

TEXTE

53/2013

Vergleich der Emissionsdatenbasis für die Ballungsräume Ruhrgebiet, München und Berlin mit der PAREST-Emissionsdatenbasis

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungskennzahl 206 43 200/01
UBA-FB 001524/ANH,5

Vergleich der Emissionsdatenbasis für die Ballungsräume Ruhrgebiet, München und Berlin mit der PAREST- Emissionsdatenbasis

**Teilbericht zum F&E-Vorhaben „Strategien zur
Verminderung der Feinstaubbelastung - PAREST“**

von

**Melinda Uzbasich
Jochen Theloke
Ulrike Kugler
Renate Köble
Balendra Thiruchittampalam**

Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle
Energieanwendung (IER), Stuttgart

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

UMWELTBUNDESAMT

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter
<http://www.uba.de/uba-info-medien/4528.html>
verfügbar.

Die in der Studie geäußerten Ansichten
und Meinungen müssen nicht mit denen des
Herausgebers übereinstimmen.

ISSN 1862-4804

Durchführung der Studie:	Universität Stuttgart Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) Heßbrühlstr. 49a 70565 Stuttgart
Abschlussdatum:	Juli 2010
Herausgeber:	Umweltbundesamt Wörlitzer Platz 1 06844 Dessau-Roßlau Tel.: 0340/2103-0 Telefax: 0340/2103 2285 E-Mail: info@umweltbundesamt.de Internet: http://www.umweltbundesamt.de http://fuer-mensch-und-umwelt.de/
Redaktion:	Fachgebiet II 4.1 Grundsatzfragen der Luftreinhaltung Johanna Appelhans

Dessau-Roßlau, Juni 2013

1. Berichtsnummer UBA-FB	2.	3.
4. Titel des Berichts Vergleich der Emissionsdatenbasis für die Ballungsräume Ruhrgebiet, Großraum München und Großraum Berlin mit der PAREST-Emissionsdatenbasis		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Uzbasich, Melinda; Theloke, Jochen; Kugler, Ulrike; Köble, Renate; Thiruchittampalam, Balendra	8. Abschlussdatum Juli 2010	
	9. Veröffentlichungsdatum	
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Universität Stuttgart Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung Heßbrühlstraße 49a 70565 Stuttgart http://www.ier.uni-stuttgart.de	10. UFOPLAN-Nr. 206 43 200/01	
	11. Seitenzahl 61	
	12. Literaturangaben 8	
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt, Postfach 14 06, 06813 Dessau-Roßlau	13. Tabellen, Diagramme 14	
	14. Abbildungen 43	
15. Zusätzliche Angaben Dieser Bericht entstand im Rahmen des F&E-Vorhabens „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung - PAREST“ (UFOPLAN FKZ 206 43 200/01). Im PAREST-Projekt wurden Emissionsszenarien bis 2020 für Feinstaub (PM10 und PM2.5) und die Aerosol-Vorläufersubstanzen SO ₂ , NO _x , NH ₃ und NMVOC für Deutschland und Europa erstellt, Minderungsmaßnahmen evaluiert und daraus die PM-, NO ₂ - und O ₃ -Immissionsbelastung für Deutschland modelliert. Gemeinsam mit einer Reihe weiterer Teilberichte zu PAREST ergänzt der vorliegende Bericht den zentralen PAREST-Schlussbericht (Buitjes et al., 2010).		
16. Zusammenfassung Im Rahmen des PAREST-Projektes wurde ein Vergleich des PAREST-Emissionsdatensatzes mit Emissionsdatensätzen für die ausgewählten Ballungsräume Berlin, München und Ruhrgebiet (NRW) durchgeführt. Hauptziel war ein Vergleich der Emissionsmengen (gesamt und pro Verursachergruppe) aus dem PAREST-Datensatz und den regionalen Datensätzen und zugleich ein Vergleich der räumlich aufgelösten Emissionsdaten für die betrachteten Modellgebiete. Emissionen aus dem PAREST-Datensatz und dem Emissionskataster NRW 2004 wurden auf Kreisebene gegenübergestellt, für die Modellgebiete Berlin, München und Ruhrgebiet wurden die auf einem 1/64° x 1/64° - Gitter aufgelösten Emissionen verglichen. Die Vergleiche ergaben teilweise erhebliche Unterschiede. Neben einem Vergleich der Emissionsdatensätze für NRW sowie der Modellgebiete Berlin, München und Ruhrgebiet wird in diesem Bericht auch die im Rahmen von PAREST durchgeführte Modellierung von Umweltzonen für Berlin, München und das Ruhrgebiet beschrieben.		
17. Schlagwörter Ballungsräume, Regionale Emissionsdatensätze, Umweltzonen, Effektive Emissionshöhen		
18. Preis	19.	20.

1. Report No. UBA-FB	2.	3.
4. Report Title Comparing emission data sets of the agglomeration Munich, Berlin and the Ruhr area with the PAREST emission data set		
5. Autor(s), Family Name(s), First Name(s) Uzbasich, Melinda; Theloke, Jochen; Kugler, Ulrike; Köble, Renate; Thiruchittampalam, Balendra		8. Report Date July 2010
6. Performing Organisation (Name, Address) Universität Stuttgart Institute for Energy Economics and the Rational Use of Energy Heßbrühlstraße 49a 70565 Stuttgart http://www.ier.uni-stuttgart.de		9. Publication Date
		10. UFOPLAN-Ref. No. 206 43 200/01
		11. No. of Pages 61
		12. No. of Reference 8
7. Funding Agency (Name, Address) Umweltbundesamt (Federal Environmental Agency) Postfach 14 06, 06813 Dessau-Roßlau		13. No. of Tables, Diagrams 14
		14. No. of Figures 43
15. Supplementary Notes This report is a product of the R&D project "Particle Reduction Strategies" (UFOPLAN FKZ 206 43 200/01–„Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung - PAREST“). In the PAREST project emission scenarios until 2020 were constructed for fine particles (PM10 und PM2.5) as well as the aerosol precursors SO ₂ , NO _x , NH ₃ and NMVOC, both for Germany and Europe. Reduction measures were assessed and finally air quality in Germany was modelled. Jointly with a series of other PAREST reports, the present report supplements the PAREST final report (Bultjes et al., 2010)		
16. Abstract This report compares regional emission data sets of the agglomeration Munich, Berlin and the Ruhr area with the PAREST emission data set. The main focus lay on a comparison of the emission sum per pollutant and sector. In addition the spatial patterns of the regional emission data sets and the PAREST data set have been compared. Emissions spatially allocated to administrative units (Kreise) have been compared for Northrhine-Westphalia. For Munich, Berlin and the Ruhr area data sets in 1/64°x1/64° grid resolution have been compared. The analysis showed partly considerable differences between the regional emission data sets and the PAREST data set. The report also describes the modeling of low emission zones (Umweltzonen) for Munich, Berlin and the Ruhr area.		
17. Keywords Agglomeration areas, regional emission data sets, low emission zones, effective emission heights		
18. Price	19.	20.

Inhaltsübersicht

EINLEITUNG.....	7
1 DEFINITION UND BESCHREIBUNG DER MODELLGEBIETE	8
2 BESCHREIBUNG DER REGIONALEN EMISSIONSDATENSÄTZE	11
2.1 Beschreibung des Emissionsdatensatzes für Berlin	11
2.1.1 Beschreibung der effektiven Höhen der Punktquellen im Berlin-Datensatz	12
2.2 Beschreibung des Emissionsdatensatzes für München.....	14
2.2.1 Beschreibung der effektiven Höhen der Punktquellen im München-Datensatz	14
2.3 Beschreibung des Emissionsdatensatzes für das Ruhrgebiet.....	14
2.3.1 Beschreibung der effektiven Höhen der Punktquellen im NRW-Datensatz	15
3 VERGLEICH DER REGIONALEN EMISSIONSDATENSÄTZE MIT DEM PAREST-EMISSIONSDATENSATZ.....	17
3.1 Vergleich für das Modellgebiet Berlin.....	17
3.1.1 Vergleich der Emissionsmengen	17
3.1.2 Vergleich der Emissionsmengen pro Quellgruppe.....	18
3.2 Vergleich für das Modellgebiet München.....	20
3.2.1 Vergleich der Emissionsmengen	20
3.2.1 Vergleich der Emissionsmengen pro Quellgruppe.....	21
3.3 Vergleich für das Modellgebiet Ruhrgebiet	22
3.3.1 Vergleich der Emissionsmengen	22
3.3.2 Vergleich der Emissionsmengen pro Quellgruppe.....	23
4 VERGLEICH DER RÄUMLICH AUFGELÖSTEN EMISSIONSDATEN FÜR NORDRHEIN-WESTFALEN AUF KREISEBENE	25
4.1 Vergleich pro Schadstoff.....	25
4.2 Vergleich pro Sektor	29
5 VERGLEICH DER RÄUMLICH AUFGELÖSTEN EMISSIONSDATEN FÜR DIE MODELLGEBIETE BERLIN, MÜNCHEN UND RUHRGEBIET	34
5.1 Vergleich der räumlich verteilten Emissionen pro Schadstoff für das Modellgebiet Berlin	34
5.2 Vergleich der räumlich verteilten Emissionen pro Schadstoff für das Modellgebiet München	38
5.3 Vergleich der räumlich verteilten Emissionen pro Schadstoff für das Modellgebiet Ruhr	41
6 MODELLGEBIETE FÜR DIE UMWELTZONEN	44
7 FAZIT	51
8 LITERATUR.....	53
9 ANHANG	54

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Modellgebiete der Ballungsräume Berlin, München und Ruhrgebiet.....	8
Abbildung 2: Modellgebiet - Ballungsraum Ruhrgebiet.....	9
Abbildung 3: Modellgebiet - Ballungsraum Berlin.....	9
Abbildung 4: Modellgebiet - Ballungsraum München	10
Abbildung 5: Struktur des Emissionskatasters Bayern 2004 (Kummer et al., 2008)	14
Abbildung 6: Vergleich der Gesamtemissionsmengen für Berlin.....	17
Abbildung 7: Vergleich der sektoral aufgelösten Emissionsmengen für Berlin	19
Abbildung 8: Vergleich der Emissionsmengen für München.....	20
Abbildung 9: Vergleich der sektoral aufgelösten Emissionsmengen für München.....	21
Abbildung 10: Vergleich der Emissionsmengen für das Ruhrgebiet	23
Abbildung 11: Sektoral aufgelöster Vergleich der Emissionsmengen für das Ruhrgebiet.....	24
Abbildung 12: Vergleich der NH ₃ -Emissionssummen pro Fläche auf Kreisebene in Nordrhein- Westfalen.....	25
Abbildung 13: Vergleich der NMVOC-Emissionssummen pro Fläche für Nordrhein-Westfalen	26
Abbildung 14: Vergleich der NO _x -Emissionssummen pro Fläche auf Kreisebene in Nordrhein- Westfalen.....	27
Abbildung 15: Vergleich der PM ₁₀ -Emissionssummen pro Fläche auf Kreisebene in Nordrhein- Westfalen.....	27
Abbildung 16: Vergleich der PM _{2.5} -Emissionssummen pro Fläche auf Kreisebene in Nordrhein- Westfalen.....	28
Abbildung 17: Vergleich der SO ₂ -Emissionssummen pro Fläche auf Kreisebene in Nordrhein- Westfalen.....	28
Abbildung 18: Vergleich der NMVOC-Emissionsmengen pro Fläche für den Industriesektor auf Kreisebene in Nordrhein-Westfalen	30
Abbildung 19: Vergleich der NMVOC-Emissionsmengen pro Fläche für den Sektor "Kleinf Feuerungen" auf Kreisebene in Nordrhein-Westfalen	30
Abbildung 20: Vergleich der NMVOC-Emissionswerte pro Fläche für den Verkehrssektor auf Kreisebene in Nordrhein-Westfalen	31
Abbildung 21: Vergleich der PM ₁₀ -Emissionsmengen pro Fläche für den Industriesektor auf Kreisebene für Nordrhein-Westfalen.....	32
Abbildung 22: Vergleich der PM ₁₀ -Emissionsmengen pro Fläche für den Sektor Kleinf Feuerungen auf Kreisebene für Nordrhein-Westfalen.....	32
Abbildung 23: Vergleich der PM ₁₀ -Emissionsmengen pro Fläche für den Verkehrssektor auf Kreisebene für Nordrhein-Westfalen.....	33
Abbildung 24: Vergleich der räumlich aufgelösten NMVOC- und NO _x -Emissionen für Berlin....	35
Abbildung 25: Vergleich der räumlich aufgelösten PM ₁₀ - und PM _{2.5} -Emissionen für Berlin....	36
Abbildung 26: Vergleich der räumlich aufgelösten SO ₂ - und NH ₃ -Emissionen für Berlin.....	37
Abbildung 27: Vergleich der räumlich aufgelösten NH ₃ - und NMVOC-Emissionen für München	38
Abbildung 28: Vergleich der räumlich aufgelösten PM ₁₀ - und PM _{2.5} -Emissionen für München	39
Abbildung 29: Vergleich der räumlich aufgelösten NO _x - und SO ₂ -Emissionen für München....	40

Abbildung 30: Vergleich der räumlich aufgelösten NH ₃ - und NMVOC-Emissionen für das Ruhrgebiet.....	41
Abbildung 31: Vergleich der räumlich aufgelösten PM10- und PM2.5-Emissionen für das Ruhrgebiet.....	42
Abbildung 32: Vergleich der räumlich aufgelösten NO _x - und SO ₂ -Emissionen für das Ruhrgebiet.....	43
Abbildung 33: Räumliche Ausdehnung der Umweltzone Berlin	44
Abbildung 34: Modellgebiet für die Umweltzone Berlin	45
Abbildung 35: Räumliche Ausdehnung der Umweltzone München	46
Abbildung 36: Modellgebiet für die Umweltzone München	47
Abbildung 37: „Reale“ Umweltzonen Ruhrgebiet.....	47
Abbildung 38: Modellgebiet für die Umweltzone Ruhrgebiet	48
Abbildung 39: Räumliche Modellierung der Umweltzone für das ganze Ruhrgebiet.....	48
Abbildung 40: PM10-Emissionen aus dem Sektor „Verkehr“ für die Umweltzone Berlin (2015)	49
Abbildung 41: PM10-Emissionen aus dem Sektor „Verkehr“ für die Umweltzone München (2015)	49
Abbildung 42: PM10-Emissionen aus dem Sektor „Verkehr“ für die Umweltzone Ruhrgebiet (2015)	50
Abbildung 43: Land- und Stadtkreise in Nordrhein-Westfalen.....	54
 Tabelle 1: Verursacherguppen - Emissionskataster Berlin	11
Tabelle 2: PAREST-DATENSATZ 2005 - SNAP1 Verursacherkategorien	12
Tabelle 3: Auf Grundlage von Pregger & Friedrich (2009) abgeschätzte effektive Höhen	13
Tabelle 4: Abgeschätzte effektive Höhen pro Verursacherguppe aus dem EKAT Berlin und PAREST	13
Tabelle 5: Bezugsjahre und Emissionsfaktoren im EKAT NRW für verschiedene Verkehrsträger	15
Tabelle 6: Vergleich der Emissionsmengen für Berlin	17
Tabelle 7: Zuordnung der unterschiedlichen Quellgruppensystematiken.....	18
Tabelle 8: Vergleich der sektoral aufgelösten Emissionsmengen für Berlin.....	18
Tabelle 9: Vergleich der Emissionsmengen für München	20
Tabelle 10: Vergleich der sektoral aufgelösten Emissionsmengen für München	21
Tabelle 11: Vergleich der Emissionsmengen für das Ruhrgebiet.....	22
Tabelle 12: Vergleich der sektoral differenzierten Emissionsmengen für das Ruhrgebiet.....	23
Tabelle 13: Punktquellen mit 4.BImSchV-Nr. und Zuordnung zu Sektoren.....	55
Tabelle 14: Datensatzbeschreibung – Emissionsdatensatz Verkehr für EKAT NRW	61

Einleitung

Die im Rahmen von PAREST durchgeführte räumliche Verteilung der deutschen Emissionsmengen basierte auf einer Methode, bei der nationale Emissionsmengen anhand verfügbarer statistischer Daten zu Flächen-, Linien- und Punktquellen auf einem Gitter mittels geographischer Informationssysteme räumlich aufgelöst wurden. Als statistische Daten wurden beispielsweise Beschäftigtenzahlen in verschiedenen Industriebranchen, Lageinformationen und Kapazitäten von Kraftwerksparks, Landnutzungsdaten sowie Zählraten des Straßenverkehrs auf Autobahnen, Bundes- und Landstraßen verwendet. Die Methode zur räumlichen Auflösung der Emissionsdaten ist detailliert in Thiruchittampalam et al. (2010) beschrieben.

Im Rahmen von PAREST wurden auch Sensitivitätsrechnungen durchgeführt, die den Einfluss unterschiedlicher Emissionsdatensätze auf die Konzentrationen der betrachteten Luftschadstoffe untersuchen sollten. Dazu wurden Modellrechnungen durchgeführt, in denen die Emissionen aus dem PAREST-Referenzdatensatz für 2005 für die Modellgebiete München, Berlin und Ruhrgebiet durch entsprechende Länderdatensätze ersetzt wurden. Auf diese Art und Weise sollte der Einfluss der Variabilität der Eingangsgrößen für das angewendete Chemie-Transport-Modell hinsichtlich ihrer Sensitivität bezüglich der immissionsseitigen Auswirkungen quantifiziert werden.

Im ersten Kapitel dieses Berichts werden die Modellgebiete für die ausgewählten Ballungsräume Berlin, München und Ruhrgebiet definiert. Die regionalen Emissionsdatensätze werden im zweiten Kapitel beschrieben. Emissionsmengen pro Schadstoff und pro Quellgruppe für die ausgewählten Modellgebiete werden im dritten Kapitel verglichen. Das vierte Kapitel beinhaltet den Vergleich der räumlich aufgelösten Emissionsdaten auf Kreisebene (gesamt) sowie für NMVOC- und PM₁₀-Emissionen pro Verursacherguppe für Nordrhein-Westfalen. Im fünften Kapitel werden die auf einem 1/64° x 1/64° - Gitter räumlich aufgelösten Emissionsdaten des PAREST-Datensatzes den regionalen Emissionskatastern für die Modellgebiete Berlin, München und Ruhrgebiet gegenübergestellt. Die Modellgebiete für die Modellierung der Umweltzonen sind in Kapitel sechs beschrieben.

1 Definition und Beschreibung der Modellgebiete

Im Rahmen von PAREST wurden Modellgebiete für drei ausgewählte Ballungsräume definiert: Berlin, München und das Ruhrgebiet (Abbildung 1). Ziel war es dabei einen Vergleich zwischen regionalen Emissionsdatensätzen und den räumlich aufgelösten Emissionen des PAREST-Datensatzes durchzuführen.

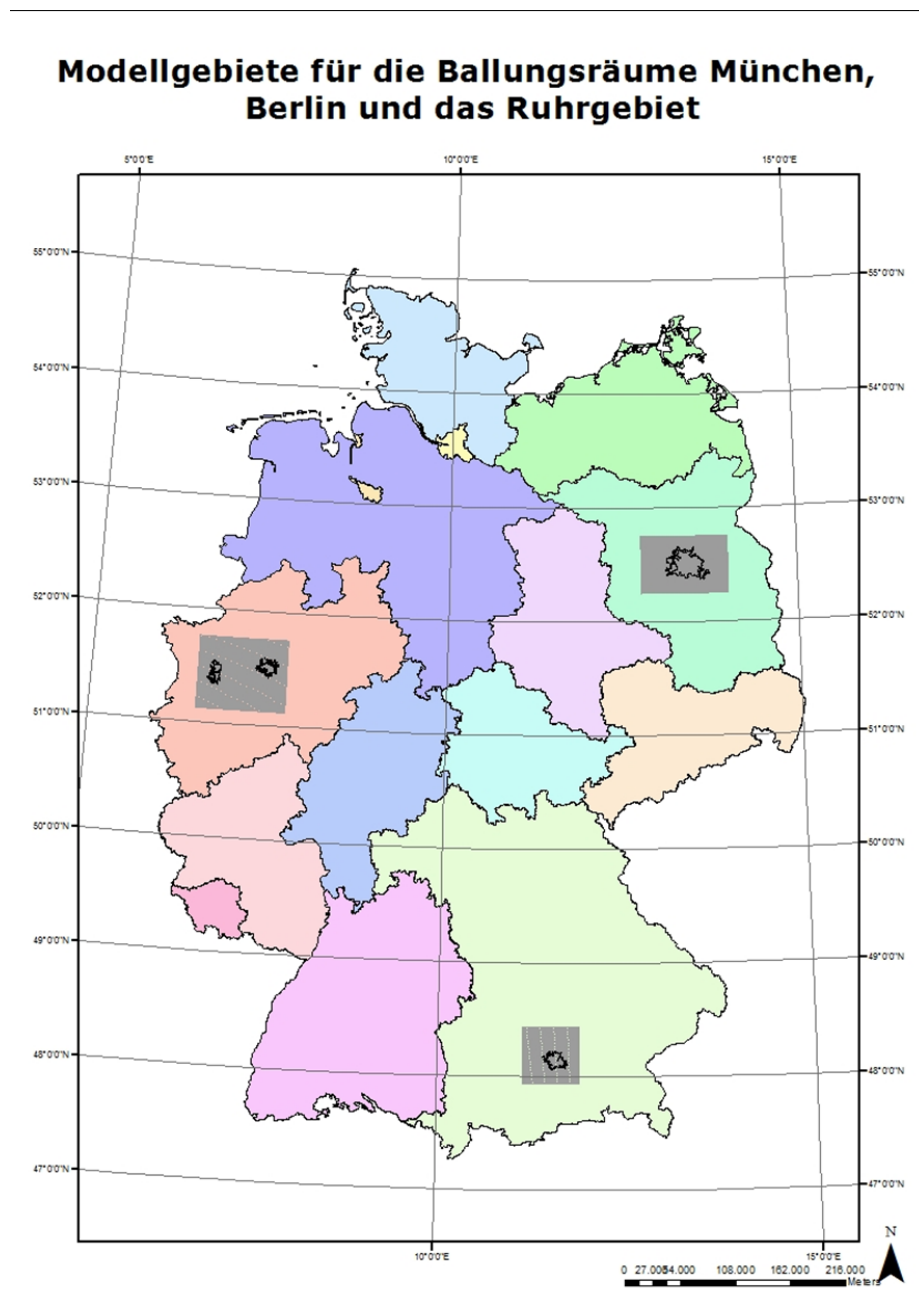


Abbildung 1: Modellgebiete der Ballungsräume Berlin, München und Ruhrgebiet

Die Modellgebiete sind wie folgt definiert:**➤ Ruhrgebiet:**

Das Modellgebiet Ruhrgebiet hat eine räumliche Ausdehnung von 6,500000° West nach 7,765625 ° Ost sowie von 51,765625 ° Nord nach 51,125000° Süd.

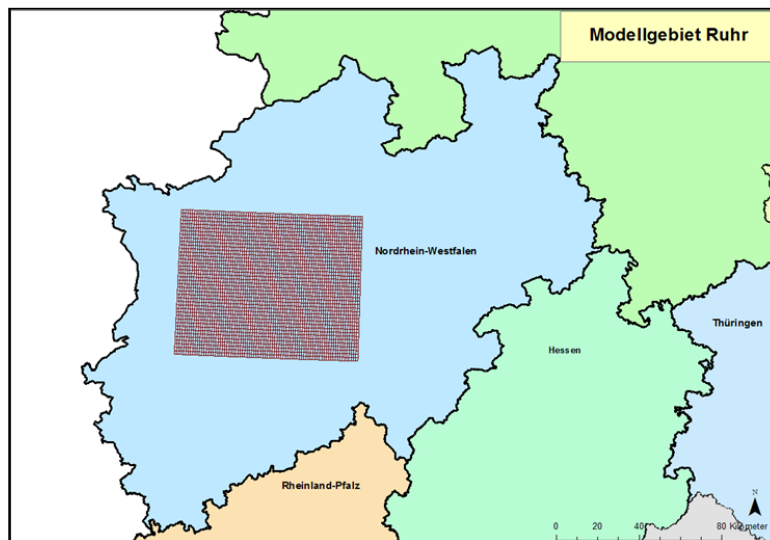


Abbildung 2: Modellgebiet - Ballungsraum Ruhrgebiet

➤ Berlin:

Das Modellgebiet Berlin hat eine räumliche Ausdehnung von 12,750000° West nach 14,015625° Ost sowie von 52,765625° Nord nach 52,250000° Süd.

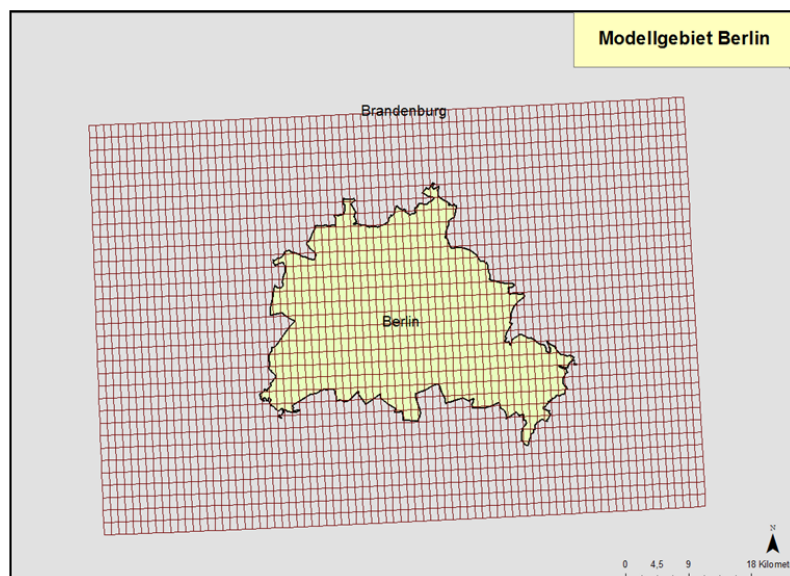


Abbildung 3: Modellgebiet - Ballungsraum Berlin

➤ **München:**

Das Modellgebiet München hat eine räumliche Ausdehnung von 11,125000° West nach 11,890625° Ost sowie von 48,437500° Nord nach 47,937500° Süd.

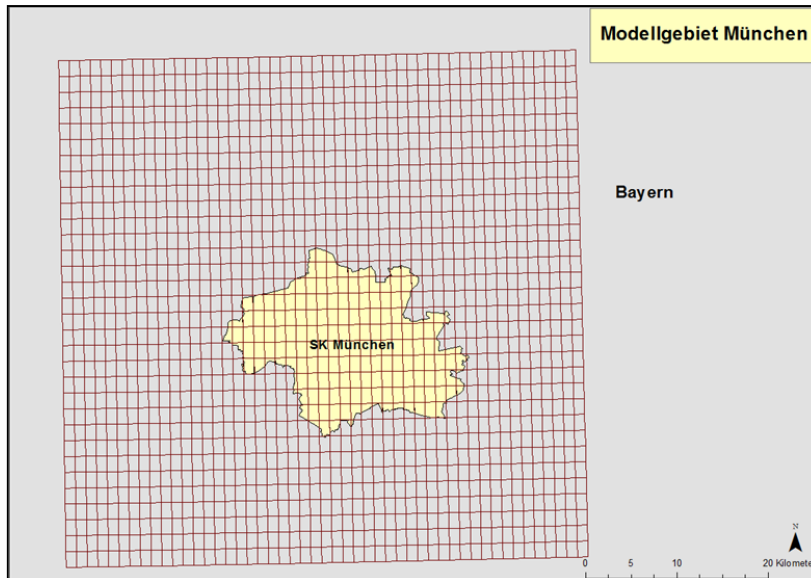


Abbildung 4: Modellgebiet - Ballungsraum München

2 Beschreibung der regionalen Emissionsdatensätze

2.1 Beschreibung des Emissionsdatensatzes für Berlin

Der räumlich aufgelöste Emissionsdatensatz für Berlin wurde von der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz, Berlin bereitgestellt (pers. Mitteilung W. Reichenbaecher, E-mail vom 17.09.2009 auf Grundlage des Projektes „Aktualisierung der Berechnungen für den Berliner Luftreinhalteplan“ (pers. Mitteilung V. Diegmann, IVU, Freiburg, Email vom 21.09.2009)). Die Emissionsdaten bezogen sich auf das Referenzjahr 2005.

Die Emissionsdaten für Berlin bestehen aus jeweils einem Datensatz für Flächen- und Punktquellen. Die Auflösung der Flächenquellen liegt bei 0.0156250° Länge und 0.0078125° Breite in einem geographischen Koordinatensystem. Punktquellen wurden mit punktscharfen Koordinaten angegeben.

Der Emissionsdatensatz für Berlin beinhaltet Emissionsmengen für 7 Schadstoffe (NO_x (als NO₂), organische Gase (NMVOC), SO₂, NH₃, CO, PM2.5 und PM10). Die betrachteten Quellgruppen sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Verursachergruppen - Emissionskataster Berlin

No	Verursachergruppen - EKAT Berlin
1	Combustion_in_energy_and_transport
2	Non-industrial_combustion_processes
3	Combustion_in-manufacturing industries
4	Production_processes
5	Extraction_and_distribution
6	Solvent_and_other_product_use
7	Road_traffic
8	Road_traffic diesel
9	Road_traffic evaporation
10	Other_mobile_sources_and_machinery
11	Waste_treatment_and_disposal
12	Agriculture

Für die Verursachergruppen „Road traffic diesel“ und „Road traffic evaporation“ waren in dem Datensatz keine Werte vorhanden. Um die Emissionsmengen aus dem Emissionsdatensatz Berlin mit denen aus dem PAREST Datensatz vergleichen zu können, wurden die Verursachergruppen aus dem Emissionskataster Berlin (EKAT Berlin) den im PAREST verwendeten Kategorien zugeordnet. Die PAREST-Systematik unterscheidet die in Tabelle 2 dargestellten Quellgruppen.

Tabelle 2: PAREST-DATENSATZ 2005 - SNAP1 Verursacherkategorien

SNAP1 Kodierung	SNAP1 Benennung
01	Combustion in energy and transformation industries
02	Non-industrial combustion plants
03	Combustion in manufacturing industry
04_01	Production processes, high altitude
04_02	Production processes, low altitude
05	Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy
06	Solvent and other product use
07_1	Road transport gasoline
07_2	Road transport diesel
07_4	Road transport non-exhaust (volatilisation)
07_5	Road transport non-exhaust (tire, break and road wear)
08	Other mobil sources and machinery
09	Waste treatment and disposal
10	Agriculture

Die Verursacherguppe 10 des Berlin-Datensatzes (Tabelle 1) beinhaltet auch eine Kategorie „Sonstige Quellen“, die zum Vergleich mit dem PAREST-Datensatz der Kategorie SNAP 8 (Other mobile sources and machinery) aus Tabelle 2 zugeordnet wurde.

2.1.1 Beschreibung der effektiven Höhen der Punktquellen im Berlin-Datensatz

Heiße Abgase erfahren in der Atmosphäre einen Auftrieb, so dass sich eine größere effektive Quellhöhe ergibt (thermische Abgasfahnenüberhöhung). Durch den Impuls des vertikal ausgeblasenen Abgases (impulsbedingte Abgasfahnenüberhöhung) entsteht eine ähnliche Wirkung (Petrich, 2006).

Der Berlin-Datensatz beinhaltet für alle berücksichtigten Punktquellen Angaben zu „stack height“ (Schornsteinhöhe), „vol“ (Volumenstrom) und „temp“ (Rauchgastemperatur). Die effektiven Höhen konnten so auf Grundlage von Pregger & Friedrich (2009) berechnet werden. Das Ergebnis ist in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Auf Grundlage von Pregger & Friedrich (2009) abgeschätzte effektive Höhen

SNAP1_Kategorie	Sektor/Anlagentyp	Effektive Höhe (m)
SNAP1	Power stations ≥ 50 MW	388
SNAP2 / SNAP3	Combustion plants ≥ 50 MW (solid, liquid)	377
SNAP2 / SNAP3	Combustion plants ≥ 50 MW (gas)	135
SNAP2 / SNAP3	Combustion plants 1 to < 50 MW	95
SNAP2 / SNAP3	Gas turbines ≥ 50 MW	367
SNAP5	Dry distillation of coal, wood etc.	182
SNAP4	Cement production	182
SNAP4	Other mineral products	116
SNAP4	Roasting, smelting, sintering of ores	445
SNAP4	Primary pig iron & non ferrous metals prod.	224
SNAP4	Steel production, iron & steel smelting	191
SNAP4	Non ferrous metal smelting, rolling	123
SNAP4	Iron and steel foundries	52
SNAP4	Production of chemicals	148
SNAP5	Petroleum refining	226
SNAP4	Pulp, paper, chipboard production	148
SNAP9	Waste incineration	172
SNAP4	Beer manufacturing	53

In Tabelle 4 sind die auf Basis von Tabelle 3 abgeschätzten effektiven Quellhöhen für die einzelnen Quellgruppen des Berlin-Datensatzes dargestellt.

Tabelle 4: Abgeschätzte effektive Höhen pro Verursachergruppe aus dem EKAT Berlin und PAREST

EKAT_Berlin	PAREST_SNAP1	Effektive Höhe (m)
1	01	388
3	03	95
3	03	135
3	03	370
4	04	53
4	04	130
4	04	200
4	04	445
11	09	172

2.2 Beschreibung des Emissionsdatensatzes für München

Die Emissionsdaten für das Untersuchungsgebiet München entstammen dem Emissionskataster Bayern (EKAT Bayern) (Kummer et al., 2008). Der Datensatz bezieht sich auf das Jahr 2004. Die berechneten Emissionsmengen wurden auf einem 2km x 2km - Gitter räumlich aufgelöst. Im Emissionskataster Bayern wurden die in Abbildung 5 dargestellten Quellgruppen berücksichtigt.

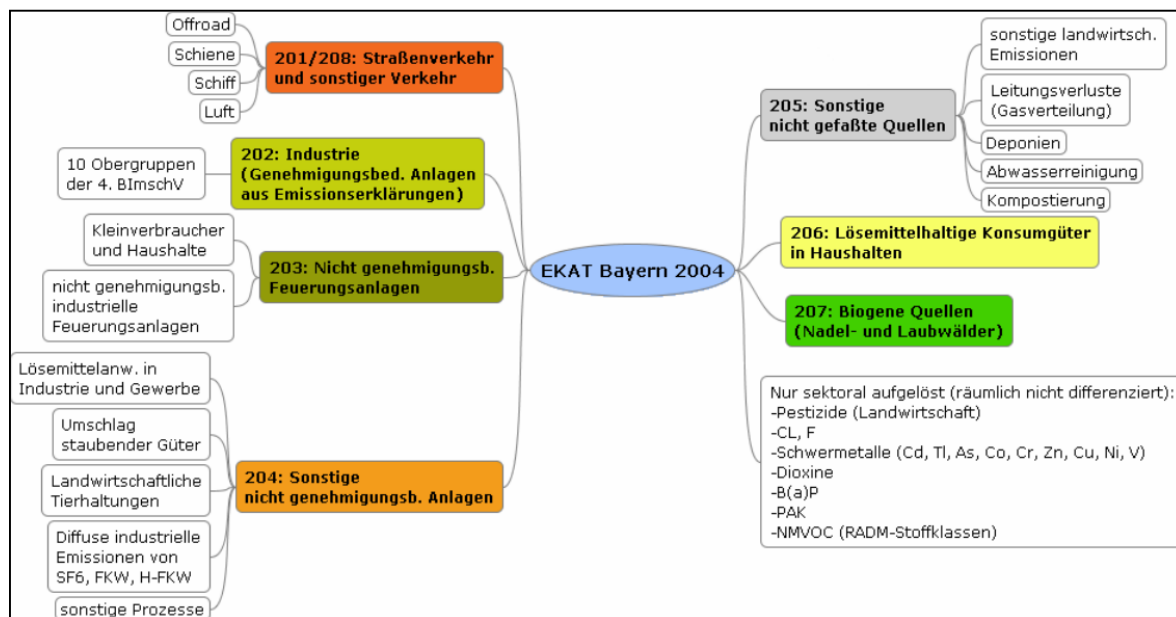


Abbildung 5: Struktur des Emissionskatasters Bayern 2004 (Kummer et al., 2008)

Um die räumlich aufgelösten Emissionsdaten des EKAT Bayern mit dem PAREST-Datensatz für das Modellgebiet München zu vergleichen, wurden die auf einem 2km x 2km - Gitter räumlich aufgelösten Emissionsdaten aus dem EKAT Bayern auf das in PAREST angewendete 1/64° x 1/64° - Gitter umgerechnet.

2.2.1 Beschreibung der effektiven Höhen der Punktquellen im München-Datensatz

Die Punktquellendaten die für das Ballungsraum München entstammen dem Emissionskataster Bayern. Die Angaben zu den effektiven Höhen wurden hauptsächlich auf der Grundlage der Emissionserklärungen aus Pregger & Friedrich (2009) generiert (siehe Anhang - Tabelle 13).

2.3 Beschreibung des Emissionsdatensatzes für das Ruhrgebiet

Die Emissionsdaten für das Modellgebiet Ruhrgebiet entstammen dem Emissionskataster NRW (EKAT NRW) (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, 2004). Die Emissionsmengen auf Kreisebene beziehen sich auf das Jahr 2004. Es wurden Emissionen für die Sektoren Kleinfeuerungen (Hausbrand), Industrie und Verkehr

für die Schadstoffe CO, SO₂, NO_x, PM, PM₁₀ und NMVOC verfügbar gemacht. Die Bezugsjahre und Emissionsfaktoren, die für die verschiedenen Verkehrsträger verwendet wurden, sind in Tabelle 5 zusammengefasst. Die Beschreibung des Originaldatensatzes für den Verkehrssektor ist in Tabelle 14 im Anhang dargestellt.

Tabelle 5: Bezugsjahre und Emissionsfaktoren im EKAT NRW für verschiedene Verkehrsträger

Verkehrsträger	Bezugsjahr	Verwendete Emissionsfaktoren ¹
Straßenverkehr	2007	[1], [2], [3]
Schienenverkehr	2000	[4], [3]
Schiffsverkehr	2004	[5], [3]
Offroad	2000	[7], [8], [3]
Flugverkehr (LTO bis 3000 ft.)	2000	[6], [3]

Die Datensätze wurden als 1km x 1km – Rasterdaten und Punktquellendaten zur Verfügung gestellt. Für den Sektor Landwirtschaft wurden Emissionsdaten für die Schadstoffe CH₄, N₂O und NH₃ bereitgestellt. Die Daten beziehen sich auf das Jahr 2003 und sind kreisweise räumlich aufgelöst. Um die Datensätze des EKAT NRW mit dem PAREST-Datensatz vergleichen zu können, wurde eine Zuordnung der Sektoren aus dem EKAT NRW zu den entsprechenden PAREST-Kategorien vorgenommen.

2.3.1 Beschreibung der effektiven Höhen der Punktquellen im NRW-Datensatz

Zusätzlich wurden Punktquellendaten aus den Emissionserklärungen für Nordrhein-Westfalen verfügbar gemacht. Die Daten beinhalteten Quellenhöhen in Form von Schornsteinhöhen. Die effektiven Höhenangaben (Schornsteinhöhen inklusive Fahnenüberhöhung) wurden durch eine Zuordnung der Punktquellen mit Hilfe der 4. BImSchV²-Nr. zu den entsprechenden Sektoren erhalten. (Die 4. BImSchV listet diejenigen Industrieanlagen auf, die aufgrund einer gewissen Kapazität und Größe genehmigungsbedürftig sind. Die Betreiber

¹ [1] HBEFA: Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs; Version 2.1; Umweltbundesamt; Berlin; 2004

[2] Schneider, C.; Niederau, A.; Brandt, A.; Schulz, T.: Ermittlung der durch Aufwirbelung und Abrieb im Straßenverkehr verursachten PM₁₀-Emissionen. Ein modifizierter Ansatz; Springer-VDI-Verlag GmbH & Co. KG; Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft; Jahrgang 66; Heft 10; S. 436 – 439; Düsseldorf, 2006

[3] European Environment Agency: EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2005/2006/2007; Dänemark; Kopenhagen; 2005/2006/2007

[4] DB AG Bahnumweltzentrum: Emissionsfaktoren und spezifische Brennstoffverbräuche; Berlin; 2000

[5] Bundesanstalt für Gewässerkunde: Verkehrswirtschaftlicher und ökologischer Vergleich der Verkehrsträger Straße, Schiene und Wasserstraße; 3. Zwischenbericht;

erstellt von PLANCO Consulting GmbH; Berlin; 2007

[6] International Civil Aviation Organisation (ICAO): Engine Exhaust Emission Data Base (Annex 16, Vol II); 2000

[7] Andrias, A. et al.: The Estimation of the Emissions of "Other Mobile Sources and Machinery"; Subparts: "Off-road Vehicles and Machines", "Railways" and "Inland Waterways" in the European Union; EU Study Contract number B4-3040/93/000803/B3; Thessaloniki; 1994

[8] EUROMOT: Association of European Manufactures of Internal Combustion Engines; Vorschläge für die Emissionsfaktoren von Dieselmotoren; Frankfurt; 1992

² Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen (4. BImSchV, 1997)

genehmigungsbedürftiger Anlagen sind verpflichtet, den zuständigen Behörden aktuelle Emissionsdaten für den jeweiligen Erklärungszeitraum im Rahmen der Emissionserklärung mitzuteilen.) In einem weiteren Schritt wurde eine Zuordnung der Sektoren zu den spezifischen PAREST-Kategorien vorgenommen (siehe Anhang - Tabelle 13). Für jede Kategorie wurde so ein Durchschnittswert aus den den jeweiligen Zellen zugeordneten effektiven Höhen berechnet. In einem letzten Schritt folgte das Zusammenfügen der räumlich aufgelösten Emissionswerte pro Schadstoff mit den effektiven Höhen pro Zelle. Die Ergebnisdatei beinhaltete so Informationen zu Emissionsmenge und effektiver Höhe. Es wurde nachträglich festgestellt, dass bei diesem Arbeitsschritt die effektiven Höhenangaben nicht vollständig in die Ergebnisdatei übernommen wurden. Die PM10-Emissionen für Punktquellen wurden somit teilweise mit der effektiven Höhe Null an die Konzentrationsmodellierer (Stern, 2010) geliefert.

3 Vergleich der regionalen Emissionsdatensätze mit dem PAREST-Emissionsdatensatz

3.1 Vergleich für das Modellgebiet Berlin

3.1.1 Vergleich der Emissionsmengen

Der Vergleich der Gesamtmengen der Emissionen für den Ballungsraum Berlin mit dem PAREST-Emissionsdatensatz für Berlin ist in Tabelle 6 und Abbildung 6 dargestellt. Die PAREST-Emissionsmengen sind hinsichtlich der NH_3 -, NMVOC-, NO_x -, $\text{PM}_{2.5}$ - und SO_2 -Emissionen um jeweils 63%, 19%, 14%, 14% und 52% höher als die Emissionsmengen auf Grundlage des Emissionskatasters Berlin. Die PM_{10} -Emissionen sind dagegen für Berlin um 21% höher. Die größten Differenzen sind für NH_3 - und SO_2 -Emissionsmengen festzustellen.

Tabelle 6: Vergleich der Emissionsmengen für Berlin

Schadstoff	PAREST_2005 (Mg)	EKAT Berlin_2005 (Mg)	Differenz (Mg)	Differenz (%)
NH_3	545	203	342	63
NMVOC	26.232	21.214	5.017	19
NO_x	23.545	20.354	3.191	14
PM_{10}	3.157	3.810	-653	-21
$\text{PM}_{2.5}$	1.848	1.582	266	14
SO_2	9.869	4.700	5.169	52

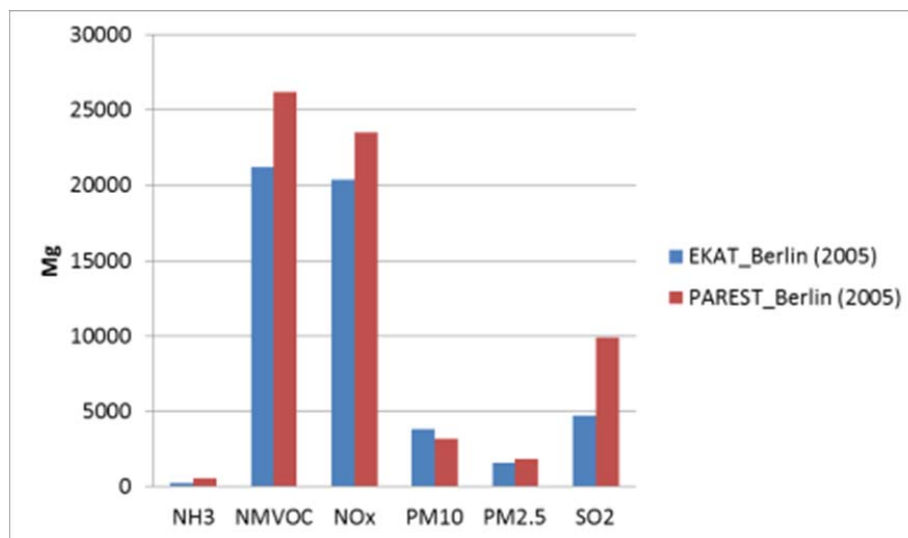


Abbildung 6: Vergleich der Gesamtemissionsmengen für Berlin

Die relativ größten Unterschiede wurden für NH_3 identifiziert. Aus diesem Grund werden im folgenden Kapitel die Emissionsmengen des Emissionskatasters Berlin mit dem PAREST-Emissionsdatensatz auf sektoraler Ebene verglichen.

3.1.2 Vergleich der Emissionsmengen pro Quellgruppe

Um die Unterschiede von regionalen Emissionsinventaren und dem PAREST-Datensatz zu identifizieren, wurde zunächst eine sektorale Zuordnung der unterschiedlichen Quellgruppensystematiken vorgenommen. Dazu wurden die sektoral aufgelösten Emissionen für die Sektoren „Industrie“, „Kleinfeuerungsanlagen“, „Landwirtschaft“ und „Verkehr“ den entsprechenden PAREST-Quellgruppen zugeordnet, wie in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7: Zuordnung der unterschiedlichen Quellgruppensystematiken

PAREST-DATENSATZ 2005 - SNAP1	Quellgruppen
01 Combustion in energy and transformation industries	Industrie
02 Non-industrial combustion plants	Kleinfeuerungsanlagen
03 Combustion in manufacturing industry	Industrie
04_01 Production processes, high altitude	Industrie
04_02 Production processes, low altitude	Industrie
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Industrie
06 Solvent and other product use	Industrie
07_1 Road transport gasoline	Verkehr
07_2 Road transport diesel	Verkehr
07_4 Road transport non-exhaust (volatilisation)	Verkehr
07_5 Road transport non-exhaust (tire, break and road wear)	Verkehr
08 Other mobil sources and machinery	Verkehr
09 Waste treatment and disposal	Industrie
10 Agriculture	Landwirtschaft

In Tabelle 8 sind die Emissionsmengen aus dem EKAT Berlin und dem PAREST-Datensatz pro Sektor zusammengefasst und gegenübergestellt. Ersichtlich ist, dass der Sektor "Landwirtschaft" in Berlin keine Rolle spielt. Emissionsmengen aus diesem Sektor sind nur im PAREST-Datensatz berücksichtigt. Im EKAT Berlin waren keine Informationen zu diesem Sektor verfügbar.

Tabelle 8: Vergleich der sektoral aufgelösten Emissionsmengen für Berlin

Schadstoff	Industrie (Mg)	Kleinfeuerung (Mg)	Verkehr (Mg)	Landwirtschaft (Mg)
NH ₃ _EKAT_B	8	0	195	0
NH ₃ _PAREST_B	105	109	182	149
NMVOC_EKAT_B	888	6.986	13.340	0
NMVOC_PAREST_B	18.697	1.363	6.126	45
NO _x _EKAT_B	6.035	3.131	11.189	0
NO _x _PAREST_B	7.986	3.843	11.672	45
PM10_EKAT_B	384	249	3.177	0
PM10_PAREST_B	1.171	521	1.458	8
PM2.5_EKAT_B	222	162	1.199	0
PM2.5_PAREST_B	731	490	625	2
SO ₂ _EKAT_B	2.900	1.575	225	0
SO ₂ _PAREST_B	6.658	3.118	92	0

Abbildung 7 zeigt für die betrachteten Schadstoffe einen Vergleich der jeweiligen sektoralen Anteile. Die geringsten Unterschiede wurden für NO_x und SO_2 -Emissionen identifiziert.

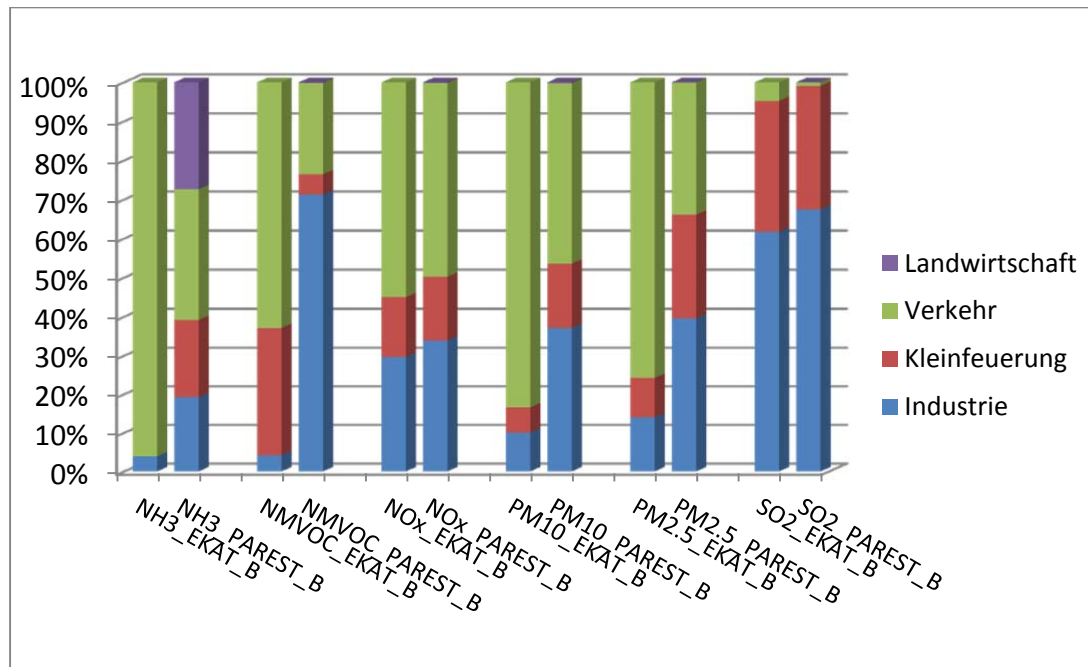


Abbildung 7: Vergleich der sektoral aufgelösten Emissionsmengen für Berlin

3.2 Vergleich für das Modellgebiet München

3.2.1 Vergleich der Emissionsmengen

Der Vergleich der Emissionsmengen für das Modellgebiet München (Tabelle 9) zeigt, dass die PAREST-Emissionsmengen für NH_3 und NMVOC jeweils um 2% und 41% niedriger sind als die im Emissionskataster Bayern für das Modellgebiet München berechneten Mengen. Die NO_x -, PM_{10} -, $\text{PM}_{2.5}$ - und SO_2 -Emissionsmengen im Emissionskataster Bayern sind dagegen um 12%, 53%, 34% bzw. 44% höher als die PAREST-Emissionsmengen. Die größten Differenzen wurden für PM_{10} - und SO_2 -Emissionsmengen identifiziert.

Tabelle 9: Vergleich der Emissionsmengen für München

Schadstoff	PAREST_2005 (Mg)	EKAT München_2004 (Mg)	Differenz (Mg)	Differenz (%)
NH_3	4.431	4.537	-106	-2
NMVOC	25.444	35.983	-10.539	-41
NO_x	27.481	24.222	3.258	12
PM_{10}	4.219	1.969	2.250	53
$\text{PM}_{2.5}$	2.330	1.533	798	34
SO_2	5.792	3.244	2.548	44

Die Gesamtmengen der Emissionen aus dem Emissionskataster München und dem PAREST-Datensatz für das Modellgebiet München sind in Abbildung 8 visualisiert.

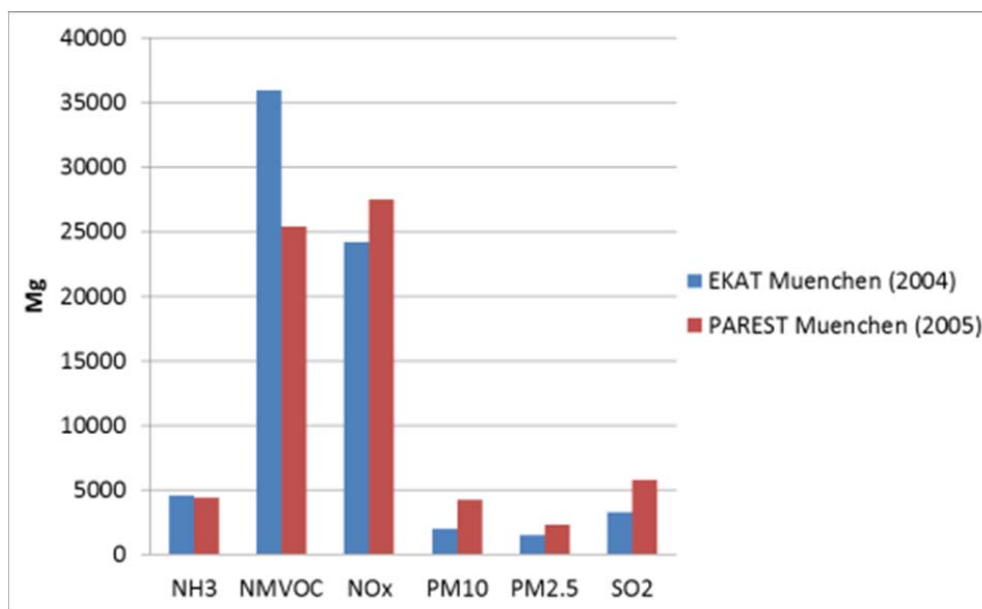


Abbildung 8: Vergleich der Emissionsmengen für München

3.2.1 Vergleich der Emissionsmengen pro Quellgruppe

Der Vergleich der sektoral aufgelösten Emissionsmengen des EKAT-Bayern 2004 und des PAREST-Datensatzes für 2005 ist Tabelle 10 zu entnehmen.

Tabelle 10: Vergleich der sektoral aufgelösten Emissionsmengen für München

Schadstoff	Industrie (Mg)	Kleinf Feuerung (Mg)	Verkehr (Mg)	Landwirtschaft (Mg)
NH ₃ _EKAT_M	16	89	263	4.170
NH ₃ _PAREST_M	89	74	312	3.956
NMVOC_EKAT_M	24.125	3.876	7.982	0
NMVOC_PAREST_M	15.950	2.302	5.554	1.638
NO _x _EKAT_M	4.633	3.057	16.533	0
NO _x _PAREST_M	4.649	2.755	19.462	615
PM10_EKAT_M	355	451	1.073	91
PM10_PAREST_M	1.191	798	2.101	128
PM2.5_EKAT_M	238	421	848	26
PM2.5_PAREST_M	573	745	975	37
SO ₂ _EKAT_M	554	2.490	201	0
SO ₂ _PAREST_M	3.541	2.094	158	0

Die Anteile der einzelnen Quellgruppen an den Emissionsmengen der jeweiligen Schadstoffe sind in Abbildung 9 dargestellt. Lediglich hinsichtlich der SO₂-Emissionen aus der Quellgruppe Industrie existieren erhebliche Unterschiede.

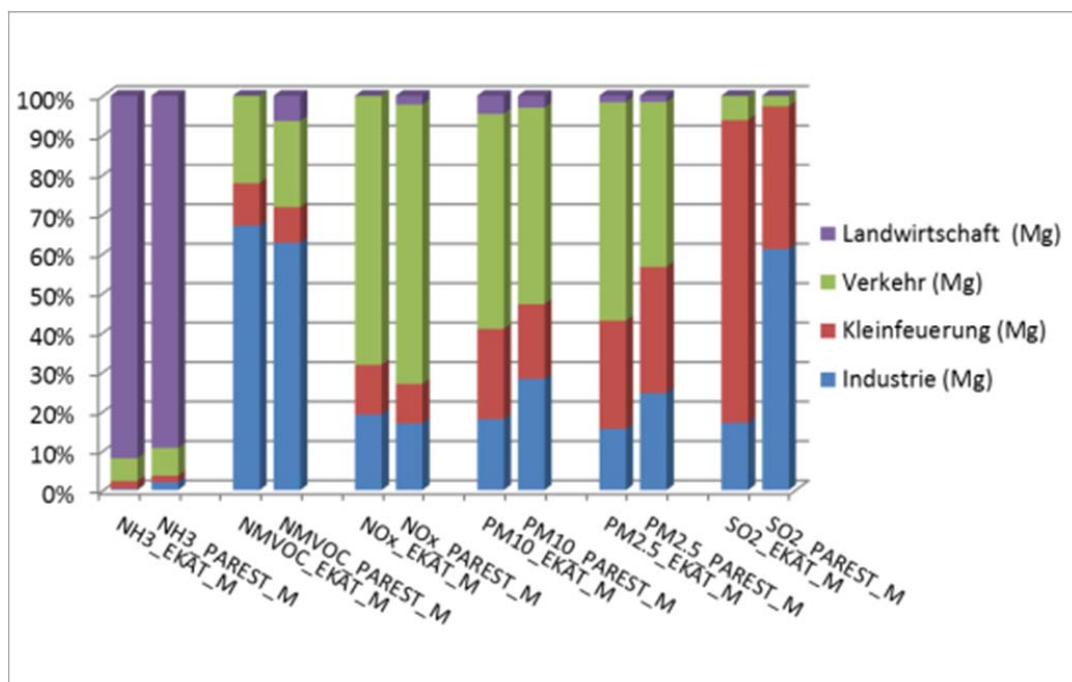


Abbildung 9: Vergleich der sektoral aufgelösten Emissionsmengen für München

3.3 Vergleich für das Modellgebiet Ruhrgebiet

3.3.1 Vergleich der Emissionsmengen

Der Vergleich der Emissionsmengen des Emissionsinventars NRW und des PAREST-Emissionsdatensatzes für das Ruhrgebiet ist in Tabelle 11 dargestellt.

Die PAREST-Emissionsmengen für NH_3 und, NO_x sind um 3% bzw. 15% niedriger als die entsprechenden Emissionsmengen für das Ruhrgebiet im NRW-Datensatz. Die NMVOC-, PM10-, PM2.5- und SO_2 -Emissionsmengen sind im PAREST-Datensatz um 52%, 47%, 8% bzw. 9% höher. Die größten Differenzen ergeben sich für die PM10- und NMVOC-Emissionsmengen. Hinsichtlich der NMVOC-Emissionen lässt sich die Diskrepanz dahingehend erklären, dass im Emissionskataster für NRW keine NMVOC-Emissionen (Lösemittelemissionen) aus dem Sektor Gewerbe und Haushalte berücksichtigt werden.

Die Hauptquellen für PM10-Emissionen im NRW-Inventar sind die Sektoren „Verkehr“, „Kleinf Feuerungen“ und „Industrie“. Der Großteil der PM10-Emissionen, die dem Verkehrssektor zugeordnet werden, entstammt im NRW-Kataster Diesel-Fahrzeugen und Wiederaufwirbelungsprozessen. Im Sektor Kleinf Feuerungsanlagen (Hausbrand) stellen ältere, mit Holz oder Kohle betriebene Einzelöfen die wichtigsten Emissionsquellen dar. Betrachtet man die PM10-Emissionsmengen des Emissionsinventars NRW 2004 und PAREST 2005 und deren Unterschiede auf sektoraler Ebene, so wird deutlich, dass die Emissionsmengen des PAREST-Datensatzes für alle Sektoren deutlich höher sind als das des EKAT NRW. Die Emissionsmengen für das Ruhrgebiet sind in Abbildung 10 im Vergleich dargestellt. Wie eingangs erwähnt, wurden aus technischen Gründen die PM10-Emissionen für Punktquellen teilweise mit der Schornsteinhöhe Null an die Konzentrationsmodellierer (Stern, 2010) geliefert.

Tabelle 11: Vergleich der Emissionsmengen für das Ruhrgebiet

Schadstoff	PAREST_2005 (Mg)	EKAT NRW_2004 (Mg)	Differenz (Mg)	Differenz (%)
NH_3	10.127	10.405	-278	-3
NMVOC	95.210	46.062	49.149	52
NO_x	139.080	160.176	-21.096	-15
PM10	31.908	16.987	14.921	47
PM2.5	14.045	12.890	1.155	8
SO_2	90.872	82.333	8.539	9

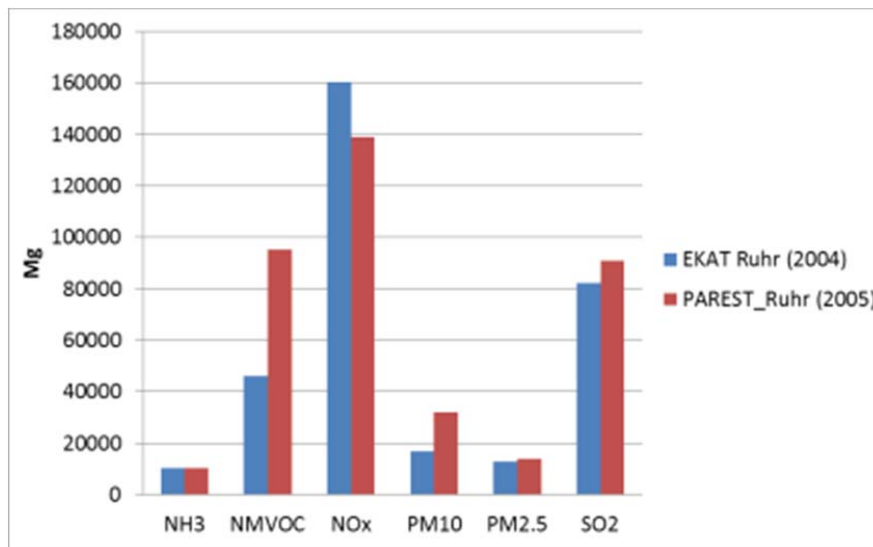


Abbildung 10: Vergleich der Emissionsmengen für das Ruhrgebiet

3.3.2 Vergleich der Emissionsmengen pro Quellgruppe

Der Vergleich der sektoral aufgelösten Emissionsmengen des EKAT-NRW 2004 mit dem PAREST-Datensatz 2005 für das Modellgebiet Ruhrgebiet ist in Tabelle 12 dargestellt.

Tabelle 12: Vergleich der sektoral differenzierten Emissionsmengen für das Ruhrgebiet

Schadstoff	Industrie (Mg)	Kleinf Feuerung (Mg)	Verkehr (Mg)	Landwirtschaft (Mg)
NH ₃ _EKAT_R	733	0	944	8.728
NH ₃ _PAREST_R	1.378	240	786	7.723
NMVOC_EKAT_R	7.193	2.996	35.873	0
NMVOC_PAREST_R	71.610	3.426	16.491	3.684
NO _x _EKAT_R	74.987	11.277	73.911	0
NO _x _PAREST_R	70.546	8.522	58.946	1.066
PM10_EKAT_R	10.686	912	5.453	0
PM10_PAREST_R	23.367	1.284	6.875	382
PM2.5_EKAT_R	9.510	848	2.531	0
PM2.5_PAREST_R	9.622	1.206	3.134	82
SO ₂ _EKAT_R	73.788	8.230	316	0
SO ₂ _PAREST_R	83.414	6.876	583	0

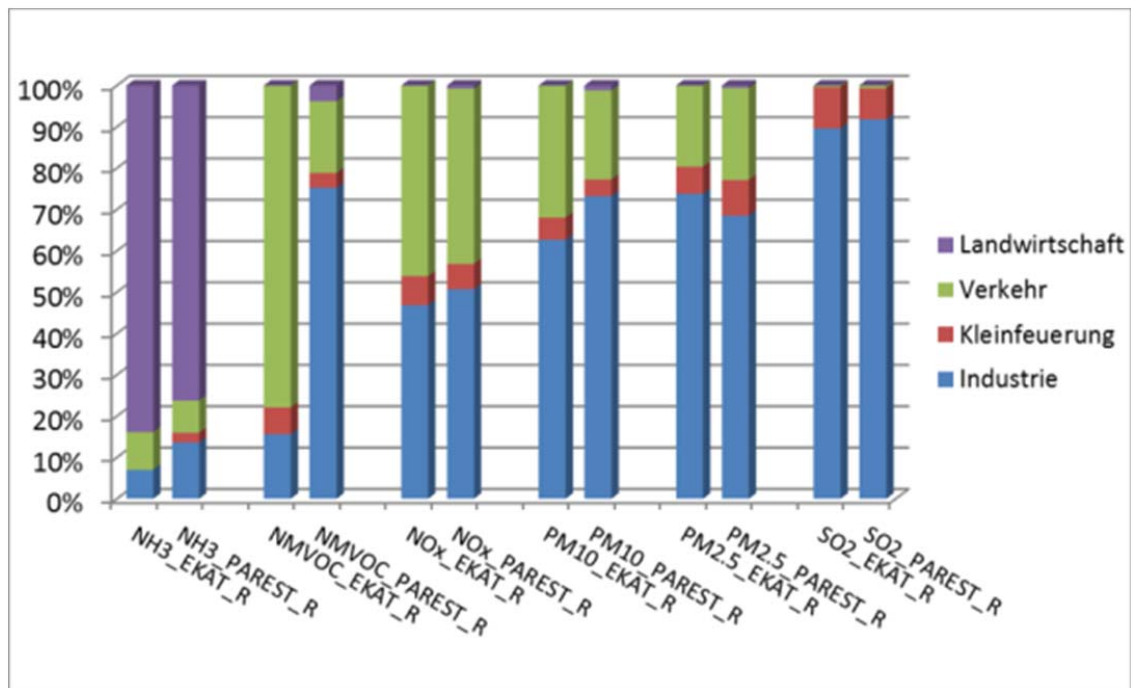


Abbildung 11: Sektoral aufgelöster Vergleich der Emissionsmengen für das Ruhrgebiet

Abbildung 11 ist zu entnehmen, dass der Beitrag der einzelnen Quellgruppen zu den schadstoffspezifischen Emissionsmengen in beiden Inventaren vergleichbar ist. Lediglich hinsichtlich der NMVOC-Emissionen sind größere Abweichungen zu erkennen.

4 Vergleich der räumlich aufgelösten Emissionsdaten für Nordrhein-Westfalen auf Kreisebene

4.1 Vergleich pro Schadstoff

In diesem Kapitel werden die räumlichen Muster des NRW-Inventars und des PAREST-Datensatzes auf Kreisebene miteinander verglichen. Die räumliche Verteilung der absoluten Emissionswerte pro Kreisfläche (km^2) ist in den folgenden Abbildungen dargestellt. Es wurden für den Vergleich jeweils gleiche Wertegrenzen für die Farbgebung festgelegt. Es wurde für Nordrhein-Westfalen eine administrative Karte auf Kreisebene erstellt, um die einzelnen Kreise identifizieren zu können (siehe Anhang - Abbildung 43). Betrachtet man die räumliche Verteilung der NH_3 -Emissionswerte des Emissionsinventars NRW bzw. PAREST pro Kreisfläche (Abbildung 12) so ist hinsichtlich des räumlichen Musters eine gute Übereinstimmung zu erkennen.

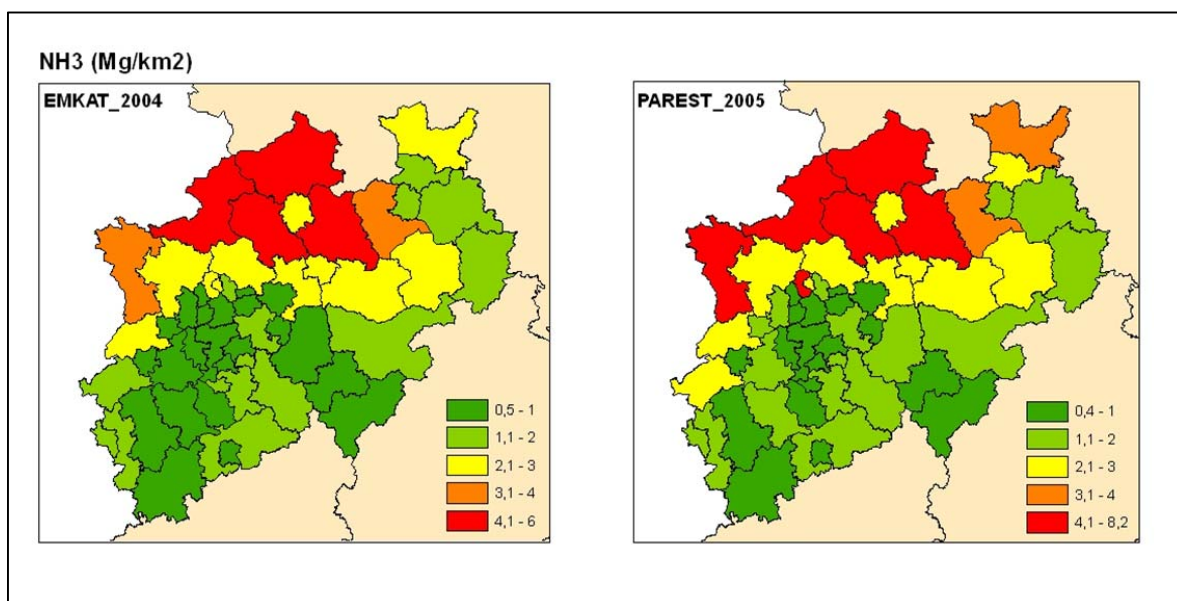


Abbildung 12: Vergleich der NH_3 -Emissionssummen pro Fläche auf Kreisebene in Nordrhein-Westfalen

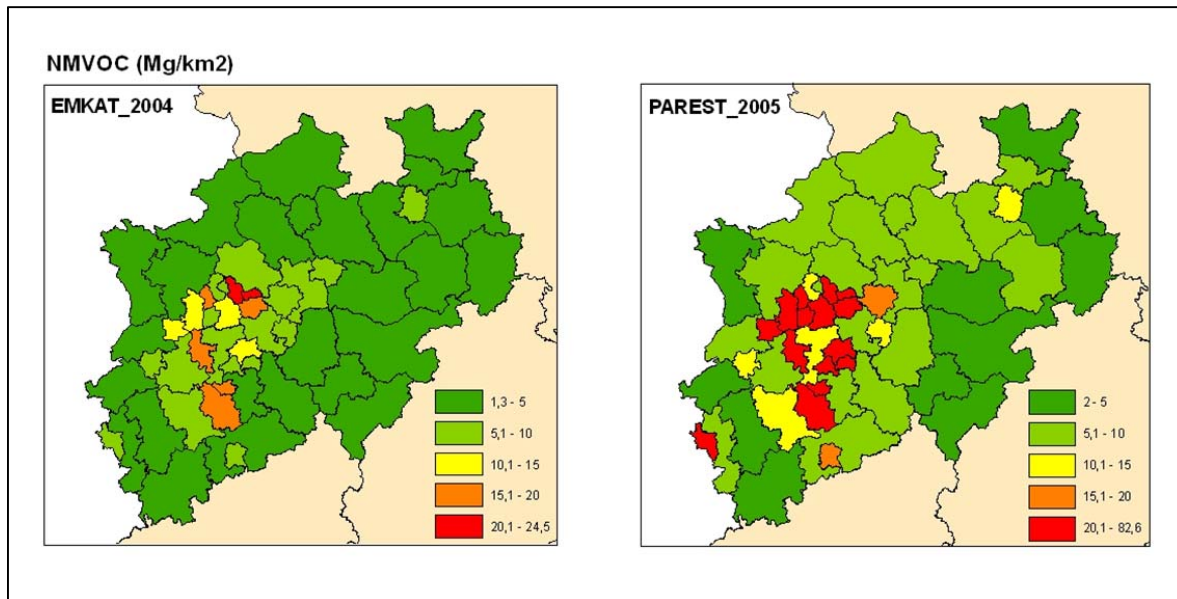
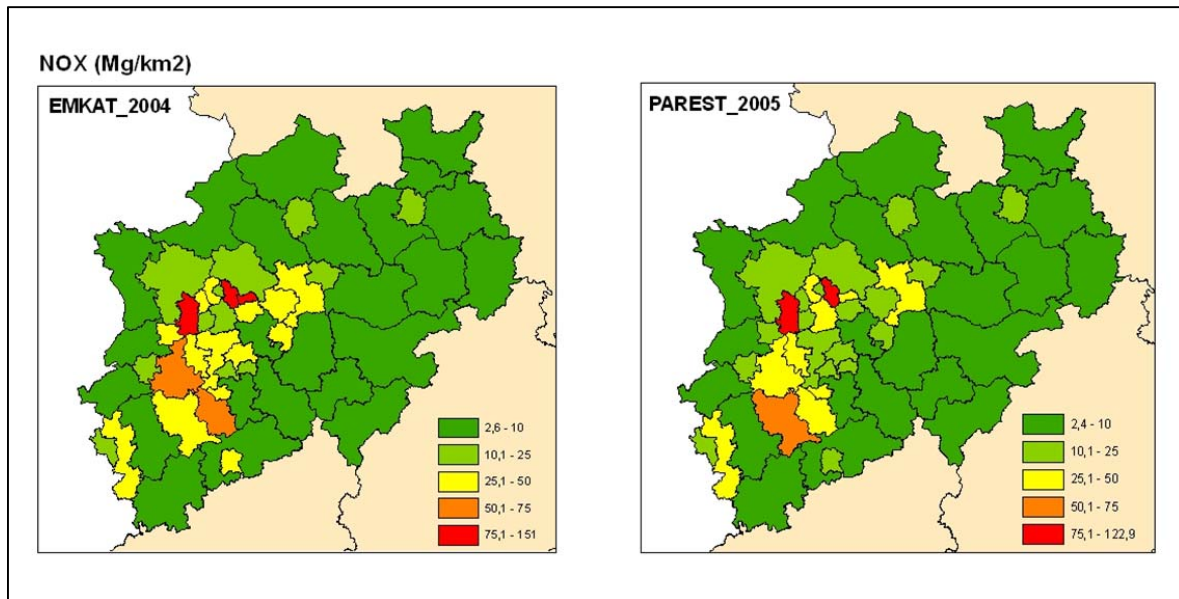
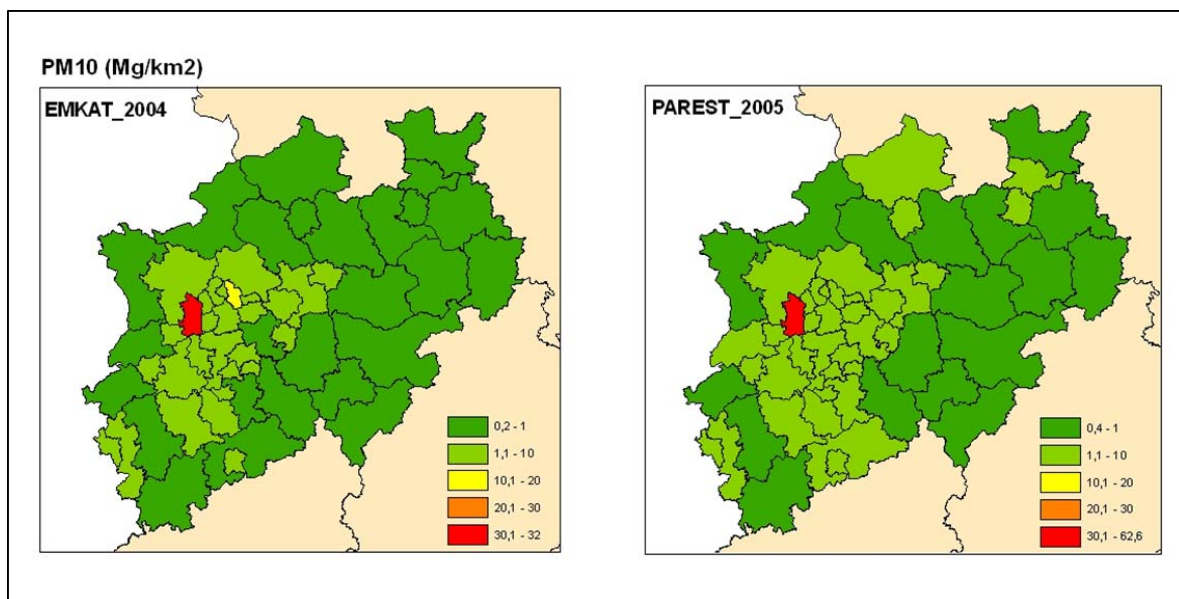


Abbildung 13: Vergleich der NMVOC-Emissionssummen pro Fläche für Nordrhein-Westfalen

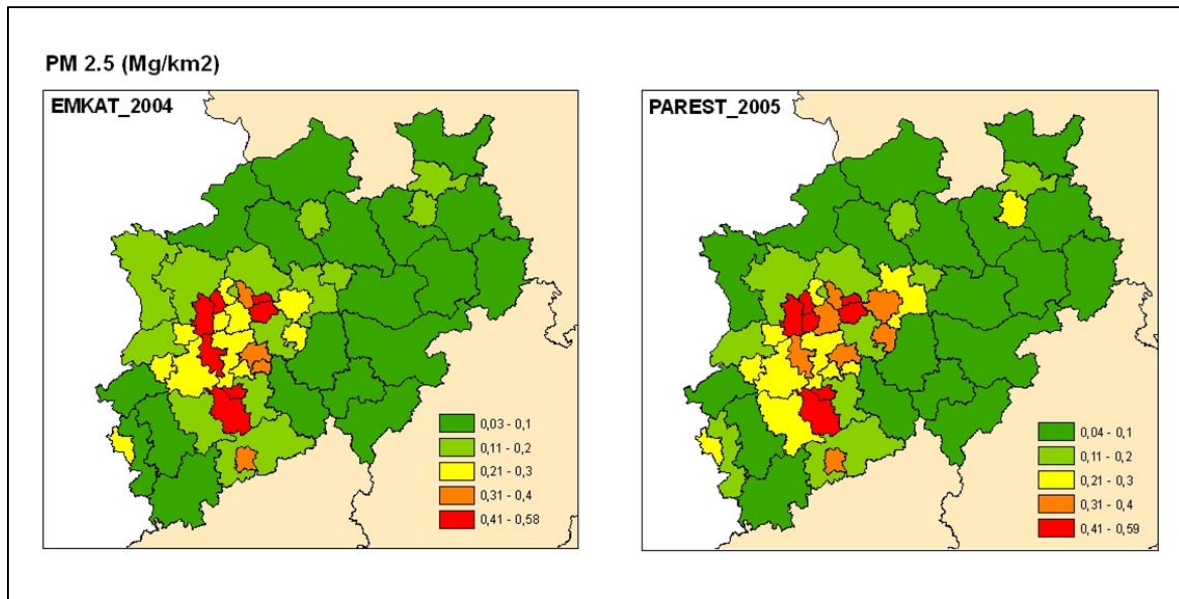
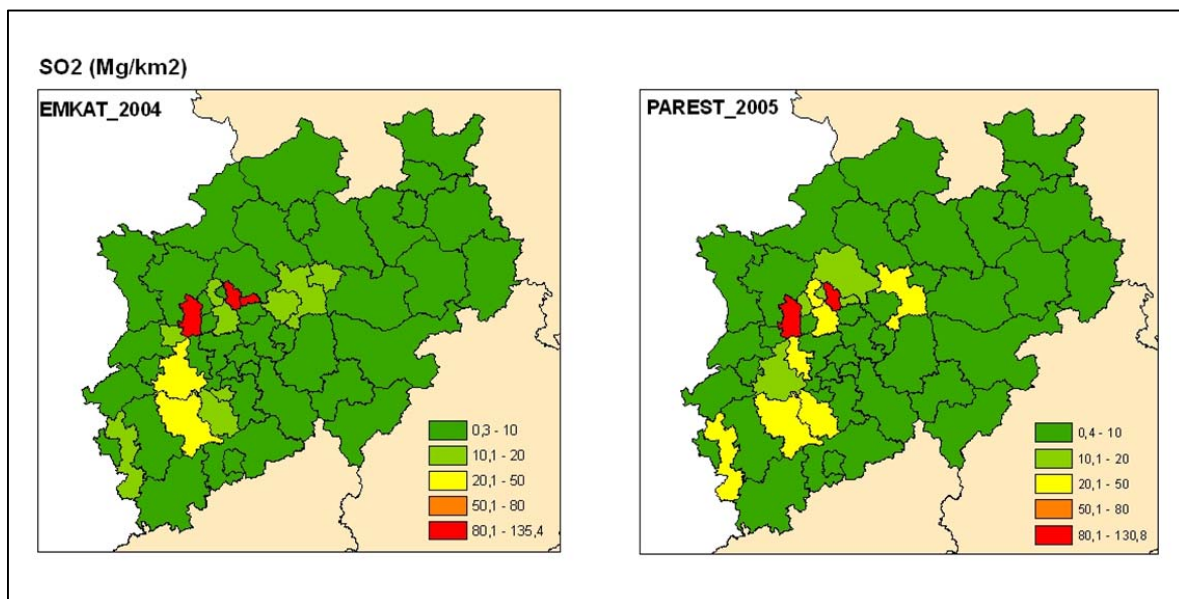
Die räumlich aufgelösten NMVOC-Emissionen pro Kreisfläche sind in Abbildung 13 dargestellt und zeigen relativ große Unterschiede. Die NMVOC-Emissionsmaxima pro Kreisfläche liegen bei $24,5 \text{ t/km}^2$ (EKAT NRW) bzw. $82,6 \text{ t/km}^2$ (PAREST 2005). Betrachtet man die räumlichen Verteilungsmuster, so ist im PAREST-Datensatz eine höhere Zahl an Kreisen zu identifizieren, die der höchsten Emissionsmengenklasse zugeordnet werden. Insgesamt besteht eine erhebliche Diskrepanz hinsichtlich des räumlichen Musters und der Gesamtemissionsmengen beim Vergleich beider NMVOC-Datensätze. Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass im Emissionskataster die Quellgruppe „Gewerbe und Haushalte“ nicht berücksichtigt wurde.

Abbildungen 14 und 15 zeigen den Vergleich der räumlich verteilten NO_x - und PM_{10} -Emissionsmengen des EKAT NRW und des PAREST-Datensatzes auf Kreisebene. Die räumlichen Verteilungsmuster für beide Schadstoffe sind nahezu identisch. Die meisten Kreise, die unterschiedlichen Werteklassen zugeordnet wurden, weisen nur geringe Differenzen hinsichtlich der Emissionsmengen auf. Dabei handelt es sich insbesondere um die Landkreise Mettmann, Rhein-Erft, Rhein-Sieg, Steinfurt und den Stadtkreis Mönchengladbach.

Obwohl die Gesamtsumme der PM_{10} -Emissionen auf Landesebene im PAREST-Datensatz fast doppelt so hoch ist wie im Emissionsinventar Nordrhein-Westfalen, sind die räumlichen Muster auf Kreisebene vergleichbar.

Abbildung 14: Vergleich der NO_x-Emissionssummen pro Fläche auf Kreisebene in Nordrhein-WestfalenAbbildung 15: Vergleich der PM₁₀-Emissionssummen pro Fläche auf Kreisebene in Nordrhein-Westfalen

In den Abbildungen 16 und 17 sind die räumlich verteilten PM_{2.5}- bzw. SO₂-Emissionen pro Fläche auf Kreisebene dargestellt. In beiden Fällen stimmen die Werteklassen mit den jeweiligen Unter- und Obergrenzen fast vollständig überein. Die räumlichen Muster sind sehr ähnlich.

Abbildung 16: Vergleich der PM_{2.5}-Emissionssummen pro Fläche auf Kreisebene in Nordrhein-WestfalenAbbildung 17: Vergleich der SO₂-Emissionssummen pro Fläche auf Kreisebene in Nordrhein-Westfalen

4.2 Vergleich pro Sektor

Die Darstellung der räumlichen Verteilung der absoluten Emissionsmengen auf Kreisebene wurde sektoral differenziert nur für diejenigen Schadstoffe vorgenommen, bei denen die Gesamtemissionsmengen aus dem Emissionsinventar NRW und dem PAREST-Datensatz für das Land Nordrhein-Westfalen um mindestens einen Faktor zwei voneinander abwichen. Es handelt sich dabei insbesondere um NMVOC- und PM10-Emissionen. Die wichtigsten Emissionsquellen für NMVOC sind „Industrie“, „Kleinf Feuerung“ und „Verkehr“. Beim Vergleich der Gesamtwerte pro Sektor war im EKAT NRW der Sektor „Verkehr“ und im PAREST-Datensatz die industrielle Anwendung von Lösemitteln die Hauptquelle von NMVOC-Emissionen. Betrachtet man die Verteilungen der Werte pro Fläche und pro Sektor anhand der folgenden Abbildungen, so sind zwischen den Datensätzen deutliche Unterschiede in den Sektoren „Industrie“ (Abbildung 18) und „Verkehr“ (Abbildung 20) zu identifizieren. Für den Sektor Industrie ist dies in den Verteilparametern zur räumlichen Verteilung begründet. Im Emissionsinventar NRW liegen Daten aus den Emissionserklärungen zu Grunde, die für den PAREST-Datensatz so nicht zur Verfügung standen (eine Beschreibung der dort verwendeten Verteilparameter findet sich in Thiruchittampalam et al. (2010)). Zum anderen wird deutlich, dass im EKAT NRW offensichtlich keine NMVOC-Emissionen aus Haushalt und Gewerbe, hier insbesondere aus der Anwendung von Lösemitteln berücksichtigt sind.

Im Sektor Verkehr liegen die Unterschiede zum einen in der Gesamtmenge der NMVOC-Emissionen begründet, die im Länderdatensatz doppelt so hoch ist wie im PAREST-Datensatz. Im Länderdatensatz für NRW haben die Emissionen von Offroadfahrzeugen (ohne Schienen-, Luft- und Schiffsverkehr) einen Anteil von mehr als der Hälfte der gesamten NMVOC-Emissionen aus dem Verkehr, während es im PAREST-Datensatz ca. 1/7 sind. Zum anderen liegen die Unterschiede sicherlich auch in den Verteilparametern begründet, ein detaillierter Vergleich der jeweils gewählten Verteilparameter wurde nicht durchgeführt.

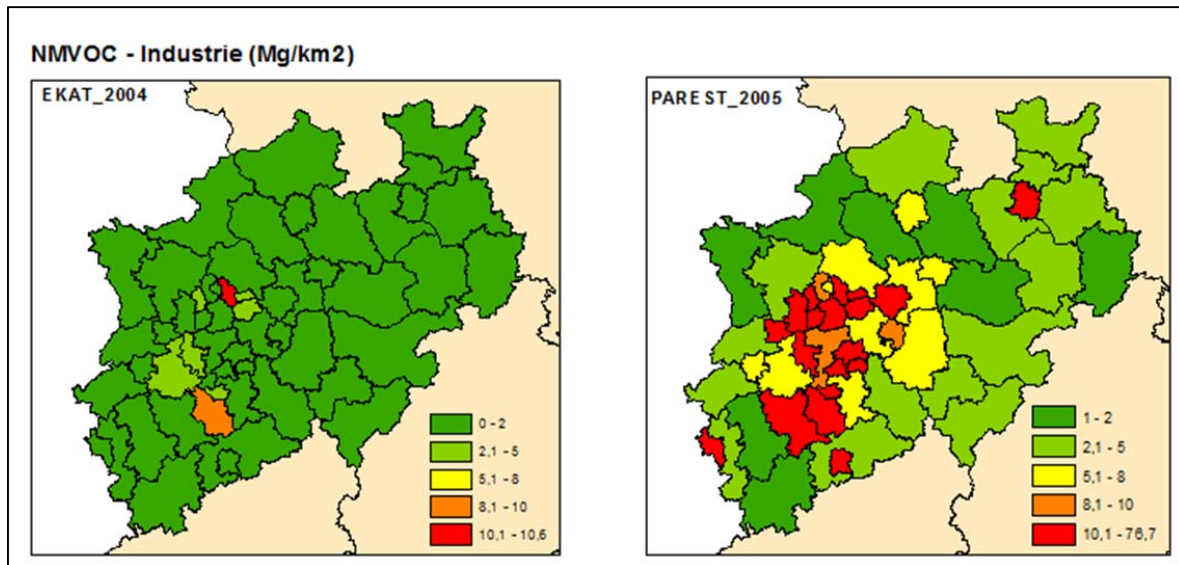


Abbildung 18: Vergleich der NMVOC-Emissionsmengen pro Fläche für den Industriesektor auf Kreisebene in Nordrhein-Westfalen

Beim Vergleich der räumlichen Verteilungen der NMVOC-Emissionsmengen pro Kreisfläche für den Sektor „Kleinf Feuerung“ sind nur geringe Abweichungen hinsichtlich des räumlichen Musters zu erkennen (Abbildung 19).

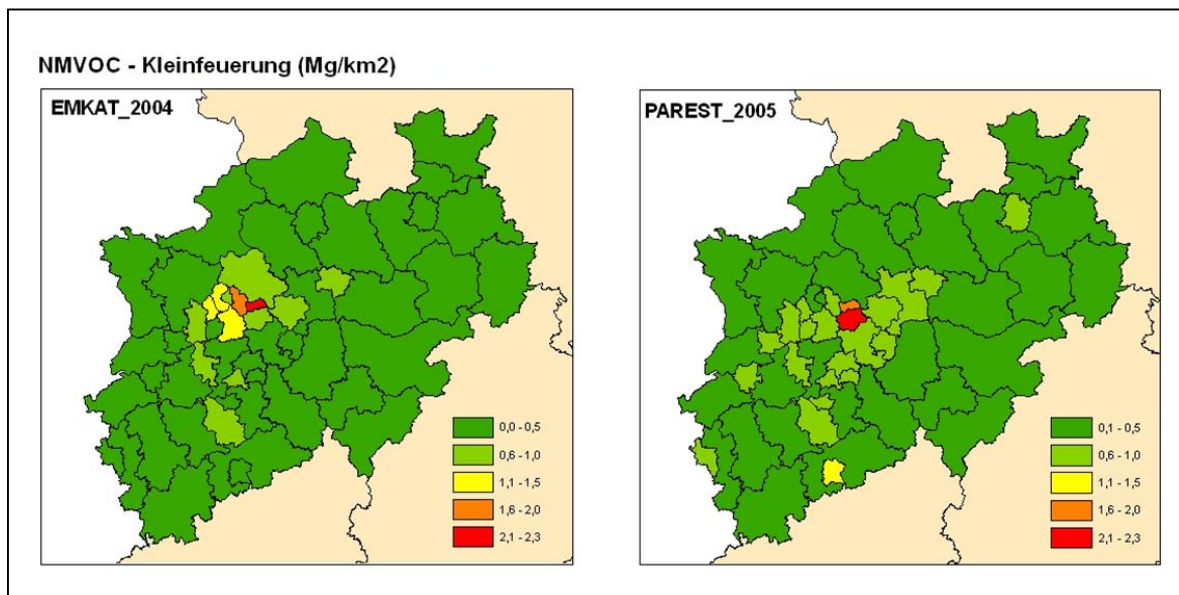


Abbildung 19: Vergleich der NMVOC-Emissionsmengen pro Fläche für den Sektor "Kleinf Feuerungen" auf Kreisebene in Nordrhein-Westfalen

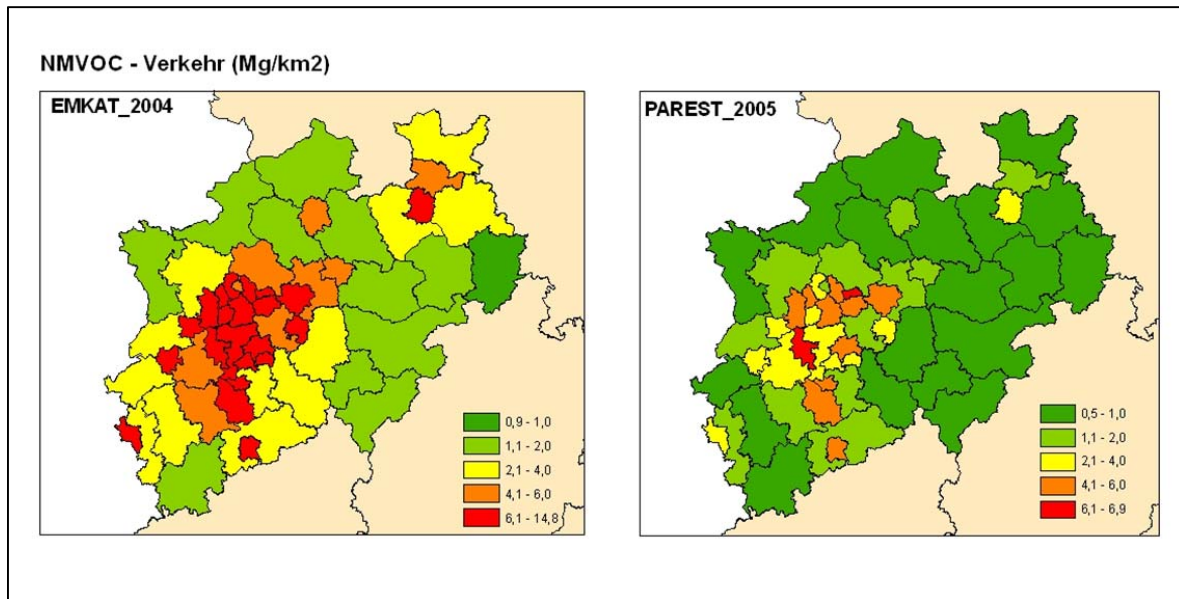


Abbildung 20: Vergleich der NMVOC-Emissionswerte pro Fläche für den Verkehrssektor auf Kreisebene in Nordrhein-Westfalen

Die nachfolgenden drei Abbildungen zeigen einen Vergleich der räumlich aufgelösten PM₁₀-Emissionen pro Kreisfläche für die Sektoren „Industrie“, „Kleinfeuerung“ und „Verkehr“. Auf den ersten Blick sind sich die räumlichen Muster der Verteilungen ähnlich. Die höchsten PM₁₀-Emissionswerte pro Kreisfläche sind im Industriesektor zu finden, wobei der Maximum-Wert im PAREST-Datensatz doppelt so hoch ist wie der auf Grundlage des EKAT NRW. Das räumliche Muster der NRW- bzw. PAREST-Daten für den Sektor Verkehr stimmt gut überein. In den Sektoren Industrie und Kleinfeuerungen weist der PAREST-Datensatz eine doppelt so große bzw. eine 30% größere Emissionenmenge aus als der Länderdatensatz. Hinzu kommt, daß kleinere Kreise durch die Berechnung der absoluten Emissionswerte pro Fläche Ergebnisse im höheren Wertebereich erzielen.

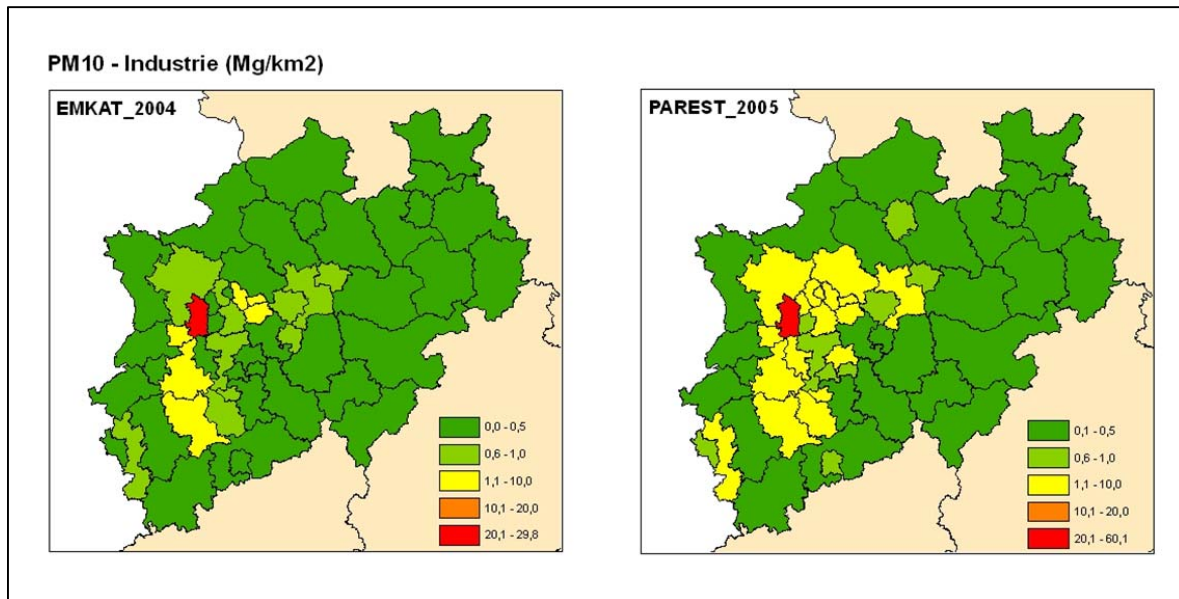


Abbildung 21: Vergleich der PM10-Emissionsmengen pro Fläche für den Industriesektor auf Kreisebene für Nordrhein-Westfalen

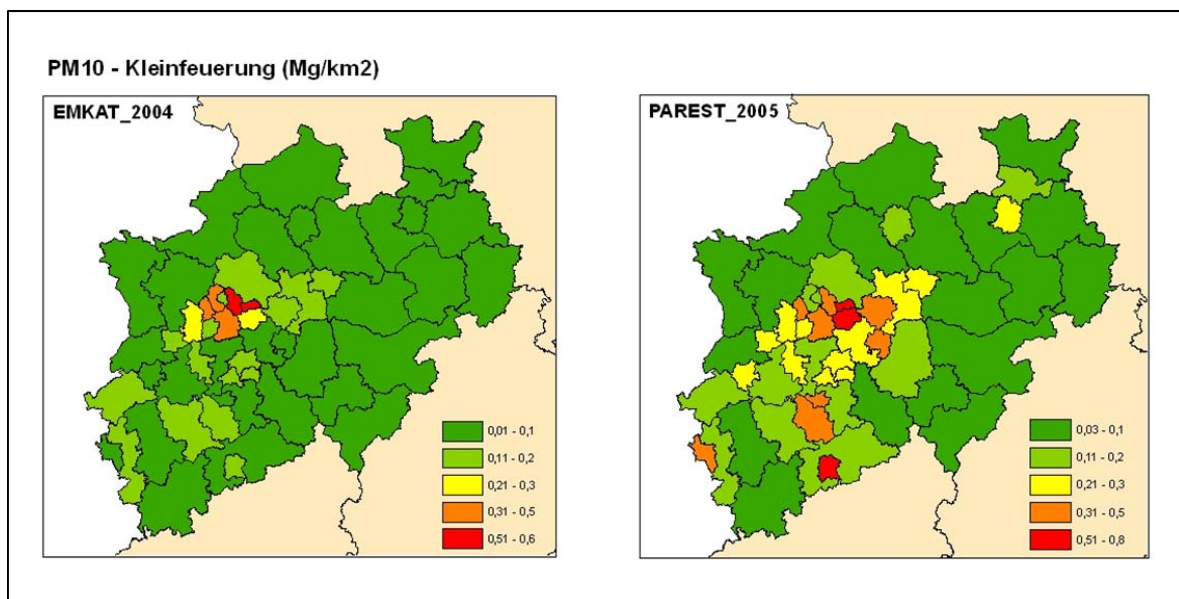


Abbildung 22: Vergleich der PM10-Emissionsmengen pro Fläche für den Sektor Kleinf Feuerungen auf Kreisebene für Nordrhein-Westfalen

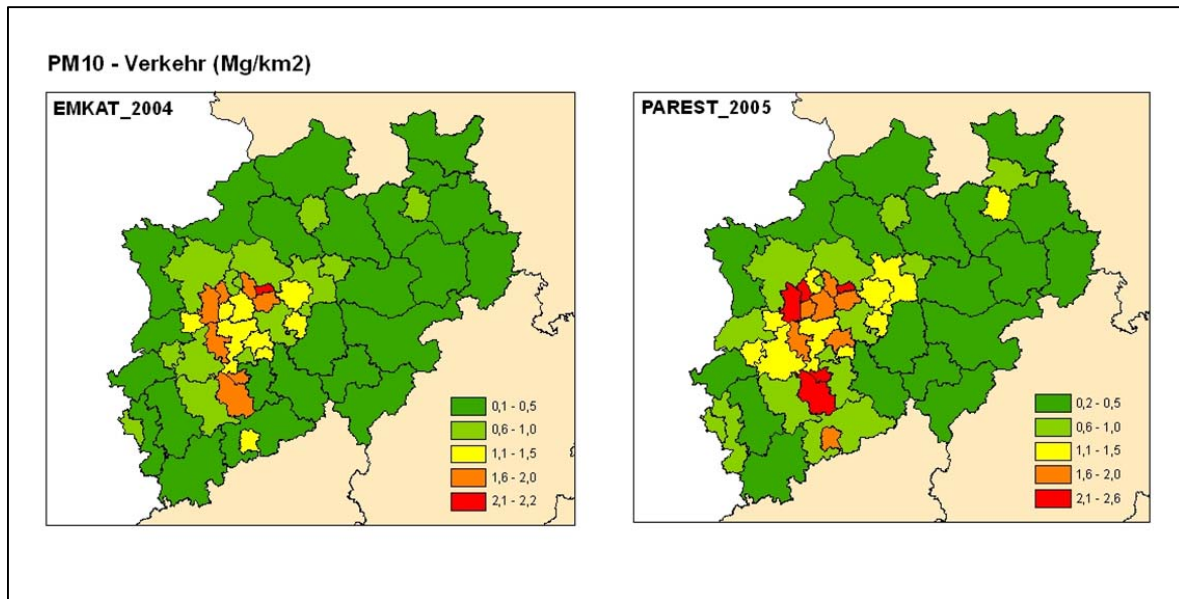


Abbildung 23: Vergleich der PM10-Emissionsmengen pro Fläche für den Verkehrssektor auf Kreisebene für Nordrhein-Westfalen

5 Vergleich der räumlich aufgelösten Emissionsdaten für die Modellgebiete Berlin, München und Ruhrgebiet

In diesem Kapitel werden die räumlich aufgelösten Emissionsdaten auf Grundlage des PAREST-Datensatzes den räumlich aufgelösten Emissionsinventaren für Berlin, Bayern und Nordrhein-Westfalen gegenübergestellt.

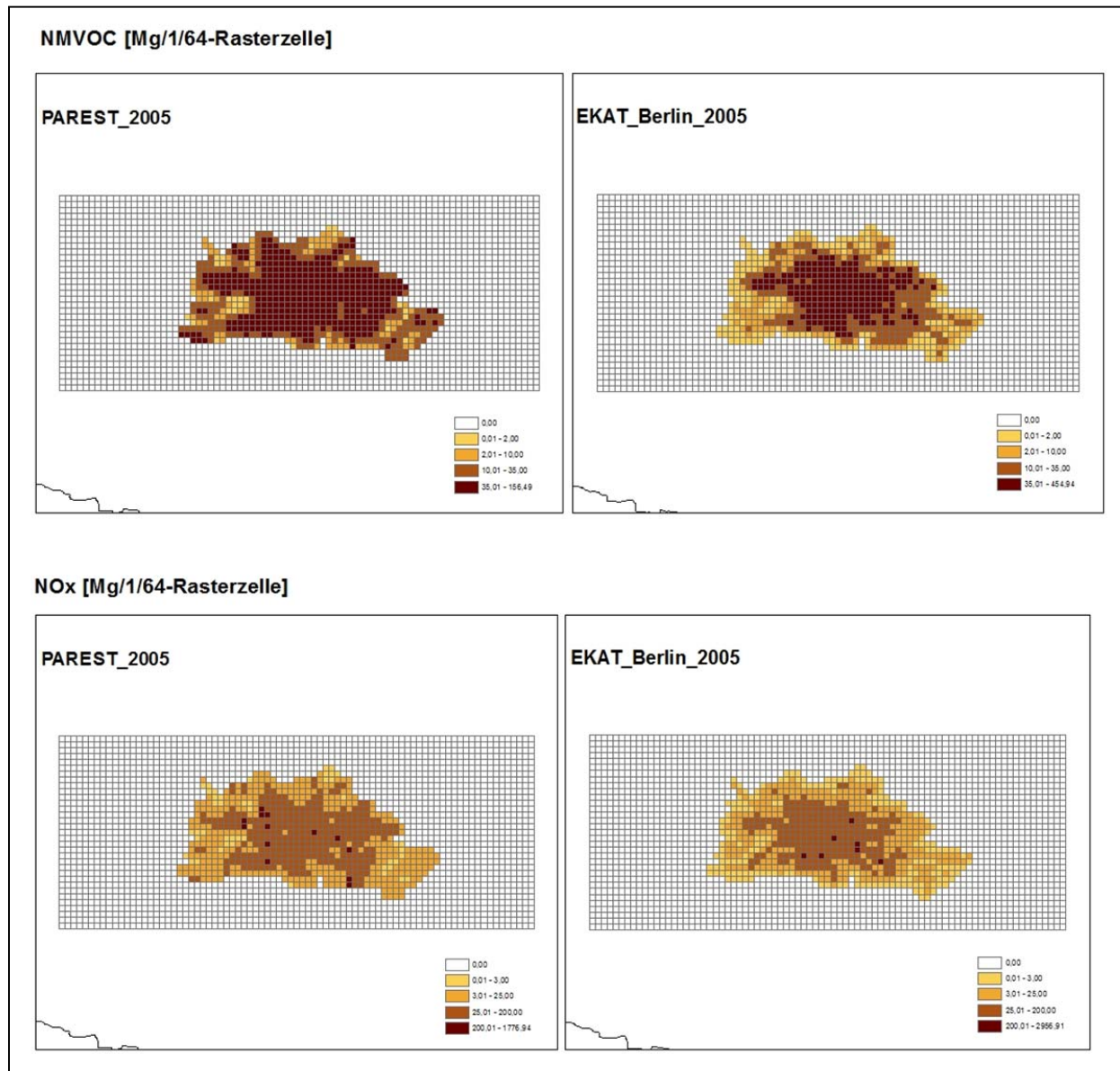
Auf Grundlage des PAREST-Datensatzes wurden die Emissionsmengen (Inlandsprinzip), mittels unterschiedlicher Verteilparameter (z.B.: Bevölkerungszahl, Anteil der Beschäftigten, Landnutzung, Verkehrsaufkommen, vergleiche Thiruchittampalam et al. (2010)) räumlich verteilt. Die Emissionsdaten aus den Emissionsinventaren für die drei Ballungsräume wurden ebenfalls auf einem $1/64^\circ \times 1/64^\circ$ - Gitter räumlich verteilt. Im Folgenden werden die Daten auf Grundlage des PAREST-Datensatzes und die auf Grundlage der Emissionsinventare für die drei Modellgebiete miteinander verglichen. Ziel ist es, die räumlichen Muster auf Ähnlichkeiten und Unterschiede zu untersuchen.

5.1 Vergleich der räumlich verteilten Emissionen pro Schadstoff für das Modellgebiet Berlin

Zunächst werden die räumlich aufgelösten Emissionsmengen auf Grundlage des PAREST-Datensatzes (2005) und des Emissionsinventars Berlin 2005 für das Modellgebiet Berlin miteinander verglichen. Um die Daten miteinander vergleichen zu können, wurden gleiche Wertklassen erstellt, wobei die Höchstwerte sich voneinander unterscheiden.

Der Vergleich der räumlich aufgelösten Datensätze wird in den folgenden Abbildungen gezeigt. Die räumlichen Muster der verschiedenen Datensätze sind für die NO_x-, PM₁₀- und PM_{2.5}-Emissionen ähnlich, etwas größere Unterschiede lassen sich bei NMVOC erkennen (vgl. Abbildungen 24 und 25). Größere Abweichungen bezüglich der räumlichen Muster wurden für die Schadstoffe SO₂ und NH₃ (vgl. Abbildung 26) identifiziert. Für diese Schadstoffe weichen die Gesamtemissionen für das Modellgebiet Berlin in beiden Emissionsdatensätzen stark voneinander ab.

Weiterhin fallen bei der Betrachtung der räumlich aufgelösten Daten einzelne Zellen mit hohen Emissionswerten auf, die nicht in beiden Abbildungen zu identifizieren sind. Hierbei handelt es sich um unterschiedliche Emissionsmengen einzelner Punktquellen.

Abbildung 24: Vergleich der räumlich aufgelösten NMVOc- und NO_x-Emissionen für Berlin

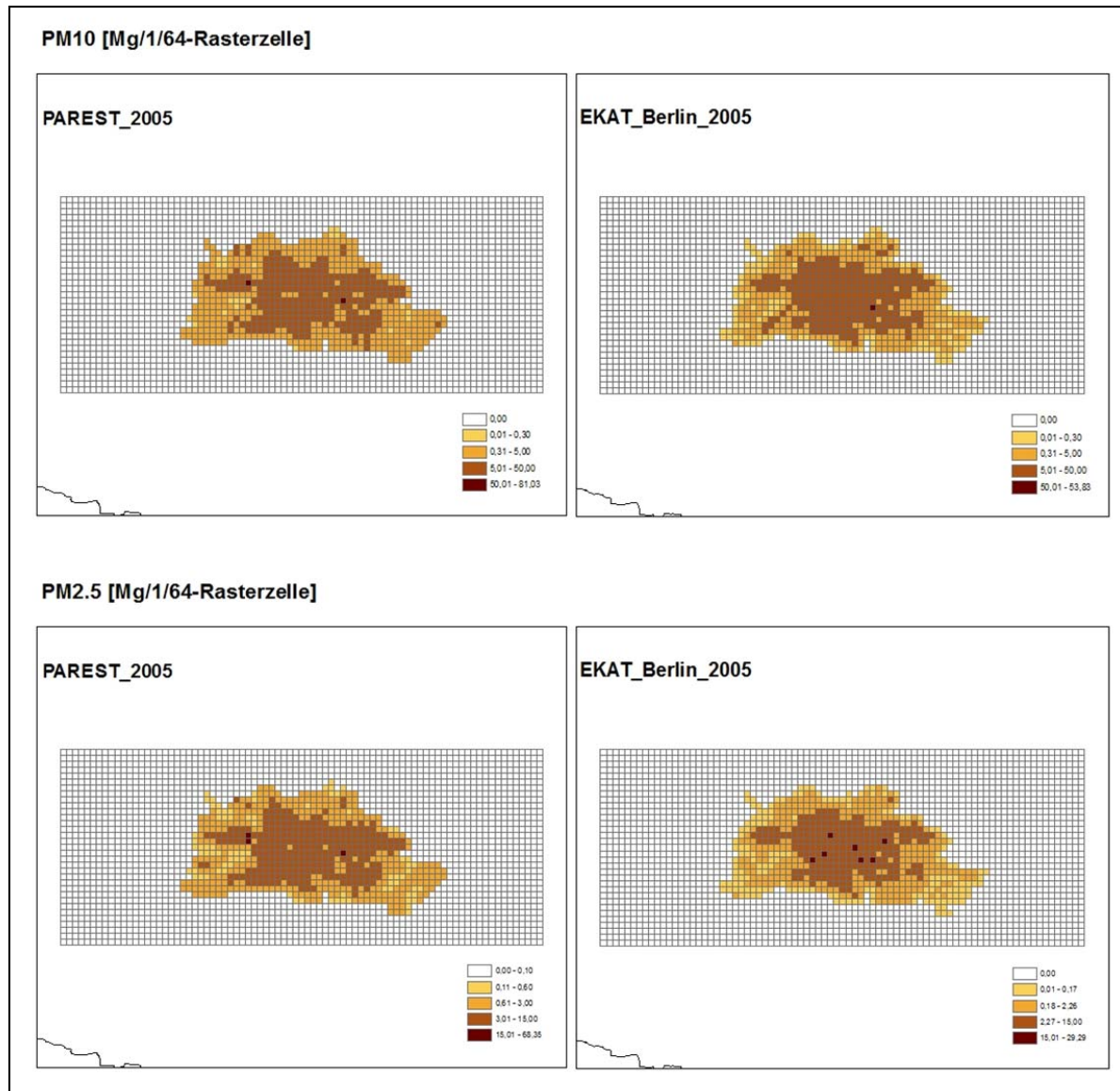
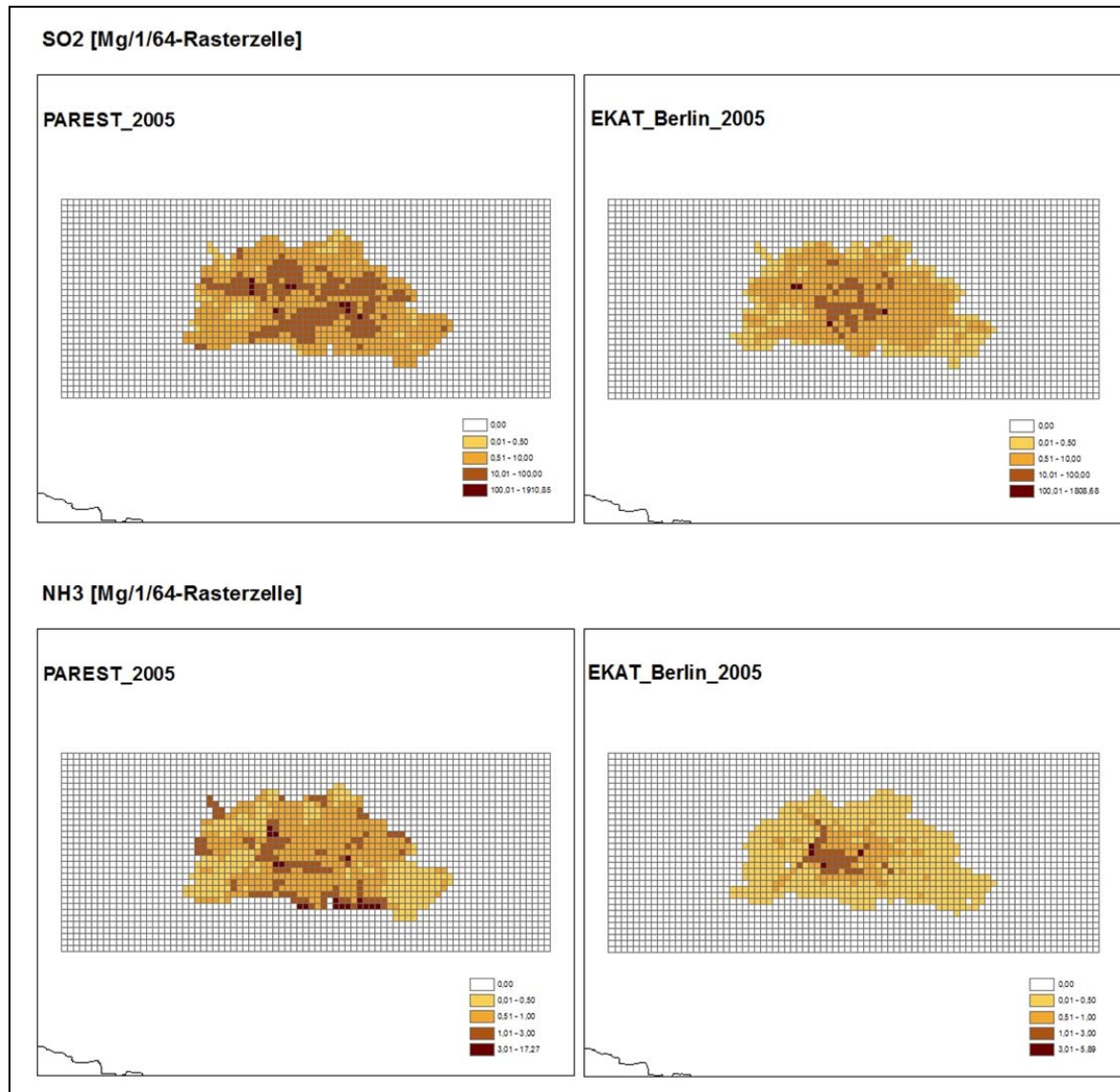


Abbildung 25: Vergleich der räumlich aufgelösten PM10- und PM2.5-Emissionen für Berlin

Ähnlich wie bei der Betrachtung der räumlichen Muster für NMVOC- und NO_x -Emissionen, ist bei den räumlich verteilten PM10- und PM2.5-Emissionen eine Konzentration der Emissionswerte im zentralen Bereich des Modellgebietes und gleichzeitig eine Abnahme der Werte in Richtung Peripherie zu erkennen. In Abbildung 25 ist darüber hinaus eine Konzentration der Emissionsmengen entlang einiger bedeutender Verkehrsachsen erkennen.

Bezüglich der räumlich verteilten SO_2 - und NH_3 -Emissionen scheinen die Muster unterschiedlicher zu sein, wobei zu erkennen ist, dass die Emissionsmengen auf Grundlage des EKAT Berlin eher im niedrigeren Bereich liegen.

Abbildung 26: Vergleich der räumlich aufgelösten SO₂- und NH₃-Emissionen für Berlin

5.2 Vergleich der räumlich verteilten Emissionen pro Schadstoff für das Modellgebiet München

In den Abbildungen 27, 28 und 29 ist ein schadstoffweiser Vergleich der räumlichen Muster auf Grundlage des PAREST-Datensatzes und des EKAT Bayern dargestellt.

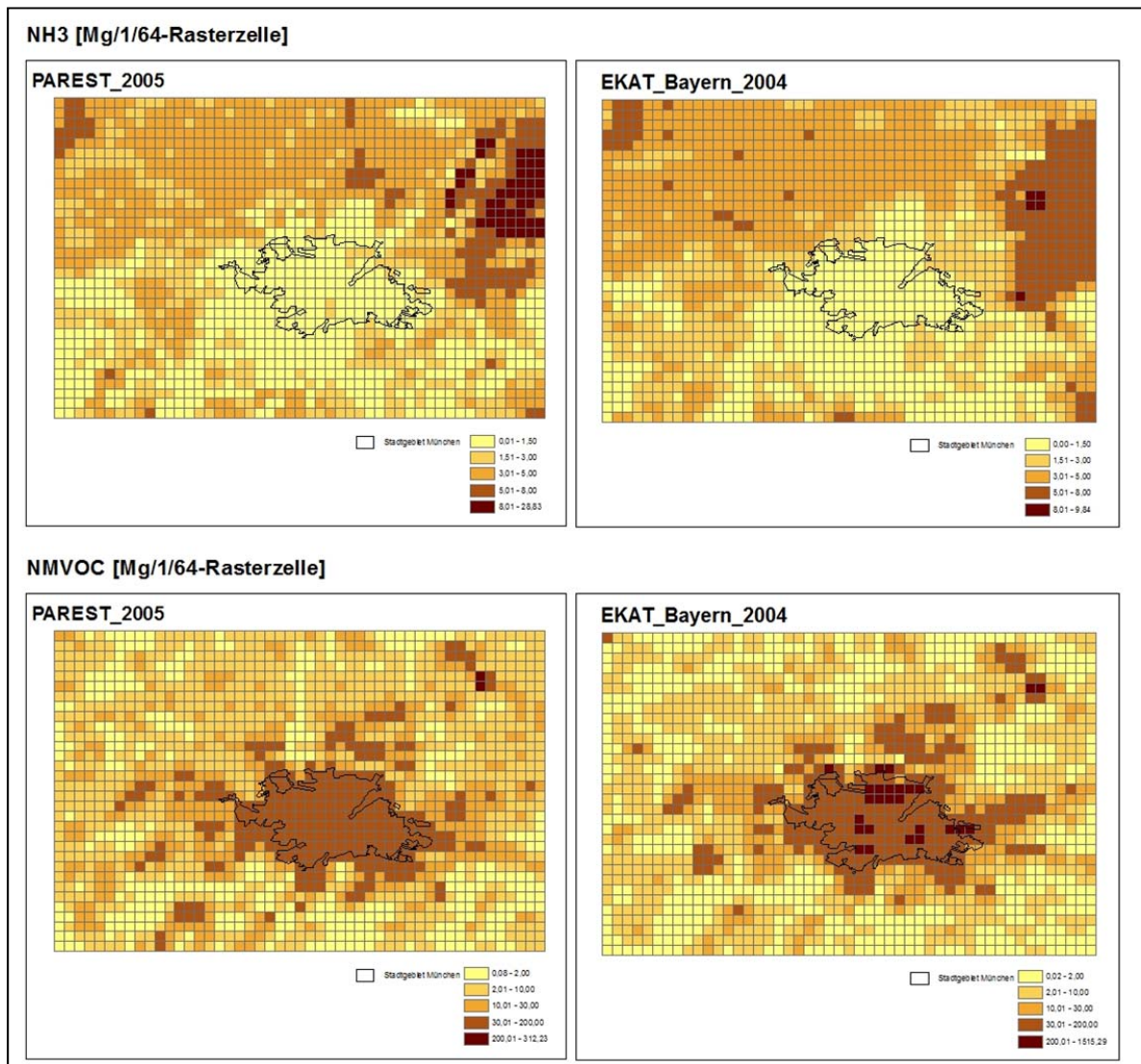


Abbildung 27: Vergleich der räumlich aufgelösten NH₃- und NM VOC-Emissionen für München

Um die Daten besser miteinander vergleichen zu können, wurden gleiche Werteklassen definiert, wobei sich die Höchstwerte voneinander unterscheiden. Untersucht man die räumlichen Muster der Emissionsmengen, so sind Ähnlichkeiten bzgl. der räumlich verteilten NM VOC-, NO_x- und NH₃-Emissionen zu identifizieren. Größere Abweichungen treten für SO₂, PM₁₀ und PM_{2.5} auf.

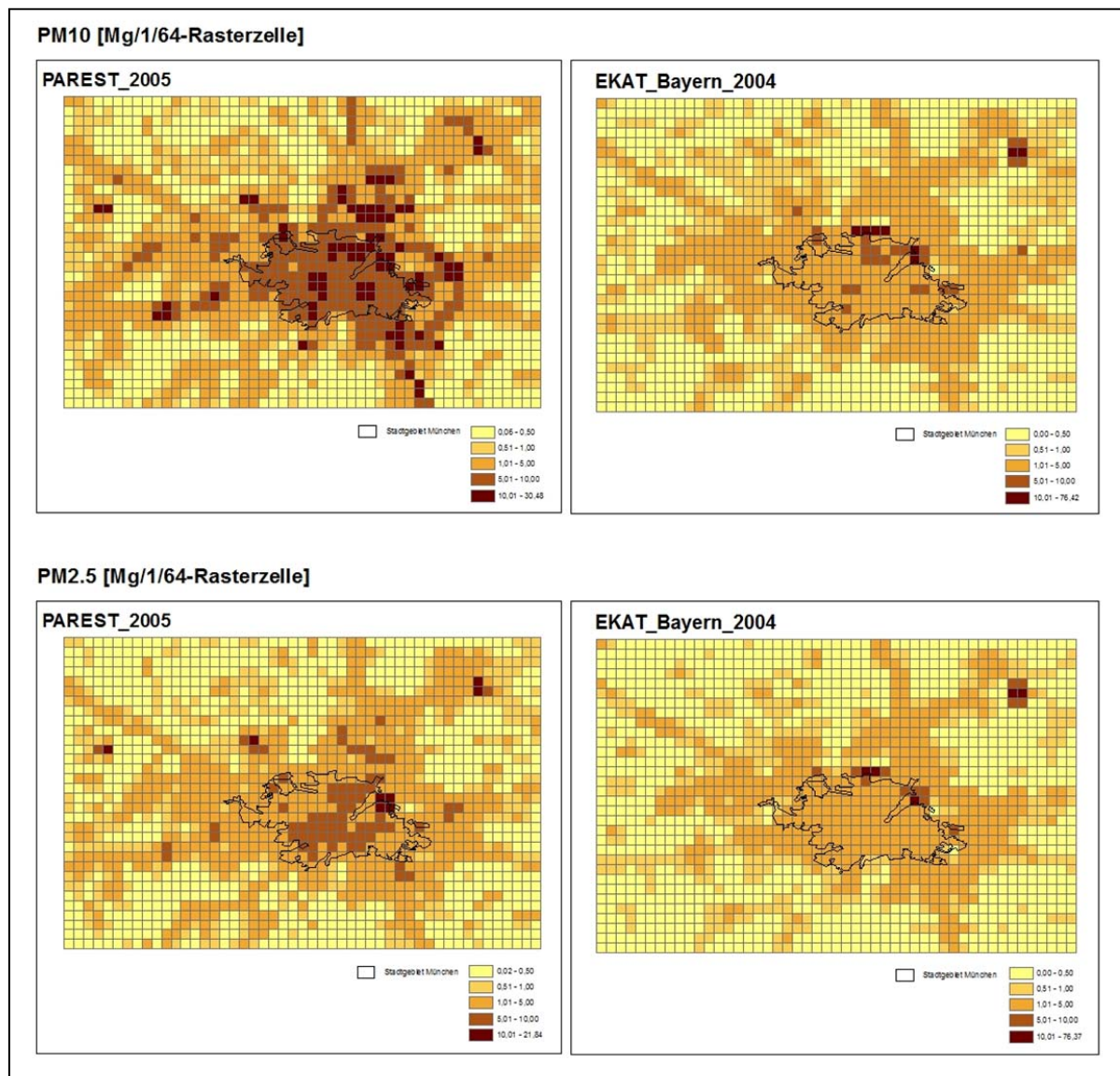
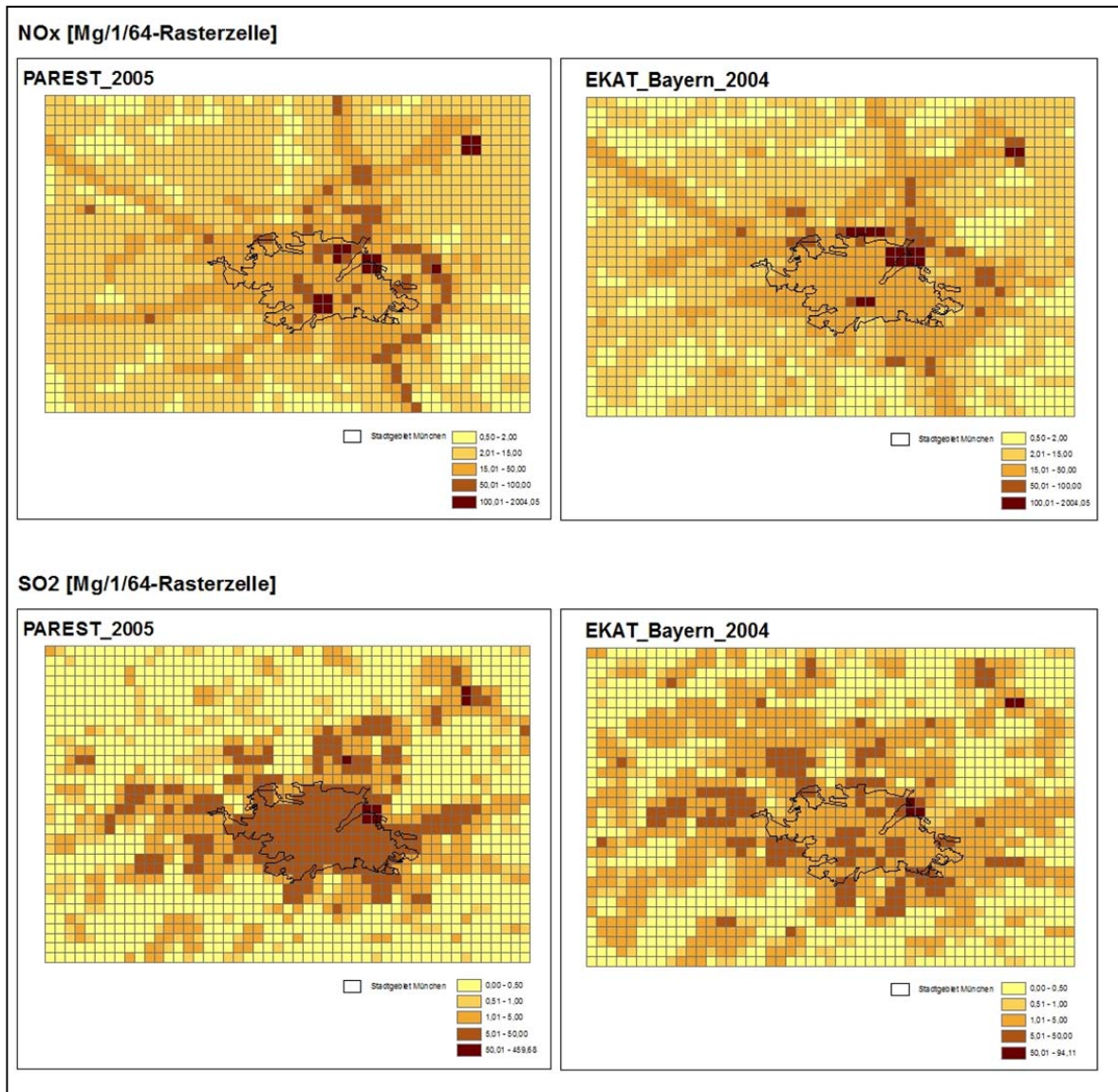


Abbildung 28: Vergleich der räumlich aufgelösten PM10- und PM2.5-Emissionen für München

Zu erkennen ist gleichzeitig, dass (außer bei NMVOC) der Anteil der Zellen mit Emissionswerten, die sich in den höheren Werteklassen befinden für das Modellgebiet München im räumlich aufgelösten PAREST-Datensatz höher ist als im Emissionskataster Bayern.

Die räumlich verteilten PM10-, PM2.5- und NO_x-Emissionen weisen zwar vergleichbare räumliche Muster auf, die Verkehrsachsen treten aber im PAREST-Datensatz viel deutlicher hervor als im lokalen Datensatz.

Abbildung 29: Vergleich der räumlich aufgelösten NO_x- und SO₂-Emissionen für München

5.3 Vergleich der räumlich verteilten Emissionen pro Schadstoff für das Modellgebiet Ruhr

Die Gegenüberstellung der räumlich aufgelösten Emissionsdaten aus dem PAREST-Datensatz (2005) und dem Emissionskataster Nordrhein-Westfalen (2004) für das Ruhrgebiet ist in den folgenden Abbildungen 30, 31 und 32 dargestellt.

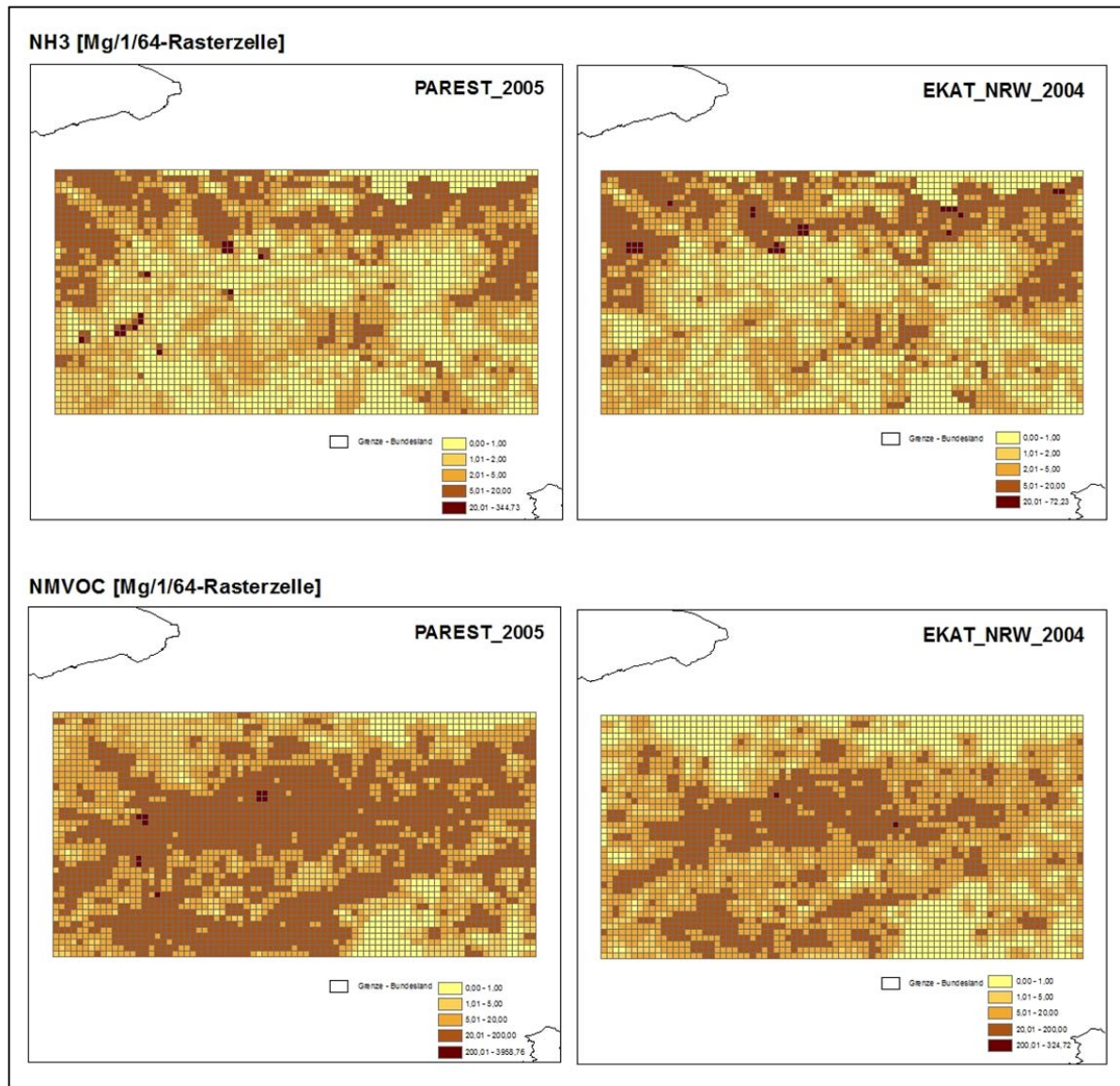


Abbildung 30: Vergleich der räumlich aufgelösten NH_3 - und NMVOC-Emissionen für das Ruhrgebiet

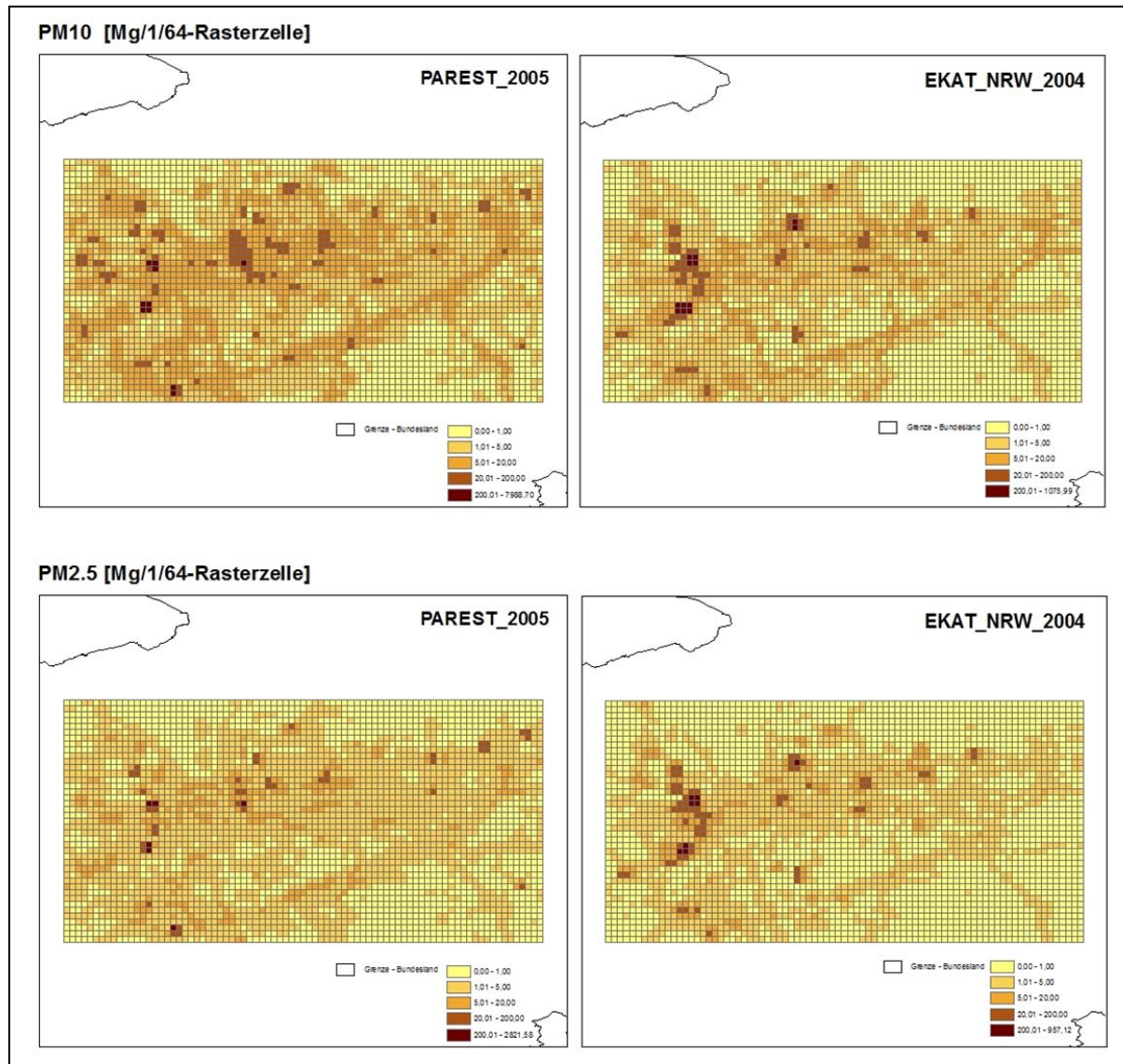
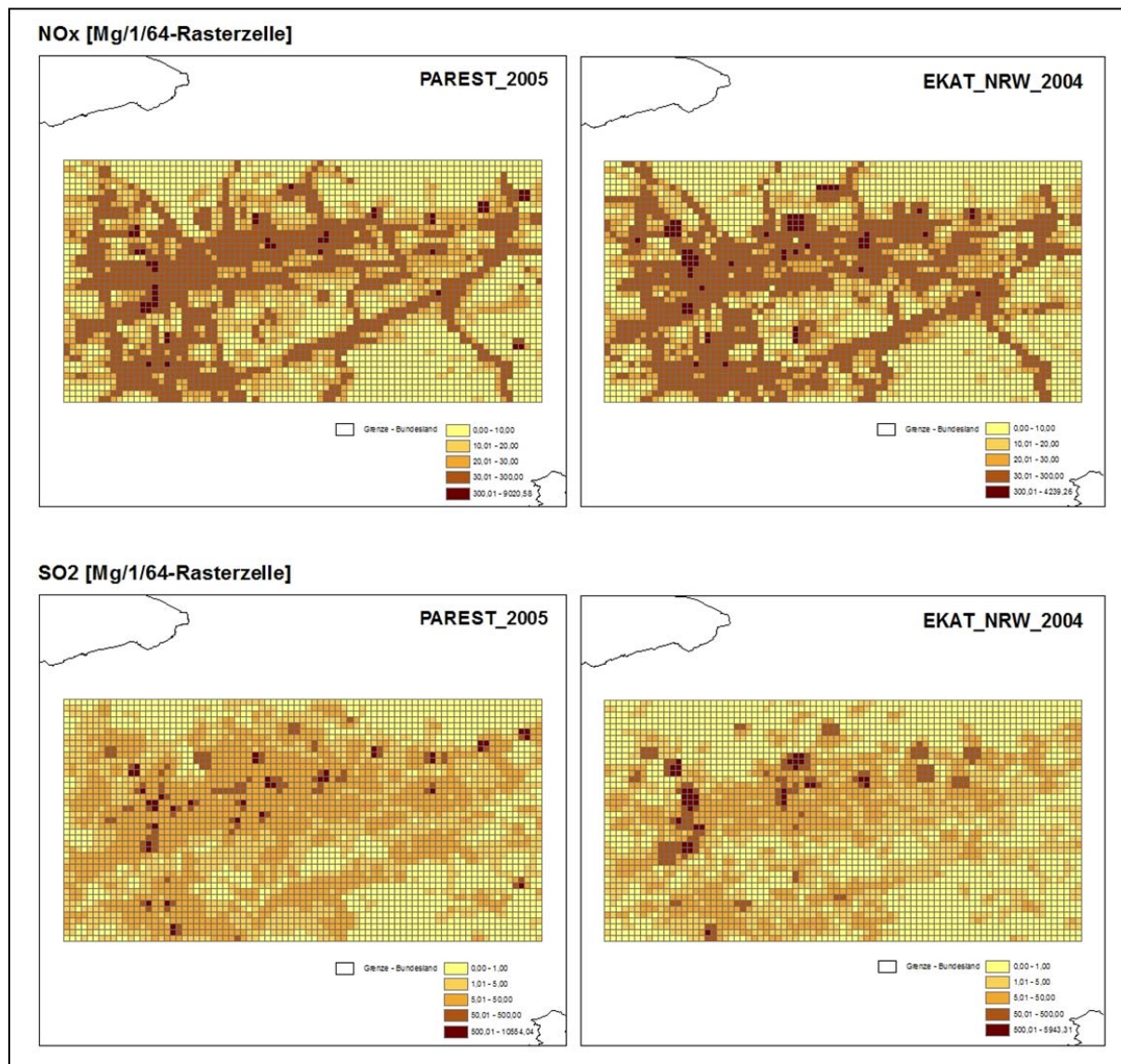


Abbildung 31: Vergleich der räumlich aufgelösten PM10- und PM2.5-Emissionen für das Ruhrgebiet

Hinsichtlich der räumlichen Muster ist eine Ähnlichkeit zu erkennen. Größere Unterschiede bezüglich der räumlichen Struktur fallen beim Vergleich der räumlich aufgelösten NMVOC-Emissionen auf. Im PAREST-Datensatz sind deutlich mehr Zellen mit Werten im oberen Wertebereich zu erkennen. Beim Vergleich der räumlich verteilten NH_3 -Emissionen erscheinen ähnliche Muster. Da dieser Schadstoff hauptsächlich der Quellgruppe "Landwirtschaft" zuzuordnen ist, ist die Übereinstimmung der Zellen mit hohen Werten, die dünn besiedelten landwirtschaftlichen Flächen zuzuordnen sind, plausibel.

Anhand der Abbildungen ist die polyzentrische Besiedlungsstruktur des Ballungsraumes auch klar zu erkennen. Die PM10-, PM2.5 und NO_x -Emissionen verdeutlichen einerseits die bedeutendsten Verkehrsachsen des Untersuchungsgebietes und andererseits die bedeutendsten Zentren des Ruhrgebietes.

Abbildung 32: Vergleich der räumlich aufgelösten NO_x- und SO₂-Emissionen für das Ruhrgebiet

6 Modellgebiete für die Umweltzonen

Im Rahmen des PAREST-Projektes wurden für die Ballungsräume Berlin, München und das Ruhrgebiet für das Jahr 2015 die immisionsseitigen Auswirkungen von Umweltzonen modelliert (Stern, 2010). Die Modellierung der Minderungspotenziale für die betrachteten Gebiete wurde in Theloke et al. (2010) durchgeführt. Im Folgenden werden die einzelnen Umweltzonen hinsichtlich ihrer räumlichen Grenzen beschrieben.

In **Berlin** umfasst die „reale“ **Umweltzone** die Innenstadt innerhalb des S-Bahnringes³. Die Umweltzone wird durch Verkehrsschilder an den Über- und Unterführungen der S-Bahn-Gleise kenntlich gemacht. In der folgenden Abbildung ist die räumliche Ausdehnung der Berliner Umweltzone und die Beschilderung der Umweltzone dargestellt.

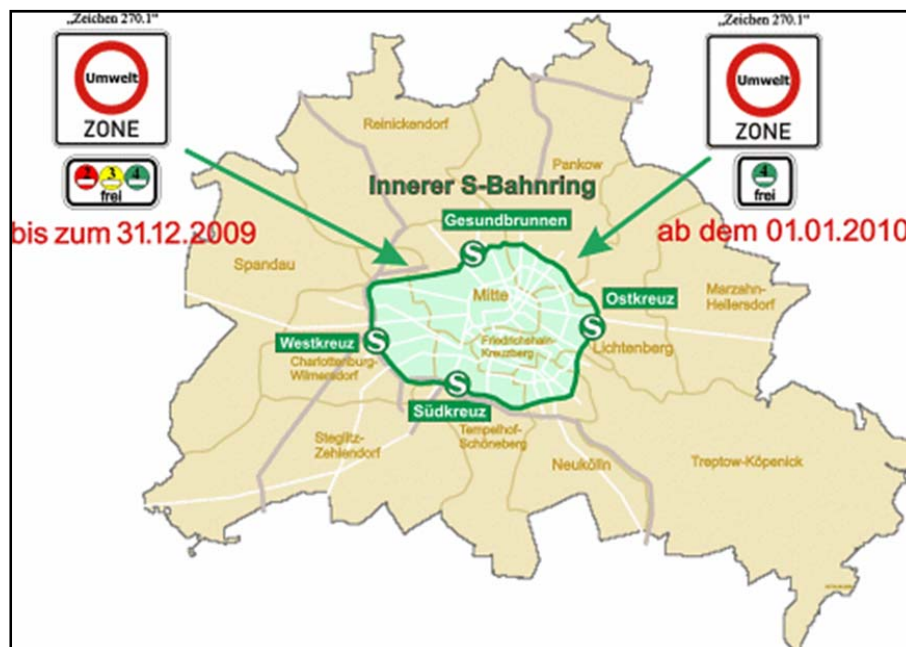


Abbildung 33: Räumliche Ausdehnung der Umweltzone Berlin⁴

Der südliche Teil der Stadtautobahn, der innerhalb des S-Bahnringes liegt, gehört nicht zur Umweltzone, da der Autobahnring auch als Umfahrung der Zone dient. Weitere neun Straßen innerhalb des Rings gehören nicht zur Umweltzone. Eine Straße außerhalb des inneren S-Bahnringes wurde jedoch hinzugenommen.

³ Senatsverwaltung Berlin: Umweltzone – Allgemeine Regelungen (URL: http://www.berlin.de/sen/umwelt/luftqualitaet/de/luftreinhalteplan/umweltzone_allgemeines.shtml, 07.02.2011),

⁴ Senatsverwaltung Berlin: Umweltzone – Allgemeine Regelungen (URL: http://www.berlin.de/sen/umwelt/luftqualitaet/de/luftreinhalteplan/umweltzone_allgemeines.shtml, 07.02.2011),

Für die Modellierung der Berliner Umweltzone im Rahmen von PAREST wurde der S-Bahnring digitalisiert. Um die von der Umweltzone betroffenen Rasterzellen zu identifizieren, wurde der S-Bahnring mit dem Modellgebiet Berlin verschnitten. Dabei wurden auch diejenigen Zellen berücksichtigt, die von Grenzen der „realen“ Umweltzone durchzogen werden. Die errechneten Minderungspotenziale wurden daher teilweise auch auf die Stadtautobahn und die Straßen, die innerhalb des S-Bahnringes verlaufen, jedoch nicht zur Umweltzone gehören, bezogen.

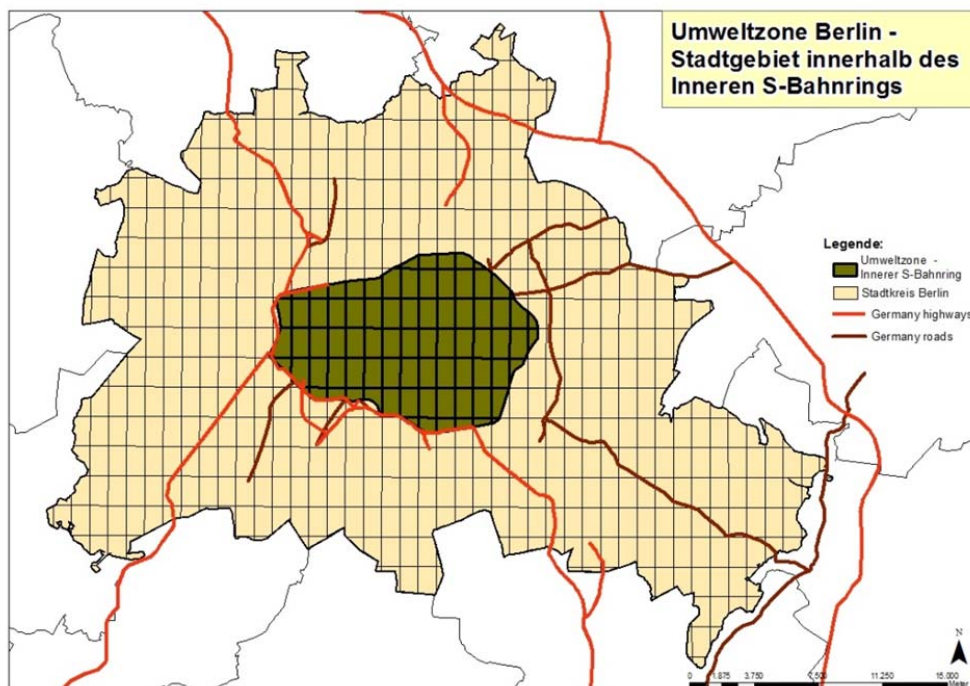


Abbildung 34: Modellgebiet für die Umweltzone Berlin

Die „**reale**“ **Umweltzone München** umfasst den gesamten Bereich innerhalb des Mittleren Rings⁵. (Abbildung 35).

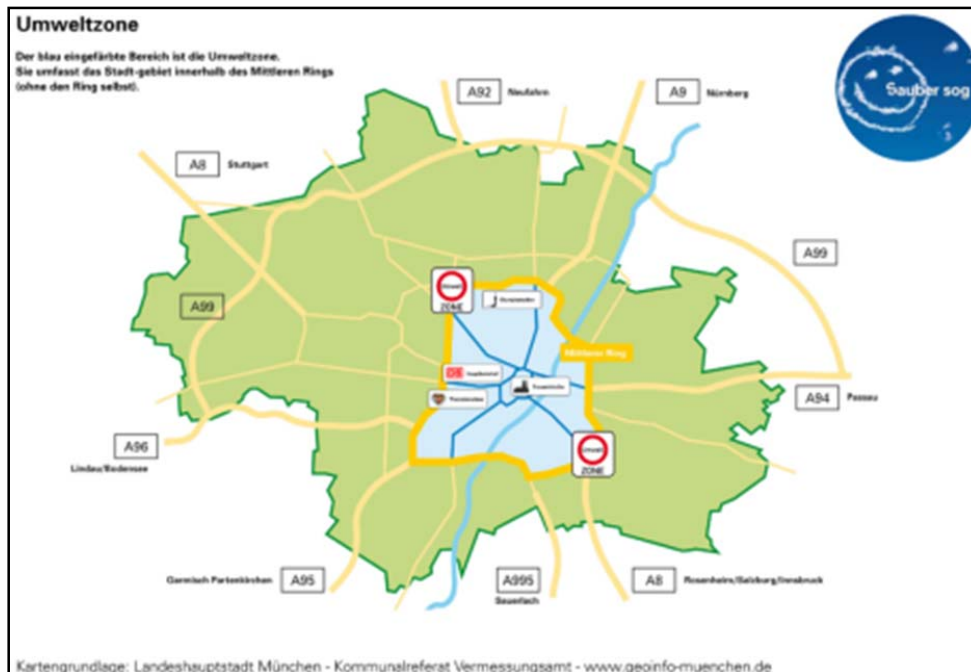


Abbildung 35: Räumliche Ausdehnung der Umweltzone München⁶

Für die Modellierung der Umweltzone München im Rahmen von PAREST wurde der Mittlere Ring digitalisiert und mit dem Modellgebiet München verschnitten, um die von der Umweltzone betroffenen Zellen zu identifizieren (Abbildung 36). Für die Modellierung der Umweltzone wurden grundsätzlich auch diejenigen Zellen berücksichtigt, die von den Grenzen der jeweiligen „realen“ Umweltzone durchzogen werden. Die errechneten Minderungspotenziale werden demnach auch auf den Mittleren Ringes bezogen, obwohl er der „realen“ Umweltzone nicht zuzuordnen ist.

⁵ Landeshauptstadt München. Referat für Gesundheit und Umwelt: Umweltzone München [URL: <http://www.muenchen.de/umweltzone#1>, 07.02.2011]

⁶ Landeshauptstadt München. Referat für Gesundheit und Umwelt: Umweltzone München [URL: <http://www.muenchen.de/umweltzone#1>, 07.02.2011]

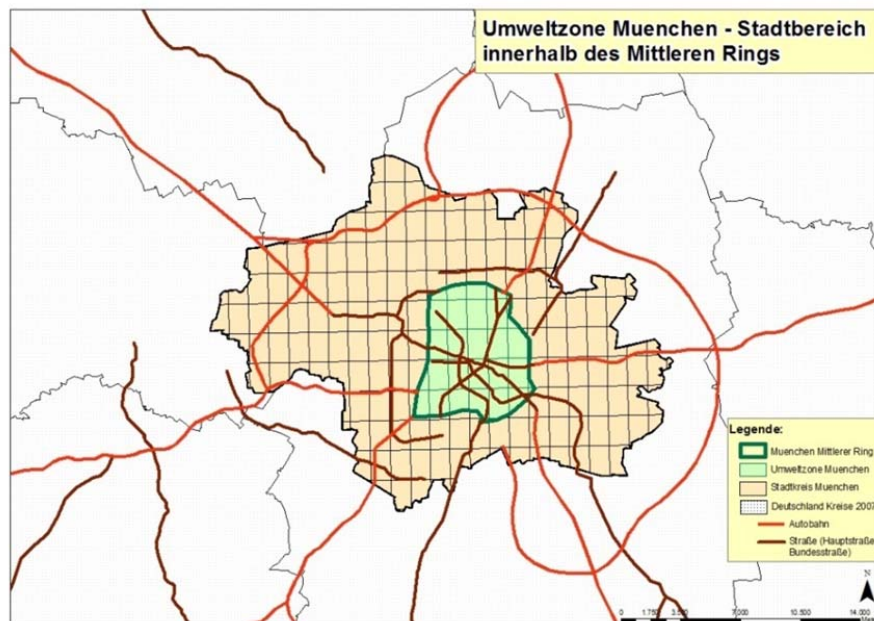


Abbildung 36: Modellgebiet für die Umweltzone München

Die „reale“ **Umweltzone Ruhrgebiet** umfasst Umweltzonen für die Städte Bochum, Gelsenkirchen, Bottrop, Mülheim an der Ruhr, Dortmund, Oberhausen, Duisburg, Recklinghausen und Essen (Abbildung 37).

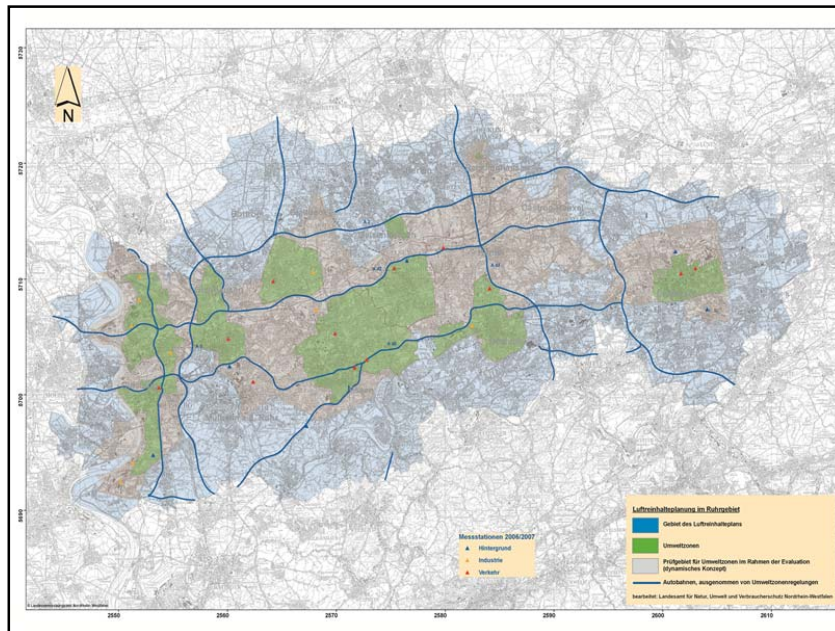


Abbildung 37: „Reale“ Umweltzonen Ruhrgebiet⁷

⁷ Ministerium für Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft, Natur und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen: Karten der Umweltzonen und Verkehrsbeschränkungen in Nordrhein-Westfalen [URL: <http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/umweltzonen/karte/index.php>, 07.02.2011]

Für die **Modellierung der Umweltzone Ruhrgebiet** im Rahmen von PAREST wurden die einzelnen Umweltzonen für die neun Städte digitalisiert und mit dem Modellgebiet Ruhr verschnitten (Abbildung 38). Für die Modellierung der Umweltzonen wurden grundsätzlich auch diejenigen Zellen herangezogen, in denen die Grenzen der jeweiligen Umweltzonen verlaufen. Die errechneten Minderungspotenziale wurden demnach auch auf Gebiete bezogen, die nicht zur Umweltzone gehören.

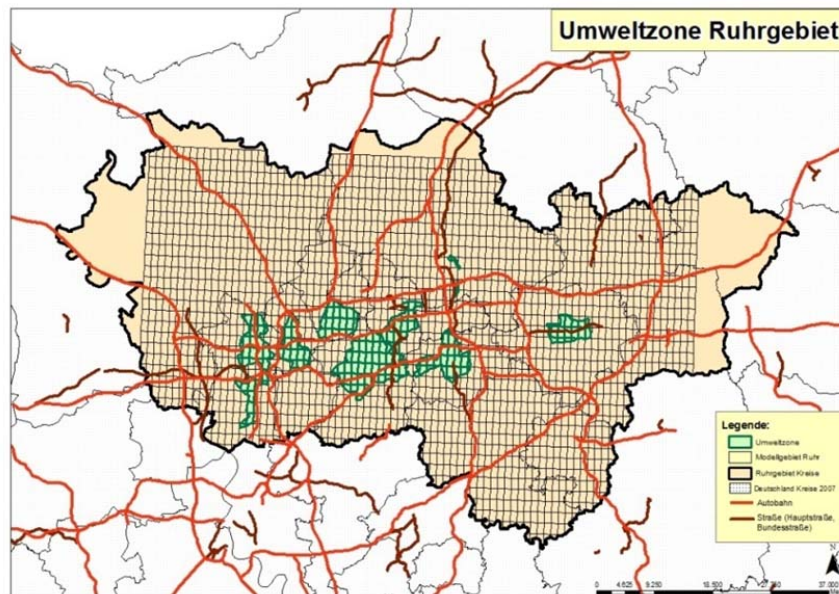


Abbildung 38: Modellgebiet für die Umweltzone Ruhrgebiet

Zusätzlich wurde eine hypothetische Umweltzone für das gesamte Ruhrgebiet modelliert (Abbildung 39).

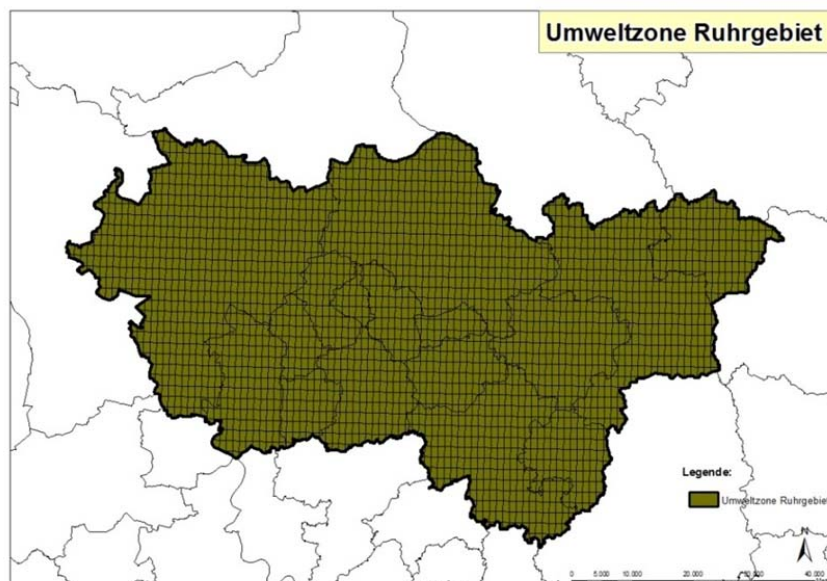


Abbildung 39: Räumliche Modellierung der Umweltzone für das ganze Ruhrgebiet

Räumlich aufgelöste Emissionsmengen für die modellierten Umweltzonen sind beispielhaft in den folgenden Abbildungen dargestellt. Die immissionsseitigen Auswirkungen für das Jahr 2015 finden sich in (Stern, 2010).

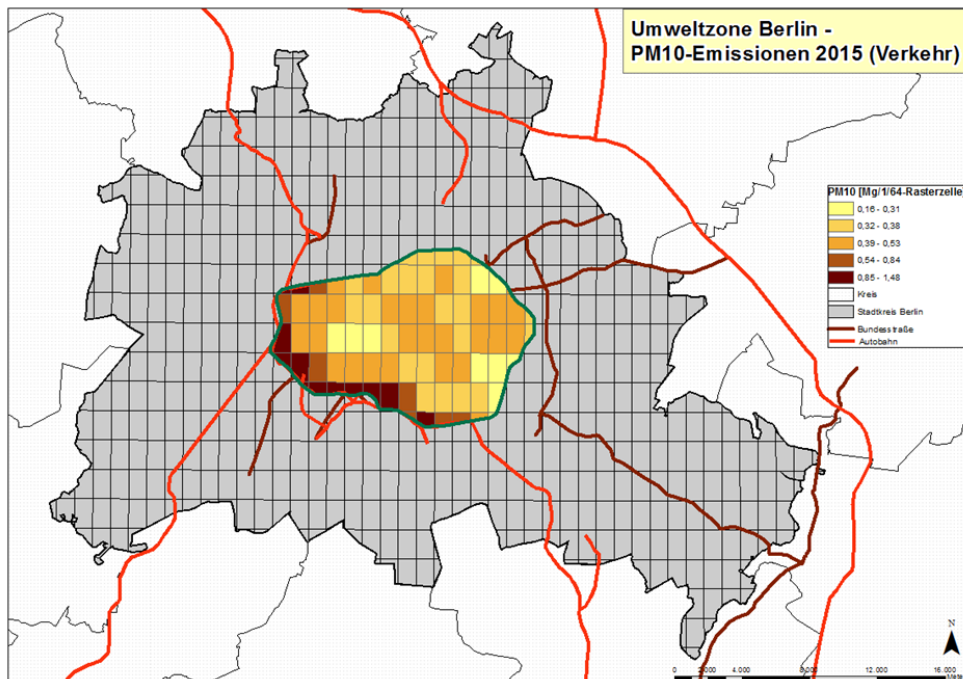


Abbildung 40: PM10-Emissionen aus dem Sektor „Verkehr“ für die Umweltzone Berlin (2015)

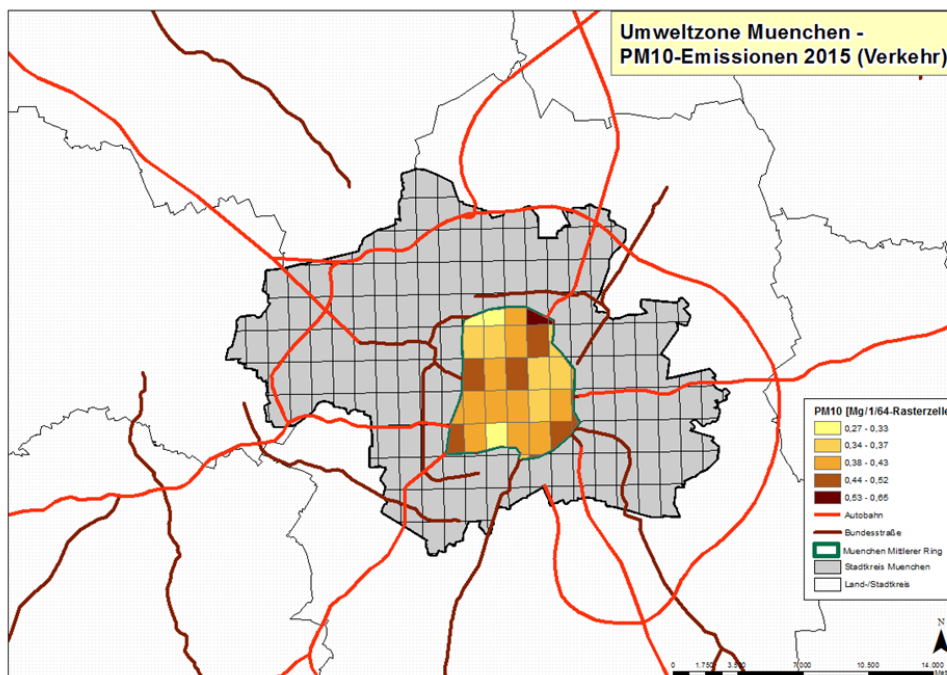


Abbildung 41: PM10-Emissionen aus dem Sektor „Verkehr“ für die Umweltzone München (2015)

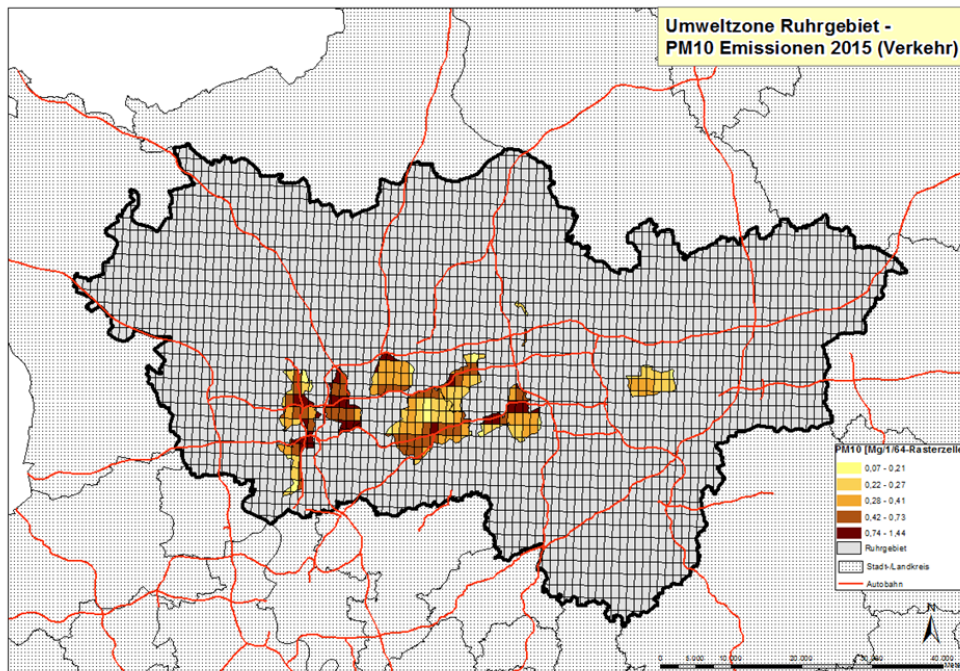


Abbildung 42: PM10-Emissionen aus dem Sektor „Verkehr“ für die Umweltzone Ruhrgebiet (2015)

7 Fazit

Im Rahmen von PAREST wurden Sensitivitätsrechnungen durchgeführt, indem die Emissionen aus dem PAREST-Referenzdatensatz für 2005 für die Modellgebiete München, Berlin und Ruhrgebiet durch entsprechende Länderdatensätze ersetzt wurden. Diese Länderdatensätze wurden im vorliegenden Bericht mit den PAREST-Emissionsdaten für NO_x , SO_2 , NH_3 , NMVOC, PM10 und PM2.5 verglichen.

Aus dem Vergleich von Emissionsinventaren oder –katastern lassen sich oft nur schwierig Rückschlüsse ziehen. Als ein Fazit kann jedoch festgehalten werden, dass es zwar zum Teil erhebliche Unterschiede in den Emissionsmengen zwischen den Länderdatensätzen und dem PAREST-Referenzdatensatz gibt, diese aber nicht systematisch sind. Für das Gebiet Berlin sind die PAREST-Emissionsmengen für alle Schadstoffe außer PM10 höher, mit den größten Differenzen für NH_3 (63% höher) und SO_2 (52% höher). Sektoral aufgelöst zeigt sich, dass im Länderdatensatz für Berlin keine NH_3 -Emissionen aus der Landwirtschaft und aus Kleinf Feuerungen und nur eine geringe Menge aus der Industrie ausgewiesen sind. Für SO_2 weist PAREST zweimal höhere Emissionsmengen in den Sektoren Industrie und Kleinf Feuerungen aus, während die Emissionsmengen im Sektor Verkehr im Vergleich zum Länderdatensatz nur halb so hoch sind. Für das Gebiet München sind die PAREST-Emissionsmengen für alle Schadstoffe außer NMVOC, NH_3 und NO_x signifikant höher, mit den größten Differenzen für PM10 (53% höher) und SO_2 (44% höher). Während die PM10-Emissionsmengen aus PAREST in allen Sektoren höher sind als im Länderdatensatz für München, ist es bei SO_2 nur der Sektor Industrie, der eine wirkliche Rolle spielt (SO_2 -Emissionen sind hier 6mal höher). Für das Ruhrgebiet sind die PAREST-Emissionsmengen für NMVOC und PM10 signifikant höher (52% und 47%). Begründet ist das in den Sektoren Industrie (10mal höher für NMVOC, 2mal höher für PM10), Verkehr (halb so hohe NMVOC-Emissionsmengen im Vergleich zum Länderdatensatz) und Landwirtschaft (keine NMVOC- und PM₁₀-Emissionen im Länderdatensatz ausgewiesen).

Für den Länderdatensatz Nordrhein-Westfalen wurde außerdem ein Vergleich der Emissionsmengen pro Kreisfläche und pro Sektor durchgeführt. Darüber hinaus fand ein Vergleich der räumlich aufgelösten Emissionsdaten auf einem $1/64^\circ \times 1/64^\circ$ - Gitter statt. Hinsichtlich der räumlichen Muster konnten teilweise Unterschiede identifiziert werden. Solche Unterschiede sind im Allgemeinen ein deutlicher Hinweis darauf, dass bestimmte Quellgruppen in dem jeweiligen regionalen Datensatz nicht vollständig erfasst sind. Ersichtlich wurde darüber hinaus, dass die Übereinstimmung beim Vergleich der räumlich verteilten Daten umso besser war, je geringer die Differenzen bezüglich der Gesamtemissionen waren.

Zusätzlich wurde in diesem Bericht die räumliche Modellierung der Umweltzonen beschrieben. Für die Modellierung der Umweltzonen wurden grundsätzlich auch diejenigen Zellen herangezogen, in denen die Grenzen der jeweiligen Umweltzonen verlaufen. Die errechneten

ten Minderungspotenziale wurden demnach auch auf Gebiete bezogen, die in der Realität nicht zur Umweltzone gehören.

8 Literatur

4. BImSchV (1997): Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen) i.d.F. vom 14.03.1997, BGBl. I S. 504, zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 2 der Verordnung vom 26. November 2010 (BGBl. I S. 1643)
- Kummer, U., Pregger, T., Theloke, J., Gefeller, T., Nicklaß, D., Thiruchittampalam, B., Köble, R., Wagner, S., Haigis, J., Blank, P., Friedrich, R. (2004): Fortschreibung des Emissionskatasters Bayern für das Jahr 2004, URL: <http://www.lfu.bayern.de/luft/fachinformationen/emissionskataster/index.htm>
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2004): Emissionskataster Luft NRW 2004 – Emissionsdaten, www.lanuv.nrw.de/emikat97/startfr2.htm
- Petrich, R. (2006): Immissionsprognosegutachten. Ein Leitfaden für die Erstellung und Bewertung. Hrsg. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie. S. 6f., www.umwelt.sachsen.de/lfug
- Pregger, T., Friedrich, R. (2009): Effective pollutant emission heights for atmospheric transport modelling based on real-world information, *Environmental Pollution* 157 (2009), S. 552-560.
- Stern, R., (2010): Anwendung des RCG-Modells auf die Ballungsräume Berlin, München, Ruhrgebiet. Forschungs-Teilbericht im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“. Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin.
- Theloke, J., Kugler, U., Kampffmeyer, T., Uzbasich, M., Dämmgen, U., (2010): Beschreibung der Minderungsmaßnahmen in PAREST – Maßnahmenblätter. Forschungs-Teilbericht im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“
- Thiruchittampalam, B., Köble, R., Theloke, J., Kugler, U., Uzbasich, M., Kampffmeyer, T., (2010): Dokumentation des PAREST Emissionsverteilungsmodells für Deutschland. Forschungs-Teilbericht im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“

9 Anhang

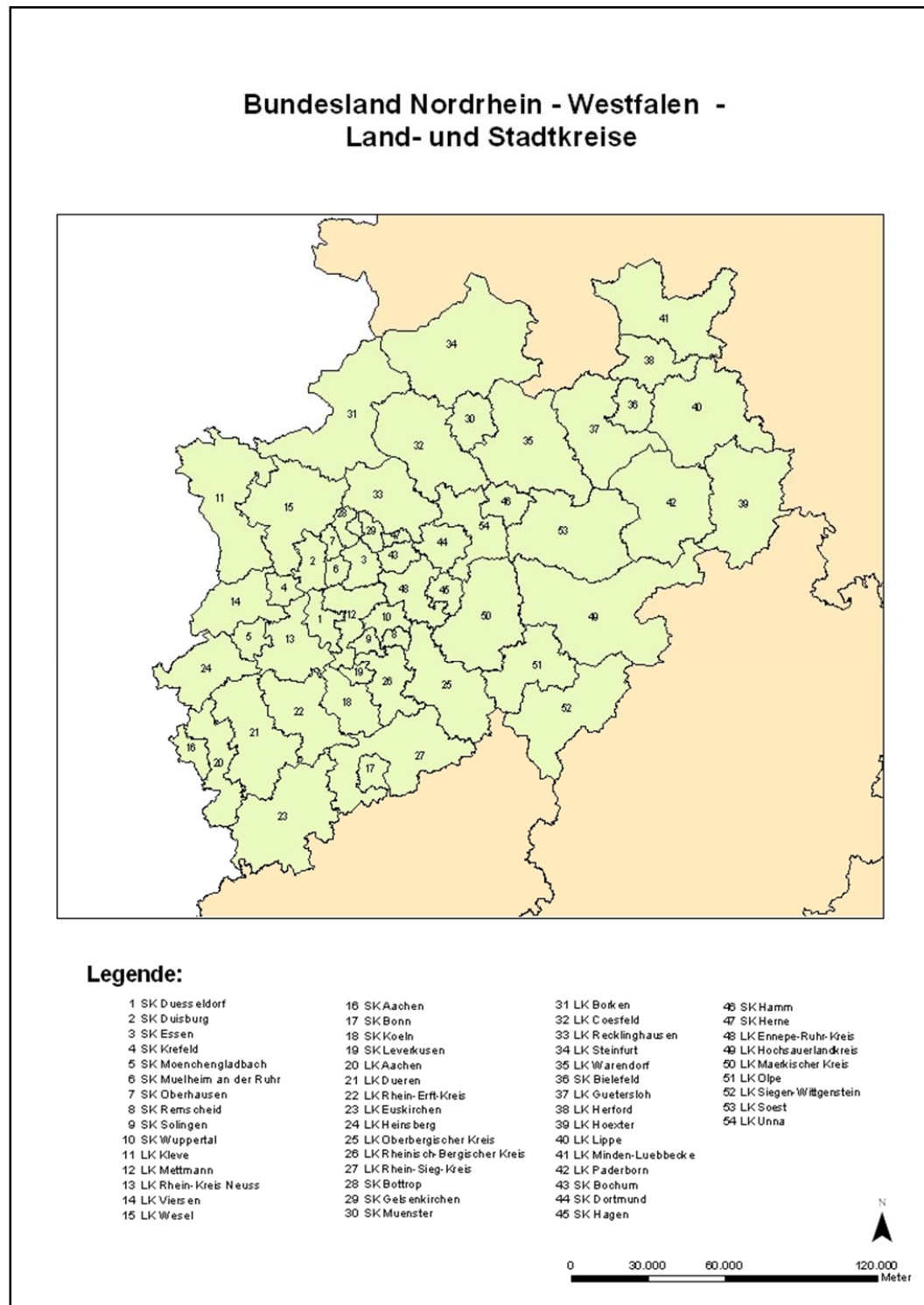


Abbildung 43: Land- und Stadtkreise in Nordrhein-Westfalen

Tabelle 13: Punktquellen mit 4.BImSchV-Nr. und Zuordnung zu Sektoren

Nr 4 BIm-SchV	Sektor	TEXT	zugeordnete Höhe (inkl. Fahnhöhe)
0101.1	10101001	Kraftwerke > 50 MW für feste, flüssige und gasförmige Brennstoffe	388
0102A2	10102012	Feuerungsanlagen 1 - < 50 MW feste und flüssige Brennstoffe (außer Heizöl EL)	95
0102B2	10102022	Feuerungsanlagen 5 - < 50 MW Heizöl EL	95
0102C2	10102032	Feuerungsanlagen 10 - < 50 MW gasförmige Brennstoffe	95
0103.1	10103001	Feuerungsanlagen >= 1 MW andere Brennstoffe	95
0103.2	10103002	Feuerungsanlagen 0,1 - < 1 MW andere Brennstoffe	95
0104.1	10104012	Verbrennungsmotoranlagen >= 1 MW für Altöl, Deponiegas, Klärgas	95
0104A2	10104012	Verbrennungsmotoranlagen >= 1 MW für Altöl, Deponiegas, Klärgas	95
0104BAA2	10104022	Verbrennungsmotoranlagen >= 1 MW für Biogas >= 350 kW	95
0104BBB2	10104022	Verbrennungsmotoranlagen >= 1 MW für Biogas >= 350 kW	95
0105.1	10105001	Gasturbinen >= 50 MW	367
0105A2	10105001	Gasturbinen >= 50 MW	367
0105BAA2	10105002	Gasturbinen < 50 MW	95
0105BBB2	10105002	Gasturbinen < 50 MW	95
0109.2	10109002	Mahlen oder Trocknen von Kohle > 1 t/h	182
0110.1	10110001	Anlagen zum Brikettieren von Braun- oder Steinkohle	182
0111.1	10111001	Anlagen zur Trockendestillation, insbesondere von Steinkohle, Braunkohle, Holz, Torf oder Pech (z.B. Kokereien, Gaswerke und Schwelereien), ausgenommen Holzkohlenmeiler	182
0112.1	10112001	Anlagen zur Trockendestillation, insbesondere von Steinkohle, Braunkohle, Holz, Torf oder Pech (z.B. Kokereien, Gaswerke und Schwelereien), ausgenommen Holzkohlenmeiler	182
0201.1	10201001	Steinbrüche >=10 Hektar	0
0201.2	10201002	Steinbrüche <=10 Hektar	0
0202.2	10202002	Brechen, Mahlen, Klassieren von Gestein	0
0203.1	10203001	Zementherstellung	182
0204.1	10204002	Brennen von mineralischen Stoffen	116
0204B2	10204002	Brennen von mineralischen Stoffen	116
0205.2	10205002	Mahlen von mineralischen Stoffen	0
0207.2	10207002	Blähen von Perliten, Schiefer oder Ton	0
0208.1	10208001	Herstellung von Glas oder Glasfasern	116
0209.2	10209002	Säurepolieren, Mattätzen von Glas oder Glaswaren	0
0210.1	10210001	Brennen keramischer Erzeugnisse Besatzd, >= 300 kg/m3	116
0210.2	10210002	Brennen keramischer Erzeugnisse Besatzd, 100 < 300 kg/m3	116
0211.1	10211001	Schmelzen mineralischer Stoffe	116
0213.2	10213002	Herstellung von Beton oder Mörtel >= 100 m3/h	116
0215.1	10215001	Bitumenschmelz-/ Mischanlagen >= 200 t/h	148
0215.2	10215002	Bitumenschmelz-/ Mischanlagen < 200 t/h	148
0301.1	10301001	Anlagen zum Rösten, Schmelzen oder Sintern von Erzen	445

Nr 4 Bim-SchV	Sektor	TEXT	zugeordnete Höhe (inkl. Fahnhöhe)
0302.2	10302002	Aufbereitung von Huttenstauben	0
0302A1	10302002	Aufbereitung von Huttenstauben	0
0302B1	10302002	Aufbereitung von Huttenstauben	0
0303.1	10303001	Anlagen zur Herstellung von Nichteisenrohmetallen	123
0304.1	10304001	Erschmelzen v, Zink oder Zinklegierungen >=1000 kg od,son, NE-Metalle >=500 kg	123
0304.2	10304002	Erschmelzen v, Zink oder Zinklegier, 50-<1000 kg od, son, NE-Metalle 50-<500 kg	123
0305.2	10305002	Anlagen zum Abziehen der Oberflächen von Stahl	52
0306.1	10306001	Walzen von Ne-Schwermetallen >= 8 t/h oder von Ne-Leichtmetallen >= 2 t/h	123
0306A2	10306002	Walzen v.Kaltband <= 650 mm Br., Ne-Schwermet.1-<8t/h od.Ne-Leichtmet.0,5-<2t/h	123
0306B2	10306002	Walzen v.Kaltband <= 650 mm Br., Ne-Schwermet.1-<8t/h od.Ne-Leichtmet.0,5-<2t/h	123
0306C2	10306002	Walzen v.Kaltband <= 650 mm Br., Ne-Schwermet.1-<8t/h od.Ne-Leichtmet.0,5-<2t/h	123
0307.1	10307001	Eisen-, Stahlgießereien >= 80 t Gußteile/Monat	52
0307.2	10307002	Eisen-, Stahlgießereien < 80 t Gußteile/Monat	52
0308.1	10308001	Gießereien für Ne-Metalle	123
0308.2	10308002	Druckgussgießereien mit Zuhaltekräften >= 2 MN	52
0309.1	10309002	Aufbringen metal. Schutzschichten mittels Bader, Spritzen	52
0309A2	10309012	Aufbringen metal, Schutzschichten mittels Bäder 0,5 - < 10 t/h	52
0309B2	10309022	Aufbringen metal, Schutzschichten mittels Spritzen 2 - < 50 kg/h	52
0310.1	10310002	Metalloberflächenbehandlung mit Säure	52
0310.2	10310002	Metalloberflächenbehandlung mit Säure	52
0311.1	10311001	Anlagen aus einem oder mehreren maschinell angetriebenen Hämmern	52
0313.1	10313001	Anlagen zur Sprengverformung oder zum Plattieren mit Sprengstoffen	0
0315A2	10315002	Herstellung, Reparatur von Behältern aus Blech, Containern	0
0315B2	10315002	Herstellung, Reparatur von Behältern aus Blech, Containern	0
0316.1	10316001	Herstellung von warmgefertigten Stahlrohren	52
0318.1	10318001	Schiffskorperherstell. u. -reparatur aus Metall >= 20 m Lange	0
0320.2	10320002	Strahlanlagen außerhalb geschlossener Räume	0
0321.2	10321002	Bleiakkumulatorenherstellung < 1500 Stueck/Tag	0
0323.2	10323002	Metallpulver-/pastenherstellung (kein Stampfen), ausgenommen Edelmetallpulver	0
0324.1	10324001	Bau und Montage von Kraftfahrzeugen, Kraftfahrzeugmotoren	95
0401.1	10401001	Herstellung von chemischen Stoffen (allgemein)	148
0401A1	10401121	Herstellung von Kohlenwasserstoffen	148
0401B1	10401121	Herstellung von Kohlenwasserstoffen	148
0401C1	10401121	Herstellung von Kohlenwasserstoffen	148
0401D1	10401121	Herstellung von Kohlenwasserstoffen	148
0401E1	10401121	Herstellung von Kohlenwasserstoffen	148

Nr 4 Bim-SchV	Sektor	TEXT	zugeordnete Höhe (inkl. Fahnhöhe)
0401F1	10401121	Herstellung von Kohlenwasserstoffen	148
0401G1	10401181	Herstellung von metallorganischen Verbindungen	148
0401H1	10401081	Herstellung von Kunststoffen oder Chemiefasern	148
0401I1	10401131	Herstellung von synthetischem Kautschuk	148
0401J1	10401171	Herstellung von Farbstoffen und Pigmenten	148
0401K1	10401161	Herstellung von Seifen oder Waschmitteln	148
0401L1	10401191	Herstellung von Gasen	148
0401M1	10401201	Herstellung von Säuren	148
0401N1	10401211	Herstellung von Basen	148
0401O1	10401222	Herstellung von Salzen	148
0401P1	10401011	Herstellung von anorganischen Chemikalien	148
0401Q1	10401051	Herstellung von p- oder n-haltigen Düngemitteln	148
0401R1	10401200	Herstellung von Ausgangsstoffen für Pflanzenschutzmittel und Biozide	148
0401S1	10401233	Herstellung von Grundarzneimittel	148
0402.2	10402002	Umgang mit Pflanzenschutzmitteln ohne Störfall-VO	148
0403.1	10403002	Herstellung von Arzneimitteln	148
0403A2	10403012	Herstellung von Arzneimitteln auf Pflanzenbasis	148
0404.1	10404001	Verarbeitung von Erdöl, Erdölerzeugnissen	226
0405.2	10405001	Herstellung von Schmierstoffen	148
0406.1	10406001	Herstellung von Russ	148
0407.1	10407001	Herstellung von Kohlenstoff oder Elektrographit	148
0408.2	10408002	Aufarbeitung organischer Lösungsmittel 0,5 - < 1 t/h	148
0410.1	10410002	Herstellung von Firnis, Lacken, Druckfarben >= 10 t/d	148
0501.1	10501012	Lackier-/Trocknungsanlagen Lösemiteileinsatz 25 - < 250 kg/h	148
0501A2	10501012	Lackier-/Trocknungsanlagen Lösemiteileinsatz 25 - < 250 kg/h	148
0501B2	10501022	Lackier-/Trocknungsanlagen Kunstharzeinsatz 10 - < 25 kg/h	148
0502.1	10501001	Beschichten, Lackieren, Kaschieren, Imprägnieren, Trocknungsanlagen:	148
0502.2	10501001	Beschichten, Lackieren, Kaschieren, Imprägnieren, Trocknungsanlagen:	148
0504.2	10504002	Tränken oder Überziehen von Stoffen mit Teer, Teeröl, Bitumen	148
0505.2	10505002	Isolieren von Drähten mit Phenol-/Kresolharzen	148
0506.2	10506002	Herstellung bahnenförmiger Materialien	148
0507A2	10507012	Herstellung von Formmassen aus Polyesterharzen >= 500 kg/w	148
0507B2	10507022	Herstellung von Formteilen aus Polyesterharzen >= 500 kg/w	148
0508.2	10508002	Herstellung von Gegenständen aus Aminoplasten >= 10 kg/h	148
0509.2	10509002	Herstellung von Reibbelagen aus Phenoplasten	148
0510.2	10510002	Herstellung von Schleifscheiben, -körpern, -papier	148
0511.2	10511002	Herstellung von Polyurethanformteilen >= 200 kg/h	148
0602.1	10602002	Fabrikmäßige Papier- und Pappenherstellung, Bahnlänge >= 75 m	148
0603.1	10603001	Herstellung von Holzfaserplatten, Holzspanplatten oder Holzfa-	148

Nr 4 Bim-SchV	Sektor	TEXT	zugeordnete Höhe (inkl. Fahnhöhe)
		sermatten	
0603.2	10603001	Herstellung von Holzfaserplatten, Holzspanplatten oder Holzfasermatten	148
0701A1	10701011	Halten oder Aufzucht von Geflügel mit > 20.000 Hennenplätze	0
0701B1	10701021	Halten oder Aufzucht von Geflügel mit > 40.000 Junghennenplätze	0
0701B2	10701020	Halten oder Aufzucht von Geflügel mit < 40.000 Junghennenplätze	0
0701C1	10701031	Halten oder Aufzucht von Geflügel mit > 40.000 Mastgeflügelplätze	0
0701G1	10701051	Halten oder Aufzucht von Schweinen mit > 2.000 Mastschweinplätze	0
0701H1	10701061	Halten oder Aufzucht von Schweinen mit > 750 Sauenplätzen	0
0702.1	10702001	Anlagen zum Schlachten von Tieren	0
0703A1	10703001	Schmelzen tierischer Fette >= 200 kg/Woche Speisefett	53
0703B1	10703001	Schmelzen tierischer Fette >= 200 kg/Woche Speisefett	53
0704AAA1	10704002	Verarbeiten von Kartoffeln, Gemuse, Fleisch und Fisch >= 1 t/d	53
0704AAA2	10704002	Verarbeiten von Kartoffeln, Gemuse, Fleisch und Fisch >= 1 t/d	53
0704ABB1	10704002	Verarbeiten von Kartoffeln, Gemuse, Fleisch und Fisch >= 1 t/d	53
0704B1	10704001	Herstellung von Tierfutter	53
0705.1	10705002	Räucheranlagen für Fleisch oder Fisch >= 1 t/w	53
0708.1	10708001	Herstellung von Gelatine, Haut-/Leder-/Knochenleim	53
0709.1	10709001	Verarbeitung von Schlachtnebenprodukten	53
0712.1	10712001	Tierkörperbeseitigungsanstalten	53
0720.1	10720002	Malzdarren	53
0721.1	10721001	Mühlen für Nahrungs- oder Futtermittel >= 500 t/d	53
0722.1	10722002	Herstellung von Hefe oder Stärkemittel	53
0722.2	10722002	Herstellung von Hefe oder Stärkemittel	53
0723.1	10723001	Extrahieren pflanzlicher Fette oder Ole >= 1 t	53
0724.1	10724001	Zuckerfabriken	53
0727.1	10727002	Melassebrennereien, Biertrebertrocknungsanlagen und Brauereien Ausstoß >= 5000 hl/a	53
0727A2	10727002	Melassebrennereien, Biertrebertrocknungsanlagen und Brauereien Ausstoß >= 5000 hl/a	53
0732.1	10732002	Sprühtrocknen von Milch, Erzeugnissen aus Milch oder von Milchbestandteilen	53
0732.2	10732002	Sprühtrocknen von Milch, Erzeugnissen aus Milch oder von Milchbestandteilen	53
0734A1	10734001	Herstellung von Nahrungsmittelerzeugnissen aus tierischen Rohstoffen ohne Milch	53
0734B1	10734002	Herstellung von Nahrungsmittelerzeugnissen aus pflanzlichen Rohstoffen	53
0801A1	10801001	Abfallbeseitigungsanlagen durch Verbrennung fester, flüssiger o, gasf, Stoffe	172
0801A2	10801001	Abfallbeseitigungsanlagen durch Verbrennung fester, flüssiger o, gasf, Stoffe	172

Nr 4 Bim-SchV	Sektor	TEXT	zugeordnete Höhe (inkl. Fahnhöhe)
0801B1	10801001	Abfallbeseitigungsanlagen durch Verbrennung fester, flüssiger o, gasf, Stoffe	172
0801B2	10801001	Abfallbeseitigungsanlagen durch Verbrennung fester, flüssiger o, gasf, Stoffe	172
0802A2	10802001	Thermische Zersetzung brennbarer fester oder flüssiger Stoffe	172
0802B2	10802001	Thermische Zersetzung brennbarer fester oder flüssiger Stoffe	172
0803.1	10803002	Thermische Behandlung metallhaltiger Rückstände	172
0803A2	10803002	Thermische Behandlung metallhaltiger Rückstände	172
0803B2	10803002	Thermische Behandlung metallhaltiger Rückstände	172
0804.2	10804002	Sortierung von Hausmüll und gleichartigen Abfällen >= 10 t/h	0
0805.2	10805002	Kompostwerke >= 7,5 t/h - < 10 t/h	0
0806A1	10806003	Anlagen zur biologischen Behandlung von gefährlichen Abfällen	0
0806B1	10806004	Anlagen zur biologischen Behandlung von nicht gefährlichen Abfällen	0
0806B2	10806004	Anlagen zur biologischen Behandlung von nicht gefährlichen Abfällen	0
0807.1	10807001	Behandlung von verunreinigten Böden	0
0808A1	10808001	Chemische Behandlung von Abfällen	0
0809A1	10809002	Lagerung und Behandlung von Autowracks	0
0809A2	10809002	Lagerung und Behandlung von Autowracks	0
0809B1	10809002	Lagerung und Behandlung von Autowracks	0
0810A1	10810011	physikalisch-chemische Behandlung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen (Destillieren, Kalzinieren, Trocknen, Verdampfen) >= 10t/d	0
0810A2	10810012	physikalisch-chemische Behandlung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen (Destillieren, Kalzinieren, Trocknen, Verdampfen) 1 - 10t/d	0
0810B1	10810021	physikalisch-chemische Behandlung von nicht besonders überwachungsbedürftigen Abfällen (Destillieren, Kalzinieren, Trocknen, Verdampfen) >= 50t/d	0
0810B2	10810022	physikalisch-chemische Behandlung von nicht besonders überwachungsbedürftigen Abfällen (Destillieren, Kalzinieren, Trocknen, Verdampfen) 10 - 50t/d	0
0811AA1	10811001	Anlagen zur Behandlung von gefährlichen Abfällen	0
0811AAA2	10811001	Anlagen zur Behandlung von gefährlichen Abfällen	0
0811AEE2	10811001	Anlagen zur Behandlung von gefährlichen Abfällen	0
0811BAA2	10811001	Anlagen zur Behandlung von gefährlichen Abfällen	0
0811BB1	10811001	Anlagen zur Behandlung von gefährlichen Abfällen	0
0811BBB2	10811001	Anlagen zur Behandlung von gefährlichen Abfällen	0
0811EE1	10811001	Anlagen zur Behandlung von gefährlichen Abfällen	0
0812.1	10811003	zeitweilige Lagerung von gefährlichen Abfällen	0
0812B2	10811003	zeitweilige Lagerung von gefährlichen Abfällen	0
0813.1	10811004	zeitweilige Lagerung von gefährlichen Schlämmen	0
0814B1	10811002	Lagerung oder Behandlung von Abfällen	0
0815.1	10811005	Umschlagen von gefährlichen Abfällen	0

Nr 4 Bim-SchV	Sektor	TEXT	zugeordnete Höhe (inkl. Fahñüberhöhung)
0815A2	10811005	Umschlagen von gefährlichen Abfällen	0
0815B2	10811005	Umschlagen von gefährlichen Abfällen	0
0901.1	10901001	Lagern brennbarer Gase in Behältern >= 30 t oder Einzelbehältnissen > 1000 cm ³	0
0902.1	10902001	Lagern von Mineralöl/-erzeugnissen oder Methanol >= 50000 t	0
0902A2	10902012	Lagern von Mineralölerzeugnissen (Flammpunkt<21°C) 5000 - < 10000 t	0
0902B2	10902003	Lagern von brennbaren Flüssigkeiten	0
0911.2	10911002	Umschlag staubender Schüttgüter >= 200 t/d (Saisongetreideumschlag >= 400 t/d)	
0914.1	10914001	Lagern von Ammoniak >= 30 t	0
0924.1	10924002	Lagerung von 5 Tonnen bis weniger als 50 Tonnen Propylenoxid	0
0934.1	10935002	Lagern sehr gift,, gift,,brandförd, od,explosionsgef, Stoffen/Zub, 10- <200t	0
0935.1	10935001	Lagern sehr gift,, gift,,brandförd, od,explosionsgef, Stoffen/Zubereit, >=200t	0
0935.2	10935002	Lagern sehr gift,, gift,,brandförd, od,explosionsgef, Stoffen/Zub, 10- <200t	0
0937.1	10937001	Lagerung chemischer Erzeugnisse >25.000 t	0
1001A1	11001001	Herstellung von explosionsgefährlichen Stoffen mit Vernichtung	0
1007.2	11007002	Vulkanisieren von Natur- oder Synthekautschuk >= 50 kg/h	0
1008.2	11008002	Herst. von Bautenschutz-, Reinigungsmitteln mit organ. Lösemitel >= 1 t/h	148
1010.1	11001001	Herstellung von explosionsgefährlichen Stoffen mit Vernichtung	148
1010B2	11010002	Anlagen zum Färben von Flocken, Garnen, Geweben > 1 t/d	0
1015B2	11015002	Prüfstände für Verbrennungsmotoren, Gasturbinen >= 300 KW	367
1020.2	11020002	Reinigen v, Werkzeugen, Vorrichtungen durch thermische Verfahren	0
1021.2	11021002	Innenreinig,v,Kesselw,/Tankfahrz,/Cont,/Fässern m,organ,Stoffen u,Aufbereit-anl	0
1022.2	11022002	Begasungs-/Sterilisationsanl, >= 1 m ³ Kammer bei Einsatz giftiger Stoffe/Zuber,	0
1023.2	11023002	Textilvered, d,Sengen/Beschichten/Imprägn,/Appret, od,Trocknen >=500 m ² Text,/h	0
1025.2	11025002	Kalteanlagen 3 - < 30 t Ammoniak	0
9999.1	99991	unbekannt	0

Tabelle 14: Datensatzbeschreibung – Emissionsdatensatz Verkehr für EKAT NRW

Feldbezeichnung	Erklärung	Einheit
BLATTNR	Identifikationsnummer des Rasterquadrates	-
RECHTSWERT	Unterer linker Rechtswert im 2. Streifen des Gauß-Krüger- Koordinaten-systems	[km]
HOCHWERT	Unterer linker Hochwert im 2. Streifen des Gauß-Krüger- Koordinaten-systems	[km]
CO_Kfz	CO- Emissionen des Strassenverkehrs	[kg/km ² *a)]
CO_Flug	CO- Emissionen des Flugverkehrs	[kg/km ² *a)]
CO_Offroad	CO- Emissionen Offroad	[kg/km ² *a)]
CO_Schiene	CO- Emissionen des Schienenverkehrs	[kg/km ² *a)]
CO_Schiff	CO- Emissionen des Schiffsverkehrs	[kg/km ² *a)]
OGD_Kfz	OGD- Emissionen des Strassenverkehrs	[kg/km ² *a)]
OGD_Flug	OGD- Emissionen des Flugverkehrs	[kg/km ² *a)]
OGD_Offroad	OGD- Emissionen Offroad	[kg/km ² *a)]
OGD_Schiene	OGD- Emissionen des Schienenverkehrs	[kg/km ² *a)]
OGD_Schiff	OGD- Emissionen des Schiffsverkehrs	[kg/km ² *a)]
CH4_Kfz	CH4- Emissionen des Strassenverkehrs	[kg/km ² *a)]
CH4_Flug	CH4- Emissionen des Flugverkehrs	[kg/km ² *a)]
CH4_Offroad	CH4- Emissionen Offroad	[kg/km ² *a)]
CH4_Schiene	CH4- Emissionen des Schienenverkehrs	[kg/km ² *a)]
CH4_Schiff	CH4- Emissionen des Schiffsverkehrs	[kg/km ² *a)]
SO2_Kfz	SO2- Emissionen des Strassenverkehrs	[kg/km ² *a)]
SO2_Flug	SO2- Emissionen des Flugverkehrs	[kg/km ² *a)]
SO2_Offroad	SO2- Emissionen Offroad	[kg/km ² *a)]
SO2_Schiene	SO2- Emissionen des Schienenverkehrs	[kg/km ² *a)]
SO2_Schiff	SO2- Emissionen des Schiffsverkehrs	[kg/km ² *a)]
NH3_Kfz	NH3- Emissionen des Strassenverkehrs	[kg/km ² *a)]
NH3_Offroad	NH3- Emissionen Offroad	[kg/km ² *a)]
NH3_Schiene	NH3- Emissionen des Schienenverkehrs	[kg/km ² *a)]
NH3_Schiff	NH3- Emissionen des Schiffsverkehrs	[kg/km ² *a)]
CO_Verkehr	Summe CO- Emissionen des Verkehrs	[kg/km ² *a)]
OGD_Verkehr	Summe OGD- Emissionen des Verkehrs	[kg/km ² *a)]
CH4_Verkehr	Summe CH4- Emissionen des Verkehrs	[kg/km ² *a)]
SO2_Verkehr	Summe SO2- Emissionen des Verkehrs	[kg/km ² *a)]
NH3_Verkehr	Summe NH3- Emissionen des Verkehrs	[kg/km ² *a)]