_MM_A_RINDER	DS_NO_MM_A_RINDER
3B_P_NO	3B3		NO	P_MM_SCHWEINE	DS_NO_MM_SCHWEINE
3B_OA_NO	3B2, 3B4d, 3B4e, 3B4gi, 3B4gii, 3b4giii, 3B4giv		NO	P_MM_A_TIERE	DS_NO_MM_A_TIERE
3B_DC_NMVOC	3B1a		NMVOC	P_MM_MILCH	DS_NMVOC_MM_MILCH
3B_NDC_NMVOC	3B1b		NMVOC	P_MM_A_RINDER	DS_NMVOC_MM_A_RINDER
3B_P_NMVOC	3B3		NMVOC	P_MM_SCHWEINE	DS_NMVOC_MM_SCHWEINE
3B_OA_NMVOC	3B2, 3B4d, 3B4e, 3B4gi, 3B4gii, 3b4giii, 3B4giv		NMVOC	P_MM_A_TIERE	DS_NMVOC_MM_A_TIERE
3B_DC_TSP	3B1a		TSP	P_MM_MILCH	DS_TSP_MM_MILCH
3B_NDC_TSP	3B1b		TSP	P_MM_A_RINDER	DS_TSP_MM_A_RINDER
3B_P_TSP	3B3		TSP	P_MM_SCHWEINE	DS_TSP_MM_SCHWEINE
3B_OA_TSP	3B2, 3B4d, 3B4e, 3B4gi, 3B4gii, 3b4giii, 3B4giv		TSP	P_MM_A_TIERE	DS_TSP_MM_A_TIERE
3B_DC_PM10	3B1a		PM10	P_MM_MILCH	DS_PM10_MM_MILCH
3B_NDC_PM10	3B1b		PM10	P_MM_A_RINDER	DS_PM10_MM_A_RINDER
3B_P_PM10	3B3		PM10	P_MM_SCHWEINE	DS_PM10_MM_SCHWEINE
3B_OA_PM10	3B2, 3B4d, 3B4e, 3B4gi, 3B4gii, 3b4giii, 3B4giv		PM10	P_MM_A_TIERE	DS_PM10_MM_A_TIERE
3B_DC_PM2_5	3B1a		PM2_5	P_MM_MILCH	DS_PM2_5_MM_MILCH
3B_NDC_PM2_5	3B1b		PM2_5	P_MM_A_RINDER	DS_PM2_5_MM_A_RINDER
3B_P_PM2_5	3B3		PM2_5	P_MM_SCHWEINE	DS_PM2_5_MM_SCHWEINE
3B_OA_PM2_5	3B2, 3B4d, 3B4e, 3B4gi, 3B4gii, 3b4giii, 3B4giv		PM2_5	P_MM_A_TIERE	DS_PM2_5_MM_A_TIERE
3Da1_FA_N2O	3Da1		N2O	P_BODEN_MINERALDUENGER	DS_N2O_BODEN_MINERALDUENGER
3Da2a_MA_N2O	3Da2a		N2O	P_BODEN_WIRTSCHAFTSDUENGER	DS_N2O_BODEN_WIRTSCHAFTSDUENGER
3Da2b_SSL_N2O	3Da2b		N2O	P_BODEN_KLAERSCHLAMM	DS_N2O_BODEN_KLAERSCHLAMM
3Da2c_OO_N2O	3Da2c		N2O	P_BODEN_GAERRESTE	DS_N2O_BODEN_GAERRESTE
3Da3_GA_N2O	3Da3		N2O	P_WEIDE	DS_N2O_WEIDE
3Da4_CR_N2O	3Da4		N2O	P_BODEN_ERNTE	DS_N2O_BODEN_ERNTE
3Da5_Mi_N2O	3Da5		N2O	P_BODEN_MINERALISIERUNG	DS_N2O_BODEN_MINERALISIERUNG
3Da6_HI_N2O	3Da6		N2O	P_BODEN_HISTOSOLE	DS_N2O_BODEN_HISTOSOLE
3Db1_ID_N2O	3Db1		N2O	P_BODEN_INDIREKT_ABLAGERUNG	DS_N2O_BODEN_INDIREKT_ABLAGERUNG
3Db2_IL_N2O	3Db2		N2O	P_BODEN_INDIREKT_AUSWASCHUNG	DS_N2O_BODEN_INDIREKT_AUSWASCHUNG
3J_ADS_N2O	3J		N2O	P_GAERRESTE	DS_N2O_GAERRESTE
3J_ADIS_N2O	(nicht relevant, da identisch zu 3J_AS_N2O)	verwerfen	N2O	P_GAERRESTE	
3Da1_FA_NH3	3Da1		NH3	P_BODEN_MINERALDUENGER	DS_NH3_BODEN_MINERALDUENGER
3Da2b_SSL_NH3	3Da2b		NH3	P_BODEN_KLAERSCHLAMM	DS_NH3_BODEN_KLAERSCHLAMM
3Da2c_OO_NH3	3Da2c		NH3	P_BODEN_GAERRESTE	DS_NH3_BODEN_GAERRESTE
3J_ADS_NH3	3J		NH3	P_GAERRESTE	DS_NH3_GAERRESTE
3Da1_FA_NO	3Da1		NO	P_BODEN_MINERALDUENGER	DS_NO_BODEN_MINERALDUENGER
3Da2a_MA_NO	3Da2a		NO	P_BODEN_WIRTSCHAFTSDUENGER	DS_NO_BODEN_WIRTSCHAFTSDUENGER
3Da2b_SSL_NO	3Da2b		NO	P_BODEN_KLAERSCHLAMM	DS_NO_BODEN_KLAERSCHLAMM
3Da2c_OO_NO	3Da2c		NO	P_BODEN_GAERRESTE	DS_NO_BODEN_GAERRESTE
3Da3_GA_NO	3Da3		NO	P_WEIDE	DS_NO_WEIDE
3J_ADS_NO	3J		NO	P_GAERRESTE	DS_NO_GAERRESTE
3D_PL_PM10	3Dc, 3Dd, 3De		PM10	P_BODEN_ALG	DS_PM10_BODEN_ALG
3D_PL_PM2_5	3Dc, 3Dd, 3De		PM2_5	P_BODEN_ALG	DS_PM2_5_BODEN_ALG
3D_PL_TSP	3Dc, 3Dd, 3De		TSP	P_BODEN_ALG	DS_TSP_BODEN_ALG
3D_PL_NMVOC	3Dc, 3Dd, 3De		NMVOC	P_BODEN_ALG	DS_NMVOC_BODEN_ALG
3J_ADS_CH4	3J		CH4	P_GAERRESTE	DS_CH4_GAERRESTE
3H_UA_CO2	3H		CO2	P_BODEN_HARNSTOFF	DS_CO2_BODEN_HARNSTOFF
3G_LLD_CO2	3G		CO2	P_BODEN_KALKUNG	DS_CO2_BODEN_KALKUNG
3I_LC_CO2	3I		CO2	P_BODEN_KALKUNG_CAN	DS_CO2_BODEN_KALKUNG_CAN

Bild 5.1: Zuordnung TI-Felder zu Verteilparametern

Anzahl Landwirtschaft DPs (Thünen-Daten)	CH4	CO2	N2O	NH3	NMVOC	NO	PM10	PM2.5	TSP
3A	4								
3B1a	1		1	1	1	1	1	1	1
3B1b	1		1	1	1	1	1	1	1
3B2, 3B4d, 3B4e, 3B4gi, 3B4gii, 3b4giii, 3B4giv	1		1	1	1	1	1	1	1
3B3	1		1	1	1	1	1	1	1
3B5			2						
3Da1			1	1		1			
3Da2a			1	4		1			
3Da2b			1	1		1			
3Da2c			1	1		1			
3Da3			1	4		1			
3Da4			1						
3Da5			1						
3Da6			1						
3Db1			1						
3Db2			1						
3Dc, 3Dd, 3De					1		1	1	1
3G		1							
3H		1							
3I		1							
3J	1		1	1		1			
mitteln über absolute Emission									

Bild 5.2: mit Thünen-Daten versorgte NFR/Schadstoff-Kombinationen (angegeben ist jeweils die Anzahl der TI-Verteilungen)

5.2 Sonderfall Hamburg

5.2.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Bei der Verteilung der Emissionen der Landwirtschaft ist in den Evaluationen aufgefallen, dass GRETA zu viel Emissionen auf das Gebiet Hamburgs verteilt. In einem ersten Schritt wurde untersucht, wodurch diese wahrscheinliche Überschätzung (ggf. Ursache TI oder Verteilparameter, Sonderbehandlung von Hafenstädten wg. „Düngeumschlag“) in der Verteilung entsteht. In einem zweiten Schritt sollte ein angepasstes Verfahren für das Hamburger Gebiet entwickelt und nach Abstimmung mit dem UBA umgesetzt werden.

5.2.2 Vorgehensweise

Vergleichsberechnungen mit den im Rahmen dieser Aktualisierung verwendeten und für GRETA aufbereiteten neuen TI-Daten zur Verteilung der Emissionen der Landwirtschaft haben gezeigt, dass sich die Überschätzung offensichtlich jetzt nicht mehr zeigt.

5.3 Erweiterung Treibhausgase

5.3.1 Ausgangslage und Zielsetzung

GRETA wurde in den vergangenen Jahren um Treibhausgase (THG) erweitert. Zur besseren Verteilung dieser Emissionen stellt das TI ebenfalls kreisweise Informationen in der im Arbeitspaket 4 genannten Tabelle bereit. Aus diesen Daten sollten für die Sektoren 3A, 3B5, 3G, 3H und 3J Verteilparameter für die THG in GRETA abgeleitet und umgesetzt werden.

Hierbei sollte die Zeitreihe 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015, 2019, 2020 berücksichtigt werden.

5.3.2 Vorgehensweise und technische Umsetzung

Die Bearbeitung der Treibhausgase erfolgte im Rahmen der unter Arbeitspaket 4 – Aktualisierung / Erweiterung Verteilung Landwirtschaft dokumentierten Arbeiten.

5.4 Recherche Verteilung der Emissionen von Pflanzenschutzmitteln (PSM)

5.4.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Die Emissionen von PSM spielen bei den POPs eine Rolle und tragen insbesondere zu den HCB (Hexachlorbenzol) Emissionen bei. Vor 1990 wurde HCB als reine Substanz (Fungizid) zur Behandlung von Getreidesamen eingesetzt, inzwischen ist seine Anwendung verboten. HCB entsteht jedoch als Verunreinigung bei der Herstellung verschiedener Pestizide und ist auch in heute zugelassenen PSM enthalten.

In einer Recherche wurde untersucht, welche Informationen geeignet sind, um daraus einen Verteilparameter für GRETA zu implementieren.

5.4.2 Mögliche Vorgehensweise

Die HCB-Emissionen der Landwirtschaft werden im NFR-Sektor 3Df (Use of pesticides) an die EU berichtet, im Jahr 2023 lagen die HCB-Emissionen für Deutschland in diesem Sektor bei 0,6 kg, was ca. 12% der nationalen HCB-Gesamtemissionen entspricht. Zur räumlichen Verteilung dieser Emissionen eines Bezugsjahrs können folgende Informationen herangezogen werden:

- Räumliche Informationen über die landwirtschaftlich genutzten Flächen und die im Bezugsjahr auf den jeweiligen Flächen tatsächlich angebauten Feldfrüchte,
- Informationen über die in diesem Jahr pro Feldfrucht in Deutschland insgesamt ausgebrachten PSMs sowie
- Informationen über den HCB-Gehalt pro PSM

Diese Daten sind aktuell verfügbar, sie werden im Folgenden beschrieben.

Informationen zu angebauten Feldfrüchten

In Zusammenarbeit mit der Humboldt Universität Berlin und dem Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung erstellt das Thünen Institut jährlich digitale Karten über die landwirtschaftliche Nutzung und die angebauten Feldfrüchte in Deutschland. Diese Karten basieren auf Auswertungen von Satellitendaten und sind aktuell für die Jahre von 2017 bis 2022 vorhanden. Bild 5.3 zeigt eine Übersicht der Karten von 2017 bis 2021 sowie die Liste der berücksichtigten Feldfrüchte von der Webseite des Thünen Instituts.

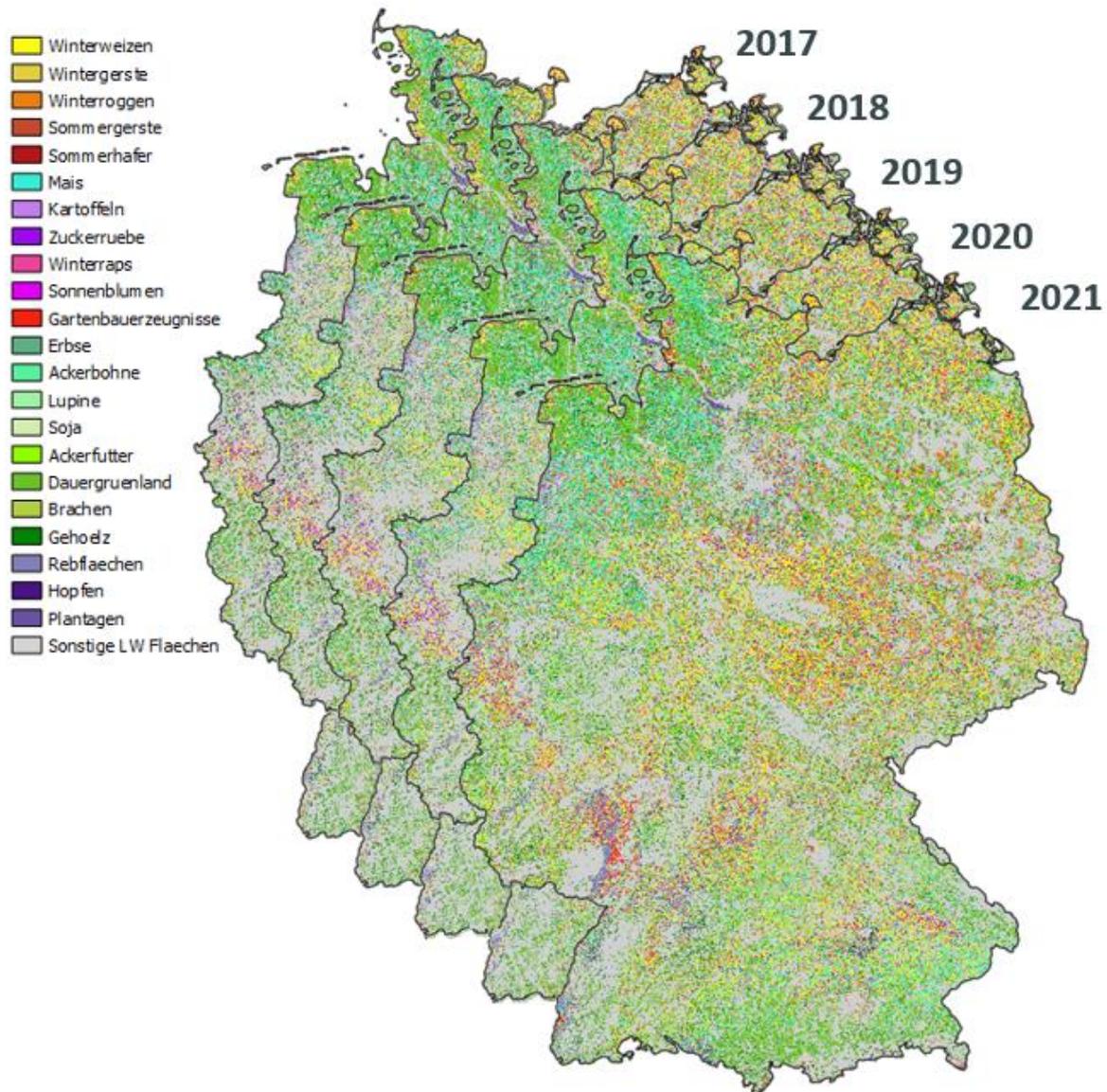


Bild 5.3: Fernerkundungs-basierte Karten der landwirtschaftlichen Flächennutzung; Bildquelle: <https://www.thuenen.de/de/thuenen-institut/verbundstrukturen/thuenen-fernerkundung/landnutzung-in-der-agrarlandschaft>; Zugriff 07.05.2024

Auf dem Geoserver des Thünen Instituts (https://geoserver-bw.thuenen.de/atlas_thuenen_rs) werden diese Daten als interaktive Karten dargestellt, in die in verschiedenen Maßstäben hereingezoomt werden kann. Es können auch Adressen eingegeben und Bundesländer oder andere Flächen ausgewählt werden. In Bild 5.4 werden für einen Kartenausschnitt aus der Umgebung des UBA um Dessau-Roßlau die dort im Jahr 2022 angebauten Feldfrüchte gezeigt. Die dem Atlas zugrunde liegenden Daten stehen nach Angaben des Thünen-Instituts auf Anfrage für die wissenschaftliche Nutzung und die Öffentlichkeit zur Verfügung.

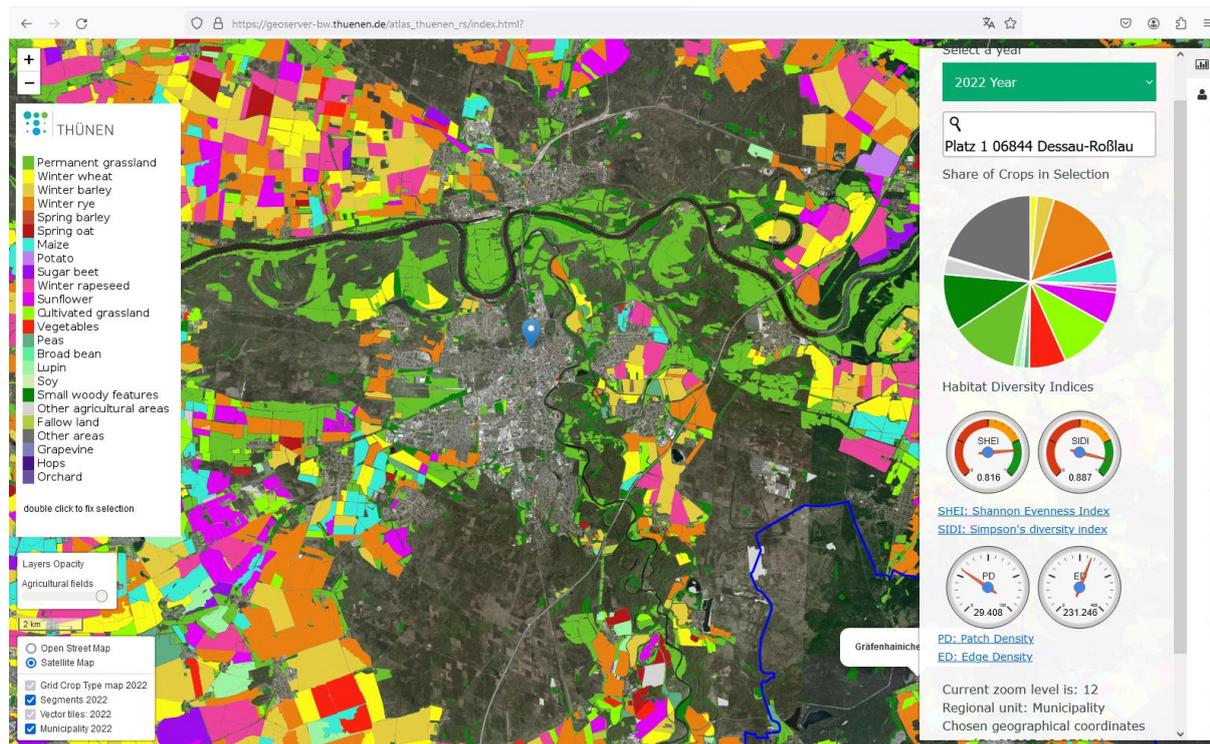


Bild 5.4: Interaktiver Landnutzungsatlas auf dem Geoserver des Thünen-Instituts: Angebaute Feldfrüchte im Jahr 2022 auf Basis von Fernerkundungsdaten; hier: Kartenausschnitt aus der Umgebung des UBA um Dessau-Roßlau; Quelle: https://geoserver-bw.thuenen.de/atlas_thuenen_rs/, Zugriff: 07.05.2024

Diese Informationen könnten zusätzlich zur Verteilung der PSM auch zur räumlichen oder zeitlichen Verteilung (je nach Feldfrucht variiert die Anzahl an Düngegaben pro Jahr) der Düngemittel herangezogen werden.

Informationen zu den ausgebrachten PSMs

Das Julius Kühn-Institut (JKI, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen) führt im Rahmen des Panels Pflanzenschutzmittel-Anwendungen (PAPA) jährlich Erhebungen zur Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel in den wichtigsten landwirtschaftlichen und gärtnerischen Kulturen in Deutschland durch. Auf der Webseite <https://papa.julius-kuehn.de/index.php?menuid=33> sind für die Jahre 2011 bis aktuell 2020 für die Kulturen Winterweizen, Wintergerste, Winterraps, Kartoffeln, Mais, Zuckerrüben, Hopfen, Apfel und Wein unter anderem die ausgebrachten Wirkstoffmengen an Fungiziden, Herbiziden, Insektiziden und Wachstumsreglern abrufbar.

Ein Beispiel für Fungizideinsatz bei Wintergerste im Jahr 2020 ist in Bild 5.5 dargestellt, analoge Tabellen liegen dort für Herbizide, Insektizide und Wachstumsregler für die oben genannten Feldfrüchte und alle Jahre von 2011 bis 2020 vor.

Wirkstoffmengen Wintergerste 2020

Fungizide

Wirkstoffname	Schätzwert [kg]	uG Vertrauensintervall (97,5%)	oG Vertrauensintervall (97,5%)
Chlorthalonil	460925	390487	535808
Prothioconazol	119749	89430	136140
Azoxystrobin	97994	82317	114862
Spiroxamine	76105	52428	103245
Tebuconazol	52150	32339	76132
Cyprodinil	32088	11747	58255
Epoxiconazol	28227	19107	38816
Fenpropimorph	25040	5535	52833
Pyraclostrobin	16374	7334	27417
Fluxapyroxad	15524	8975	23272
Benzovindiflupyr	14939	10539	19688
Bixafen	10891	9707	22084
Fluopyram	8192	3639	13783
Isopyrazam	6990	1954	13375
Fenpropidin	6393	0	18989
Mefentrifluconazole	6236	0	7076
Boscalid	5775	508	13340
Metrafenone	4481	497	15311
Fluoxastrobin	3778	6	7539
Proquinazid	2649	1161	3760
Triadimenol	726	0	2012
Metconazol	684	0	2226
Cyflufenamid	494	0	1339
Cyproconazol	382	0	1857

Bild 5.5: Ausgebrachte Wirkstoffmengen auf Anbauflächen mit Wintergerste im Jahr 2020;
 Bildquelle: <https://papa.julius-kuehn.de/index.php?menuid=33>; Zugriff:
 07.05.2024

Informationen zum HCB-Gehalt der PSMs

Wie oben beschrieben ist HCB heute als Wirkstoff verboten, jedoch als Verunreinigung in verschiedenen PSMs enthalten, zum Beispiel in Chlorothalonil und Picloram, die auch aktuell in Deutschland eingesetzt werden.

Im EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 ist eine Tabelle enthalten, die für in Europa eingesetzte PSMs die nach EU-Regulierung maximal erlaubten HCB-Verunreinigungen ausweist. Sie ist in Bild 5.6 dargestellt. Nach EMEP/EEA wird vorgeschlagen, diese Konzentrationen zur Berechnung der HCB-Emissionen zu verwenden. Für in dieser Tabelle nicht enthaltene PSMs wird vorgeschlagen, als Abschätzung auf eine analoge Tabelle für Nordamerika zurückzugreifen.

Table 4: Proposed maximum HCB-concentration (impurity factor) in active substances used in Europe from 1990 onwards taken into account the implemented EU regulation.

Active Substances	1990	1995	2000	2005	2010	2015	Reference (for max. concentration)	Banned in EU since	EU Directives or Regulations
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg			
Atrazine	2.5	1	1	use stopped	use stopped	use stopped	A	End 2003	No 2004/248/EC
Clopyralid*	not used in EU	not used in EU	not used in EU	not used in EU	2.5	2.5	B		Reg. (EU) No 2019/168, 06/64/EC, No 540/2011 , No 678/2014
Chlorothalonil**	300	300	40	10	40	40	G, I, J		2005/53/EC, Reg. (EU) 2018/1262, Reg. (EU) No 540/2011, Reg. (EU) 2017/1511, Reg. (EU) No 533/2013
DCPA, Dacthal, Chlorothalidimethyl*****	1000	1000	40	40	use stopped	use stopped	A, F	End 2010	2009/715/EC*****
Endosulfan	0.1	0.1	0.1	0.1	use stopped	use stopped	C	End 2005	05/864/EC, No 1107/2009
Lindane***	100	50	50	50	use stopped	use stopped	D	End 2007	No 1107/2009, EC 850/2004, 2000/801/EG
Pentachloronitrobenzene (PCNB), Quintozene	500	500	500	use stopped	use stopped	use stopped	A	End 2000	No 2000/816/EC
Picloram****	50	50	50	50	50	50	H		No 540/2011, 2010/39/EU, Reg. (EU) No 2018/1796
Propazine	1	1	1	use stopped	use stopped	use stopped	like Simazine		No 2002/2076
Simazine*****	1	1	1	use stopped	use stopped	use stopped	C	End 2004	No 2004/247/EC
Pentachlorophenol (PCP)	50	50	50	use stopped	use stopped	use stopped	E	End 2002	No 2002/2076

Bild 5.6: Vorgeschlagene maximale HCB-Konzentration (Verunreinigungsfaktor) in ab 1990 in Europa verwendeten PSMs unter Berücksichtigung der umgesetzten EU-Verordnung; Quelle: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019

Ein Verteilparameter für HCB-Emissionen aus dem NFR-Sektor 3Df kann in folgenden Schritten konstruiert werden:

- Für das Bezugsjahr kann pro Feldfrucht die Menge an ausgebrachten PSMs auf der Webseite des Panels Pflanzenschutzmittel-Anwendungen ermittelt werden. Das Ergebnis sind Tabellen analog zu Bild 5.5.
- Von den dort angegebenen eingesetzten Mengen an Herbiziden, Insektiziden und Wachstumsreglern werden diejenigen betrachtet, die nach Bild 5.6 oder der analogen Tabelle für Nordamerika HCBs enthalten, über den HCB-Gehalt wird die Menge an emittiertem HCB bestimmt.
- Aus den fernerkundungsbasierten Landnutzungsdaten Thünen-Instituts werden für das Bezugsjahr die Flächen ermittelt, auf denen Feldfrüchte angebaut wurden, bei denen HCB-haltige PSMs eingesetzt wurden.
- Die pro Feldfrucht ermittelten HCB-Mengen werden gleichmäßig auf die Flächen verteilt, auf denen im betrachteten Jahr diese Feldfrucht angebaut wurde.
- Die Zusammenfassung aller Flächen mit HCB-Einsatz ergibt nach einer Normierung den Verteilparameter für den NFR-Sektor 3Df.

6 Arbeitspaket 5 – Aktualisierung der Verteilung von Hausbrandemissionen

6.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Die Emissionen der privaten Haushalte (Sektor 1A4bi) werden derzeit über einen kombinierten Verteilparameter in GRETA verteilt, d. h. alle Brennstoffe fließen in einen Verteilparameter ein.

In einem ersten Schritt wird vorgesehen, die jeweiligen Brennstoffe in GRETA getrennt zu behandeln, d.h. es werden brennstoffabhängige Verteilungen berücksichtigt. Hierfür muss eine zusätzliche Tabelle implementiert werden, die die jeweiligen Anteile der Brennstoffe an der Gesamtemission des Sektors 1A4bi enthält. Bei der Emissionsverteilung werden die Emissionen in den erzeugten Zwischenergebnis-Layern getrennt abgelegt. Nach der Verteilung wird auch die Summe aus allen Brennstoffen schadstoffweise als 1A4bi berechnet werden. Ziel ist es, Rückschlüsse auf die jeweiligen Brennstoffe zu ermöglichen.

Zudem ist in den GRETA-Evaluierungen aufgefallen, dass die Verteilung der Emissionen der Holzfeuerung zu stark von der Einwohnerzahl dominiert wird. Im Ergebnis werden aktuell zu hohe Emissionsmengen aus der Holzfeuerung in die Ballungsräume verteilt. Der Verteilparameter für den Holzeinsatz in Kleinfeuerungsanlagen wurde daher in Abstimmung mit dem UBA aktualisiert.

6.2 Vorgehensweise

6.2.1 Beiträge der Brennstoffe zu den Gesamtemissionen

Zur Vorverteilung der Gesamtemissionen der Sektoren 1A4bi (stationäre Verbrennung in Kleinfeuerungsanlagen in Wohngebäuden) und, hier gemeinsam betrachtet, 1A4ai und 1A4ci (stationäre Verbrennung in Kleinfeuerungsanlagen im kommerziellen Sektor sowie in Landwirtschaft, Fischerei, Forstwirtschaft) auf die unterschiedlichen Brennstoffe wurde die bislang nur für den Sektor 1A4bi verwendete Tabelle mit den Anteilen der Energieträger je Schadstoff erweitert. Diese basiert auf Ökopol (2016)², dort werden für die Sektoren Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistung und Militär für die Anlagenstruktur 2010 jeweils für die unterschiedlichen Energieträger (Gas, Öl, kohlestämmige Brennstoffe, Holzbrennstoffe) Gesamtemissionen für eine Vielzahl von Luftschadstoffen angegeben. Bei

² Ökopol 2016: Tebert, et al., Ermittlung und Aktualisierung von Emissionsfaktoren für das nationale Emissionsinventar bezüglich kleiner und mittlerer Feuerungsanlagen der Haushalte und Kleinverbraucher, Abschlussbericht, FKZ 3712 42 313-2, Ökopol GmbH, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Dessau-Roßlau, 2016

Ökopol (2016) nicht berücksichtigte, aber für GRETA relevante Luftschadstoffe wurden für die GRETA-Erweiterung auf Basis der EMMA-Emissionen ergänzt.

6.2.2 Verteilparameter Holzfeuerungen

Zur Aktualisierung des Verteilparameters für den Holzeinsatz in Kleinfeuerungsanlagen wird auf eine Veröffentlichung des UBA aus dem Jahr 2023 zurückgegriffen (Jochem et al., 2023³). Dort wurde der Einsatz des Energieträgers Holz in Privathaushalten empirisch auf Basis einer Befragung von ca. 10.000 Haushalten ermittelt. Diese Befragung knüpft an Befragungen in früheren Jahren durch die Uni Hamburg an, die bereits Basis für die Holzverteilung in vorherigen GRETA-Versionen waren, und führt diese fort; an diese Fortführung knüpft die Aktualisierung der Holzverteilung in GRETA also an.

Bei der Befragung wurden verschiedene Einflussgrößen (Mieter, Eigentümer, Ein-, Zwei oder Mehrfamilienhaus, Art des eingesetzten Holzes (Brennholzsortiment), Art der Heizung (Zentralheizung, Einzelraumfeuerstätte), Ortsgruppe, Familienstand, Einkommensgruppe, Alter, Berufsgruppe, Haushaltsgröße, Bezugsquelle) erhoben, besonders relevant für die Höhe der Brennholzverwendung sind die Anzahl der Energieholzverwender (Anteil der mit Einzelraumfeuerstätte oder Holz-Zentralheizung ausgestatteten Wohnungen) wie auch deren Nutzungsverhalten (verbrauchtes Holzvolumen pro Wohnung). Diese hängen insbesondere von der Ortsgruppe ab.

Jochem et al. (2023) haben die bei der Befragung ermittelten Werte nach Ortsgruppe auf das Gebiet der Bundesrepublik hochgerechnet und die Ergebnisse in einer Tabelle zusammengefasst, die hier in Tab. 6.1 dargestellt ist.

³ Jochem et al., 2023: UBA Texte 15/2023, Abschlussbericht Energetischer Holzverbrauch der privaten Haushalte, Dr. Dominik Jochem, Christian Morland, Dr. Sebastian Glasenapp, Dr. Holger Weimar, Thünen-Institut für Waldwirtschaft, Herausgeber: Umweltbundesamt

Tab. 6.1: Brennholzverbrauch nach Ortsgruppen, Bildquelle: Jochem et al. (2023)

Ortsgruppen	Verbrauch in Mio. m ³	Verbrauch in %	Wohnungen in Mio.	Wohnungen in %	Verbrauch in m ³ /Wohnung
Kreisfreie Großstädte	1,99	7,4 %	0,57	10,3 %	3,70
Städtische Kreise	10,24	38,0 %	2,22	40,5 %	4,70
Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen	7,05	26,1 %	1,32	24,1 %	5,56
Dünn besiedelte ländliche Kreise	7,67	28,5 %	1,38	25,1 %	5,81
Summe	26,95	100 %	5,48	100 %	5,08

Jochem et al. (2023) unterscheiden die Ortsgruppen „kreisfreie Großstädte“, „städtische Kreise“, „ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen“ und „dünn besiedelte ländliche Kreise“.

Basis für die Verteilung des Holzeinsatzes hier ist die Anzahl Wohnungen pro Gemeinde, sie kann dem Zensus entnommen werden. Die Daten für den Zensus 2022 sind jedoch zum Zeitpunkt dieser GRETA-Erweiterung noch nicht veröffentlicht, daher wird auf den Zensus 2011 zurückgegriffen.

Die Ergebnisse von Jochem et al. (2023) werden für diese Hochrechnung herangezogen, die Unterteilung nach Ortsgruppen dient dabei als Basis, wird jedoch nicht exakt übernommen:

- Die Unterscheidung zwischen städtischen und ländlichen Räumen ist eindeutig definiert und kann z.B. der regionalstatistischen Raumtypologie (RegioStaR) entnommen werden. Die Ortsgruppen „ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen“ und „dünn besiedelte ländliche Kreise“ werden von Jochem et al. (2023) jedoch nicht definiert, so dass die Gemeinden aus dem Zensus diesen Gruppen nicht eindeutig zugeordnet werden konnten.
- Die Ortsgruppe „kreisfreie Großstädte“ enthält kreisfreie Städte mit mehr als 100.000 Einwohnern. Frühere Erhebungen zeigten für Metropolen > 500.000 Einwohner einen geringeren Holzeinsatz als für kleinere Großstädte.

Die Abschätzung des Holzeinsatzes pro Gemeinde aus dem Zensus erfolgt daher, wie bisher, auf Basis des Feuerstättenanteils und Holzeinsatzes nach Ortsgrößenklassen nach PAREST (2010)⁴, diese sind in Tab. 6.2 ausgewiesen.

⁴ PAREST 2010: Thiruchittampalam B., et al., Berechnung von räumlich hochaufgelösten Emissionen für Deutschland, PAREST (Partikel-Reduktions-Strategien), im Auftrag des UBA, UFOPLAN-Nr. 206 43 200/01, 2010

Tab. 6.2: Anteil Feuerstätten und durchschnittlicher Scheitholzverbrauch nach Ortsgrößenklassen; Quelle: PAREST (2010)

Ortsgrößenklassen	Anzahl der Einwohner	Anteil der mit Einzelfeuerstätte und/oder Holzcentralheizung ausgestatteten Haushalte	durchschnittlicher Scheitholzverbrauch pro Haushalt in Festmetern (Fm)
1	<5.000	36,70%	5,5
2	>= 5.000 und < 50.000	20,80%	3,5
3	>=50.000 und < 500.000	13,30%	3,0
4	>=500.000	7,10%	2,4

Im nächsten Schritt werden die Ortsgruppen nach Jochem et al. (2023) herangezogen (ländliche Kreise in Summe) und der deutschlandweite Holzeinsatz wird für die Ortsgruppen auf die Werte von Jochem et al. (2023) skaliert.

Im Anschluss daran wird in Übereinstimmung mit Jochem et al. (2023) eine weitere Skalierung nach Regionen vorgenommen (Norddeutschland (SH, NI, HB, HH): 13,6% des Holzeinsatzes, Westdeutschland (NW): 10,8% des Holzeinsatzes, Ostdeutschland (BE, BB, MV, SH, SN, TH): 19,3% des Holzeinsatzes, Mitte (HE, RP, SL): 12,0% des Holzeinsatzes und Süddeutschland (BW, BY): 44,3% des Holzeinsatzes).

Dies ist bereits in der vorherigen GRETA Version enthalten und geht auf Hick und Mantau (2008) zurück. Dadurch werden tendenziell höhere Holzeinsätze im Süden in Gebieten mit mehr Waldfläche sowie unterschiedliche Klimafaktoren berücksichtigt.

Wie oben bereits beschrieben war die vorher in GRETA implementierte Holzverteilung auf Basis von PAREST (2010) stark von der Einwohnerzahl dominiert. Für die Metropolen Hamburg, Berlin und München wird Tab. 6.3 beispielhaft angegeben, welche Anteile des nationalen Heizholzeinsatzes bei unterschiedlicher Verteilung auf sie entfallen:

Tab. 6.3: Anteile am nationalen Heizholzeinsatz der Metropolen Hamburg, Berlin und München bei Verteilung über Einwohner (EW), nach PAREST 2010 und gemäß der hier beschriebenen Verteilung

	EW	PAREST	hier beschrieben
Hamburg	2,18%	0,19%	0,25%
Berlin	4,28%	1,04%	0,44%
München	1,76%	0,75%	0,25%

Während bei einer Verteilung nach Einwohnern über 4% des nationalen Heizholzes nach Berlin verteilt werden und nach PAREST 2010 noch über 1%, sind es gemäß der hier abgeleiteten Verteilung nur ca. 0,4%.

6.3 Technische Umsetzung

6.3.1 Verteilparameter Holz

Die Konstruktion des Verteilparameters für den Holzeinsatz auf Gemeindeebene erfolgt in folgenden Schritten:

1. Zuordnung Anzahl Wohnungen und Anzahl Einwohner pro Gemeinde auf Basis des Zensus 2011
2. Bei nicht zugeordneten Gemeinden (bei Gebietsreformen nach der Erstellung des Zensus 2011 wurden einige Gemeinden neu zugeschnitten oder zusammengelegt): Schätzung der Wohnungszahl über Einwohnerzahl aus Mittelung über Gemeinden vergleichbarer Größe
3. Einteilung in Ortsgrößenklassen und Berechnung der Anzahl der mit Holzheizung (zentral oder Einzelraum) ausgestatteten Wohnungen sowie des Scheitholzverbrauchs pro Gemeinde nach Ortsgrößenklasse auf Basis der in Tab. 6.2 ausgewiesenen Parameter
4. Einteilung der Gemeinden in die Ortsgruppen nach Tab. 6.1 (Zusammenfassung der ländlichen Kreise) und Skalierung des Holzeinsatzes auf die dort angegebenen von Jochem et al. (2023) hochgerechneten Holzeinsatzes pro Ortsgruppe
5. Skalierung nach Regionen (Norddeutschland, Westdeutschland, Ostdeutschland, Mitte Süddeutschland)
6. Normierung

Der so berechnete Verteilparameter für den Holzeinsatz wird als Eingabedatensatz in GRETA verwendet und im Layer „F_COMMUNES“ im Feld „DS_PAREST“ abgelegt.

Da dieser Verteilparameter Holz nun sowohl für den Sektor 1A4bi (stationäre Verbrennung in Kleinf Feuerungsanlagen in Wohngebäuden) als auch für die Sektoren 1A4ai und 1A4ci (stationäre Verbrennung in Kleinf Feuerungsanlagen im kommerziellen Sektor sowie in Landwirtschaft, Fischerei, Forstwirtschaft) vorliegt, wurde eine neue interne GRETA-Tabelle angelegt („T_FUEL_TYPE_SMALLCOMBUSTION“). Sie ersetzt die bislang nur für 1A4bi verwendete Tabelle „T_FUEL_TYPE_RESIDENTIAL“, enthält die aktualisierten Verteilungen auf die Energieträger für die Bereiche „residential“ und „commercial“ und eine Spalte „sector“ zur Unterscheidung der beiden Bereiche

Der Zugriff auf diese neue Tabelle erfolgt über die beiden neuen Verteilparameter „P_Kleinf euerung_residential“ und „P_Kleinf euerung_commercial“. „T_DISTRIBUTION_PARAMETERS“ und „T_SELECTED_DISTRIBUTION_PARAMETERS“ wurden angepasst. Im GRETA-Code wurden die Typklassen und die Verteilparameterklasse entsprechend erweitert bzw. geändert.

Im Ergebnis wird Kleinf euerung/residential vom Ablauf wie zuvor behandelt, allerdings mit aktualisierten Anteilen der Energieträger sowie aktualisiertem „DS_PAREST“ für Holzverbrennung. Kleinf euerung/commercial wird jetzt nicht mehr direkt über „P_WZ08_G_U[A]“ (Beschäftigtenzahlen auf Kreisebene) verteilt, sondern prinzipiell wie

residential (Anteile Energieträger) und dann erst über die Beschäftigtenzahlen bzw. „DS_PAREST“ für Holzbrennstoffe.

7 Arbeitspaket 6 – Automatisierung Szenarien

7.1 Ausgangslage und Zielsetzung

GRETA kommt auch für Betrachtung von Emissionsszenarien zum Einsatz. Dabei müssen aktuell die Tabellen T_PRTR_EMISSIONS und T_TREMOD_FLIGHT manuell skaliert werden, d. h. die Emissionsänderung zwischen verschiedenen Jahren (Basisjahr und Emissionsprognose) für die PRTR-Punktquellen in den Hauptgruppen und die Großflughäfen.

Es soll ein Verfahren entwickelt und in GRETA implementiert werden, dass die Skalierung (Übertragung der Veränderung auf die Emissionen der Layer) zwischen Basisjahr und Jahr der Prognose automatisch umsetzt, d.h. es sollen die Tabellen T_PRTR_EMISSIONS und T_TREMOD_FLIGHT für das Szenarienjahr erzeugt werden.

7.2 Vorgehensweise

Die Tabellen „T_PRTR_EMISSIONS“ und „T_TREMOD_FLIGHT“ beinhalten als einzige Tabellen absolute Emissionen, die auch als solche verwendet werden und sollen für ein Zieljahr mittels Interpolation erzeugt werden. Hierzu werden die genannten Tabellen für die beiden Stützjahre benötigt. Momentan enthalten alle Elemente einer GRETA-Datenbank nur die für das in der Tabelle T_DB_DESCRIPTION hinterlegte Jahr gültige Informationen.

Denkbar wäre eine aus GRETA heraus durchgeführte interaktive Auswahl der zu den gewünschten Stützjahren gehörenden GRETA-Datenbanken und anschließende Erzeugung einer Datenbank für das gewünschte Zieljahr.

Abzufangende Probleme ergeben sich jedoch bei einer unterschiedlichen Anzahl von PRTR-Betrieben (Plant_ID) zwischen den Stützjahren. Auch die versorgten Schadstoffe können sich zwischen den Stützjahren geändert haben. Gleiches gilt für auch für die Flughäfen.

Die PRTR-Daten (thru.de) stehen ab 2007 als jährlicher Download zur Verfügung, ebenso die TREMOD Flug-Daten der größten Flughäfen. Die Befüllung der Tabellen könnte also für nicht-Prognosejahre mittels Import-Tool (wie bisher) erfolgen.

Eine Aufbereitung für Prognosejahre sollte mittels eines zusätzlichen Tools in Access (PGDB) erfolgen. Hintergrund ist die anzustrebende Trennung von Datenaufbereitung (Import-Tools) und Emissionsverteilung/Griding.

Nach Rücksprache mit dem UBA kann die Umsetzung dieses Arbeitspaketes zeitnah in der dann vereinbarten Form erfolgen.

8 Arbeitspaket 7 – Gasverteiler

8.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Der NFR-Sektor 1B2b “Fugitive emissions from natural gas“ beinhaltet Emissionen im Zusammenhang mit der Erdgasbereitstellung und Produktion etc. und wird aktuell über die Einwohnerzahlen je Kreis räumlich verteilt. Insbesondere bei der Verteilung der Treibhausgase (CH₄) spielt dieser Sektor eine große Rolle. Daher sollen künftig die Erdgasverdichterstationen der Bundesnetzagentur als Layer in GRETA verwendet werden, um die Emissionen besser verteilen zu können.

Es soll ein neuer Layer aus den Informationen der Bundesnetzagentur erzeugt und in GRETA im Rahmen einer neuen Verteilparameterklasse implementiert werden.

Hierbei wird die Zeitreihe 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015, 2019, 2021 berücksichtigt.

8.2 Vorgehensweise

Bei der Bundesnetzagentur waren keine Informationen zu Erdgasverdichterstationen in der erforderlichen Form und Auflösung verfügbar.

Das UBA hat daraufhin eine Anfrage eingeleitet, eine Antwort seitens der Bundesnetzagentur ist noch ausstehend.

9 Arbeitspaket 8 – Technische Anpassungen

9.1 Anpassungen Export

9.1.1 Ausgangslage und Zielsetzung

In den netCDF-Exporten soll optional (per Checkbox) der Export der bodennahen Emissionen sowie in einem zweiten Layer der Emissionen ab der zweiten vertikalen Schicht (Punktquellen, Flight Funnel) implementiert werden. Für den Export der bodennahen Emissionen werden dabei die Emissionen ab der zweiten vertikalen Schicht (Punktquellen, Flight Funnel) herausgerechnet.

9.1.2 Vorgehensweise

Nach finaler Abstimmung erfolgt die Bearbeitung zeitnah.

9.2 Anpassungen Zwischenlayer

9.2.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Sollte ein GRETA-Zwischenlayer (z.B. F_PRTR_RESULT) Emissionen mehrerer Sektoren enthalten, so wird dieser um die automatische Berechnung der jeweiligen Summe (E_SUM_s) pro Schadstoff (s) erweitert. Dies war bislang nur beim Endergebnis-Layer (RASTER_EMI) der Fall.

9.2.2 Vorgehensweise und technische Umsetzung

Im GRETA-Code wurde die Behandlung der Einzelergebnisse so erweitert, dass zu jedem Zwischenlayer (*_RESULT) die Emissionssummen je Schadstoff (ohne Höhen-differenzierung), analog zum Layer RASTER_EMI, abgelegt werden.

9.3 Basisverzeichnis

9.3.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Die Ablage der GRETA-Datenbanken (FGDB) war bisher nur in einem fest definierten Verzeichnis möglich. Es wird künftig möglich sein, das Basisverzeichnis per Umgebungsvariable frei zu definieren.

9.3.2 Vorgehensweise und technische Umsetzung

GRETA versucht beim Start des AddIns die Windows-Umgebungsvariable „GRETA_PATH“ einzulesen. Ist das erfolgreich so wird der darin befindliche Pfad als Basisverzeichnis verwendet (z.B.: GRETA_PATH=D:\GRETA\). Für den Fall, dass die Variable nicht gesetzt ist, wird als Rückfallebene der bisherige Standardpfad verwendet (C:\Gridding_Tool\).

9.4 GNFR / SNAP in RASTER_EMI

9.4.1 Ausgangslage und Zielsetzung

In GRETA werden die Emissionen nach NFR-Nomenklatur verarbeitet und verteilt. Zusätzlich kann für die Exporte (CSV, netCDF) auch die GNFR- oder SNAP-Nomenklatur ausgewählt werden. Aktuell werden dabei die NFR-Sektoren entsprechend einer Zuordnungstabelle intern aggregiert und in den Exporten berücksichtigt. Es soll künftig möglich sein, dass die Rasteremissionen in der GNFR- oder SNAP-Nomenklatur in einem separaten Layer RASTER_EMI_GNFR[SNAP] abgelegt werden.

9.4.2 Vorgehensweise und technische Umsetzung

Der Datenexport in GRETA wurde dahingehend erweitert, dass bei Auswahl der GNFR- bzw. SNAP-Nomenklatur automatisch neben dem Exportfile (NetCDF oder ASCII) immer auch ein Raster-Ergebnislayer in der gewählten Nomenklatur in der result-FGDB angelegt wird. Die Namensgebung lautet „RASTER_EMI_GNFR“ bzw. „RASTER_EMI_SNAP“.

10 LULUCF-Layer

10.1 Ausgangslage und Zielsetzung

In Deutschland werden Emissionen und Senken der Treibhausgase im Bereich Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) jährlich berichtet.

Diese Emissionen sollen von GRETA bei der Rasterung optional berücksichtigt werden können.

10.1.1 Vorgehensweise

Beim UBA liegen die LULUCF-Emissionen/Senken in Form csv-Dateien mit jährlichen Daten vor. Zusätzlich existiert eine FGDB mit einem Raster-Layer passend zu den vorgenannten Ergebnissen. Eine Zuordnung der Emissionen/Senken zum Raster für das Jahr 2021 liegt vor (Prototyp). Die Aufbereitung weiterer Jahre wird außerhalb von GRETA erfolgen (Access).

Dieser Prototyp wurde so aufbereitet, dass die Emissionen/Senken als Summe für die Treibhausgase (CO₂, CH₄ und N₂O) vorliegen. Anschließend wurde der Layer als „F_LULUCF“ in die GRETA-FGDB eingefügt und die entsprechenden Code-Erweiterungen zur Berücksichtigung bei der Rasterung durchgeführt.

Im Ergebnis lässt sich per Checkbox im Tabsheet „Projekteinstellungen“ die Berücksichtigung des LULUCF-Layers beim Rastern aktivieren.

10.1.2 Technische Umsetzung

Der Prototyp-Layer wurde per GIS und MS-Access (Zugriff über PGDB) zunächst so aufbereitet, dass in den angelegten Summen-Feldern (SUM_CO2, SUM_CH4, SUM_N2O) die entsprechenden Emissions-/Senken-Summen der Teilbereiche (LULUCF_emission_codes) stehen. Diese Emissionssummen-Felder werden GRETA-intern ausgewertet und verwendet. Das CRS wurde auf DHDN_GK_Zone3 festgelegt damit eine Verschneidung bei der Rasterung erfolgen kann.

Im Programmcode wurde die Berücksichtigung des Layers beim Raster in Abhängigkeit vom Status der neu hinzugefügten Checkbox implementiert.

Die Einheit der LULUCF-Emissionen/Senken ist nach Abgleich mit der UBA-LULUCF-Übersichtstabelle kt/a. Dies passt zu den in „T_NFR_EMISSIONS“ enthaltenen Emissionen für CO₂, CH₄ und N₂O, es ist daher keine Umrechnung notwendig.

Die Tabelle „T_NFR_CODES“ wurde um den Sektor „4“ erweitert damit die Daten beim Export berücksichtigt werden. Der zugewiesene SNAP-Code ist 11, GNFR ist „N“).