

**Wolfgang LOIBL
Rudolf ORTHOFER**

Reports

UBA-95-121

**Kleinräumige Disaggregation der
NO_x-Emissionen aufbauend auf dem
Emissionskataster des
Umweltbundesamtes**

Wien, August 1995

Bundesministerium für Umwelt



Projektleitung

Erich Grösslinger (Umweltbundesamt)

Autoren

Wolfgang Loibl, Rudolf Orthofer (Abteilung Umweltplanung, Bereich Systemforschung Technik–
Wirtschaft–Umwelt, Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf)

Impressum:

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt, 1090 Wien, Spittelauer Lände 5

Druck: Riegelnik

© Umweltbundesamt, Wien, August 1995

Alle Rechte vorbehalten
ISBN 3–85457–263–8

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurden die NO_x-Emissionen für Österreich kleinräumig disaggregiert. Als Grundlage wurde die Datenbasis (Bezugsjahr 1988) des Umweltbundesamtes Wien verwendet. Berücksichtigt wurden Emissionen aus Klein-, Gewerbe- und Industriefeuerungen, Emissionen aus industriellen Prozessen sowie Verkehrsemissionen. Emissionen großer Industriebetriebe und Kraftwerke wurden als Punktquellen gesondert behandelt. Die Emissionen aus dem Straßenverkehr wurden nach einer für die Anforderungen des Regionalisierungsmodells geeigneten Systematik neu berechnet.

Ziel der Arbeiten war, die nach politischen Bezirke gegliederten Emissionsdaten auf die tatsächlichen Emissionsorte (Straßen, Siedlungszentren, Dauersiedlungsräume) zu disaggregieren. Dies erfolgte mit einem 'top-down'-Ansatz, bei dem die Bezirkssummen mittels statistischer Referenzdaten den Emissionsflächen zugeordnet werden.

Für die Disaggregation wurde mit einem geographischen Informationssystem (GIS) eine geometrische Datenbasis erzeugt, in der administrative Grenzen (Gemeinden), topographische Grenzen (Dauersiedlungsraum) und spezifische emissionsrelevante Grenzen (Siedlungszentren, Straßennetz) enthalten sind. Damit werden im GIS etwa 42.000 Polygone mit einer durchschnittlichen Größe von ca. 2 km² definiert.

Mit geeigneten Referenzparametern wurden die NO_x-Emissionen der Bezirke zuerst den Gemeinden und in einem zweiten Schritt den Siedlungszentren und dem restlichen Dauersiedlungsraum der Gemeinden zugeordnet. Die Emissionen des überregionalen Straßennetzes ergeben sich aus den Verkehrsdichten. Die Ergebnisse sind als flächenbezogene Emissionsdichten in Karten dargestellt. Zur Nutzung der Ergebnisse und zur Berechnung von Emissionsszenarien außerhalb eines geographischen Informationssystems wurde ein Kalkulationstabellenmodell für den ersten Disaggregationsschritt (von Bezirken auf Gemeinden) erstellt.

Summary

This report describes the small-scale regional disaggregation of NO_x emissions in Austria. The emission data used as a basis was made available by the Austrian Federal Environment Agency and refers to the year 1988. Relevant emission categories are domestic heating, medium and large industrial combustion sources, industrial processes, and road traffic. Sources with emissions of more than 100 t NO_x were treated separately as point sources. Emissions from road traffic were newly calculated in this project as the available data were not suitable for a meaningful disaggregation.

The aim of the project was to disaggregate the emission sums for all of the 99 Austrian districts (with an average area of 850 km²) according to the actual emission locations (such as roads, settlements, settlement-suitable areas). This regionalisation was done using a top-down method, by which district emission sums are allocated to the emission locations using appropriate surrogate statistical data.

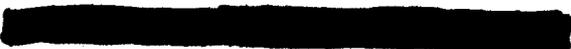
Using a geographic information system (GIS) a geometric structure was established as a digital base map for the disaggregation. This map was built by combination of administrative boundaries (municipalities), uninhabitable area boundaries (forests, mountains, lakes), and emission relevant boundaries (such as human settlements and major roads). Line (road network) and point data (settlement centres) were transferred into a polygon structure. Considering all of the mentioned boundaries, the base map contains about 42.000 polygons with an average size of 2 km².

Using appropriate reference data the NO_x emissions of each of the the 99 districts were first disaggregated to the municipalities of the districts, and subsequently allocated to human settlements and settlement-suitable areas of each municipality. Traffic emissions on the highway network were calculated for all major roads using traffic data. The results are presented as emission density maps. To facilitate the use of the results and the calculation of alternative emission scenarios without application of GIS a spreadsheet model was established for the first district disaggregation step (from the 99 districts to the 2340 municipalities).

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkungen	1
1. Methodische Grundlagen zur räumlichen Disaggregation von Emissionsdaten	3
2. Datengrundlagen.....	7
2.1 Emissionsdaten	7
2.2 Statistische Referenzdaten zur Regionalisierung	10
2.3 Geometrische Datengrundlagen.....	10
2.3.1 Bezirks- und Gemeindegrenzen	11
2.3.2 Dauersiedlungsraum	11
2.3.3 Siedlungszentren	14
2.3.4 Höherrangiges Straßennetz.....	16
2.3.5 Generierung der Basiskarte für die regionale Disaggregation.....	17
3. Regionale Disaggregation der NO _x -Emissionen	18
3.1 Punktquellen.....	21
3.2 Feuerungen in Industrie und Gewerbe	23
3.3 Kleinf Feuerungsanlagen	25
3.4 Straßenverkehr	27
3.4.1 Datensituation	27
3.4.2 Überregionaler Straßenverkehr	28
3.4.3 Regionaler Verkehr	29
4. Disaggregationsergebnis	32
4.1 Ergebnisse der GIS-Disaggregation	32
4.1.1 Kraftwerke, Industrie und Gewerbe.....	32
4.1.2 Kleinf Feuerungsanlagen.....	32
4.1.3 Verkehr.....	33
4.1.4 Gesamte NO _x -Emissionen.....	33
4.2 EXCEL-Modell	34
Literatur	35

Anhang 1: Kartendarstellungen



[REDACTED]

Vorbemerkungen

Ziel der Studie war, aufbauend auf den nach politischen Bezirken gegliederten NO_x-Emissionsdaten des Umweltbundesamts Wien (UBA) eine kleinräumige Disaggregation der NO_x-Emissionen zu erarbeiten. Dabei sollte die vom Forschungszentrum Seibersdorf entwickelte 'top-down'-Methode zur Regionalisierung von Emissionsinventuren eingesetzt werden (Orthofer et al. 1991, Loibl et al. 1993).

Bei dieser Methode ist es mit Unterstützung durch ein geographisches Informationssystem (GIS) möglich, für jede relevante Emittentengruppe die bundes-, landes-, oder bezirkswise Emissionen in einem 'top-down'-Ansatz jenen Bezugsräumen zuzurden, in denen die Emittenten tatsächlich lokalisiert sind (z.B. Hausbrand => Siedlungsräume, Verkehr => Verkehrsflächen). Die quantitative Zuweisung der Emissionen erfolgt gewichtet nach der jeweiligen Emittentendichte (z.B. Siedlungsdichte, Verkehrsdichte). Das Verfahren ist gut geeignet, kleinräumige Belastungen darzustellen und die kleinräumigen Auswirkungen von regionalen Emissionsreduktions-Szenarien abzuschätzen. Dies ist insbesondere für diejenigen Luftschadstoffe wichtig, die direkt an den Emissionsorten wirksam sind.

Die meist übliche methodische Vorgangsweise für die Erstellung regionaler Emissionsinventuren ist ein 'bottom-up'-Ansatz. Das Untersuchungsgebiet wird dabei in Flächen (Raster, Verwaltungseinheiten) eingeteilt. Anschließend werden die Emittentenstrukturen für jede Teilfläche erhoben und mit Hilfe von Emissionsfaktoren oder Meßdaten deren Emissionssummen berechnet.

Das vorliegende Projekt ist eine Kombination beider Methoden. Die Emissionsdaten des UBA wurden für alle politischen Bezirke Österreichs 'bottom-up' berechnet. Nicht zuletzt wegen der sehr heterogenen Struktur der österreichischen Bezirke ist jedoch die Aussagekraft der durchschnittlichen Emissionsdichten in den Bezirken sehr gering, insbesondere wenn die Belastung für die Bevölkerung in Ballungsräumen bewertet werden soll.

Aus diesen Gründen wurden in diesem Projekt die bezirkswise Emissionen mit der Seibersdorf-Methode kleinräumig weiter aufgelöst. Ursprüngliches Ziel war es, möglichst von den vorhandenen 'bottom-up' erhobenen Bezirksdaten auszugehen. Es hat sich jedoch bei der Durchführung des Projekts gezeigt, daß dies in manchen Fällen nicht möglich war. Aus diesen Gründen wurden die Emissionsdaten dieser Sektoren aus anderen Datenquellen übernommen

bzw. neu berechnet. Dies betrifft insbesondere die Emissionen aus dem Straßenverkehr, wo die bezirksweisen 'bottom-up'-erhobenen Daten¹ nicht verwendet werden konnten.

Der vorliegende Bericht enthält nach einer kurzen Übersicht über die methodischen Grundlagen der Disaggregation (Kap. 1) auch eine zusammenfassende Diskussion der Datengrundlagen (Kap. 2), um die Validität der Ergebnisse zu dokumentieren. Hauptteil des Berichts ist die Darstellung der hier vorgenommenen Disaggregation (Kap. 3). Die Ergebnisse liegen sowohl als GIS-generierte Karten (Kap. 4) sowie als PC-Dateien vor.

Die vorliegende NO_x-Emissionsinventur ist ein weiterer Beitrag zu einer detaillierten raumbezogenen Datenbasis zur Abschätzung kritischer Belastungen sowie für Maßnahmenplanung. Darüberhinaus dienen die Resultate im Kombination mit der NMVOC-Emissionsinventur als Inputdaten für ein luftchemisch-meteorologisches Simulationsmodell, wie dies derzeit im Rahmen des Pannonischen Ozonprojekts (POP) für den ostösterreichischen Raum angewandt wird.

¹ Bei der bezirksweisen 'bottom-up'-Erhebung der KFZ-Emissionen wurde unterstellt, daß alle KFZ nur in den Bezirken ihrer Registrierung fahren. Es kommt damit zu einer irreführenden Vernachlässigung der Belastung durch den überregionalen Verkehr.

1. Methodische Grundlagen zur räumlichen Disaggregation von Emissionsdaten

Emissionsquellen sind in der Regel innerhalb eines Untersuchungsgebiets (also Bundesgebiet, Bundesland, Bezirk, Gemeinde) nicht gleichmäßig, sondern räumlich sehr unterschiedlich verteilt. Gerade in Österreich wirkt sich dies sehr stark aus, da in weiten Teilen des Landes keine anthropogenen Emissionen gegeben sind (z.B. Wäldern, Gebirge, Seen etc.). Die Emissionen sind im wesentlichen auf die Siedlungsflächen (das sind die Siedlungszentren und der Dauersiedlungsraum) und die Straßen konzentriert.

Eine genaue kleinräumige Analyse der Emissionsdichten ist notwendig, um kleinräumig wirk-same Belastungen erkennen und geeignete regionale Minderungsmaßnahmen planen zu können. Außerdem sind die 'echten' Emissionsdichten wichtig, um die nichtlinearen Prozesse der Luftchemie mit photochemischen Modellen simulieren zu können.

Für das gesamte Bundesgebiet macht der Dauersiedlungsraum weniger als die Hälfte der Gesamtfläche aus, und in einigen Bezirken/Gemeinden noch wesentlich weniger. Die flächen-bezogenen Emissionsdichten sind also im Durchschnitt doppelt so hoch, als bei den meisten Inventuren ausgewiesen wird.

Die meist übliche methodische Vorgangsweise für die Erstellung regionaler Emissionsinventuren ist ein '*bottom-up*'-Ansatz. Das Untersuchungsgebiet wird dabei in Flächen (Raster, Verwaltungseinheiten) eingeteilt. Anschließend werden die Emittentenstrukturen für jede Teilfläche erhoben und mit Hilfe von Emissionsfaktoren, Energieverbrauchs- und Produktionskennzahlen oder Meßdaten deren Emissionssummen berechnet. Da dieses Verfahren relativ aufwendig und mitunter ungenau ist, wurde im österreichischen Forschungszentrum Seibersdorf eine neue GIS-gestützte Methode entwickelt (*Orthofer et al. 1991*). Dabei werden mit Unterstützung durch ein geographisches Informationssystem (GIS) für jede relevante Emittentengruppe die bundesweiten Emissionen in einem '*top-down*'-Ansatz jenen Bezugsräumen zugeordnet, in denen die Emittenten tatsächlich lokalisiert sind (z.B. Hausbrand => Siedlungs-räume, Verkehr => Verkehrsflächen). Die quantitative Zuweisung der Emissionen erfolgt ge-wichtet nach der jeweiligen Emittentendichte (z.B. Siedlungsdichte, Verkehrsdichte).

Die Methode beruht auf den folgenden vereinfachenden Annahmen: Für jede Emittentengruppe gilt,

- daß innerhalb des Bezugsgebiets im Durchschnitt der Technologie- und Brennstoffmix ähnlich ist und dadurch etwa die gleiche Emissionsfaktoren gelten, sowie
- daß der Anteil der Emissionen dem Anteil ausgewählter statistischer Bezugsdaten entspricht (das sind z.B. bei den Emissionen aus Kleinfeuerungen die Anteile der Wohnungen, die mit verschiedenen Brennstoffen beheizt werden).

Diese Methode hat gegenüber dem traditionellen 'bottom-up'-Ansatz mehrere Vorteile:

- Bei Kenntnis der Gesamtemissionen und der räumlichen Emittentenstruktur können relativ rasch regionale Emissionsinventuren für beliebige Schadstoffe erstellt werden
- Die Ergebnisse entsprechen durch den Bezug auf Standorte oder Standorträume in hohem Ausmaß der Realität
- Der Aufwand für Erstellung und Aktualisierung ist wesentlich geringer als beim 'bottom-up'-Ansatz
- Regionale Emissionsszenarien für unterschiedliche Gesamtemissionen können kurzfristig erstellt werden

Die Disaggregation der NO_x-Emissionen in diesem Projekt ist eine Kombination der beiden erwähnten Ansätze. Vom UBA wurden die NO_x-Emissionen für jeden politischen Bezirk 'bottom-up' erhoben bzw. berechnet. Vom Forschungszentrum Seibersdorf wurden diese bezirksweisen Daten 'top-down' in die eigentlichen Emissionsorte disaggregiert. Die Emissionen des übergeordneten Straßenverkehrs, die mit Verkehrszählungsdaten bereits ihren Emissionsorten zugeordnet sind, gehen als 'bottom-up' Daten in die Disaggregation ein.

Die Disaggregation erfolgt mehrstufig, wobei in einem ersten Schritt die Ausgangsdaten (Emissionen der Bezirke) auf die Gemeinden im Bezirk aufgeteilt werden und erst dann innerhalb der Gemeinden den einzelnen Siedlungszentren und dem sonstigen Dauersiedlungsraum zugewiesen werden. Abb. 1 zeigt die Konzeption der Disaggregation sowie die dabei berücksichtigten relevanten Räume.

Die vier Stufen der räumlichen Disaggregation sind:

a) Disaggregation von Bezirken auf Gemeinden:

Ausgehend von den Emissionen der Bezirke werden die Emissionen der Gemeinden in den Bezirken berechnet. Als Regionalisierungsquoten gelten die gemeindeweisen Anteile der statistischen Bezugswerte (Wohnbevölkerung, Industriearbeitsplätze etc.) an den Bezirkssummen (vgl. 3.1 bis 3.3).

b) Disaggregation von Gemeinden auf die Siedlungszentren:

Dieser Disaggregationsschritt wird nur für die Emissionen aus Kleinf Feuerungen vollzogen. Ausgehend von den Emissionen der Gemeinden werden die Emissionen der Siedlungszentren in den Gemeinden berechnet. Als Regionalisierungsquoten werden die Einwohneranteile² der Siedlungszentren an der Gemeinde verwendet. In Städten wird damit ein Großteil, in Landgemeinden etwa die Hälfte der Wohnbevölkerung erfaßt.

c) Disaggregation von Gemeinden auf den Dauersiedlungsraum:

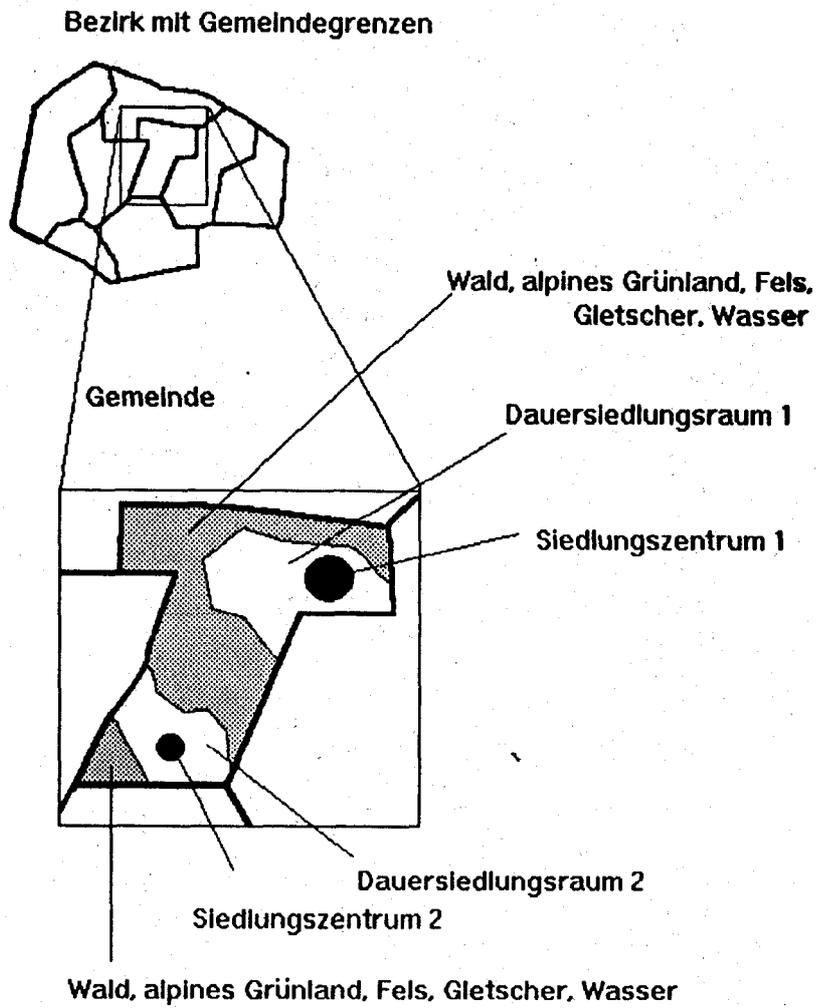
Die Emissionen einer Gemeinde außerhalb der Siedlungszentren werden dem Dauersiedlungsraum dieser Gemeinde zugeordnet. Dieser besteht in der Regel aus einer größeren Zahl von Einzelpolygonen. Als Regionalisierungsquoten werden die Flächenanteile der Einzelpolygone an der Flächensumme des Dauersiedlungsraums verwendet.

d) Zuordnung von Punktquellen:

Emissionen von Punktquellen (Kraftwerke und große Industriefeuerungen) werden gleichmäßig auf den gesamten Dauersiedlungsraum der Standortgemeinde bezogen. Eine genauere Zuordnung dieser Punktquellen ist nicht möglich, da in der Regel weder der genaue Standort der Emissionsquellen innerhalb der Gemeinde noch dessen Flächenausdehnung bekannt ist. Weiters ist meist nicht bekannt, ob die Emissionen innerhalb der jeweiligen Unternehmen nur an einem einzigen Punkt entstehen oder ob sie gleichmäßig über das Werksgelände verteilt sind.

² Als Referenzdaten für Ortschaften stehen nur Einwohnerzahlen zur Verfügung

Abb.1: Konzeption der regionalen Disaggregation



2. Datengrundlagen

2.1 Emissionsdaten

Die der Regionalisierung zugrundeliegenden Daten beziehen sich auf das Jahr 1988. Für die Disaggregation werden ausschließlich diejenigen Emissionsquellen berücksichtigt, welche den größten Beitrag zur Gesamtemission liefern, da vor allem sie die räumliche Verteilung beeinflussen. Die NO_x-Emissionsdaten setzen sich dabei aus folgenden Emittentengruppen zusammen:

- Energieversorgung durch kalorische Kraftwerke
- Feuerungen in Industrie und Gewerbe
- Kleifeuerungsanlagen
- Straßenverkehr

Für diese Gruppen stehen vom UBA die NO_x-Emissionsdaten gegliedert nach den 99 politischen Bezirken sowie die Emissionen von Großemittenten (mit einer thermischen Leistung von über 50 MW) als Bundeslandsummen zur Verfügung. Zusätzlich wurden Daten für NO_x-Emissionen von Punktquellen (mit einer Quellstärke über 100 t NO_x pro Jahr) aus einer Übersichtsarbeit des IIASA übernommen (*Klimont et al. 1993*)³. Die Emissionen für den überregionalen (linienhaften) und regionalen (flächenhaften) Verkehr wurden neu berechnet, weil die verfügbaren Emissionsdaten nicht auf die einzelnen Fahrzeugkategorien aufgegliedert waren (vgl. Kap. 3.3).

Tab.1 enthält eine Übersicht über die zur Disaggregation verwendete Datenbasis, aufgegliedert nach den politischen Bezirken Österreichs. Die gesamten NO_x-Emissionen betragen demnach auf Basis des Jahres 1988 rund 202.000 t pro Jahr, wovon der Straßenverkehr mit 136.200 t (das sind etwa 67 %) den größten Anteil hat. Knapp 60 % der Verkehrsemissionen stammen aus dem überregionalen Verkehr, und hier wieder zu einem Fünftel aus dem Transitverkehr. Die Emissionen aus den Punktquellen scheinen auf den ersten Blick eher gering (25.700 t bzw. 13 %), sie führen jedoch lokal zu hohen Emissionsdichten.

³ Die IIASA-Emissionsdaten (*Klimont et al. 1993*) wurden in Zusammenarbeit mit dem UBA Wien erstellt

Tab.1: NO_x-Emissionen in den politischen Bezirken (Basisjahr 1988). Daten für Kleinf Feuerungen und Industrie nach UBA Wien, Daten für Punktquellen nach IIASA (Klimont et al., 1993), Daten für Verkehr nach eigenen Berechnungen

Bezirk	Summe [t/Jahr]	Punkt- quellen [t/Jahr]	Ind/Gewerbe- feuerungen [t/Jahr]	Klein- feuerungen [t/Jahr]	Verkehr Gesamt [t/Jahr]	Verkehr Regional ^{a)} [t/Jahr]	Verkehr Überreg ^{b)} [t/Jahr]	Verkehr Transit ^{c)} [t/Jahr]
101 Eisenstadt - Stadt	281	0	24	8	249	94	141	13
102 Rust	18	0	1	2	15	15	0	0
103 Eisenstadt - Landbezirk	907	0	115	33	759	254	437	68
104 Güssing	396	0	16	26	354	193	156	4
105 Jennersdorf	415	0	34	17	364	113	216	36
106 Mattersburg	762	0	67	37	658	228	398	32
107 Neusiedl am See	1.183	0	59	40	1.084	421	425	239
108 Oberpullendorf	703	0	51	33	619	291	296	32
109 Oberwart	1.095	0	61	40	994	372	569	53
201 Klagenfurt - Stadt	1.654	330	171	52	1.101	579	450	72
202 Villach - Stadt	1.121	0	191	41	889	293	436	160
210 Feldkirchen	578	0	32	30	516	150	328	37
203 Hermagor	372	0	23	17	332	116	170	36
204 Klagenfurt - Landbezirk	1.200	0	50	58	1092	254	644	193
205 Sankt Veit an der Glan	1.448	0	555	56	837	288	517	33
206 Spittal an der Drau	2.184	0	368	64	1.752	436	905	411
207 Villach - Landbezirk	1.931	0	345	80	1506	294	844	368
208 Völkermarkt	1.102	0	202	38	862	246	519	97
209 Wolfsberg	2.305	594	738	39	934	298	544	93
301 Krems - Stadt	537	0	146	23	368	145	215	8
302 Sankt Pölten - Stadt	1.312	0	449	35	828	269	486	72
303 Waidhofen/Ybbs - Stadt	213	0	17	5	191	66	123	1
304 Wiener Neustadt - Stadt	942	0	127	27	788	233	523	33
305 Amstetten	3.685	0	583	116	2.986	653	1.864	469
306 Baden	3.906	0	564	111	3.231	663	2.309	259
307 Bruck an der Leitha	1.469	0	607	31	831	248	401	181
308 Gänserndorf	1.934	0	692	81	1.161	612	529	21
309 Gmünd	849	0	214	44	591	303	271	17
310 Hollabrunn	1.057	0	55	53	949	426	478	45
311 Horn	765	0	30	36	699	297	386	16
312 Korneuburg	2.050	232	178	54	1.586	439	1.095	52
313 Krems - Landbezirk	1.142	153	50	68	871	411	437	23
314 Lilienfeld	623	0	55	21	547	165	369	13
315 Melk/Pöggstall	2.758	0	235	86	2.437	496	1.573	368
316 Mistelbach	1.554	0	248	85	1.221	581	533	107
317 Mödling	3.190	0	447	81	2.662	695	1.753	214
318 Neunkirchen	2.733	127	573	110	1.923	493	1.312	118
319 Sankt Pölten - Land	2.927	0	216	60	2.651	574	1.705	372
320 Scheibbs	766	0	99	42	625	263	344	17
321 Tulln	1.822	414	240	57	1.111	449	644	18
322 Waidhofen an der Thaya	484	0	33	23	428	251	171	6
323 Wiener Neustadt Land	1.895	0	577	56	1.262	384	823	54
324 Wien-Um (mit Schwechat)	7.049	4.500	654	67	1.828	567	1.113	148
325 Zwettl	959	0	44	27	888	439	438	10
401 Linz - Stadt	12.442	8.682	1.444	133	2.183	1.043	1.061	79
402 Steyr - Stadt	574	0	248	12	314	196	116	2
403 Wels - Stadt	1.036	0	175	32	829	368	400	61
404 Braunau am Inn	3.171	1.732	275	94	1.070	575	446	49
405 Eferding	523	0	100	23	400	200	188	12
406 Freistadt	1.034	0	67	71	896	376	422	99
407 Gmunden	3.310	0	1.318	110	1.882	540	1.147	195
408 Grieskirchen	1.344	0	120	44	1.180	422	568	190
409 Kirchdorf an der Krems	1.702	0	631	42	1.029	350	588	90
410 Linz - Landbezirk	4.115	409	831	121	2.754	651	1.806	298
411 Perg	815	0	100	50	665	362	297	7
412 Ried im Innkreis	1.178	0	155	61	962	391	422	148
413 Rohrbach	691	0	63	60	568	353	206	9
414 Schärding	762	0	63	35	664	346	246	72
415 Steyr - Landbezirk	844	0	62	41	741	331	402	8
416 Urfahr	1.028	0	50	80	898	361	512	25
417 Vöcklabruck	5.219	1.329	882	103	2.905	741	1.787	377
418 Wels - Landbezirk	1.955	0	154	71	1.730	385	1.139	207

Tab.1 (Forts.): NO_x-Emissionen in den politischen Bezirken (Basisjahr 1988). Daten für Kleinfeuerungen und Industrie nach UBA Wien, Daten für Punktquellen nach IIASA (Klimont et al., 1993), Daten für Verkehr nach eigenen Berechnungen)

Bezirk	Summe [t/Jahr]	Punkt- quellen [t/Jahr]	Ind/Gewerbe- feuerungen [t/Jahr]	Klein- feuerungen [t/Jahr]	Verkehr Gesamt [t/Jahr]	Verkehr Regional ^{a)} [t/Jahr]	Verkehr Überreg ^{b)} [t/Jahr]	Verkehr Transit ^{c)} [t/Jahr]
501 Salzburg - Stadt	2.014	163	204	98	1.549	911	546	92
502 Hallein	2.819	568	998	50	1.203	285	621	297
503 Salzburg - Landbezirk	3.122	0	178	128	2.816	721	1.626	470
504 Sankt Johann im Pongau	2.403	0	82	65	2.256	377	1.235	643
505 Tamsweg	639	0	13	22	604	119	299	186
506 Zell am See	1.737	0	63	66	1.608	422	927	260
601 Graz - Stadt	2.721	0	534	108	2.079	1.348	642	89
602 Bruck an der Mur	1.969	0	723	53	1.193	316	806	71
603 Deutschlandsberg	873	0	160	41	672	348	306	18
604 Feldbach	981	0	184	40	757	467	285	5
605 Fürstenfeld	618	0	39	13	566	157	336	73
606 Graz - Umgebung	6.303	1.262	2.050	91	2.900	618	1.899	383
607 Hartberg	1.431	0	95	55	1.281	461	734	87
608 Judenburg	1.650	382	431	28	809	228	552	29
609 Knittelfeld	495	0	81	23	391	141	238	12
610 Leibnitz	1.693	0	447	48	1.198	463	497	238
611 Leoben (incl. Stadt)	4.308	1.030	1.405	44	1.829	304	1.165	360
612 Liezen (incl. BA, GB)	2.413	0	330	85	1.998	425	1.087	486
613 Mürzzuschlag	1.054	0	367	44	643	186	423	34
614 Murau	687	0	75	23	589	171	391	27
615 Radkersburg	376	0	18	18	340	178	138	25
616 Voitsberg	2.277	1.006	435	36	800	262	481	57
617 Weiz	1.703	0	138	61	1.504	520	910	73
701 Innsbruck - Stadt	1.632	0	293	52	1.287	661	453	173
702 Imst	1.599	0	154	45	1.400	287	744	368
703 Innsbruck - Landbezirk	3.762	0	582	110	3.070	676	1.342	1.051
704 Kitzbühel	1.737	0	343	45	1.349	334	806	209
705 Kufstein	3.554	0	1.077	67	2.410	477	1.104	829
706 Landeck	1.335	0	141	39	1.155	224	591	339
707 Lienz	893	0	55	31	807	236	443	129
708 Reutte	1.131	0	343	35	753	189	258	305
709 Schwaz	1.974	0	233	76	1.665	398	802	465
801 Bludenz	1.634	0	371	45	1.218	286	690	243
802 Bregenz	1.638	0	256	131	1.251	576	428	248
803 Dornbirn	1.315	0	272	92	951	353	482	115
804 Feldkirch	1.397	0	229	95	1.073	403	519	151
900 Wien	26.455	2.783	3.664	986	19.022	19.022	0 ^{d)}	0 ^{d)}
Österreich gesamt	202.352	25.696	34.038	6.382	136.236	56.598	64.449	15.187
gerundet	202.000	25.700	34.000	6.400	136.200	56.600	64.400	15.200

- a) Beim regionalen Verkehr werden nur im Inland zugelassene Fahrzeuge berücksichtigt
b) Überregionaler Verkehr durch im Inland zugelassene Fahrzeuge
c) Überregionaler Verkehr durch im Ausland zugelassene Fahrzeuge
d) Daten für überregionalen Verkehr und Transitverkehr in Wien sind nicht verfügbar

2.2 Statistische Referenzdaten zur Regionalisierung

Für die regionale Disaggregation wurden folgende statistische Daten verwendet:

- Wohnbevölkerung 1981 nach Gemeinden
- Wohnbevölkerung 1991 nach Gemeinden
- Einwohnerzahl der Ortschaften 1981 hochgerechnet auf 1992
- Wohnungszahl nach Brennstoffart 1991 nach Gemeinden
- PKW-, LKW-Zulassungszahlen 1989 nach Zulassungsbezirken
- Straßenverkehrszählung 1990
- Dauersiedlungsfläche je Gemeinde
- Beschäftigte am Arbeitsort 1981

Für die Regionalisierung der NO_x-Emissionen wurden die Daten Straßenverkehrszählung, die im UBA vorliegen, verwendet. Die restlichen Daten stammen aus der ISIS-Datenbank des ÖSTAT. Details sind in Kap. 3 bei der Beschreibung des Disaggregationsmodells für die einzelnen Emittentengruppen zu finden.

Die statistischen Referenzdaten dienen der Zuordnung der Bezirksemissionen zu den Gemeinden (Disaggregationsschritt (a), vgl. Kap.1). Diese Daten stammen in erster Linie aus den österreichischen Großzählungen, die in 10-jährigen Abständen durchgeführt werden sowie den nachfolgenden Sonderauswertungen des ÖSTAT. Insofern mußten für die räumliche Disaggregation der Emissionsinventur 1988 Datensätze aus anderen Basisjahren (zumeist aus 1991) herangezogen werden. Der Fehler, der sich daraus ergibt, ist jedoch gering, da sich die Struktur der räumlichen Verteilung über die relativ kurze Zeit nur langsam ändert.

2.3 Geometrische Datengrundlagen

Die geometrischen Datengrundlagen dienen zur Erstellung der Disaggregations-Basisgeometrie. Folgende digitale Kartengrundlagen werden verwendet:

- Bezirks- und Gemeindegrenzen
- Dauersiedlungsraum
- Siedlungszentren
- Höherrangiges Straßennetz

Diese Kartengrundlagen werden mittels GIS überlagert, wodurch eine Polygonkarte für jeweils Flächen homogener Eigenschaften entsteht. Diese ist die geometrische Basis für die Disaggre-

gationsrechnungen. Im folgenden werden die Kartengrundlagen sowie die Art der Erstellung näher beschrieben.

2.3.1 Bezirks- und Gemeindegrenzen

Die Bezirks- und Gemeindegrenzen dienen der ersten Zuordnung der Emissionsdaten von Bezirks- auf Gemeindeniveau. Die Gemeindegrenzen basieren auf einer generalisierten Digitalisierung des Bundesamts für Eich- und Vermessungswesen und entsprechen dem Stand 1992 und wurden im Zuge dieses Projekts aktualisiert.

2.3.2 Dauersiedlungsraum

Der Dauersiedlungsraum der Gemeinden ist jene Fläche, die in den Gemeinden grundsätzlich für Besiedlung geeignet ist, die aber deshalb nicht in jedem Fall besiedelt sein muß. Der Dauersiedlungsraum wird für die Aufteilung von Emissionen auf die potentiell emissionsrelevanten Flächen einer Gemeinde herangezogen. Mit Ausnahme der Linienemissionen des überregionalen Straßenverkehrs werden alle Emissionen einer Gemeinde ihrem Dauersiedlungsraum zugewiesen.

Als Dauersiedlungsraum werden jene Flächen definiert und räumlich eingegrenzt, welche besiedelt sind oder wo aufgrund der Landnutzung und der Seehöhe bzw. Hangneigung eine Besiedlung grundsätzlich möglich und sinnvoll ist. Der Dauersiedlungsraum enthält damit neben Siedlungs- und Industrieflächen auch Acker- und Grünlandflächen, soweit sie nicht alpines Grünland mit extensiver Nutzung (Flächen über 1500 m Seehöhe) sind. Nicht als Dauersiedlungsraum gelten demnach alpines Grünland, Wald, Wasser, Gletscher und Fels.

Die im vorliegenden Projekt verwendete Grundkarte⁴ basiert auf folgenden Datengrundlagen:

- Landnutzungsklassifikation von NOAA/AVHRR-Satellitenbildern
- Wald-Layer der Topographischen Karte 1:500.000
- Digitales Höhenmodell von Österreich im 1 km-Raster

Die Verarbeitung der Elemente dieser geometrischen Grundlagen wird in den folgenden Abschnitten näher beschrieben.

⁴ Die Grundkarte des Dauersiedlungsraums wurde in Seibersdorf erstmals im Zuge der NMVOC-Inventur im Jahr 1991 (Orthofer et al. 1991) eingesetzt. Sie wird seither laufend verbessert und aktualisiert.

a) NOAA/AVHRR-Landnutzungs-klassifikation

Anhand von NOAA/AVHRR-Daten⁵ wurde eine multitemporale Klassifikation der Landnutzung durchgeführt, wobei mehrere Klassen für die Ausweisung des Dauersiedlungsraums zusammengefaßt wurden.

AVHRR ist ein multispektraler Scanner, der die elektromagnetische Strahlung der Erde in fünf Kanälen abtastet. Ein Kanal empfängt die Strahlung im sichtbaren Bereich, 4 Kanäle im Infrarotbereich. Aufgrund der langen Abtaststreifen (2925 km) ergeben sich große Unterschiede der Bildelemente in geometrischer und radiometrischer Hinsicht. Im Nadir des Satelliten beträgt die Auflösung der Pixel ca. 1,1 km, an den Horizonten bis zu 6 km. Da für die Klassifikation Bilddatenausschnitte mit Österreich im Bildzentrum ausgesucht wurden, haben die Bildelemente eine geometrische Auflösung von 1,1 bis 1,2 km.

Mittels einer multispektralen und multitemporalen Klassifikation von Satellitenbilddaten dreier Zeitpunkte (5.Aug.1990, 23.Aug.1991 und 10.Sep.1991) wurden zwei aggregierte Landnutzungsklassen 'Wald/Wasser/Fels/Gletscher' und 'Siedlungsflächen/Acker/Grünland' herausgefiltert. Da die Bildelemente zumindest 1,2 km² Größe erreichen, ergeben sich eine Vielzahl an Mischpixel, deren Zuordnung zu den beiden Landnutzungsklassen nicht eindeutig erfolgen kann. Dies ist im größten Teil Österreichs für die Ausweisung des Dauersiedlungsraums weitgehend irrelevant. In alpinen Tälern jedoch, in denen häufig die von Wald umgebenen grünen Talböden als Wald klassifiziert werden, bzw. in denen kleine 'Waldinseln' inmitten von Grünland falsch erfaßt werden, können erhebliche Fehler auftreten.

b) Wald-Layer der Topographischen Karte 1:500.000

Um Fehler bei der Waldklassifikation aufgrund der Mischpixel ausschalten zu können, wurde der Walddruck der 'Topographischen Karte 1:500.000' gescannt und vektorisiert. Die vektorisierten Waldgrenzen wurden vor allem dazu eingesetzt, um jene schmalen grünen (Tal-) Flächen in den Alpen, die in der NOAA-Klassifikation fälschlicherweise als Wald ausgewiesen werden, richtig einzuordnen.

⁵ Der AVHRR-Sensor (Advanced Very High Resolution Radiometer) der amerikanischen Wetterbehörde NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) befindet sich auf Satelliten der TIROS/NOAA-Serie, die auf einer sonnensynchronen, polnahen, fast kreisförmigen Umlaufbahn in 870 km Höhe mit einer Umlaufdauer von 102 Minuten und einer Neigung zum Äquator von 99° sind. Die Äquatorflugzeiten sind so ausgerichtet, daß die Satelliten in einem Abstand von ca. 6 Stunden jeweils dasselbe Gebiet abdecken.

c) Digitales Höhenmodell von Österreich

Das digitale Höhenmodell (in einer Auflösung von 1 km) wurde dazu herangezogen, um alle Grünlandflächen oberhalb von 1500 m vom Dauersiedlungsraum auszuschließen.

d) Generierung des Dauersiedlungsraums

Der Dauersiedlungsraum wird durch geometrische Verschneidung von NOAA/AVHR-Klassifikation, Wald-Layer der topographischen Karte und digitalem Höhenmodell generiert. Dazu wurden die NOAA-Landnutzungsklassifikation und der Wald-Layer auf die Lambert-Projektion der Topographischen Karte 1:500.000 transformiert und auf eine Rastergröße von 1x1 km umgerechnet. Nach der Konvertierung vom Raster- ins Vektorformat wurden die drei Schichten mittels GIS miteinander verschnitten, um die notwendigen logischen Verknüpfungen durchführen zu können, die für die Ausweisung des Dauersiedlungsraums notwendig sind.

Der damit generierte Dauersiedlungsraum basiert auf digitalem Basismaterial mit einem Arbeitsmaßstab zwischen 1:500.000 und 1:1.000.000. Durch das ursprüngliche Rasterformat dieser Daten sind die Polygonzüge immer waagrecht und senkrecht mit einer Seitenlänge von 1 km oder einem Vielfachen davon.

Durch die unterschiedliche 'amtliche' Definition von Dauersiedlungsraum stimmen die im GIS ausgewiesenen Flächen für den Dauersiedlungsraum nicht genau mit den Flächenangaben des ÖSTAT überein⁶. Die mittels GIS ausgewiesenen Flächen sind generell größer als die ÖSTAT-Werte, in den östlichen Bundesländern um 10-15 %, in den westlichen (Alpen-) Bundesländern um etwa 50-75 % (vgl. Tab.2). Die problematische Landnutzungs-kategorie, die diese großen Unterschiede verursacht, ist hierbei das Grünland, das von der offiziellen Statistik in jeweils unterschiedlichem Ausmaß zur (zum Dauersiedlungsraum zählende) '*landwirtschaftlichen Fläche*' oder zu den (nicht im Dauersiedlungsraum enthaltenen) '*Alpen*' hinzugerechnet wird. Für die Berechnungen der Emissionen werden deshalb nicht mit den Flächenangaben des GIS, sondern mit den gemeindeweisen Flächenangaben des ÖSTAT gerechnet. D.h. die regionale Zuordnung der Emissionen innerhalb einer Gemeinde erfolgt anhand der Dauersiedlungsgren-

⁶ Der Dauersiedlungsraum nach ÖSTAT besteht aus den Nutzungskategorien Baufläche, landwirtschaftliche Nutzung, Garten, Weingarten, sonstige Fläche. Nicht zum Dauersiedlungsraum gehören die Nutzungskategorien Alpen, Wald, Gewässer, Straße, Bahnfläche. Die Nutzungskategorie entstammt dem Grundstücksverzeichnis des Bundesamts für Eich- und Vermessungswesen. Die Zuordnung der Grundstücke zu Nutzungskategorien ist kaum nachvollziehbar, eine Aktualisierung erfolgt gewöhnlich nur für Bauflächen. Der Trennung in '*Landwirtschaftliche Nutzung*' und '*Alpen*' ist sicher schwierig und wirkt sich vor allem in den alpinen Gebieten bei der Ausweisung als Dauersiedlungsraum oder Nicht-Dauersiedlungsraum entsprechend aus.

zen im GIS, die Berechnung der Emissionsdichte in t/km² erfolgt unter Berücksichtigung der amtlichen Dauersiedlungsraumfläche, die gemeindeweise vorliegt.

Tab.2: Vergleich von Flächengrößen für den Dauersiedlungsraum aus der GIS-Analyse und amtlichen Statistiken (ÖSTAT). Hochgerechnet für Bundesländer

Bundesland	Fläche [km ²]	Dauersiedlungsfläche		Unterschied [%]
		nach ÖSTAT [km ²]	nach GIS [km ²]	
Burgenland	3.963	2.452	2.707	+10
Kärnten	9.538	2.411	3.069	+27
Niederösterreich	19.185	11.386	12.465	+9
Oberösterreich	11.981	6.765	8.261	+22
Salzburg	7.156	1.555	2.301	+48
Steiermark	16.401	5.159	5.903	+14
Tirol	12.641	1.594	2.628	+65
Vorarlberg	2.600	610	1.069	+75
Wien	415	324	350	+8
Österreich	83.881	32.255	38.752	+20

2.3.3 Siedlungszentren

Bei einer Zuordnung der Emissionen der einzelnen Gemeinden auf deren Dauersiedlungsraum müssen dicht verbaute Siedlungszentren (Ortschaften) mit hohen Emissionsdichten besonders berücksichtigt werden. Ansonsten würden alle Emissionen einer Gemeinde über den Dauersiedlungsraum gleichmäßig verteilt werden.

Den Siedlungszentren werden nur jene Emissionen zugewiesen, die mit Sicherheit auf die Besiedlung zurückzuführen sind und die mit entsprechenden Daten untermauert werden können. Dies sind im Fall des NO_x nur die Emissionen aus Kleinf Feuerungsanlagen. Die Emissionen aus Industrie Feuerungen und Kraftwerken, die in der Regel außerhalb der dicht verbauten Gebiete erfolgen, werden deshalb nicht den Siedlungszentren zugeordnet.

Die Karte der Siedlungszentren wurde wie folgt erstellt: Basis sind die in der 'Topographischen Karte 1: 500.000' enthaltenen ca. 3.000 Ortschaften. Von denen wurden nur jene berücksichtigt, die eine Einwohnerzahl zwischen 100 und 100.000 aufweisen. Ortschaften unter 100 Einwohner wurden als locker besiedelt angenommen und nicht eigens als 'Siedlungszentren' ausgewiesen. Bei Städten mit über 100.000 Einwohnern wurde der gesamte Dauersiedlungsraum

der Stadt als gleichmäßig besiedelt angenommen. Eine Aufgliederung der Besiedlungsdichten innerhalb einer Stadt wurde nur für Wien (in die 23 Bezirke) vorgenommen.

Die Mittelpunkte der ausgewählten Siedlungszentren wurden in einer früheren Kooperation zwischen dem Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen und dem Umweltbundesamt anhand der Karte 1:500.000 digitalisiert. Inhalt dieses Datensatzes waren Mittelpunktskoordinaten, Einwohnerzahl des Jahres 1981 und der Gemeindecode. Im Rahmen dieser Studie wurde die Einwohnerzahl der Siedlungszentren anhand der neueren Zählungsergebnisse für 1992 hochgerechnet.

Zur Berechnung der Fläche der Siedlungszentren (die ja nur als Punktdaten vorgelegen sind) wurde angenommen, daß ein Zusammenhang zwischen Einwohnerzahl und Fläche der Siedlungszentren besteht. Je nach Einwohnerzahl wurde ein Kreis um die Mittelpunkte der Siedlungen gelegt. Sie stellen die Fläche des dicht verbauten Gebiets dar. Die Auswahl der Kreisradien erfolgte empirisch-statistisch mit ausgewählten Städten bekannter Fläche (vgl. Tab.3).

Durch unvermeidliche Ungenauigkeiten bei der Kartographie sind die Mittelpunkte mancher Siedlungszentren nicht innerhalb deren Gemeindegrenzen positioniert. In diesen Fällen wurden die Ortschaftsmittelpunkte soweit in Richtung des Gemeindemittelpunktes verschoben, daß möglichst die gesamte Kreisfläche innerhalb der Gemeindefläche zu liegen kommt. Dazu wurde ein Verfahren entwickelt, das eine automatische Verschiebung der Mittelpunkte entlang der Strecke zwischen dem Ortschaftsmittelpunkt aus der Digitalisierung und dem Polygonmittelpunkt der jeweiligen Gemeinde erlaubt.

Tab.3: Modellierung der Flächen von Siedlungszentren (ausgewählte Werte)

Einwohnerzahl	Kreisradius [m]	Fläche [km ²]	Bev-Dichte ^{a)} [EW/km ²]
500	250	0,2	2.500
1.000	350	0,4	2.600
3.000	550	1,0	3.200
5.000	700	1,5	3.200
10.000	950	2,8	3.500
20.000	1.250	4,9	4.100
50.000	1.550	7,5	6.600
100.000	1.700	9,1	11.000

a) gerundet auf 100

2.3.4 Höherrangiges Straßennetz

Das höherrangige Straßennetz dient zur Zuordnung der Emissionen aus dem überregionalen Verkehr. Für dieses Straßennetz liegen Verkehrszählungsdaten vor, die jährlich an den automatischen Zählstellen und in 5-jährigem Intervall durch händische Zählungen an allen Bundesstraßenzählabschnitten aktualisiert werden.

Durch die Zählungen an den einzelnen Zählabschnitten und deren Streckenlängen lassen sich Verkehrsleistungen und daraus die Emissionsbelastungen sehr genau berechnen. Die möglichst genaue Berechnung und Verortung der Emissionen aus dem überregionalen Verkehr ist deshalb wichtig, weil einerseits daraus große Mengen von NO_x emittiert werden und andererseits, weil die Emissionsdichten entlang der Haupttrouten sehr hoch sind.

Zur notwendigen Neuberechnung der NO_x-Emissionen (vgl. Kap. 3.3.2) wurden die Daten der Straßenverkehrszählung 1990 nach den Zählabschnitten (als durchschnittlicher Tagesverkehr nach Kraftfahrzeugart getrennt für In- und Ausländer) verwendet.

Nach der Übertragung der UBA-Daten in das GIS des Forschungszentrums wurden die Linien durch Bufferung in (Straßen-)Flächen umgerechnet, wobei als Straßenbreite einheitlich 50 m angenommen wurde. Dies ist deshalb notwendig, um die Emissionen als Flächendichten darstellen und damit mit den Emissionsdichten der anderen Emittentengruppen räumlich verknüpfen zu können⁷. Bei der Bufferung der Linien entstehen Polygone, die keine Unterteilung an den ehemaligen Knoten und Kanten (Zählabschnittsgrenzen) des Liniennetzes aufweisen. Diese Unterteilung der Straßenflächen in die einzelnen Zählabschnitte muß daher neu erstellt werden. Dazu wurde ein Programm entwickelt, mit dem die Straßenfläche an den Knoten des Straßennetzes automatisch in die über 10.000 Straßenabschnittsflächen unterteilt werden kann. Durch Überlagerung der ursprünglichen Linien mit den nunmehr errechneten Bufferflächen konnten alle Linieninformationen übertragen werden.

2.3.5 Generierung der Basiskarte für die regionale Disaggregation

Zur Erstellung der Basiskarte für die regionale Disaggregation werden die thematischen Kartenschichten 'Bezirks- und Gemeindegrenzen', 'Dauersiedlungsraum', 'Siedlungszentren', und 'Höherrangiges Straßennetz' miteinander geometrisch verschnitten. Dabei werden die relevan-

⁷ Für die Darstellung der Ergebnisse in Kartenform mit einem Maßstab kleiner als 1:1.000.000 wurde aus Gründen der besseren Visualisierung zusätzlich dazu eine Straßenfläche mit einer Breite von 1.500 m generiert, wobei allerdings die Emissionsdichten auf 50 m bezogen bleiben. Bei der breiten Auszeichnung der Straßenflächen geht allerdings v.a bei Kreuzungen und bei innerhalb der Bufferbreite nebeneinander verlaufenden Straßen ein Teil der Straßenabschnitte verloren.

ten Attribute der einzelnen Schichten in die jeweils nächste Disaggregationsschicht übernommen. Die Flächen der Subpolygone und die Flächensummen der einzelnen Disaggregationsschichten je Gemeinde, weiters die Längen bzw. Flächen der Straßenabschnitte sowie alle sich daraus ergebenden Flächenanteile sind wesentlich für die Berechnung der anteiligen Emissionen sowie der Emissionsdichten je Subpolygon. Die Basisgeometrie besteht nach den Verschneidungen aus insgesamt etwa 42.000 Polygonen. Eine Darstellung der Grenzen dieser Basisgeometrie in Kartenform ist im Anhang 1 enthalten.

Die relevanten Informationen der Basiskarte sind:

- Gemeindeflächen
- Dauersiedlungsflächen der Gemeinde
- Ortschaftsflächensummen der Gemeinde
- Flächen der einzelnen Siedlungszentren (Orte)
- Dauersiedlungsflächen abzüglich der Flächen der Siedlungszentren
- Straßenabschnittslängen
- Straßenabschnittsflächen
- Flächen der Einzelpolygone

Mit diesen Datensätzen können die Emissionen einer Gemeinde schrittweise disaggregiert werden.

3. Regionale Disaggregation der NO_x-Emissionen

Die regionale Disaggregation der NO_x-Emissionen wird nach dem 'top-down'-Ansatz, wie in Kap.1 beschrieben, durchgeführt. Der Ablauf der Disaggregation erfolgt mehrstufig, wobei je nach Emittentengruppe bzw. Datengrundlagen unterschiedliche Stufen - aber immer in der angeführten Reihenfolge - abgearbeitet werden:

a) Disaggregation von Bezirken auf Gemeinden:

Ausgehend von den Emissionen der Bezirke werden die Emissionen der Gemeinden in den Bezirken berechnet. Regionalisierungsquoten sind die gemeindeweisen Anteile der statistischen Bezugswerte an den Bezirkssummen. Diese sind je nach Emittentengruppe unterschiedlich (z.B. Wohnbevölkerung, Industriearbeitsplätze).

b) Disaggregation von Gemeinden auf die Siedlungszentren:

Dieser Disaggregationsschritt wird nur für die Emissionen aus Kleinf Feuerungen vollzogen. Ausgehend von den Emissionen der Gemeinden werden die Emissionen der Siedlungszentren in den Gemeinden berechnet. Regionalisierungsquoten sind die Einwohneranteile der Siedlungszentren (Ortschaften) an der Gemeinde. In Städten wird damit ein Großteil der Wohnbevölkerung erfaßt, in Landgemeinden etwa die Hälfte.

c) Disaggregation von Gemeinden auf den Dauersiedlungsraum:

Die Emissionen einer Gemeinde außerhalb der Siedlungszentren werden dem restlichen Dauersiedlungsraum dieser Gemeinde zugeordnet. Dieser besteht in der Regel aus mehreren Einzelpolygonen. Regionalisierungsquoten sind die Flächenanteile dieser Einzelpolygone an der Flächensumme des gesamten Dauersiedlungsraums einer Gemeinde.

d) Zuordnung von Punktquellen:

Emissionen von Punktquellen werden gleichmäßig auf den Dauersiedlungsraum der Standortgemeinde bezogen.

Die Disaggregation erfolgt getrennt für alle wichtigen Emittentengruppen samt ihren regional unterschiedlich zu behandelnden Untergruppen. Im Fall des NO_x sind das insgesamt 9 Gruppen:

- A. Punktquellen (Kalorische Kraftwerke und große Industrie Feuerungen)
- B. Feuerungen in Industrie und Gewerbe (disperse Quellen)

C. Kleinf Feuerungsanlagen:

- C.1 Holz
- C.2 Koks und Kohle
- C.3 Öl
- C.4 Erdgas und Stadtgas
- C.5 Flüssiggas

D. Verkehr

- D.1 Überregionaler Verkehr
- D.2 Regionaler Verkehr

Die Datengrundlagen für die Disaggregationsrechnungen und das System der regionalen Zuordnung ist in Tab.4 zusammengefaßt. Die Durchführung der Disaggregation wird im Detail in den folgenden Abschnitten beschrieben.

Tab.4: System der regionalen Disaggregation

Ausgangsdaten	Regionalisierungsquote Bezirk => Gemeinde	Regionalisierungsquote Gemeinde => Ortschaften	Regionalisierungsquote Gemeinde => Dauersiedlungsraum
A. Punktquellen NOx-Emissionen je Standort	Einzelentitäten werden Gemeinden zugeordnet	entfällt	Flächenanteil der Dauersiedlungsraum- Polygone an der Gemeindefläche
B. Feuerungen in Industrie/Gewerbe NOx-Emissionen je Bezirk	Anteil der Beschäftigten am Arbeitsort jeder Gemeinde	entfällt	Flächenanteil der Dauersiedlungsraum- Polygone an der Gemeindefläche
C. Kleifeuerungen NOx-Emissionen je Bezirk (für alle Brennstoffarten)	Anteil der Wohnbevölkerung in der Gemeinde die mit dem jeweiligen Brennstoff heizt	Anteil der Einwohner in den Sied- lungszentren an der Gemeinde- bevölkerung	Flächenanteil der Dauersiedlungsraum- Polygone an der Gemeindefläche (Anteil der Gemeindebevölkerung ohne Ore)
D. Verkehr D.1 Überregionaler Verkehr NOx-Emissionen je Straßen- zählabschnitt	entfällt	entfällt	entfällt
D.2 Regionaler Verkehr NOx-Emissionen je Bezirk (je Fahrzeugarten sowie in- und ausländ. Fahrzeuge)	Anteil der Wohnbevölkerung der Gemeinde	entfällt Polygone an der Gemeindefläche	Flächenanteil der Dauersiedlungsraum- Polygone an der Gemeindefläche

3.1 Punktquellen

Die Punktquellen (kalorische Kraftwerke und große Industriefeuerungen) gehen direkt in das Disaggregationsmodell ein. Die NO_x-Emissionen der Punktquellen werden dem gesamten Dauersiedlungsraum (ohne Berücksichtigung der Siedlungszentren, vgl. 2.3.3) der Standortgemeinden zugewiesen.

Folgende Emissionsdaten wurden verwendet:

- Bundeslandsummen der NO_x-Emissionen aller Punktquellen mit einer thermischen Leistung von über 50 MW⁸ (im folgenden als 'UBA-Daten' bezeichnet)
- Standortweise NO_x-Emissionen aller Punktquellen mit einer Quellstärke von über 100 t NO_x pro Jahr samt den Standortnamen der Quellen⁹ (diese Daten wurden von dem IIASA nach Informationen des UBA Wien erstellt; sie werden im folgenden als 'IIASA/UBA-Daten' bezeichnet)

Die beiden Datensätze sind in Tab.5 und Tab.6 dokumentiert. Für die Gemeindezuordnung wurden in Absprache mit dem Auftraggeber die IIASA/UBA-Daten verwendet, da dort die NO_x-Emissionen von ca. 30 Punktquellen (entsprechend ca. 25.700 t NO_x) nach den Namen der Standorte ausgewiesen sind. Im Rahmen dieser Studie wurden die Standortnamen den jeweils relevanten Gemeinden zugeordnet.

Mathematisch kann das Zuordnungsmodell folgendermaßen beschrieben werden:

a) Punktquellen der Kraftwerke:

$$EMIS_{KP,GEM(j)} = EMIS_{K(i)}, \quad \text{wenn } K(i) \text{ innerhalb von } GEM(j) \text{ liegt} \quad (1)$$

b) Punktquellen der Industrie:

$$EMIS_{IP,GEM(j)} = EMIS_{I(i)}, \quad \text{wenn } I(i) \text{ innerhalb von } GEM(j) \text{ liegt} \quad (2)$$

mit $EMIS$ = Emissionen

und dem Index

$GEM(j)$ = der Gemeinde (j)

⁸ Quelle: Umweltbundesamt

⁹ Quelle: Klimont et al. 1993

Tab.5: Übersicht der NO_x-Punktquellen (Quellstärke > 100 t NO_x/Jahr). Daten nach IIASA (Klimont et al. 1993)

Bundesland	Standort- gemeindecode	NO _x -Emissionen		Summe [t/Jahr]
		Kraftwerke [t/Jahr]	Industrie [t/Jahr]	
1 Burgenland		0	0	0
2 Kärnten	20101	330	-	330
	20923	-	594	594
Summe K		330	594	924
3 Niederösterreich	31213	232	-	232
	31310	153	-	153
	31823	-	127	127
	32141	414	-	414
	32419	-	4.500	4.500
Summe NÖ		799	4.627	5.426
4 Oberösterreich	40101	1138	7.544	8.682
	40437	1732	-	1.732
	41002	-	255	255
	41005	-	154	154
	41713	-	740	740
	41743	589	-	589
Summe OÖ		3.459	8.693	12.152
5 Salzburg	50101	163	-	163
	50205	-	568	568
Summe S		163	568	731
6 Steiermark	60613	-	898	898
	60630	364	-	364
	60814	-	382	382
	61108	-	1.030	1.030
	61625	1.006	-	1.006
Summe St		1.370	2.310	3.680
7 Tirol		0	0	0
8 Vorarlberg		0	0	0
9 Wien	91101	2.207	104	2.311
	92201	472	-	472
Summe W		2.679	104	2.783
Österreich gesamt		8.800	16.896	25.696

Tab.6: Übersicht der NO_x-Punktquellen (thermische Leistung > 50 MW). Daten nach UBA Wien.

Bundesland	NO _x -Emissionen		
	Kraftwerke [t/Jahr]	Industrie [t/Jahr]	Summe [t/Jahr]
1 Burgenland	0	0	0
2 Kärnten	337	594	931
3 Niederösterreich	832	884	1.716
4 Oberösterreich	3.506	1.813	5.319
5 Salzburg	163	568	731
6 Steiermark	1.532	1.404	2.936
7 Tirol	0	0	0
8 Vorarlberg	0	0	0
9 Wien	3.001	0	3.001
Österreich gesamt	9.360	5.263	14.623

3.2 Feuerungen in Industrie und Gewerbe

Der UBA-Datensatz für den Sektor 'Industrie' bezieht sich auf die Emissionen der flächenbezogenen gewerblichen und industriellen Feuerungsanlagen. Punktquellen aus Kraftwerken und großen Industriefeuerungen mit einer thermischen Leistung von über 50 MW sind in den UBA-Daten gesondert ausgewiesen (vgl. Kap. 3.1, Tab.6). Da für die Zuordnung der Punktquellen aber nicht die *leistungsbezogenen* UBA-Daten, sondern die wesentlich detaillierteren *quellstärkenbezogenen* IIASA/UBA-Daten verwendet wurden (vgl. 3.1), muß vor Disaggregation der Flächenquellen der Datensatz konsolidiert werden. Die 'echten' flächenbezogenen Bezirkssummen ergeben sich also, wenn von den Emissionen des gesamten Sektors (d.s. Kraftwerke und industrielle Punktquellen plus sonstige flächenbezogene Feuerungen aus Industrie und Gewerbe) die IIASA/UBA-Werte für Punktquellen (die gesondert den Standortgemeinden zugeordnet werden) abgezogen werden.

Es wurde eine Methode entwickelt, die eine ansatzweise Disaggregation der Industrieemissionen von den Bezirken auf die Gemeinden ermöglicht. Dabei mußte (da aus Gründen der Geheimhaltung keine industriestatistischen Daten auf Gemeindeebene zur Verfügung stehen) auf geeignete andere Kennzahlen zurückgegriffen werden. Geeignet sind dazu etwa die gemeindeweisen Kennzahlen für die Beschäftigten in den Arbeitsorten, welche die regionale Verteilung der industriellen und gewerblichen Aktivitäten gut widerspiegeln. Da die entsprechenden Daten der Großzählung 1991 noch nicht ausgewertet waren, mußten hier die Daten der Großzählung 1981 verwendet werden.

Zur Regionalisierung wurden folgende Daten verwendet:

Emissionsdaten:

Industrieemissionen 1988 nach politischen Bezirken¹⁰

Statistische Referenzdaten:

Beschäftigte am Arbeitsort 1981 nach Berufsgruppen¹¹

Die Disaggregation beruht auf der Annahme, daß das Verhältnis der NO_x-Emissionen von Bezirk und Gemeinden proportional dem Verhältnis der Beschäftigten ist. Dabei wird außerdem eine einheitliche Emissionsintensität je Produktionsbeschäftigtem vorausgesetzt¹².

Die Disaggregation erfolgt zweistufig:

a) Disaggregation von Bezirken zu Gemeinden:

Die Regionalisierungsquote ist der Anteil der Beschäftigten in der Gemeinde an den Beschäftigten im Bezirk. Die um die Punktquellen verminderten Emissionen je Bezirk multipliziert mit der Regionalisierungsquote ergeben die Emissionssummen der Gemeinden aus gewerblichen und industriellen Feuerungsanlagen. Für die Kartendarstellung der Emissionen des gesamten Sektors werden die Emissionen der Punktquellen zu diesen Summen hinzuaddiert.

b) Disaggregation von Gemeinden auf den Dauersiedlungsraum:

Es wird eine Gleichverteilung der Emissionsquellen innerhalb des Dauersiedlungsraums der jeweiligen Gemeinde angenommen. Die Emissionen werden den einzelnen Dauersiedlungsraumpolygonen entsprechend ihrem Anteil an der Flächensumme dieser Polygone je Gemeinde zugewiesen.

Mathematisch wird das Modell durch folgende Gleichungen beschrieben:

$$EMIS_{l(i),GEM(j)} = EMIS_{l(i),BEZ(k)} * (BESCH_{b(i),GEM(j)} / BESCH_{b(i),BEZ(k)}) \quad (3)$$

¹⁰Quelle: Umweltbundesamt

¹¹Quelle: ÖSTAT, ISIS-Datenbank, Völkzählung 1981 (Gebietsstand 1992)

¹²Dies stellt eine gewisse Vereinfachung dar, da die NO_x-Emissionen einerseits nicht unbedingt mit der Personalintensität der Produktion korrelieren und andererseits die branchenspezifisch unterschiedlichen Emissionsfaktoren unberücksichtigt bleiben. Der Vorteil dieser näherungsweise Disaggregation liegt jedoch darin, daß jene Gemeinden, wo keine oder nur geringe Produktion - welche auch immer - stattfindet, keine oder geringe Emissionen zugewiesen bekommen und schon allein dadurch ein realistischeres Bild der regionalen Emissionsverteilung gegeben ist, als dies durch Bezirksemissionssummen möglich wäre.

$$EMIS_{I(i),POLY(jj)} = EMIS_{I(i),GEM(j)} * (DS_{POLY(jj)} / \sum_{jj=1}^m DS_{POLY(jj)}) \quad (4)$$

mit EMIS = Emissionen
 BESCH = Beschäftigte am Arbeitsort
 DS = Dauersiedlungsfläche

jeweils mit den Indizes

GEM(j) = der Gemeinde (j)
 BEZ(k) = des Bezirks (k)
 POLY(jj) = des Polygons (jj) der betreffenden Gemeinde

und den Summen:

$\sum_{jj=1}^m DS_{POLY(jj)}$ = Summe des Dauersiedlungsraumes der Polygone jj=1,m der Gemeinde

3.3 Kleinf Feuerungsanlagen

Folgende Daten wurden verwendet:

Emissionsdaten:

NO_x-Emissionen aus dem 'Hausbrand' für das Jahr 1988 für alle politischen Bezirke getrennt nach folgenden Brennstoffen¹³:

- Holz
- Koks, Kohle
- Öl
- Erdgas, Stadtgas
- Flüssiggas

Statistische Referenzdaten:

Anzahl der bewohnten Wohnungen 1991 nach Gemeinden getrennt nach Beheizung mit Brennstoffen¹⁴:

- Holz
- Koks, Kohle
- Öl
- Erdgas, Stadtgas
- Flüssiggas
- Strom
- Sonstige

¹³Quelle: Umweltbundesamt

¹⁴Quelle: ÖSTAT, ISIS-Datenbank, Daten der Häuser- und Wohnungszählung 1991 (Gebietsstand 1992)

Wohnbevölkerung 1981 und 1991 nach Gemeinden¹⁵

Einwohner 1980 je Ortschaft¹⁶ - hochgerechnet auf 1991 (vgl. Kap.2.3.3)

Die Disaggregation der NO_x-Emissionen aus Kleinf Feuerungen erfolgt für alle Brennstoffarten gesondert. Für die Darstellung des gesamten Sektors werden die Ergebnisse für die einzelnen Brennstoffe nach der Disaggregation wieder summiert.

Die Disaggregationsmethode ist für alle Brennstoffarten gleich. Sie erfolgt getrennt für jede Brennstoffart (Holz, Kohle und Koks, Stadt- und Erdgas, Flüssiggas, Öl) in 3 Stufen:

a) Disaggregation von Bezirken auf Gemeinden:

Die Regionalisierungsquoten für Kleinf Feuerungen sind die Anteile der Wohnungen einer Gemeinde an der Bezirkssumme der Wohnungen, getrennt nach Brennstoffart. Dabei wird generell angenommen, daß die Emissionen der Wohnungen, die mit einem bestimmten Brennstoff beheizt werden, innerhalb eines Bezirkes etwa gleich hoch sind.

b) Disaggregation von Gemeinden auf die Siedlungszentren:

Da für die Siedlungszentren keine Angaben über Brennstoffeinsatz in den einzelnen Wohnungen vorliegen, wird als ersatzweise Regionalisierungsquote der Bevölkerungsanteil der Siedlungszentren an der Gemeinde verwendet.

c) Disaggregation von Gemeinden auf den Dauersiedlungsraum:

Der außerhalb der Siedlungszentren verbleibende Dauersiedlungsraum gilt als Streusiedlungsgebiet der nicht in Siedlungszentren wohnenden Bevölkerung. Die Emissionen ergeben sich aus Differenz der Emissionen der Gemeinde und den Emissionen der Siedlungszentren. Wenn eine Gemeinde aus mehreren Dauersiedlungsraumpolygonen besteht¹⁷, gilt der Flächenanteil der Polygone als Regionalisierungsquote. Dabei wird eine gleichmäßige Belastung des Streusiedlungsgebietes innerhalb einer Gemeinde angenommen.

Mathematisch wird das Modell durch folgende Gleichungen beschrieben:

$$EMIS_{b(i),GEM(j)} = EMIS_{b(i),BEZ(k)} * (WNG_{b(i),GEM(j)} / WNG_{b(i),BEZ(k)}) \quad (5)$$

$$EMIS_{b(i),ORT(jj)} = EMIS_{b(i),GEM(j)} * (EW_{ORT(ii)} / EW_{GEM(j)}) \quad \text{wenn } ORT(jj) \text{ in } GEM(j) \quad (6)$$

¹⁵Quelle: ÖSTAT, ISIS-Datenbank, Bevölkerungszählungen 1981, 1991 (Gebietsstand 1992)

¹⁶Quelle: ÖSTAT/Umweltbundesamt

¹⁷Der Dauersiedlungsraum kann aus mehreren Polygonen bestehen, wenn er etwa durch Ortschaften, Waldflächen, Straßen etc. unterteilt wird.

$$EMIS_{b(i),POLY(jj)} = (EMIS_{b(i),GEM(j)} - \sum_{ii=1}^n EMIS_{b(i),ORT(ii)}) * (DS_{POLY(jj)} / \sum_{jj=1}^m DS_{POLY(jj)}) \quad (7)$$

mit EMIS = Emissionen
 WNG = Wohnungen
 EW = Einwohner
 DS = Dauersiedlungsfläche

jeweils mit den Indizes

b(i) = Brennstoff (i)
 GEM(j) = der Gemeinde (j)
 BEZ(k) = des Bezirks (k)
 ORT(ii) = der Ortschaft (ii) der betreffenden Gemeinde
 POLY(jj) = des Polygons (jj) der betreffenden Gemeinde

und den Summen:

$\sum_{ii=1}^n EMIS$ = Summe der Emissionen der Orte ii=1 bis n in einer Gemeinde

$\sum_{ii=1}^n DS$ = Summe des Dauersiedlungsraumes der Polygone jj=1 bis m in einer Gemeinde

3.4 Straßenverkehr

3.4.1 Datensituation

Für eine Disaggregation der Emissionen aus dem Verkehr ist grundsätzlich zwischen dem überregionalen Verkehr (Verkehr auf den Hauptdurchzugsstraßen) und dem regionalen Verkehr (Verkehr auf Nebenstraßen und in Ortsgebieten) zu unterscheiden. Ohne diese Unterscheidung kommt es zu großen Fehlern bei der Bewertung der Emissionsdichten, insbesondere in Gebieten, durch welche die Hauptverkehrsadern führen. Diese Aufgliederung in überregionalen und regionalen Verkehr ist jedoch nur dann möglich, wenn auch bei den Emissionsdaten die einzelnen Fahrzeugkategorien und ihre unterschiedliche Fahrcharakteristik unterschieden werden.

Die Emissionen aus dem Straßenverkehrs wurden für das überregionale und regionale Straßennetz neu berechnet, weil die Emissionsdaten nicht auf die einzelnen Fahrzeugkategorien aufgegliedert waren. Die Basisdaten für die Berechnung sind in Tab.7 dokumentiert, die Ergebnisse sind in Tab.1 (Kap.2.1) zusammengefaßt. Details zur Berechnungsmethodik finden sich in *Orthofer et al. 1994*.

Tab.7: Basisdaten für die Berechnung der NO_x-Emissionen aus dem Straßenverkehr für das Jahr 1988. Emissionsfaktoren berechnet nach den Empfehlungen des IPCC (IPCC/OECD 1994). Zur besseren Übersicht wurden Zulassungszahlen, Treibstoffverbrauch und NO_x-Emissionen auf jeweils 100 Einheiten gerundet.

	Fahrleistung [km/Jahr]	Zulassungen [Anzahl]	Verbrauch spezif. [l/100km]	Verbrauch gesamt [t/Jahr]	NO _x - Emissionsfaktor [g/km] [g/kg Fuel]	NO _x - Emission [t/Jahr]	
Benzin:							
Mofa	2.000	485.500	3,0	21.600	0,1	5	100
Krad	4.200	115.800	6,5	23.400	0,2	5	100
Pkw	12.825	2.197.200	10,0	2.085.300	1,3	18	37.500
Pkw Kat	12.825	278.400	9,0	237.900	0,5	8	1.900
Lkw <3,5 t	23.750	69.500	18,0	219.900	2,7	20	4.400
Lkw <3,5 t Kat	23.750	0	18,0	0	1,2	9	0
Gesamt Benzin							44.100
Diesel:							
Pkw	13.775	309.100	8,0	282.700	0,5	8	2.300
Busse	50.150	9.300	35,0	135.100	11,0	38	5.100
Lkw <3,5 t	23.750	82.900	20,0	326.900	5,8	35	11.400
Lkw 3,5-15 t	36.000	48.400	30,0	434.000	10,0	40	17.400
Lkw >15 t	42.500	33.800	40,0	476.400	14,9	45	21.400
Sattelzugm	42.000	9.300	40,0	130.200	12,6	38	4.900
Landw Zugm	1.000	371.800	70,0	216.000	34,9	60	13.000
Sonstige Kfz	1.000	48.100	40,0	16.000	16,6	50	800
Gesamt Diesel							76.300
Summe NO_x-Emissionen							120.400

Anmerkung: Um Rundungsfehler möglichst zu vermeiden, erfolgten Rundungen jeweils erst nach der genauen Berechnung der Ergebnisse. Insofern kann es bei Summenbildungen von Untergruppen zu kleinen Abweichungen der gerundeten Werte kommen.

3.4.2 Überregionaler Straßenverkehr

Für die Berechnung der NO_x-Emissionen des überregionalen Straßenverkehrs wurden die Zählergebnisse der händischen Verkehrszählung 1990 verwendet. Aus diesen wurden die Emissionen aller Straßenabschnitte berechnet, wobei die Straßenverkehrszählungsdaten nach Fahrzeugart und getrennt für In- und Ausländer berücksichtigt wurden. Anhand der Straßenabschnittslängen und der Zahlen für den durchschnittlichen Tagesverkehr der einzelnen Fahrzeugarten (Einspurige, PKW, Lieferwagen, Busse, LKW und Zugmaschinen) wurde deren Jahresverkehrsleistung je Straßenabschnitt ermittelt und daraus die Emissionen für die einzelnen Fahrzeuggruppen gesondert für in- und ausländische Fahrzeuge berechnet.

Zur Ermittlung der flächenbezogenen Emissionsdichten wurde eine einheitliche Breite der Hauptverkehrsstraßen von 50 m angenommen (vgl. Kap. 2.3.4). Mittels GIS wurden außerdem

die Werte für die NO_x-Emissionen der Zählabschnittspolygone den einzelnen Bezirken zugeordnet. Daraus ergeben sich für jeden Bezirk die Emissionen aus dem überregionalen Verkehr (vgl. Tab.1). Diese Bezirkssummen gehen nicht in die Disaggregation ein, sondern sie werden für die Darstellung der gesamten Verkehrsemissionen Bezirke benötigt.

3.4.3 Regionaler Verkehr

Die Emissionen des regionalen Verkehrs können nur indirekt berechnet werden, indem die Differenz der gesamten Verkehrsemissionen und den Emissionen aus dem überregionalen Verkehr bestimmt werden.

Die Emissionen aus dem gesamten Verkehr von inländischen Fahrzeugen wird aus den durchschnittlichen Fahrleistungen, den Zulassungszahlen, den spezifischen Treibstoffverbräuchen und international empfohlenen Emissionsfaktoren (IPCC/OECD 1994) berechnet. Mit den bezirksweisen Zulassungszahlen können damit für alle verschiedenen Fahrzeugarten die 'theoretischen' Emissionssummen¹⁸ der Bezirke berechnet werden. Festzuhalten ist in diesem Zusammenhang, daß die solchermaßen bestimmten 'theoretischen' Bezirkswerte natürlich nicht die tatsächlichen Emissionen in den Bezirken wiedergeben, sondern nur als Regionalisierungsquote für den regionalen Verkehr wichtig sind (vgl. *Orthofer et al. 1994*). Von der Summe der Bezirkswerte (d.h. den gesamtösterreichischen Verkehrsemissionen) wurde die Summe der überregionalen Emissionen (d.h. alle durch inländische KFZ verursachten überregionalen Verkehrsemissionen) abgezogen. Daraus ergeben sich die gesamtösterreichischen NO_x-Emissionen aus dem regionalen Verkehr. Dieser Wert wird dann auf die Bezirke disaggregiert. Als Regionalisierungsquote werden die 'theoretischen' gesamten Bezirksemissionen herangezogen.

Aus den Zahlen für die bezirksweisen überregionalen und regionalen Emissionen ergeben sich Summen für die gesamten Verkehrsemissionen der Bezirke. Diese weichen von den 'theoretischen' Bezirksemissionen z.T. erheblich ab. Die Ergebnisse der Berechnungen der NO_x-Emissionen des Verkehrs sind in Tab.1 zusammengefaßt.

Die Datengrundlagen für die Disaggregation der Emissionen des regionalen Verkehrs sind:

Emissionsdaten:

- NO_x-Emissionen aus dem regionalen Verkehr berechnet für alle politischen Bezirke

¹⁸Theoretisch' deswegen, da dabei ja angenommen wird, daß alle Emissionen ausschließlich in den Zulassungsbezirken erfolgen.

Statistische Referenzdaten:

- Zulassungszahlen nach Zulassungsbezirken 1989¹⁹
- Durchschnittlicher Tagesverkehr je Fahrzeugart und Straßenabschnitt 1990²⁰ (aufgliedert in: Einspurige, PKW mit und ohne Anhänger, LKW mit und ohne Anhänger, Busse, Zugmaschinen, Sonderfahrzeuge; alle Kategorien getrennt nach Inländer und Ausländer)
- Wohnbevölkerung 1991 je Gemeinde und Bezirk²¹

Die Disaggregation der Emissionen des regionalen Verkehr erfolgt in zwei Schritten:

a) Disaggregation von Bezirken auf Gemeinden:

Regionalisierungsquoten sind die Bevölkerungsanteile der Gemeinden in den Bezirken. Dabei wird angenommen, daß die Verkehrsleistungen innerhalb der Bezirke den Einwohnerverhältnissen entsprechen.

b) Disaggregation von Gemeinden auf den Dauersiedlungsraum:

Mangels Information über die unterschiedlichen Fahrleistungen auf den lokalen Straßen wird innerhalb des Dauersiedlungsraums einer Gemeinde eine homogene Verkehrsverteilung angenommen. Bei Vorliegen mehrerer Dauersiedlungsräume ist die Regionalisierungsquote wiederum deren Flächenanteil.

Mathematisch wird das Modell durch folgende Gleichungen beschrieben:

$$EMIS_{VF,GEM(j)} = EMIS_{(VF,BEZ(k))} * (EW_{GEM(j)} / EW_{BEZ(k)}) \quad (8)$$

$$EMIS_{VF,POLY(jj)} = EMIS_{VF,GEM(i)} * (DS_{POLY(jj)} / \sum_{jj=1}^m DS_{POLY(jj)}) \quad (9)$$

mit EMIS = Emissionen
 EW = Einwohner
 DS = Dauersiedlungsfläche

jeweils mit den Indizes

V = Straßenverkehr (insgesamt)
 VF = flächiger Verkehr
 VL = linienhafter Verkehr auf höherrangigem Straßennetz
 VL(a) = linienhafter Verkehr von ausländischen KFZ's auf dem
 höherrangigem Straßennetz
 GEM(i) = der Gemeinde (i)

¹⁹Quelle: ÖSTAT, ISIS-Datenbank

²⁰Quelle: ÖSTAT und BMÖWV: Straßenverkehrszählung 1990

²¹Quelle: ÖSTAT, ISIS-Datenbank, Bevölkerungszählungen 1981, 1991 (Gebietsstand 1992)

BEZ(k) = des Bezirks (k)
POLY(jj) = des Polygons (jj) der betreffenden Gemeinde

und den Summen:

$\sum_{jj=1}^m DS$ = Summe des Dauersiedlungsraumes der Polygone $jj=1, m$ der
betreffenden Gemeinde

4. Disaggregationsergebnis

4.1 Ergebnisse der GIS-Disaggregation

Die Ergebnisse der Disaggregation werden im Anhang 1 als Karten flächenbezogener Emissionsdichten dargestellt. Karte 1 zeigt die Basisgeometrie. Im GIS ergeben sich nach den Überlagerungen der einzelnen Schichten etwa 42.000 Polygone mit einer durchschnittliche Größe von etwa 2 km². In allen Polygonen wird für alle Emittentengruppen jeweils ein eigener Emissionsdichtewert berechnet. Im folgenden wird eine kurze Zusammenfassung der Regionalisierungsergebnisse gegeben:

4.1.1 Kraftwerke, Industrie und Gewerbe

Karte 2 zeigt die Verteilung der NO_x-Emissionen aus Kraftwerken, Industrie und Gewerbe. Es sind hier sowohl Punktquellen als die diffusen anderen Feuerungsanlagen berücksichtigt.

Während die 'theoretisch' durchschnittliche Emissionsdichte der 59.400 t NO_x für das gesamte Bundesgebiet bei 0,7 t/km² liegt, zeigt das Disaggregationsergebnis ein viel differenzierteres Bild. Ein großer Teil des Bundesgebiets ist im Hinblick auf die NO_x-Emissionen überhaupt nicht relevant. Im Dauersiedlungsraum liegen die Emissionsdichten zumeist unter 0,5 t/km² (v.a. im Alpenvorland, nördlich der Donau, sowie im Osten und Südosten), im Mühl- und Waldviertel sowie im Burgenland sogar oft unter 0,1 t/km². In den Bezirkshauptorten sowie in deren Umkreis sind schon zehnmal höhere Emissionsdichten (zwischen 1 und 5 t/km²) zu finden. In den stärker industrialisierten Gebieten - im oberösterreichischen Zentralraum, Salzburg-Umgebung, Obersteiermark, Graz-Umgebung, Raum Villach, Rheintal, Wien und Raum Wien bis Wiener Neustadt) - sowie in den Standortgemeinden der thermischen Kraftwerke und größerer industriellen Punktquellen erreichen die Emissionsdichten Werte über 20 t/km² mit Maximalwerten in kleinen Gemeinden mit Großemittenten (z.B. Lenzing mit ca. 120 t/km² und Schwechat mit ca. 220 t/km²).

4.1.2 Kleinf Feuerungsanlagen

Karte 3 zeigt die Verteilung der NO_x-Emissionen aus Kleinf Feuerungsanlagen. Aus Kleinf Feuerungsanlagen stammt mit 6.400 t ein nur kleiner Anteil der gesamten NO_x-Emissionen. Für das gesamte Bundesgebiet errechnet sich daraus eine durchschnittliche Emissionsdichte von 0,08 t/km². Die tatsächlichen Emissionsdichten sind über das besiedelte Bundesgebiet viel homo-

gener verteilt als etwa die Industrieemissionen. Vor allem in dicht besiedelten Gebieten sind die Emissionsdichten jedoch deutlich erhöht. Sie betragen in vielen größeren Siedlungszentren und Städten etwa 1-3 t/km², in den inneren Bezirken Wiens sogar etwa 10 t/km². Regionen höherer Emissionsdichten finden sich auch im Rheintal, Unterinntal, in der Umgebung der größeren Städte (Salzburg, Linz, Graz, Wien) sowie im Raum Klagenfurt-Villach, und im Mürztal.

4.1.3 Verkehr

Karte 4 zeigt die Verteilung der NO_x-Emissionen aus dem überregionalen und dem regionalen Verkehr. Für die Darstellung der Ergebnisse im kleinen Maßstab wurde die Straßenfläche aus Gründen der besseren Visualisierung mit einer Breite von 1500 m ausgezeichnet, wobei allerdings die Emissionsdichten selbst auf die ursprünglichen 50 m Straßenbreite bezogen bleiben. Die NO_x-Emissionen aus dem Verkehr betragen im Jahr 1988 136.200 t, davon etwa 47 % aus dem überregionalen Inländerverkehr, 11 % aus dem überregionalen Transitverkehr, und 42 % aus dem regionalen (Inländer-)Verkehr. Die 'theoretisch durchschnittlichen' Emissionsdichten von 1,6 t/km² werden nur in einigen Streusiedlungsgebieten in den Alpen sowie im Wald- und Weinviertel erreicht. Ansonsten liegen die Emissionsdichten im Dauersiedlungsraum der Gemeinden durchwegs zwischen 5 und 10 t/km². Beim regionalen Verkehr liegen die höchsten Emissionsdichten in den großen Städten (v.a. Wien, Linz, Graz, Salzburg) mit über 100 t/km². Aus der Karte werden auch die besonders hohen Emissionsdichten der Hauptverkehrsstraßen deutlich. Die Emissionsdichten der am wenigsten belasteten Straßen liegen aber durchwegs noch immer so hoch wie diejenigen der mäßig durch regionalen Verkehr belasteten Siedlungsgebiete. Bei den meisten Hauptverkehrsstraßen liegen die Emissionen sogar weit über 100 t/km² mit Spitzenwerten auf der West- und Südautobahn. Zwischen Wien und St.Pölten betragen die Emissionsdichten etwa 800 t/km² und zwischen Linz und Ansfelden sogar über 1000 t/km². Die bei weitem höchsten Emissionsdichten wurden für die Südautobahn im Raum Vösendorf/Maria Enzersdorf/Brunn mit 1300 bis 1500 t/km² errechnet.

4.1.4 Gesamte NO_x-Emissionen

Karte 5 zeigt die Verteilung der gesamten NO_x-Emissionen in Österreich. Entsprechend dem Beitrag der einzelnen Emissionssektoren spiegelt die Verteilung in erster Linie die Dominanz der Verkehrsemissionen wider. Die anderen Sektoren (Kraftwerke, Industrie/Gewerbe, Kleinfeuerungen) beeinflussen die regionale Verteilung dagegen kaum. Die Karten für die Verkehrsemissionen (Karte 4) und für die gesamten NO_x-Emissionen (Karte 5) unterscheiden sich farblich nur durch die höheren Emissionsdichten in den Siedlungszentren auf der Karte der Gesamtemissionen (besonders ausgeprägt im Osten des Bundesgebiets). Die niedrigsten Emissionsdichten (unter 3 t/km²) gibt es im Streusiedlungsbereich einiger Alpengemeinden, sowie

im Wald- und Weinviertel. Ansonsten betragen die Emissionsdichten im Alpenvorland, im Burgenland und der Südsteiermark durchwegs etwa 5-10 t/km², wobei in erster Linie der regionale Verkehr ausschlaggebend ist. Die bei weitem höchsten Emissionsdichten finden sich entlang der Hauptverkehrsstraßen (mit 100 bis 1500 t/km²), sowie in den großen Städten mit Großmitten und viel regionalem Verkehr. So liegen die Emissionsdichten in Wien etwa bei 500-3000 t/km², in Linz und Salzburg bei bis zu 2000 t/km², und in Graz, Klagenfurt, Villach, Wr. Neustadt bei über 1000 t/km². Die Karte zeigt damit sehr deutlich, wie wichtig in Österreich eine kleinräumig regionalisierte Analyse der Emissionen ist. So zeigen sich etwa sehr hohe Belastungen in einigen ökologisch hochsensitiven Alpentälern mit hohem Verkehrsaufkommen. Besonders in Tirol und Vorarlberg sind alle wichtigen Täler sehr stark von NO_x-Emissionen belastet. Weitere sensitive Alpenregionen mit starker Belastung sind auch das Salztal, das Murtal und der Raum Villach.

4.2 EXCEL-Modell

Um die Ergebnisse der Regionalisierungsarbeiten auch außerhalb eines GIS nutzen zu können, wurden die erste Stufe der räumlichen Disaggregation - die Regionalisierung von den Bezirken auf die Gemeinden - für den Einsatz auf Standard-PC's adaptiert. Eine über diese Stufe hinausgehende räumliche Verfeinerung erfordert ein GIS.

Das Disaggregationsmodell wurde als EXCEL-Modell erstellt. Ergebnisse der Modellberechnungen sind in diesem Berichte nicht enthalten, da sie ohnedies nur eine deutlich geringere räumliche Auflösung als das GIS-Modell haben. Die EXCEL-Dateien enthalten alle Referenzdaten und Ausgangsdaten sowie die Formeln zur Lösung der Gleichungen (1), (2), (3), (5), (8), um das Ergebnis nachzuvollziehen sowie Emissionsänderungsszenarien durchrechnen zu können. Die Funktionsweise des Modells und die Handhabung für Berechnungen ist im Anhang 2 dokumentiert und beschrieben.

Literatur

- IPCC/OECD (1994): Draft Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol.III
Greenhouse Gas Inventory Reference Manual, Bracknell 1994.
- Klimont Z., M.Amann, J.Cofala, F.Gyarfas, G.Klaassen und W.Schöpp (1993):
Emission of Air Pollutants in the Region of the Central European Initiative 1988,
IIASA Laxenburg Report SR-93-3.
- Loibl W., R.Orthofer und W.Winiwarter (1993):
Spatially disaggregated emission inventory for anthropogenic NMVOC in Austria.
Atmospheric Environment 27(16), 2575-2590 (1993)
- Orthofer R., W.Loibl, T.Piechl und G.Urban (1991):
Flüchtige Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe in Österreich: Regionalisierte Emissions-
inventur und Strategien zur Emissionsminderung; Seibersdorf Bericht OEFZS-A--
2065, Juni 1991
- Orthofer R., H.M.Knoflacher und J.Züger (1994): N₂O-Emissionen in Österreich. Seibersdorf
Bericht OEFZS-A--3256, Dezember 1994

Anhang 1: Kartendarstellungen

Karte 1: Basisgeometrie zur regionalen Disaggregation

Karte 2: NO_x-Emissionen aus Industrie, Gewerbe und kalorischen Kraftwerken

Karte 3: NO_x-Emissionen aus Kleinf Feuerungsanlagen

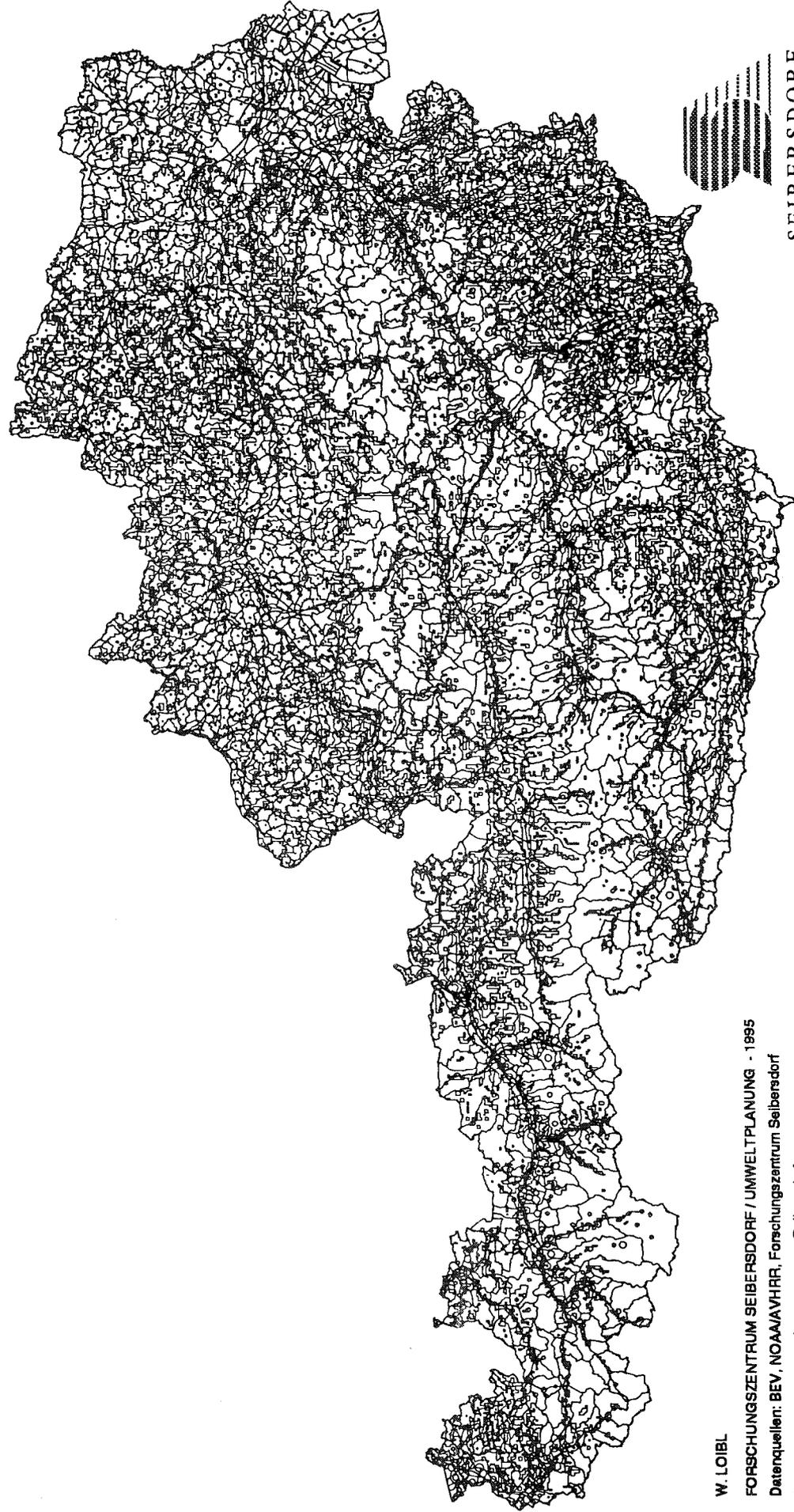
Karte 4: NO_x-Emissionen aus dem Straßenverkehr

Karte 5: Gesamte NO_x-Emissionen

NOx - EMISSIONEN IN OSTERREICH

BASISGEOMETRIE ZUR REGIONALEN DISAGGREGATION

Topologische Überlagerung von Gemeindegrenzen, Dauersiedlungsraum
Siedlungsflächen und Strassenflächen des höherrangigen Strassennetzes



W. LOIBL

FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG - 1995

Datenquellen: BEV, NOAA/AVHRR, Forschungszentrum Seibersdorf

Datenbearbeitung: Forschungszentrum Seibersdorf



SEIBERSDORF



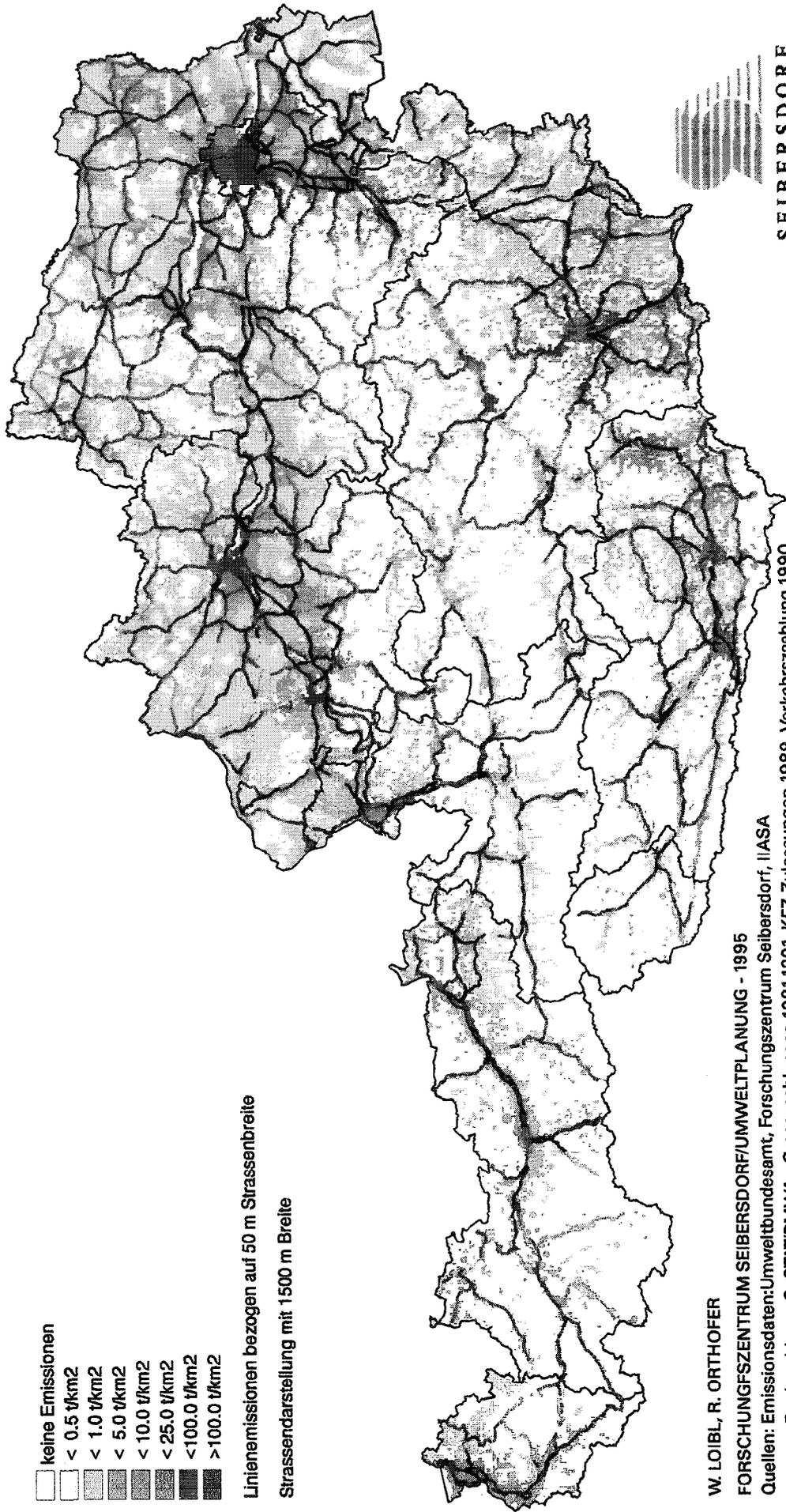
NOx - EMISSIONEN in ÖSTERREICH (BEZUGSJAHR 1988)

GESAMTE NOx - EMISSIONEN

Emissionsdichte in t / km²

- keine Emissionen
- < 0.5 t/km²
- < 1.0 t/km²
- < 5.0 t/km²
- < 10.0 t/km²
- < 25.0 t/km²
- < 100.0 t/km²
- > 100.0 t/km²

Linienemissionen bezogen auf 50 m Strassenbreite
 Strassendarstellung mit 1500 m Breite



W. LOIBL, R. ORTHOFER

FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF/UMWELTPLANUNG - 1995

Quellen: Emissionsdaten: Umweltbundesamt, Forschungszentrum Seibersdorf, IASA

Regionaldaten: OeSTAT/BMWA - Grosszählungen 1981, 1991, KFZ-Zulassungen 1989, Verkehrsählung 1990



NOx - EMISSIONEN IN ÖSTERREICH (BEZUGSJAHR 1988)

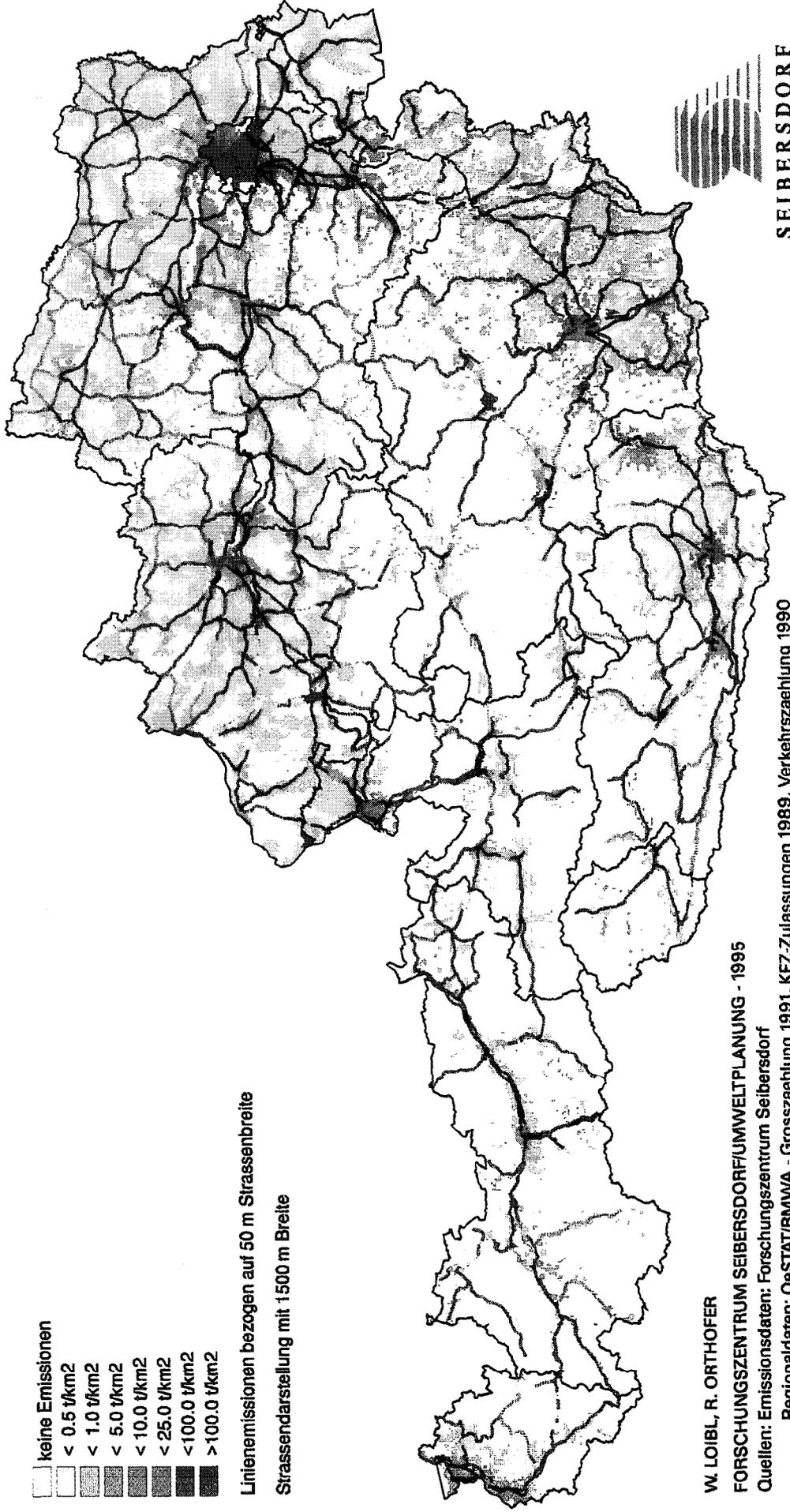
EMISSIONEN AUS DEM STRASSENVERKEHR

Emissionsdichte in t / km²

- keine Emissionen
- < 0.5 t/km²
- < 1.0 t/km²
- < 5.0 t/km²
- < 10.0 t/km²
- < 25.0 t/km²
- < 100.0 t/km²
- > 100.0 t/km²

Linienemissionen bezogen auf 50 m Straßenbreite

Strassendarstellung mit 1500 m Breite



W. LOIBL, R. ORTHOFER

FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF/UMWELTPLANUNG - 1995

Quellen: Emissionsdaten: Forschungszentrum Seibersdorf

Regionaldaten: OeSTAT/BMWA - Grosszählung 1991, KFZ-Zulassungen 1989, Verkehrszählung 1990



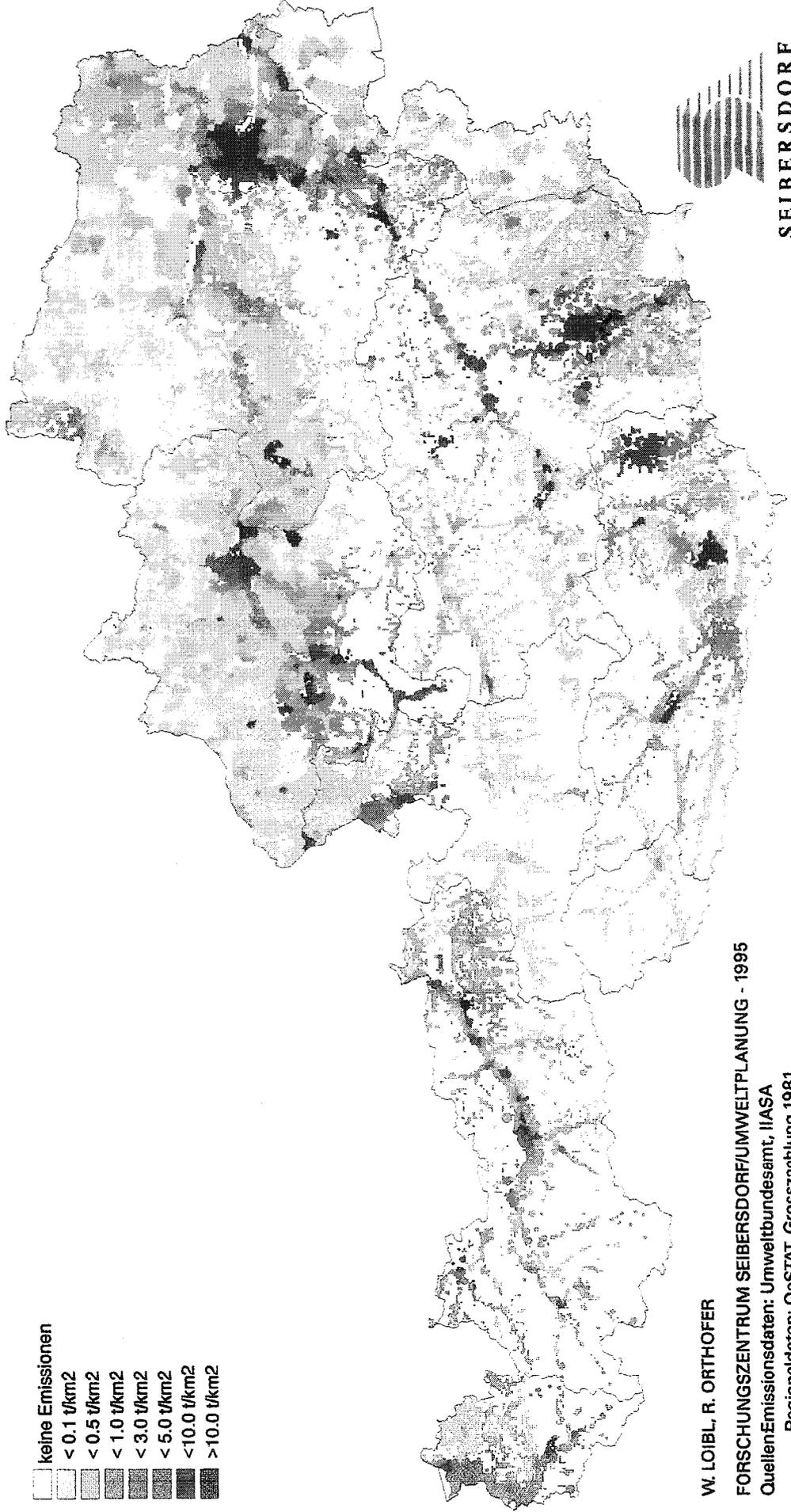
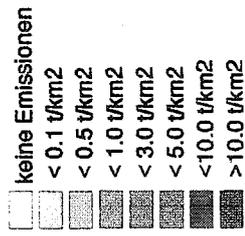
SEIBERSDORF



NO_x - EMISSIONEN IN ÖSTERREICH (BEZUGSJAHR 1988)

EMISSIONEN AUS KRAFTWERKEN, INDUSTRIE UND GEWERBE

Emissionsdichte in t / km²



W. LOIBL, R. ORTHOFER

FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF/UMWELTPLANUNG - 1995

Quellen Emissionsdaten: Umweltbundesamt, IIASA

Regionaldaten: OeSTAT-Grosszählung 1981

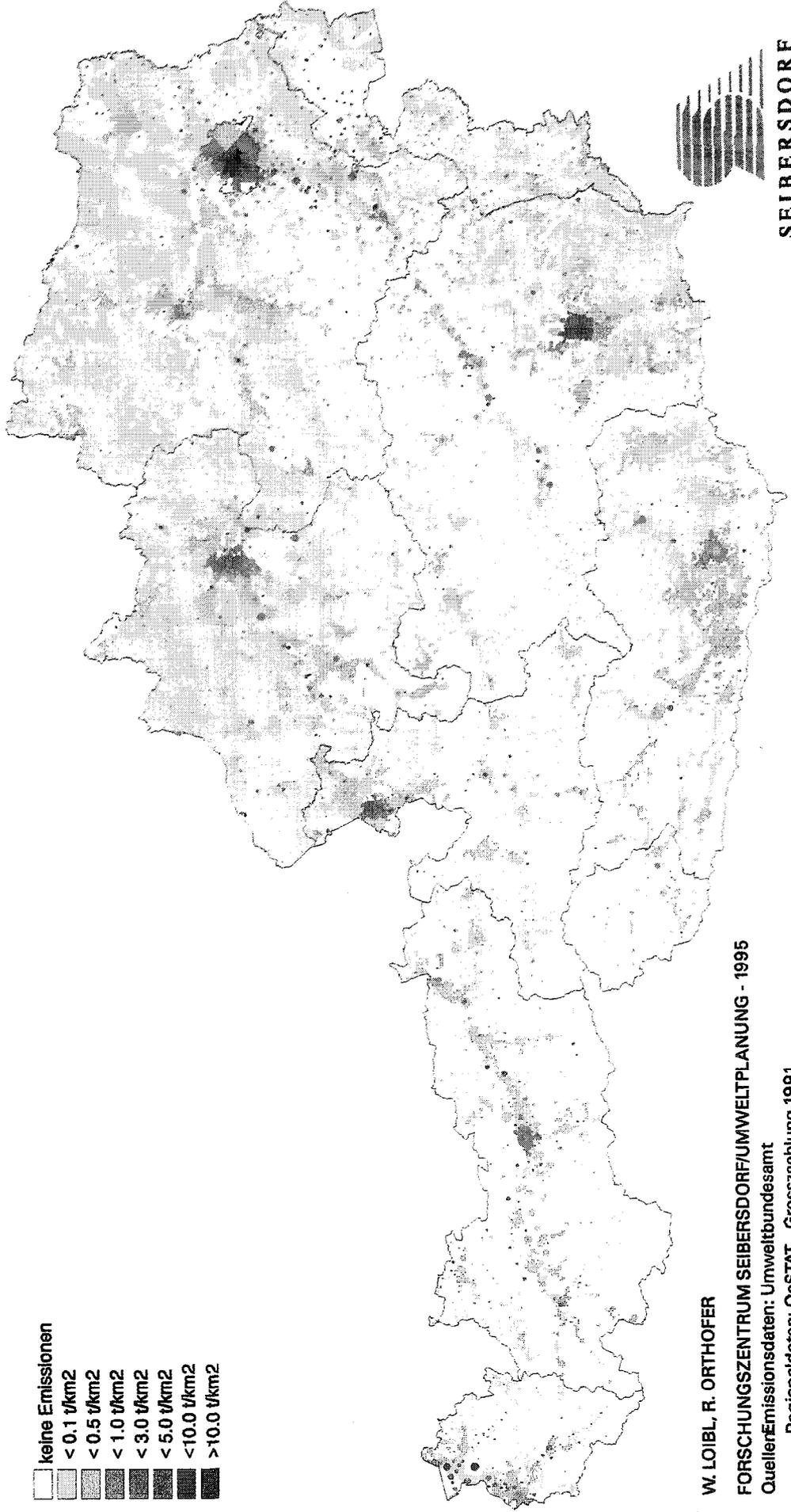
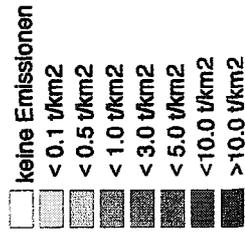


SEIBERSDORF

NOX - EMISSIONEN IN ÖSTERREICH (BEZUGSJAHR 1988)

EMISSIONEN AUS KLEINFEUERUNGEN

Emissionsdichte in t / km²



W. LOIBL, R. ORTHOFER

FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF/UMWELTPLANUNG - 1995

QuellerEmissionsdaten: Umweltbundesamt

Regionaldaten: OeSTAT - Grosszaehlung 1991

