

5 FLUGVERKEHR

Emissionen des Flugverkehrs sind in der Vergangenheit für das Emissionskataster Rheinland-Pfalz noch nicht ermittelt worden. Grundsätzlich wird bei den Emissionen des Flugverkehrs zwischen den Emissionen des bodennahen Flugverkehrs bis 3.000 ft (LTO-Zyklus) und den Emissionen in größeren Höhen (Climb, Cruise, Descend) unterschieden, wie in Abb. 5.1 schematisch dargestellt.

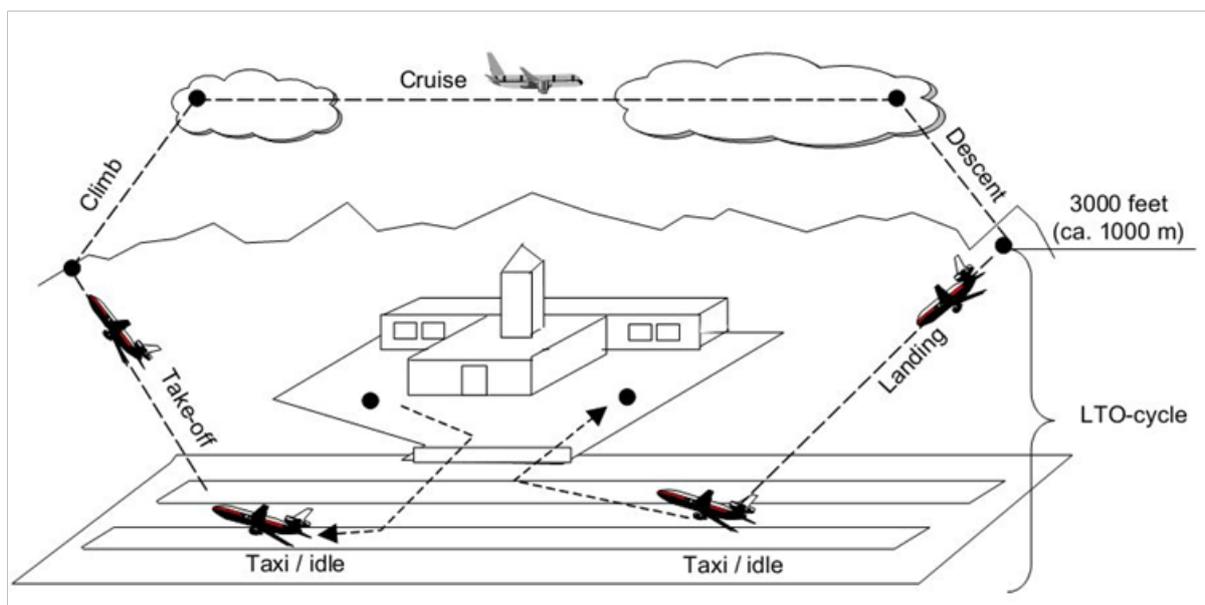


Abb. 5.1: Schematische Darstellung des Flugbetriebs oberhalb von 3.000ft /EMEP/EEA 2010/

Es werden hier die folgenden vom Flugverkehr in bzw. über Rheinland-Pfalz verursachten Emissionen ermittelt:

- Emissionen des bodennahen Flugverkehrs von Flugzeugen, die in Rheinland-Pfalz starten bzw. landen (bodennaher Flugverkehr im LTO-Zyklus)
- Emissionen in Flughöhen über 3.000 ft über Rheinland-Pfalz (Überflug)
- Emissionen durch „Fuel-Dumping“ über Rheinland-Pfalz

5.1 Bodennaher Flugverkehr (LTO)

Zur Ermittlung der Emissionen des bodennahen Flugverkehrs im LTO-Zyklus wurde das von AVISO entwickelte Modell airTEIM3D eingesetzt.

Der LTO-Zyklus setzt sich aus dem Landeanflug unter 3.000 ft (Approach), dem Rollen nach der Landung bis zur Abfertigungsposition (Taxi In) sowie dem Rollen vor dem Start bis zur Startschwelle (Taxi Out), der Startbeschleunigung bis zum Abhebezeitpunkt (Take Off) und dem Steigflug bis zum Erreichen der Höhe von 3.000 ft (Climb Out) zusammen.

Als Eingangsdaten werden Angaben zu den Starts und Landungen pro Flughafen und Verkehrslandeplatz benötigt. Diese Daten liegen aus Veröffentlichungen von DESTATIS vor. Die Flugbewegungsdaten werden im Hinblick auf die Emissionsberechnung Luftfahrzeugklassen (vgl. Tab. 5.1) zugeordnet. Diesen wiederum sind weitere Berechnungsparameter wie z. B. typische Modell- und Triebwerksverteilungen oder Taxizeiten zugeordnet.

Tab. 5.1: Luftfahrzeugklassen und Startmassenklassen (MTOM) in airTEIM3D

Klasse	Hauptklasse	MTOM	Antriebsart
AJ	A	>20t	Jet
AP	A	>20t	Kolben
ATP	A	>20t	Turboprop.
BJ	B	14-20t	Jet
BP	B	14-20t	Kolben
BTP	B	14-20t	Turboprop.
CJ	C	5,7-14t	Jet
CP	C	5,7-14t	Kolben
CTP	C	5,7-14t	Turboprop.
EP	E	<2t,1mot.	Kolben
FJ	F	2-5,7t,1mot.	Jet
FP	F	2-5,7t,1mot.	Kolben
FTP	F	2-5,7t,1mot.	Turboprop.
GP	G	<2t,mehrmot.	Kolben
HP	H	Hubschrauber	Kolben
HT	H	Hubschrauber	Turbine
IJ	I	2-5,7t,mehrmot.	Jet
IP	I	2-5,7t,mehrmot.	Kolben
ITP	I	2-5,7t,mehrmot.	Turboprop.
KP	K	Motorsegler	Kolben
LP	L	Luftschiff	Kolben
MP	M	Ultra-Lights	Kolben

Die Flugbewegungsdaten liegen für den Flughafen Hahn und die übrigen Flug- und Verkehrslandeplätze in Veröffentlichungen von DESTATIS vor, aktuell für 2018 /DESTATIS 2020b/ und sind in Tab. 5.2 und Tab. 5.3 aufgeführt.

Bezüglich der räumlichen Verteilung werden bis auf den Flughafen Hahn alle Flug- und Verkehrslandeplätze als Punktquellen behandelt. Nur für den größeren Flughafen Hahn wurden explizit die An- und Abflugtrichter als räumlich ausgedehnte Flächenquellen berücksichtigt.

Tab. 5.2: Flugbewegungsdaten (Starts, gewerblicher Flugverkehr) Flughafen Hahn, differenziert nach Luftfahrzeug-/MTOM-Startmassenklassen /DESTATIS 2020b/

Klasse	MTOM (Maximum Take-Off Mass)	Anzahl Starts
A	>20t	8.195
B	14-20t	11
C	5,7-14t	1.218
E	<2t, 1mot.	99
F	2-5,7t, 1mot.	75
G	<2t, mehrtot.	18
H	Hubschrauber	72
I	2-5,7t, mehrtot.	75
K	Motorsegler	1
L	Luftschiff	0
M	Ultra-Lights	1

Triebwerksbezogene Verbrauchs- und Emissionskennwerte sind je LTO-Zyklus-Phase als mittlerer sekundlicher Kraftstoffverbrauch sowie als mittlere kraftstoffverbrauchsbezogene Emissionsfaktoren für NO_x, VOC und CO (sowie die Smoke Number) in der ICAO-Triebwerksdatenbank /ICAO 2014/ bzw. in der EPA-Datenbank /EPA 1995/ direkt verfügbar. In TAPE /TÜV 1998/ sind Emissionskennwerte zu weiteren Triebwerken vorhanden. Alle diesbezüglich vorhandenen Daten sind in airTEIM3D integriert. Für Flugzeugkolbenmotoren und Hubschrauber wurden zusätzlich die Daten des Schweizer Bundesamtes für Zivilluftfahrt (BAZL) /BAZL 2007, BAZL 2009/ berücksichtigt.

Die Partikelabgasemissionen werden als PM10-Feinstaub-Emissionen ausgewiesen. Da die Abgaspartikel sehr klein sind, wird davon ausgegangen, dass diese auch zu 100 % aus PM2,5-Partikel bestehen. Daher wurde darauf verzichtet, die PM2,5-Feinstaub-Emissionen zusätzlich auszuweisen. Emissionsfaktoren für Abriebemissionen liegen in den verwendeten Datenbanken nicht vor, daher enthalten die hier ausgewiesenen PM10-Feinstaub-Emissionen ausschließlich Abgasemissionen.

Hinsichtlich der Zuordnung von Flugzeugmodellen, Triebwerksanzahl und Triebwerkstypen zu den nach MTOM-Klassen differenziert vorliegenden Flugbewegungen wurde auf typische Verteilungen zurückgegriffen.

Für weitere Luftschadstoffe, für die aus der ICAO-Datenbank keine Emissionsfaktoren zur Verfügung stehen, wurden Anteilswerte an Stoffgruppen bzw. am Kraftstoff aus der Literatur herangezogen.

Tab. 5.3: Starts auf sonstigen Flug- und Verkehrslandeplätzen in Rheinland-Pfalz 2018, differenziert nach Luftfahrzeug-/MTOM-Startmassenklassen /DESTATIS 2020b/

	MTOM (Maximum Take-Off Mass - Klassen)											Platz- runden
	A	B	C	E	F	G	H	I	K	L	M	
Ailertchen	0	0	0	1.185	378	0	52	42	549	0	140	704
Bad Dürkheim	0	0	0	3.582	1	0	88	0	108	0	1.414	1.558
Bad Neuenahr-Ahrweiler	0	0	1	3.022	1	0	10	0	1.201	0	920	1.547
Bad Sobernheim-Domberg	0	0	0	862	0	0	1	0	1.778	0	703	1.003
Betzdorf-Kirchen	0	0	0	1.819	1	0	26	0	642	0	23	753
Bitburg	0	0	2	9.500	32	97	949	4	28	0	2.048	4.676
Dierdorf-Wienau	0	0	0	442	0	0	39	0	377	0	71	279
Hoppstädten-Weiersbach	0	0	0	1.317	0	0	8	0	98	0	78	450
Idar-Oberstein/Göttschied	0	0	0	913	0	3	66	0	986	0	1.180	944
Koblenz-Winningen	0	0	67	11.381	187	123	2.218	21	1.142	0	2.970	8.134
Lachen-Speyerdorf	0	0	0	2.394	23	0	3	3	1.743	0	171	1.301
Langenlonsheim	0	0	0	1.116	0	7	5	0	217	0	318	499
Mainz/Finthen	0	0	79	13.046	249	148	662	28	255	0	10.409	9.700
Nannhausen	0	0	0	145	0	0	1	0	43	0	405	183
Oppenheim/Guntersblum	0	0	0	698	0	0	11	0	813	0	1.087	783
Pirmasens	0	0	0	4.129	40	22	758	4	1.412	0	3.817	3.352
Schweighofen	0	0	0	1.445	815	0	0	91	520	0	405	983
Speyer	6	6	496	8.760	767	109	866	85	662	0	7.855	7.496
Traben-Trarbach/Mont Royal	0	0	0	414	0	2	21	0	495	0	632	469
Trier-Föhren	6	6	0	5.589	115	67	604	13	326	0	2.297	3.500
Wershofen/Eifel	0	0	0	265	1	3	17	0	823	0	222	399
Worms	0	0	0	12.854	49	643	558	5	994	0	5.341	8.053
Zweibrücken	5	5	356	1.067	507	15	611	56	284	0	248	1.772
Gönnersdorf	0	0	0	0	0	0	43	0	0	0	0	0
Grünstadt	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0
Dattenberg	0	0	0	0	0	0	130	0	0	0	0	91
Jakobsberg	0	0	0	0	0	0	87	0	0	0	0	0
Ludwigshafen	0	0	0	0	0	0	1.958	0	0	0	0	0
Mainz	0	0	0	0	0	0	2.433	0	0	0	0	0
Bad Marienberg/Oberrossbach	0	0	0	407	0	0	0	0	492	0	0	270
Büchel	0	0	0	234	0	0	0	0	212	0	9	137
Bundenthal	0	0	0	46	0	0	0	0	68	0	73	56
Daun-Senheld	0	0	0	487	0	0	0	0	323	0	663	442
Essweiler	0	0	0	14	0	0	0	0	395	0	12	126
Grünstadt-Quirnheimer Berg	0	0	0	416	0	0	0	0	469	0	152	311
Hassloch/Pfalz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kell	0	0	0	46	0	0	12	0	287	0	654	300
Kim	0	0	0	135	0	0	0	0	601	0	83	246
Konz-Könen	0	0	0	0	0	0	0	0	547	0	82	189
Landau-Ebenberg	0	0	0	785	0	0	0	0	1.715	0	368	860
Langenbach	0	0	0	705	0	0	0	0	420	0	180	392
Ludwigshafen-Dannstadt	0	0	0	1.238	0	0	0	0	1.636	0	209	925
Mendig	0	0	0	435	0	0	22	0	12	0	708	353
Mönchsheide	0	0	0	557	0	0	0	0	733	0	2.305	1.079
Montabaur	0	0	0	216	0	0	0	0	386	0	132	220
Nastätten	0	0	0	0	0	0	0	0	902	0	78	294
Neujellingsdorf/Fehmarn	0	0	0	1.106	0	0	0	0	0	0	0	332
Singhofen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	812	244
Utscheid	0	0	0	0	0	0	0	0	972	0	13	296
Ernzen	0	0	0	742	0	0	0	0	0	0	0	0
Gersdorf	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0
Hundheim/Hunsrück	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.772	0
Schwarzenbach-Bostalsee	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	126	0

Die Emissionen wurden pro Flughafen bzw. Verkehrslandeplatz berechnet und den Kreisen zugeordnet, in denen diese liegen. Die Emissionen pro Kreis sind in Tab. 5.4 und Tab. 5.5 aufgeführt. Der Flughafen Hahn wurde in dieser Tabelle komplett dem Rhein-Hunsrück-Kreis zugeordnet. Der Anteil des Flughafens Hahn liegt beim Kraftstoffverbrauch bei 61 %, bei den NO_x-Emissionen bei 81 %, dagegen bei den CO- und NMVOC-Emissionen im Bereich von 2 % bis 14 %. Die letzteren entstehen vor allem beim Einsatz von Flugbenzin, das vorwiegend für die kleineren Propellermaschinen etc. auf den Verkehrslandeplätzen benötigt wird.

Tab. 5.4: Emissionen des Flugverkehrs (LTO) in Rheinland-Pfalz, Bezugsjahr 2020, Teil 1

	Nr.	Kreisfreie Stadt / Landkreis	KV in kg/a	CO ₂ in t/a	SO ₂ in kg/a	PM10 in kg/a	Ruß in kg/a	
Kreisfreie Städte	311	Frankenthal (Pfalz)	0	0	0	0	0	
	312	Kaiserslautern	0	0	0	0	0	
	111	Koblenz	0	0	0	0	0	
	313	Landau in der Pfalz	64.109	197	1	77	3	
	314	Ludwigshafen am Rhein	49.768	157	10	7	2	
	315	Mainz	323.532	1.001	24	281	15	
	316	Neustadt an der Weinstraße	79.622	244	2	95	4	
	317	Pirmasens	0	0	0	0	0	
	318	Speyer	335.816	1.042	32	245	14	
	211	Trier	0	0	0	0	0	
	319	Worms	222.183	683	7	250	11	
	320	Zweibrücken	0	0	0	0	0	
	Landkreise	131	Ahrweiler	148.672	456	3	177	8
		132	Altenkirchen (Ww.)	37.886	116	1	45	2
331		Alzey-Worms	0	0	0	0	0	
332		Bad Dürkheim	69.728	214	2	80	4	
133		Bad Kreuznach	109.757	337	2	132	6	
231		Berncastel-Wittlich	24.659	76	1	29	1	
134		Birkenfeld	65.944	203	2	77	3	
135		Cochem-Zell	8.917	27	0	11	0	
333		Donnersbergkreis	0	0	0	0	0	
232		Eifelkreis Bitburg-Prüm	166.514	513	8	173	8	
334		Germersheim	0	0	0	0	0	
335		Kaiserslautern	0	0	0	0	0	
336		Kusel	12.704	39	0	15	1	
339		Mainz-Bingen	40.351	124	1	48	2	
137		Mayen-Koblenz	271.093	838	18	245	13	
138		Neuwied	21.338	66	1	21	1	
140		Rhein-Hunsrück-Kreis	4.426.970	13.944	884	409	133	
141		Rhein-Lahn-Kreis	35.033	108	1	42	2	
338		Rhein-Pfalz-Kreis	64.601	198	1	78	3	
337		Südliche Weinstraße	76.117	235	5	69	4	
340		Südwestpfalz	285.249	885	27	208	12	
235		Trier-Saarburg	141.629	437	7	146	7	
233		Vulkaneifel	20.615	63	1	24	1	
143		Westerwaldkreis	85.297	263	4	91	4	
		Rheinland-Pfalz	7.188.104	22.468	1.044	3.074	264	

Tab. 5.5: Emissionen des Flugverkehrs (LTO) in Rheinland-Pfalz, Bezugsjahr 2020, Teil 2

	Nr.	Kreisfreie Stadt / Landkreis	NO _x in kg/a	NM VOC in kg/a	Benzol in kg/a	CH ₄ in kg/a	N ₂ O in kg/a	CO in kg/a
Kreisfreie Städte	311	Frankenthal (Pfalz)	0	0	0	0	0	0
	312	Kaiserslautern	0	0	0	0	0	0
	111	Koblenz	0	0	0	0	0	0
	313	Landau in der Pfalz	227	976	42	108	6	84.147
	314	Ludwigshafen am Rhein	234	1.141	25	127	5	1.513
	315	Mainz	1.720	5.702	206	634	31	250.395
	316	Neustadt an der Weinstraße	297	1.334	58	148	8	102.867
	317	Pirmasens	0	0	0	0	0	0
	318	Speyer	2.335	4.310	161	479	32	209.101
	211	Trier	0	0	0	0	0	0
	319	Worms	1.039	4.084	170	454	22	245.786
	320	Zweibrücken	0	0	0	0	0	0
	Landkreise	131	Ahrweiler	602	2.309	100	257	15
132		Altenkirchen (Ww.)	145	698	30	78	4	48.296
331		Alzey-Worms	0	0	0	0	0	0
332		Bad Dürkheim	308	1.285	54	143	7	80.883
133		Bad Kreuznach	406	1.711	74	190	11	141.694
231		Berncastel-Wittlich	99	366	16	41	2	30.012
134		Birkenfeld	269	1.092	46	121	7	80.103
135		Cochem-Zell	32	148	6	16	1	11.733
333		Donnersbergkreis	0	0	0	0	0	0
232		Eifelkreis Bitburg-Prüm	748	3.259	129	362	16	174.147
334		Germersheim	0	0	0	0	0	0
335		Kaiserslautern	0	0	0	0	0	0
336		Kusel	42	185	8	21	1	16.985
339		Mainz-Bingen	162	594	26	66	4	49.718
137		Mayen-Koblenz	1.346	4.995	186	555	26	237.678
138		Neuwied	83	377	14	42	2	22.375
140		Rhein-Hunsrück-Kreis	61.530	7.807	169	860	399	49.114
141		Rhein-Lahn-Kreis	133	468	20	52	4	44.160
338		Rhein-Pfalz-Kreis	230	1.026	44	114	6	84.931
337		Südliche Weinstraße	483	1.051	43	117	7	55.581
340		Südwestpfalz	1.817	3.849	139	428	27	187.683
235		Trier-Saarburg	685	2.420	97	269	14	143.061
233		Vulkaneifel	88	317	13	35	2	23.706
143	Westerwaldkreis	404	1.310	55	146	8	89.847	
		Rheinland-Pfalz	75.466	52.813	1.931	5.861	669	2.649.487

Bezüglich der räumlichen Lage wurden, bis auf den Flughafen Hahn, alle weiteren Flug- und Verkehrslandeplätze als Punktquellen betrachtet. Die Emissionen wurden in der Gitterweite 5 km x 5 km gerastert.

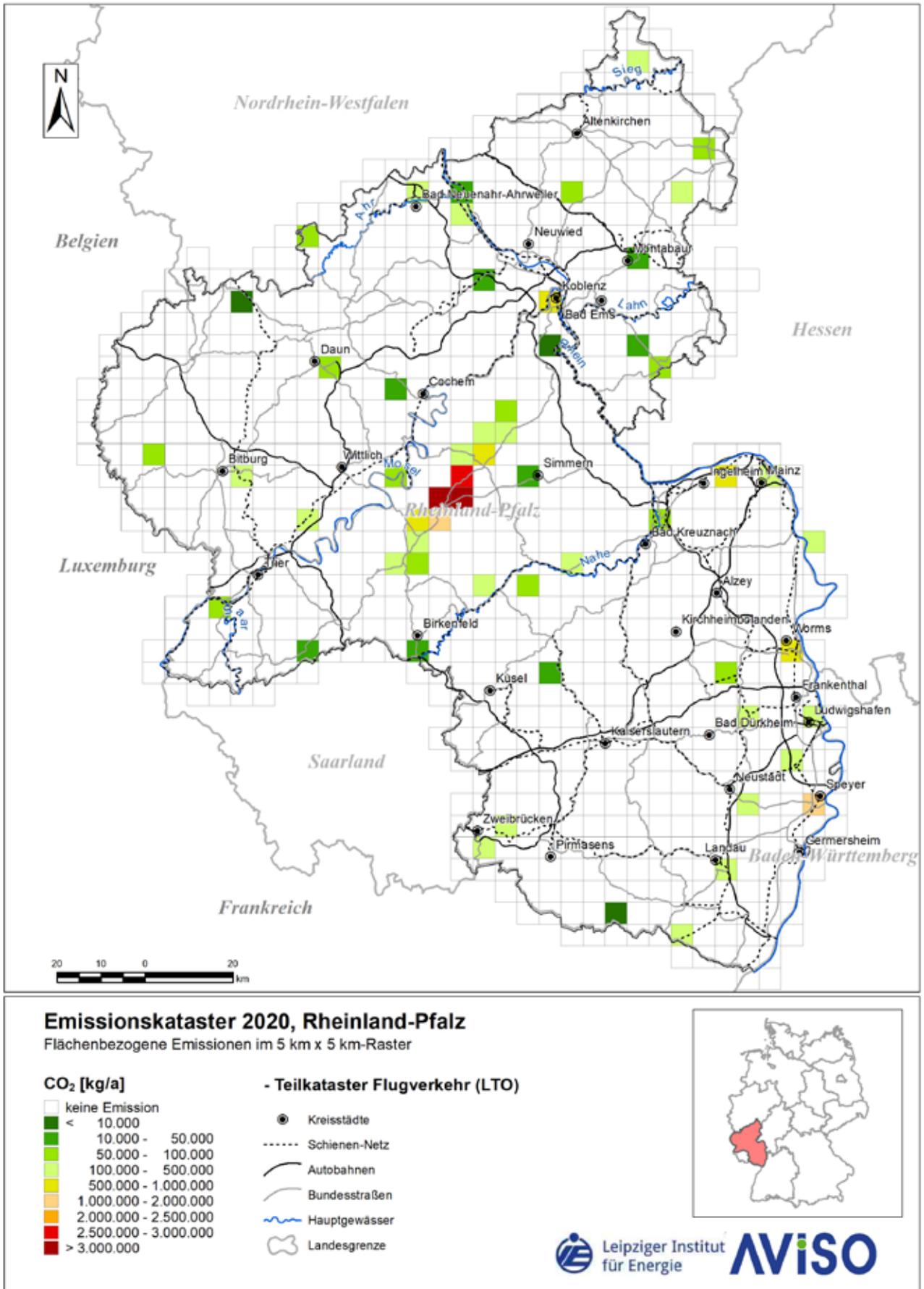


Abb. 5.2: Räumliche Verteilung der CO₂-Emissionen des Flugverkehrs in Rheinland-Pfalz 2020

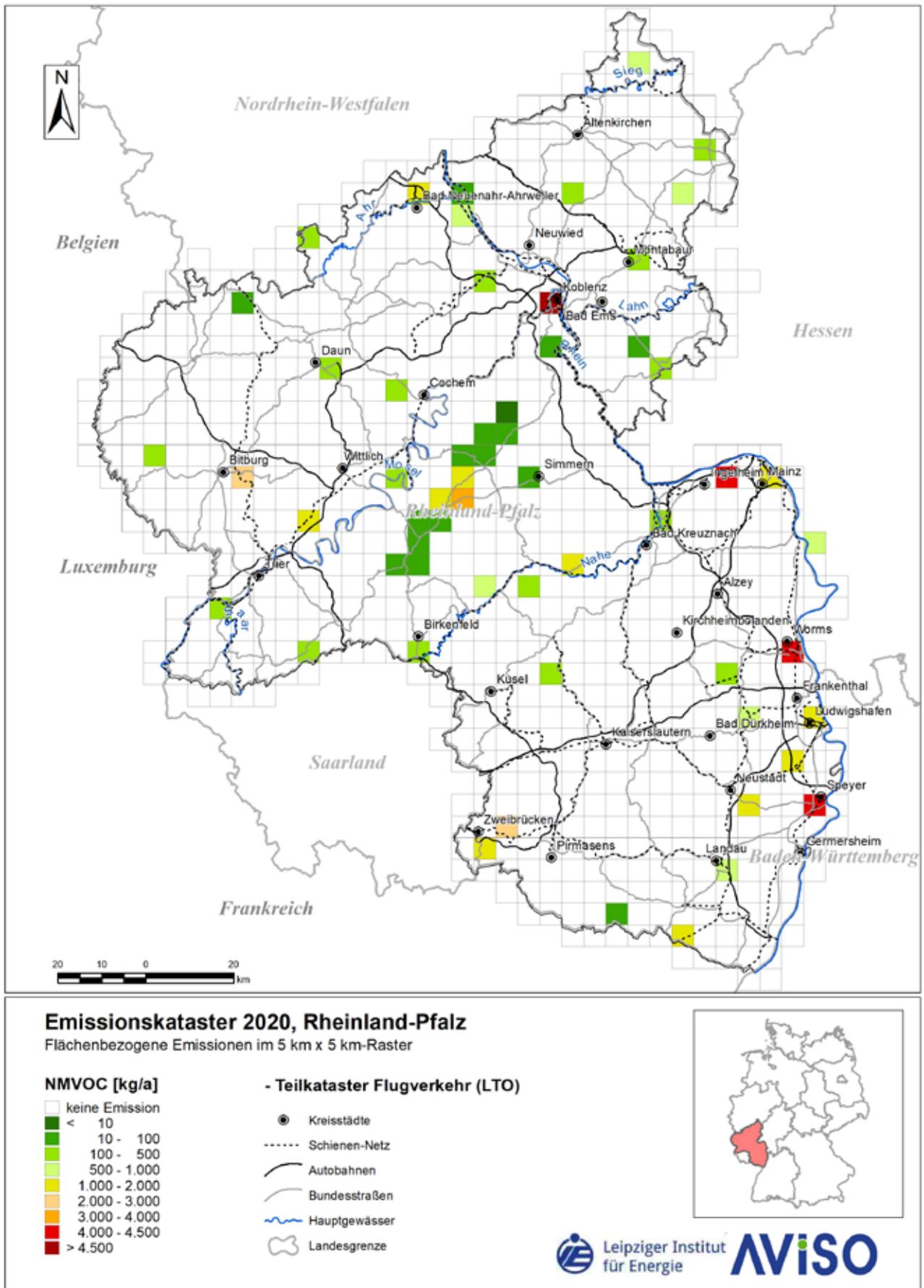


Abb. 5.3: Räumliche Verteilung der NMVOC-Emissionen (ohne Methan) des Flugverkehrs in Rheinland-Pfalz 2020

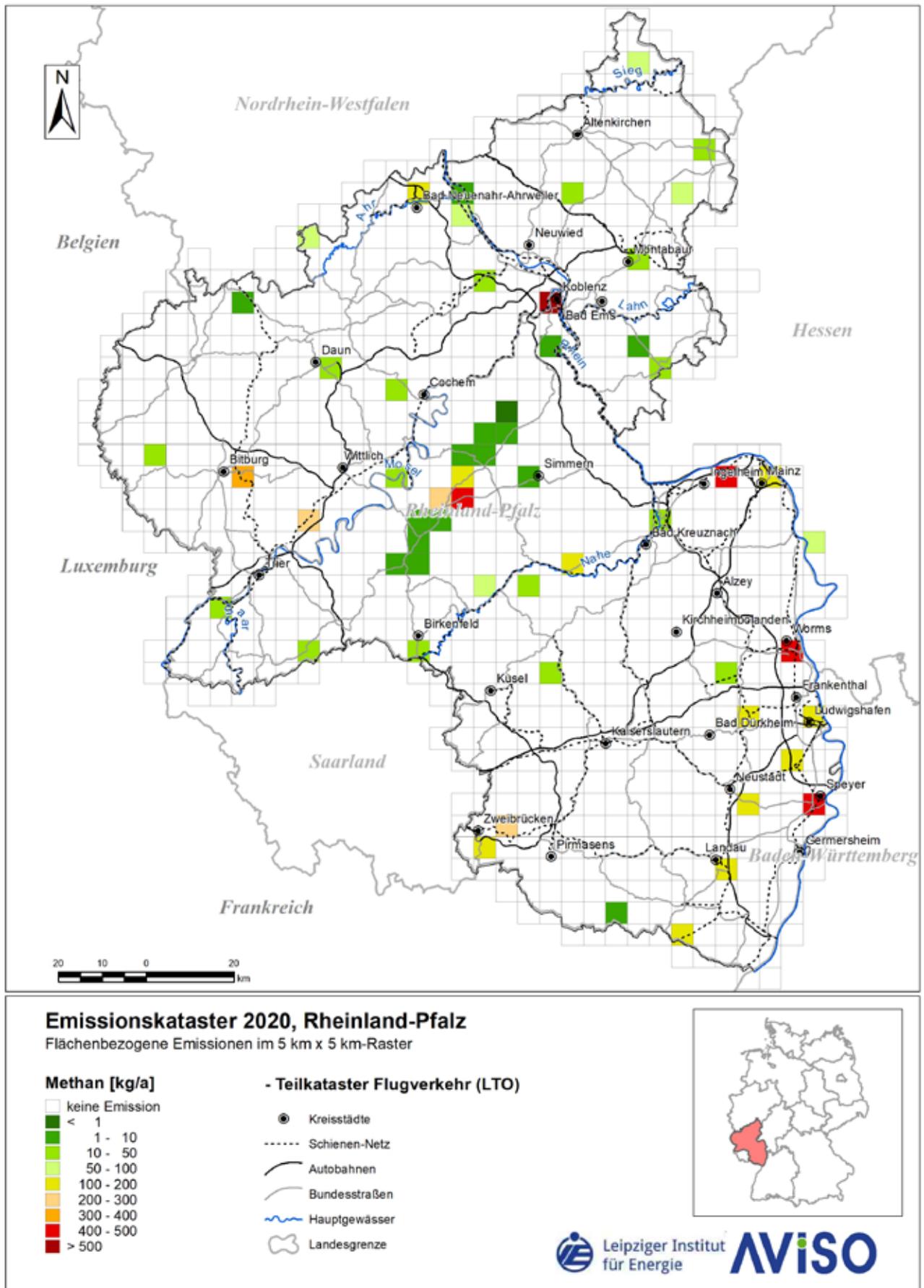
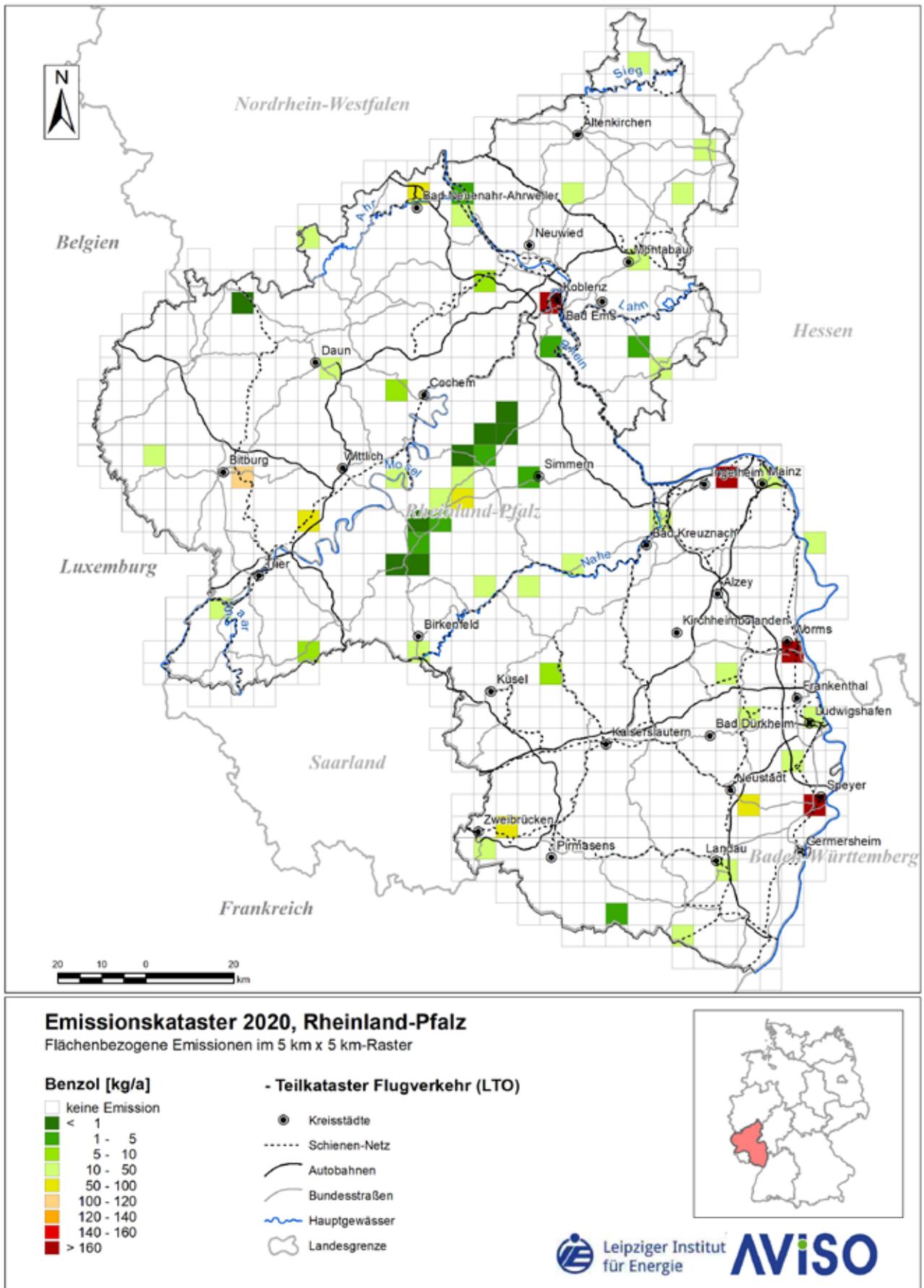


Abb. 5.4: Räumliche Verteilung der Methan-Emissionen (CH₄) des Flugverkehrs in Rheinland-Pfalz 2020

Abb. 5.5: Räumliche Verteilung der Benzol-Emissionen (C₆H₆) des Flugverkehrs in Rheinland-Pfalz 2020

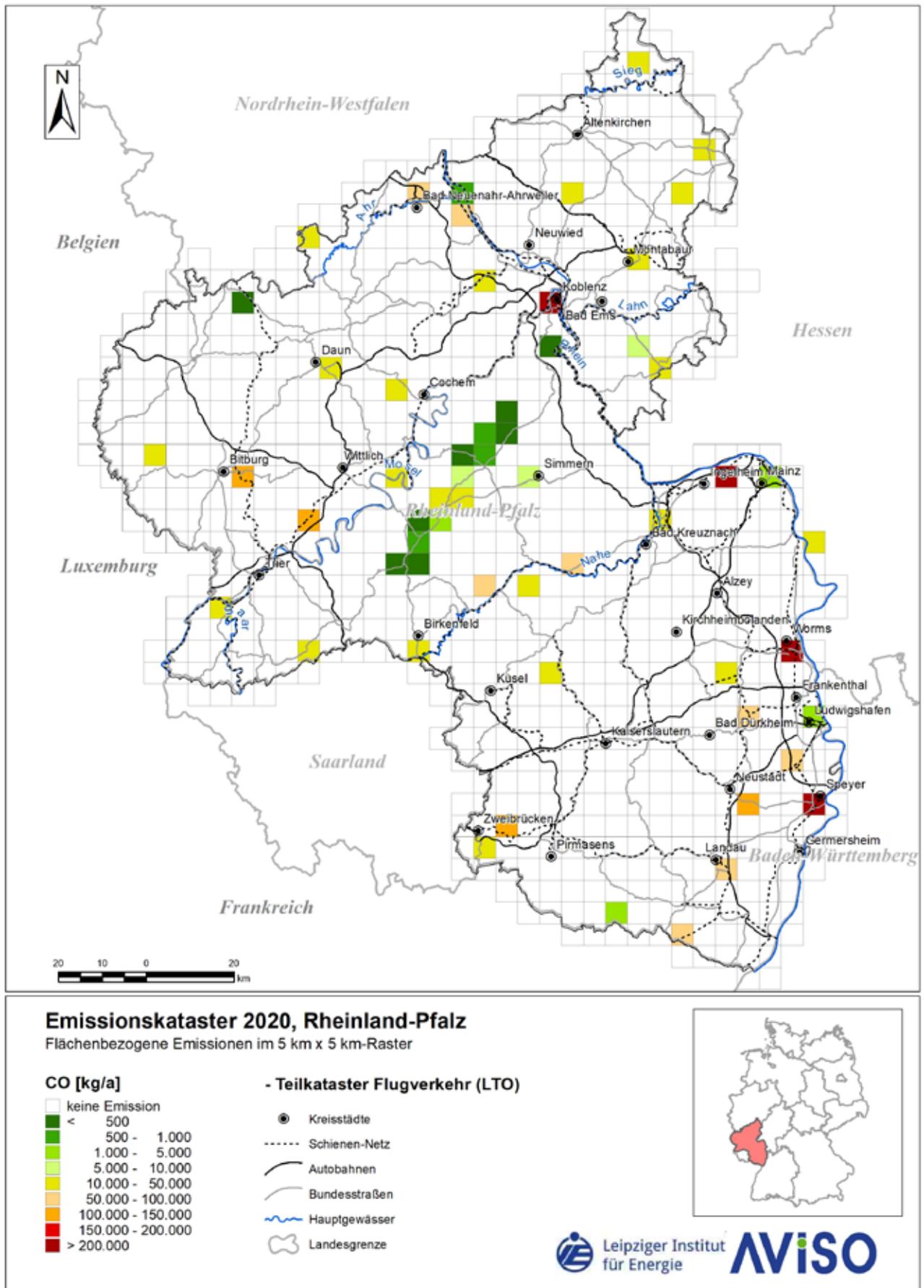


Abb. 5.6: Räumliche Verteilung der Kohlenmonoxid-Emissionen (CO) des Flugverkehrs in Rheinland-Pfalz 2020

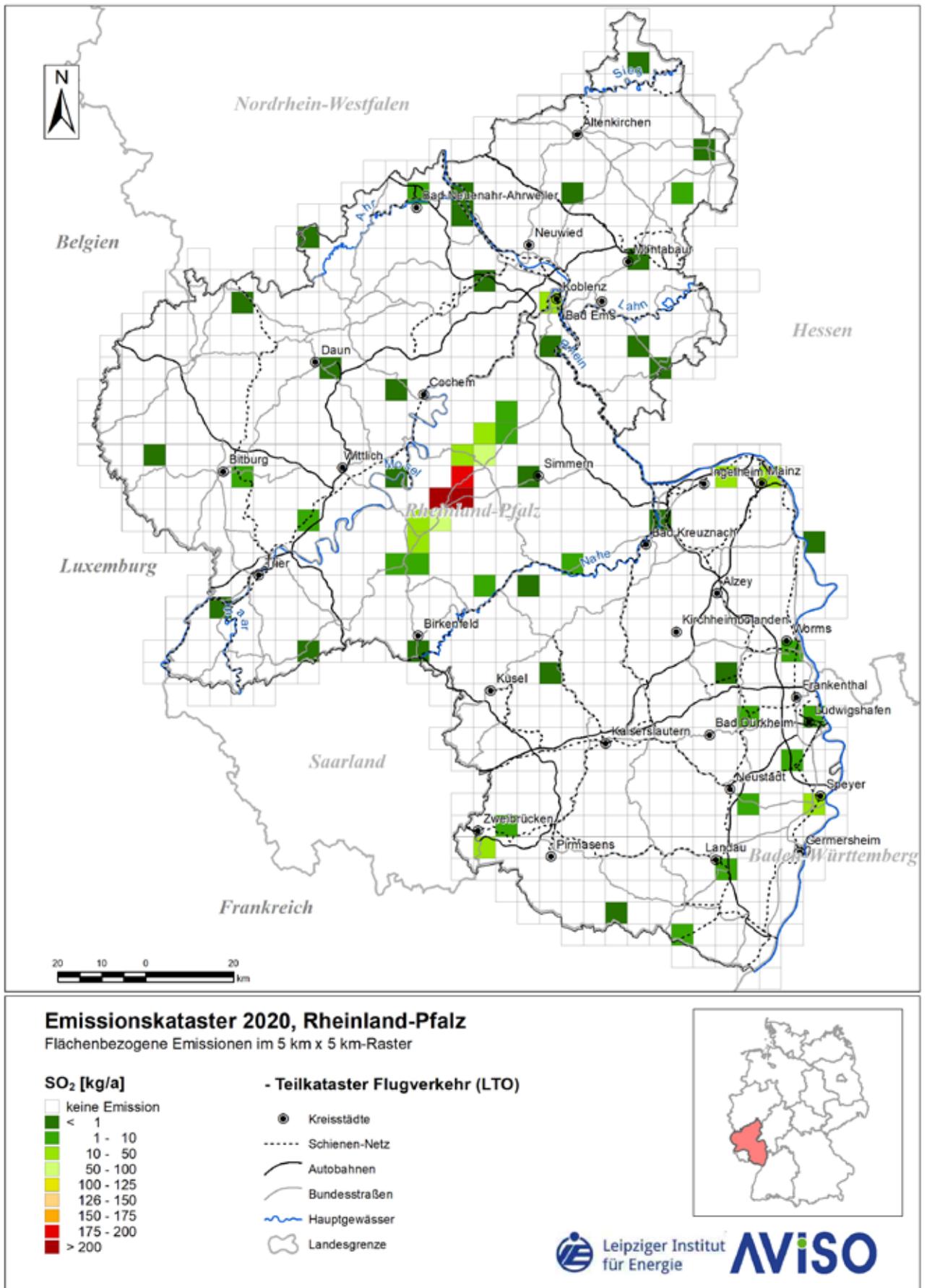


Abb. 5.7: Räumliche Verteilung der Schwefeldioxid-Emissionen (SO₂) des Flugverkehrs in Rheinland-Pfalz 2020

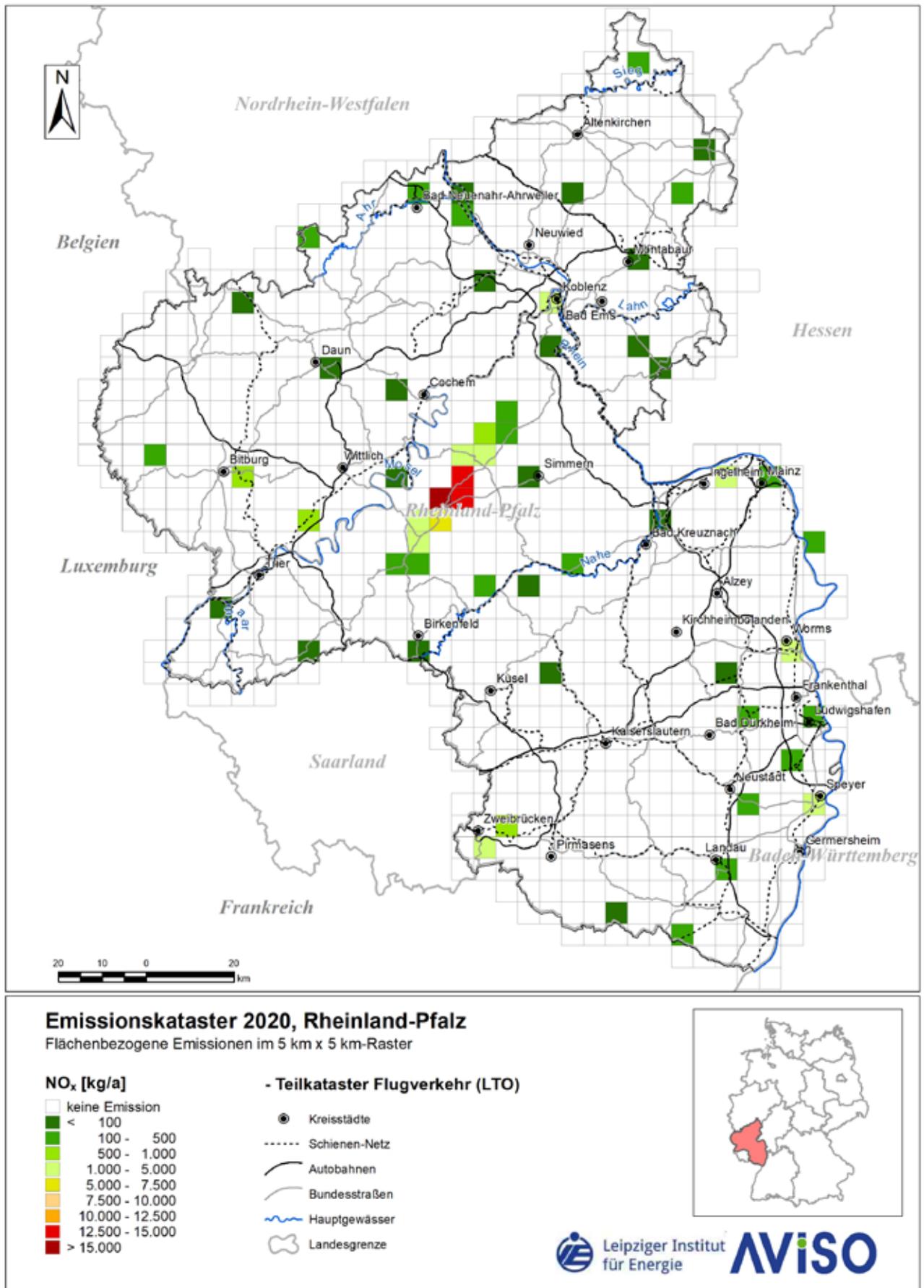


Abb. 5.8: Räumliche Verteilung der Stickoxid-Emissionen (NO_x als NO₂) des Flugverkehrs in Rheinland-Pfalz 2020

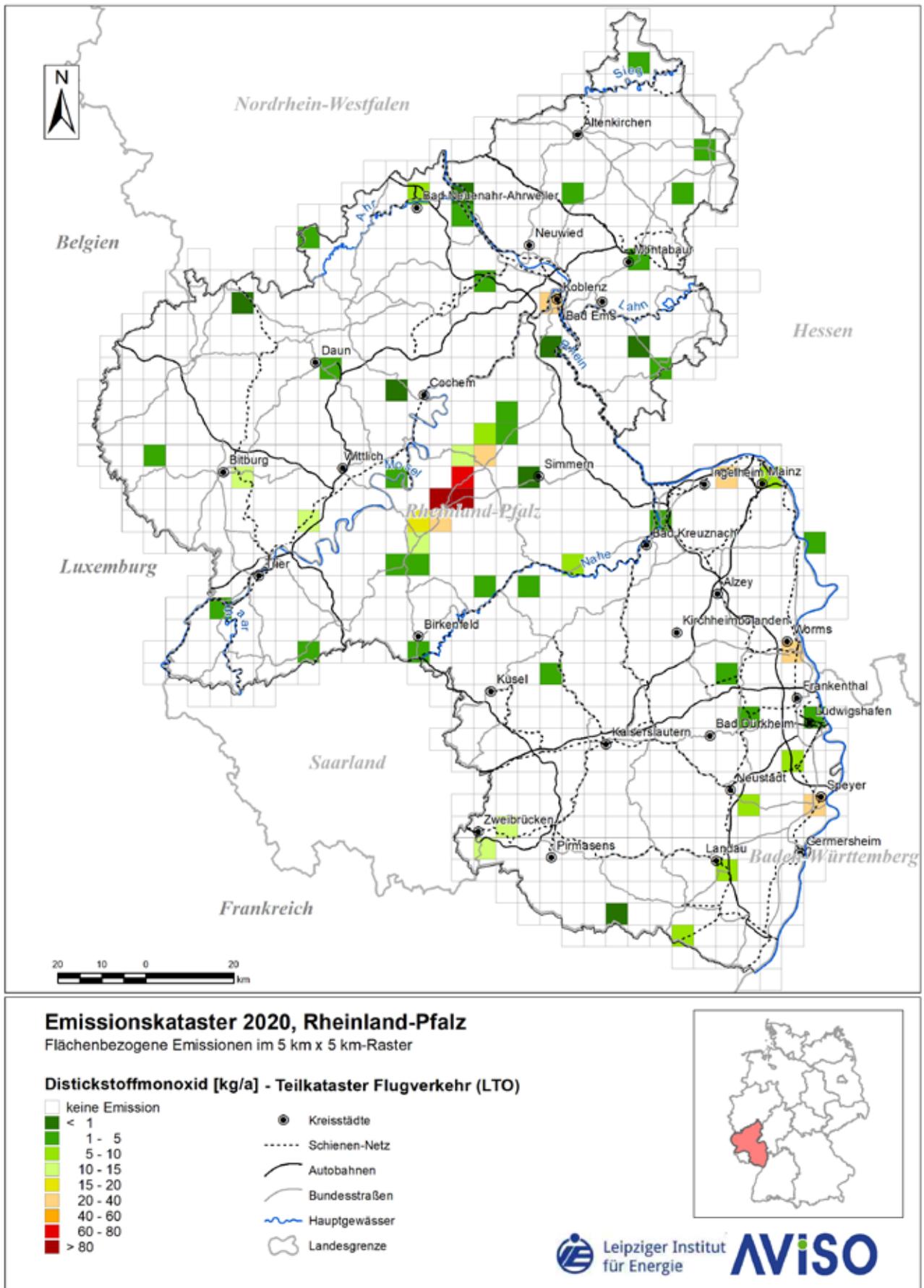


Abb. 5.9: Räumliche Verteilung der Distickstoffmonoxid-Emissionen (N_2O) des Flugverkehrs in Rheinland-Pfalz 2020

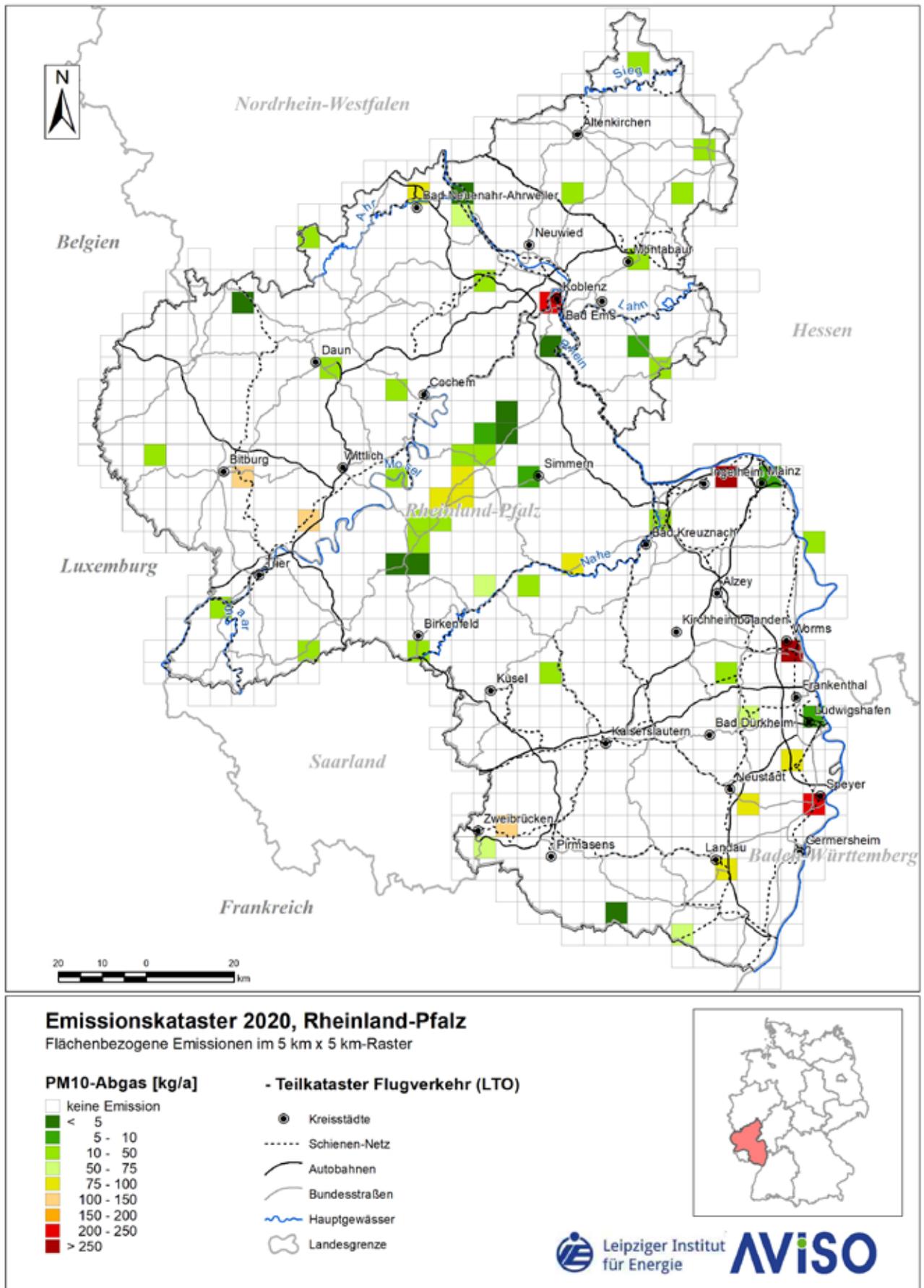


Abb. 5.10: Räumliche Verteilung der PM10-Feinstaub-Emissionen des Flugverkehrs in Rheinland-Pfalz 2020

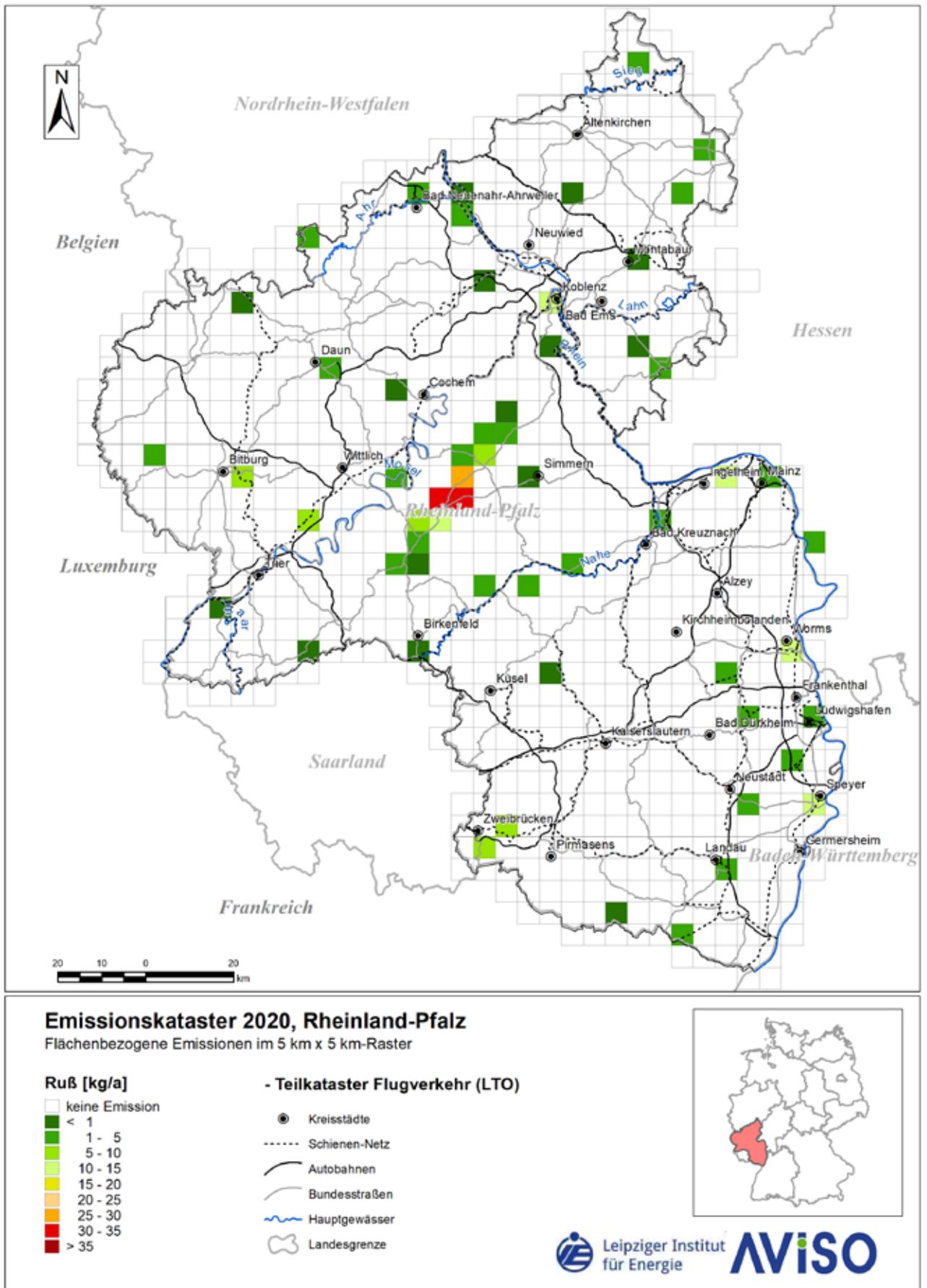


Abb. 5.11: Räumliche Verteilung der Ruß-Emissionen des Flugverkehrs in Rheinland-Pfalz 2020

5.2 Überflug

Zusätzlich zu den Emissionen des bodennahen Flugverkehrs (LTO-Zyklus) wurden die Emissionen aus dem zivilen Flugverkehr oberhalb 3.000 ft über Rheinland-Pfalz ermittelt. Sie werden als Gesamtsumme je Schadstoff ausgewiesen und setzen sich zusammen aus den reinen Überflügen und aus den Flügen oberhalb 3.000 ft, die von Flughäfen und Verkehrslandeplätzen in Rheinland-Pfalz starten bzw. landen. Die Berechnung erfolgte innerhalb des entsprechenden Modules des Modells airTEIM3D.

Zur vollständigen Erfassung aller Rheinland-Pfalz überfliegenden Luftfahrzeuge oberhalb von 3.000ft war eine Auswertung der einzelnen Flugrouten erforderlich. Diese Flugverläufe werden bei der Deutschen Flugsicherung (DFS), die den deutschen Luftraum überwacht, vorgehalten und wurden zur weiteren Auswertung für das gesamte Jahr 2019 vom LfU beschafft /DFS 2020/. Sie bildeten eine zentrale Datengrundlage für die durchgeführte Emissionsberechnung.

Die Datenlieferung der DFS basiert auf den angegebenen Flugplänen aller meldepflichtigen Flüge und dazu korrelierten, auf Rasterdaten basierenden Flugverlaufsdaten. Die Flugpläne enthalten Informationen zum Luftfahrzeug, den Start- und Zielflughäfen (ICAO-Code), der geplanten Flugroute und -höhe, dem Zweck des Fluges etc.. Meldepflichtig sind generell alle vollständig oder teilweise nach Instrumentenflugregeln (IFR) durchgeführten Flüge. Nach Aussage der Deutschen Flugsicherung trifft dies auf Flüge von Verkehrslandeplätzen praktisch nicht zu, da dort überwiegend kleine Maschinen nach Sichtflugregeln (VFR) starten und landen.

Die Flugspuren werden von der DFS in Form von 365 CSV-Dateien bereitgestellt. Eine CSV-Datei enthält die Flugspuren aller Flüge eines Tages und somit für jeden Flug jeweils im ca. 30 Sekunden Abstand eine Radar-Information zum Aufenthaltsort (geografische Koordinaten), der Flughöhe (als flight level) und weiteren Daten des entsprechenden Flugplans. Sämtliche Informationen wurden im GIS-System (ArcGIS) zu einer FileGeodatabase zusammengeführt. Im nächsten Arbeitsschritt erfolgte die Begrenzung der insgesamt über 34 Mio. Radarpunkte auf die Landesfläche von Rheinland-Pfalz. Die danach verbliebenen Radarpunkte repräsentieren den Flugverlauf von über 900.000 Flügen. Einige wenige nicht plausible Flugverläufe wurden aus dem Datenpool entfernt, für alle übrigen wurden mittels eigens hierfür erstellter Auswerteroutinen (VB.NET, ArcObjects) die Fluglänge und Flugdauer in den Höhenbereichen bis 3.000ft, zwischen 3.000ft und 30.000ft und über 30.000ft ermittelt. Als weitere Attribute sind für jeden Flug der Start- und Zielflughafen (ICAO-Code) sowie das Flugzeugmodell, welches eine Einteilung in Gewichtsklassen ermöglicht, enthalten.

Im Ergebnis liegen Informationen zu Fluglänge und Flugdauer, jeweils für die Bereiche >3.000ft bis <=30.000ft und >30.000ft für alle meldepflichtigen Flüge innerhalb des Gebietes von Rheinland-Pfalz vor (Tab. 5.6).

Tab. 5.6: Angaben zur Summe der Fluglänge der Überflüge über Rheinland-Pfalz 2019, in km/a

Flughafenname	MTOM-Klasse	Fluglänge in km			
		3.000ft bis 30.000ft		über 30.000ft	
		International	National	International	National
Hahn Airport	heavy	444.049,7	12.432,9	3.200,9	54,4
Hahn Airport	light	18.495,9	87.923,5	42,4	-
Hahn Airport	medium	982.435,6	73.502,2	13.527,8	170,4
Worms Airport	light	-	271,0	-	-
Finthen Airport	light	-	3.100,8	-	-
Ahrweiler Airport	light	-	174,1	-	-
Bitburg Airport	light	20,7	157,3	-	-
Oberstein/Gottschied Airport	light	-	12,4	-	-
Koblenz Winningen Airport	light	12.727,0	20.676,4	-	-
Koblenz Winningen Airport	medium	5.176,5	9.030,4	340,3	-
Zweibrücken Airport	light	-	824,6	-	-
Trier Föhren Airport	light	-	1.419,4	-	-
Speyer Airport	light	43.745,2	24.648,5	5.880,2	-
Speyer Airport	medium	28.584,1	2.737,3	3.306,7	-
Zweibrücken AB Airport	heavy	-	1.691,2	-	-
Zweibrücken AB Airport	light	29.108,6	56.294,3	-	7,3
Zweibrücken AB Airport	medium	1.627,9	3.646,8	4,7	-
Spangdahlem Airport	heavy	717,0	167,4	212,9	-
Spangdahlem Airport	medium	1.948,3	14.434,3	149,0	3.137,4
Ramstein Airport	heavy	4.892,2	416,0	136,6	61,8
Ramstein Airport	medium	1.093,6	790,3	-	-
Buchel Airport	medium	151,4	2.349,5	-	178,9
Überflug RP	heavy	6.747.884,6	68.089,0	10.575.187,6	3.019,5
Überflug RP	light	525.747,5	154.041,3	416.443,5	1.289,8
Überflug RP	medium	22.303.657,9	1.602.378,7	43.283.289,6	62.120,1
Summe insgesamt		31.152.063,9	2.141.209,6	54.301.722,3	70.039,8

Die auf dieser Basis ermittelten Emissionen sind in Tab. 5.7 aufgeführt. Der Kraftstoffverbrauch der Überflüge liegt bei 277 kt/a und die dadurch verursachten CO₂-Emissionen bei 863 kt/a. Die NO_x-Emissionen liegen bei 3,5 kt/a.

Tab. 5.7: Emissionen aus Überflügen über Rheinland-Pfalz im Jahr 2020

Schadstoff		3.000ft bis 30.000ft		über 30.000ft		Gesamt
		national	international	national	international	
KV	t/a	103.281	155	169.404	277.045	549.886
CO ₂	t/a	325.336	489	533.624	872.700	1.732.149
Benzol	kg/a	81	1.962	3	3.219	5.265
CH ₄	kg/a	1	0	0	0	1
NMVO	kg/a	4.222	103.281	155	169.404	277.063
CO	kg/a	9.507	113.609	310	186.345	309.771
N ₂ O	kg/a	421	10.328	16	16.940	27.705
NO _x	kg/a	43.374	1.321.999	1.599	2.168.377	3.535.349
PM	kg/a	844	20.656	31	33.881	55.412
SO ₂	kg/a	925	20.656	34	33.881	55.496

Die Überflüge über 3.000 ft verteilen sich flächig über das gesamte Gebiet von Rheinland-Pfalz (vgl. Abb. 5.12),

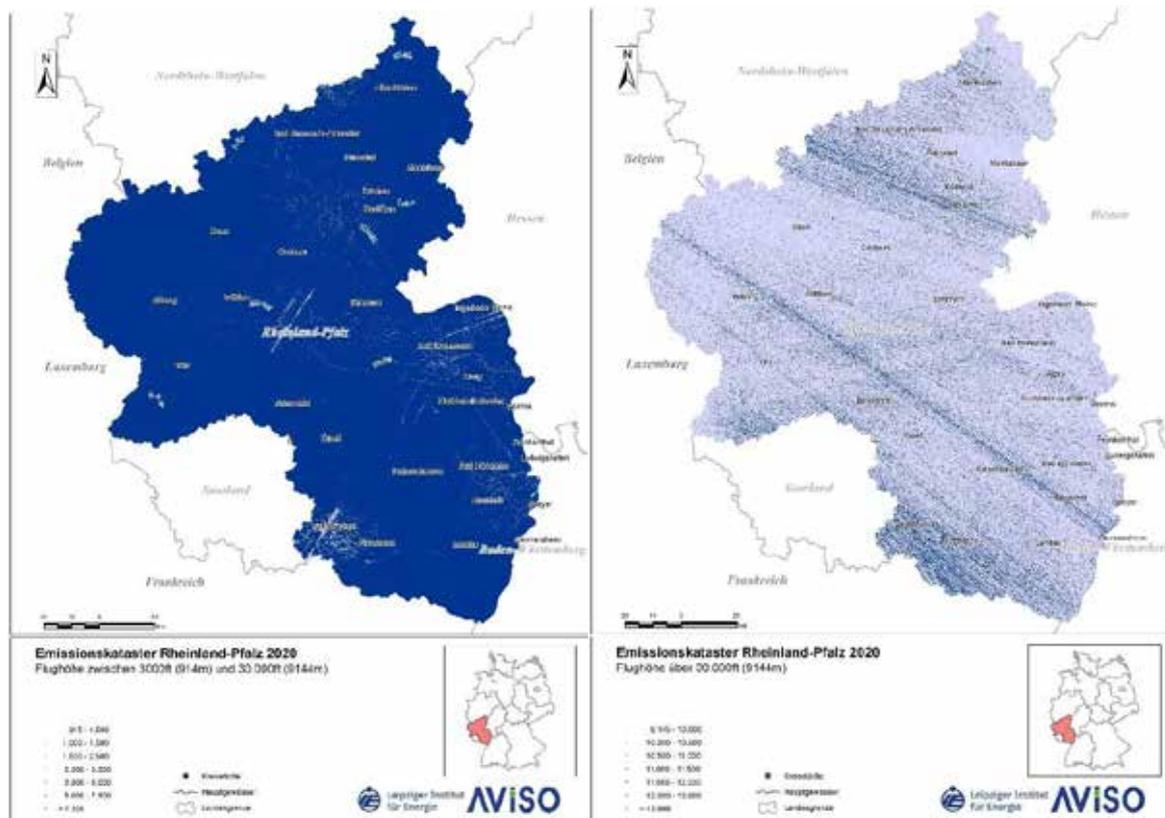


Abb. 5.12: Flugspuren der Überflüge im Bereich 3.000 bis 30.000 ft (links) und über 30.000ft (rechts) über Rheinland-Pfalz 2020

Für die Rasterung im 5 km x 5 km Raster wurden die Emissionen aus den Überflügen in die zwei Teilbereiche unterteilt:

- Flüge >3.000 ft, die in Rheinland-Pfalz starten und landen und
- Flüge >3.000 ft, die außerhalb von Rheinland-Pfalz starten und landen und Rheinland-Pfalz nur überfliegen.

Jeder Überflug > 3.000 ft wurde entsprechend einem dieser Teilbereiche zugeordnet und dann gerastert. Im Folgenden finden sich die kartografischen Darstellungen der Rasteremissionen für diese beiden Teilbereiche.

Aufgrund der sehr geringen Methan-Emissionen wurde auf eine Rasterdarstellung der Methan-Emissionen verzichtet.

In Abb. 5.13 bis Abb. 5.20 sind die Rasteremissionen der Überflüge > 3.000ft über Rheinland-Pfalz dargestellt, die in Rheinland-Pfalz entweder starten oder landen. Deutlich zeigt sich auch hier die Dominanz des Flughafens Hahn, ähnlich wie bei den bodennahen LTO-Emissionen.

Dagegen sind in Abb. 5.21 bis Abb. 5.28 die Rasteremissionen der Überflüge >3.000 ft dargestellt, die außerhalb von Rheinland-Pfalz starten und laden. Hier ist die Nähe des Flughafens Frankfurt gut zu erkennen, da die meisten höheren Emissionen entlang von vielgenutzten Flurouten ausgerichtet auf den Flughafen Frankfurt auftreten.

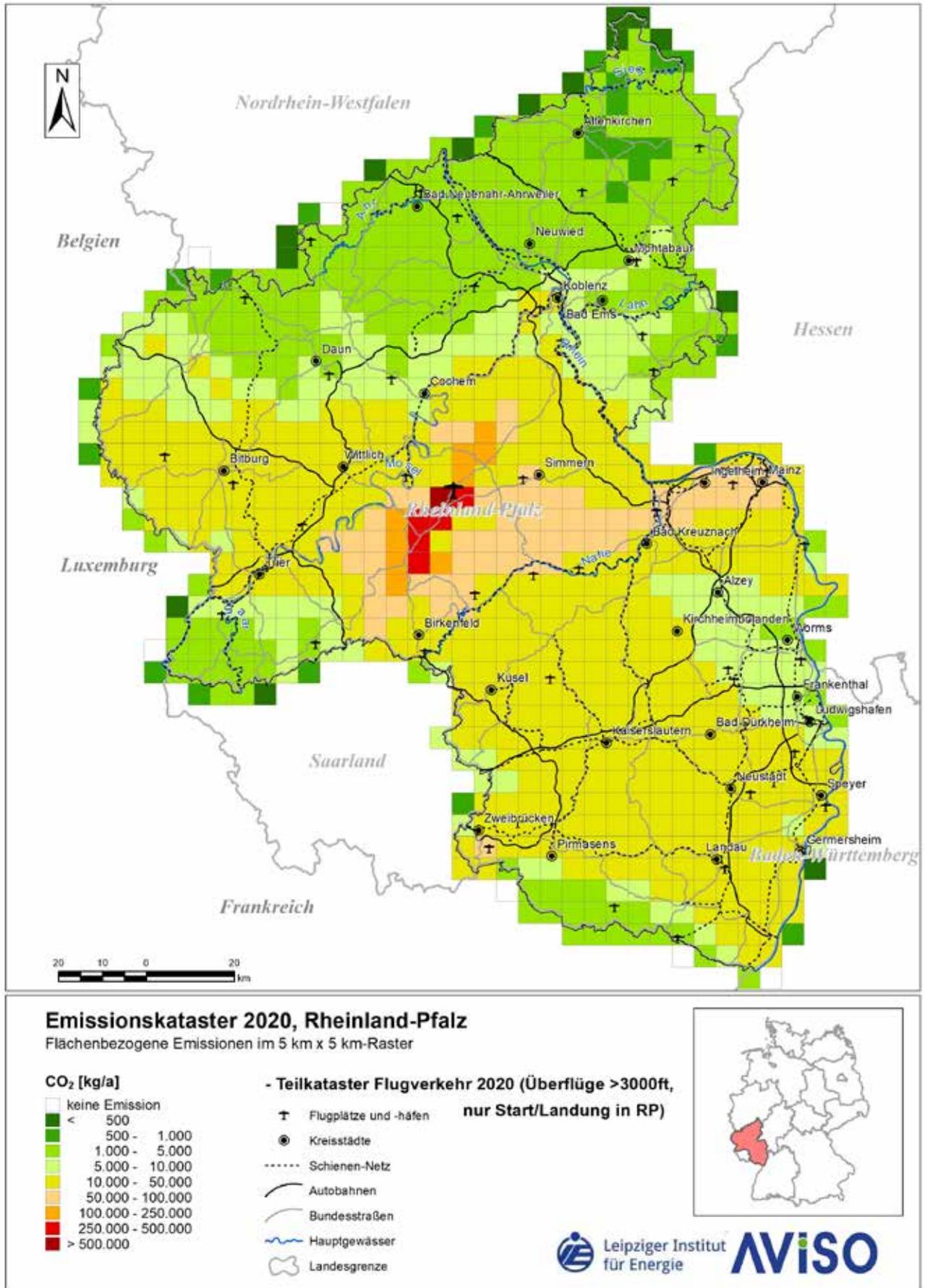


Abb. 5.13: Räumliche Verteilung der CO₂-Emissionen der Überflüge >3.000 ft, die in Rheinland-Pfalz starten oder landen, 2020

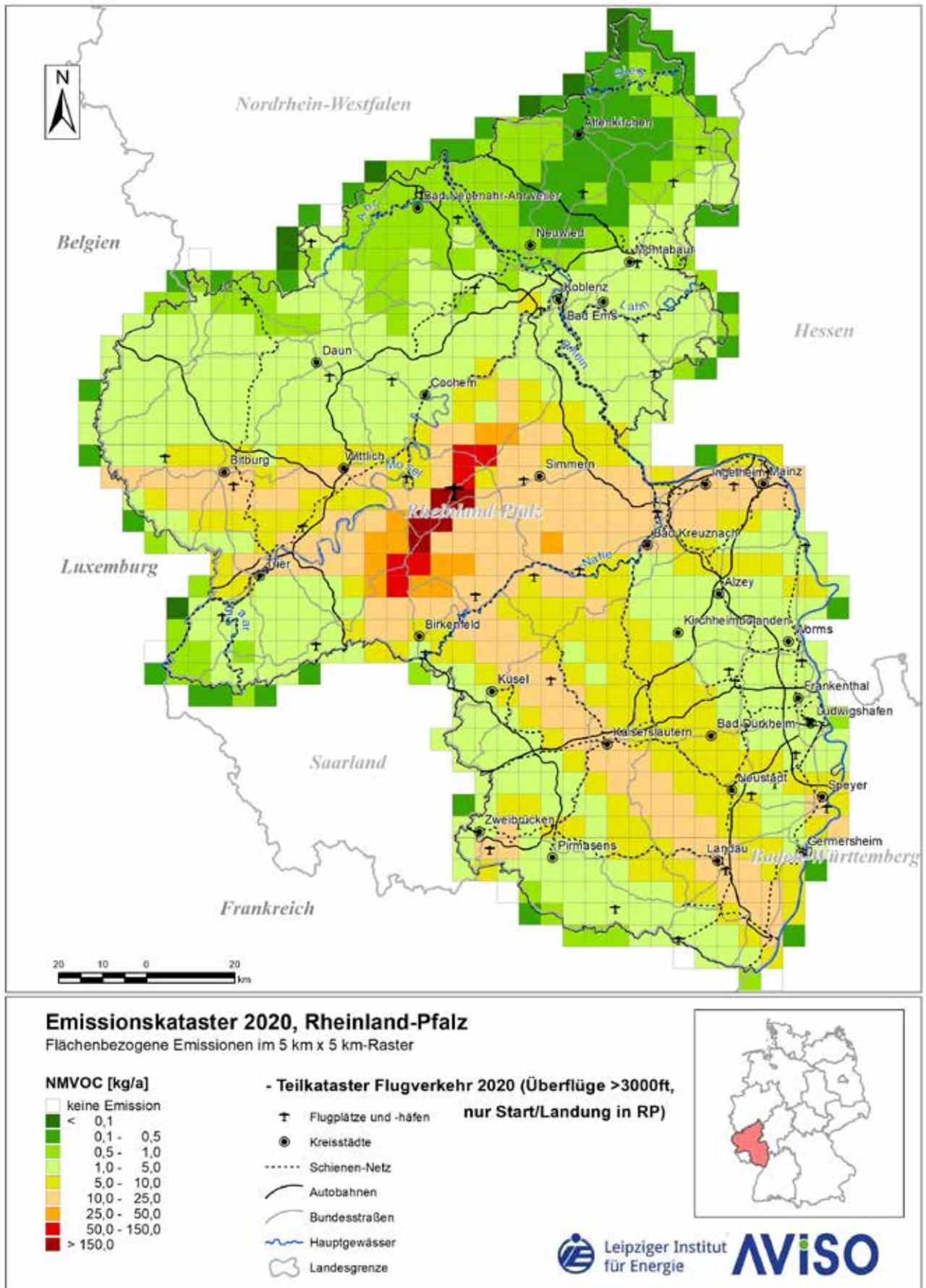


Abb. 5.14: Räumliche Verteilung der NMVOC-Emissionen (ohne Methan) der Überflüge >3.000 ft, die in Rheinland-Pfalz starten oder landen, 2020

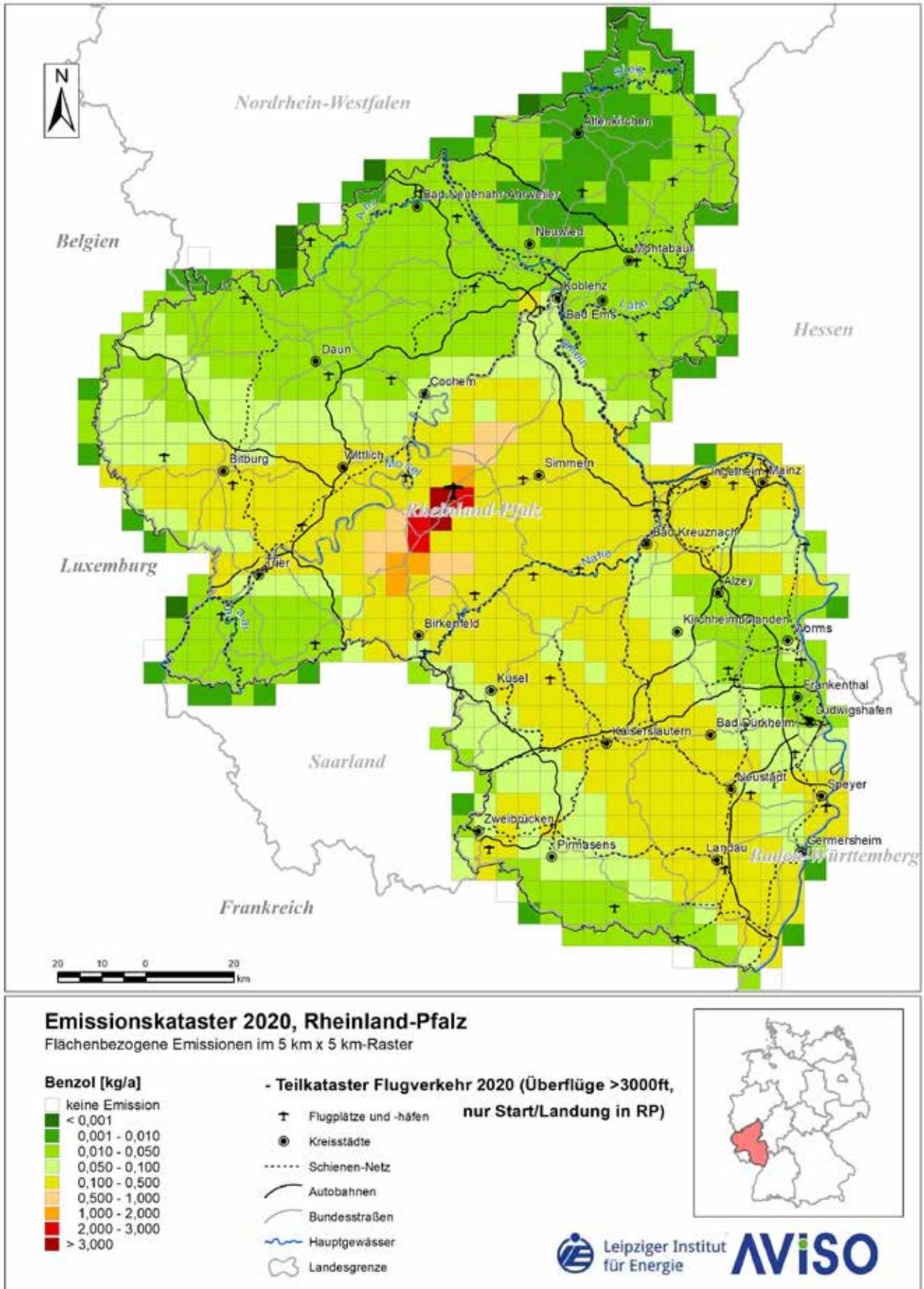


Abb. 5.15: Räumliche Verteilung der Benzol-Emissionen (C₆H₆) der Überflüge >3.000 ft, die in Rheinland-Pfalz starten oder landen, 2020

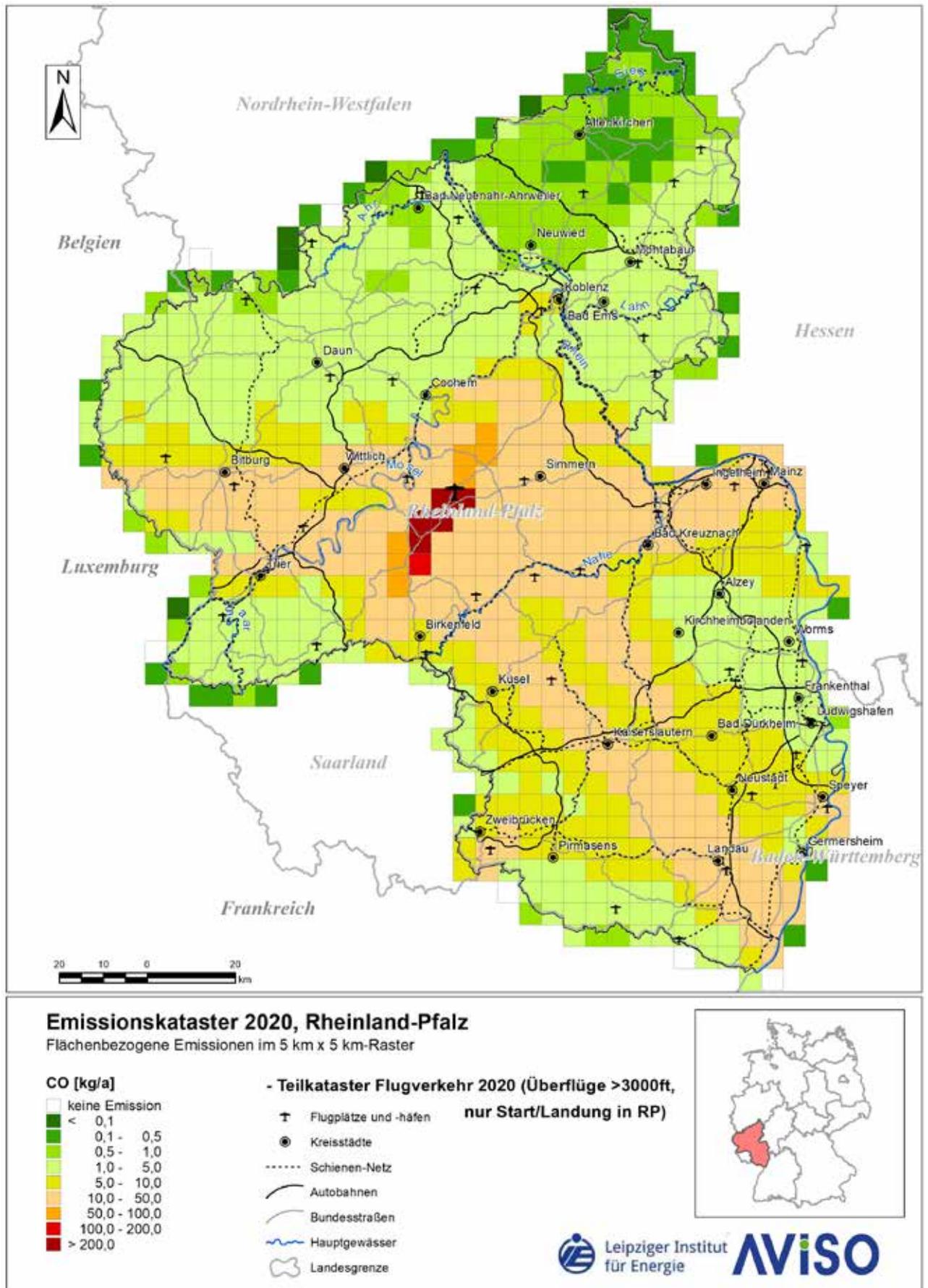


Abb. 5.16: Räumliche Verteilung der Kohlenmonoxid-Emissionen (CO) der Überflüge >3.000 ft, die in Rheinland-Pfalz starten oder landen, 2020

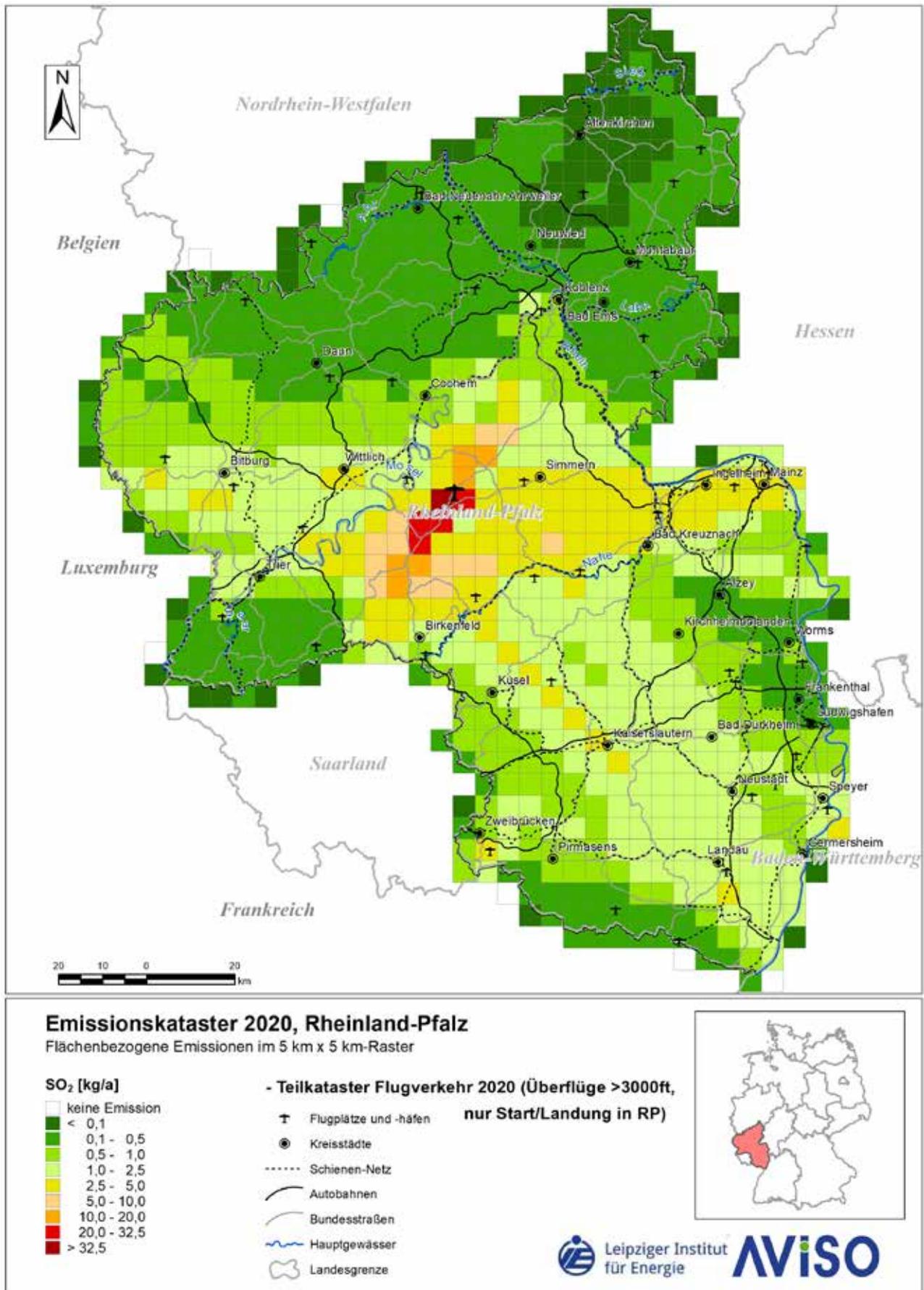


Abb. 5.17: Räumliche Verteilung der Schwefeldioxid-Emissionen (SO₂) der Überflüge >3.000 ft, die in Rheinland-Pfalz starten oder landen, 2020

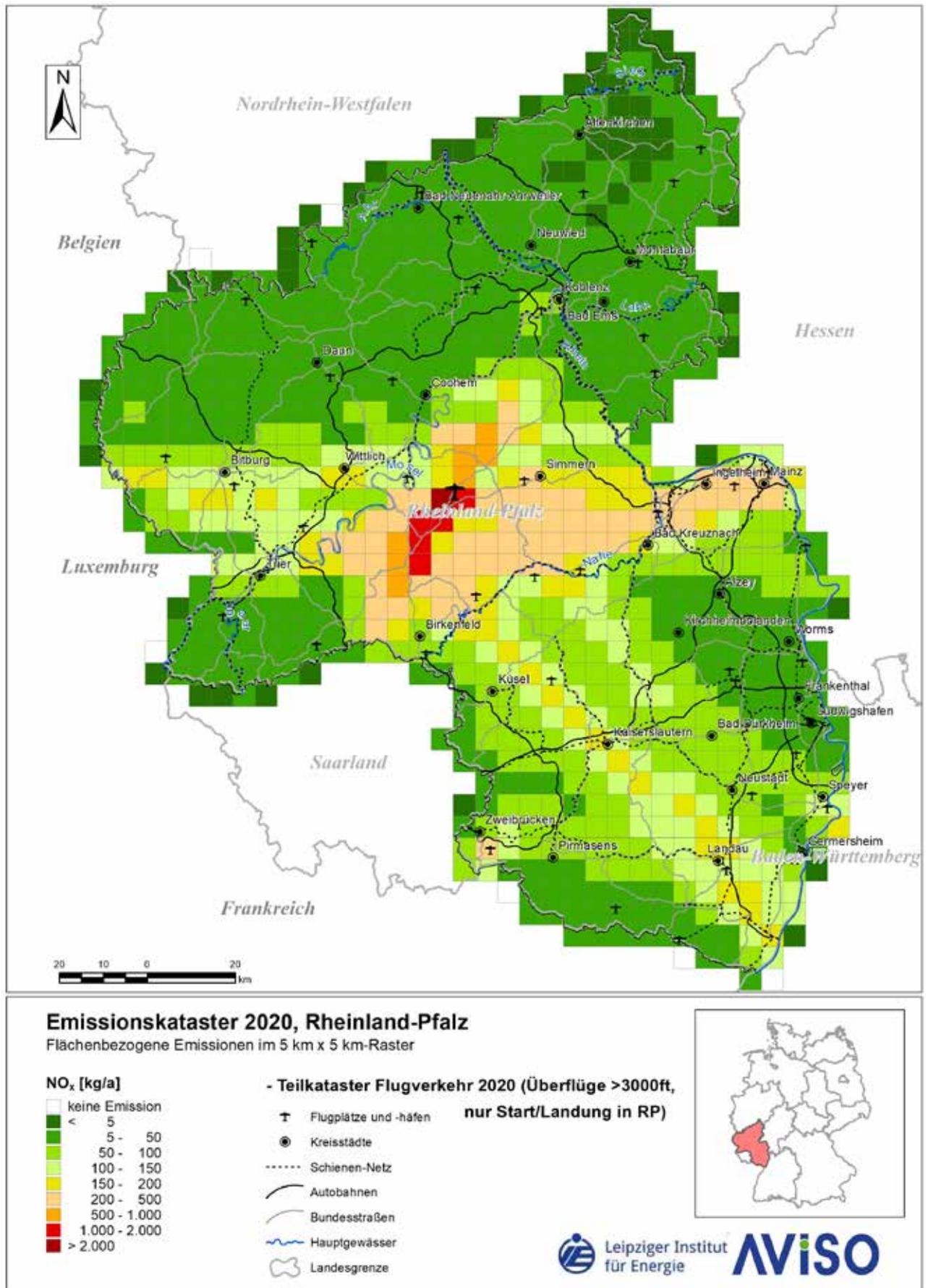


Abb. 5.18: Räumliche Verteilung der Stickoxid-Emissionen (NO_x als NO₂) der Überflüge >3.000 ft, die in Rheinland-Pfalz starten oder landen, 2020

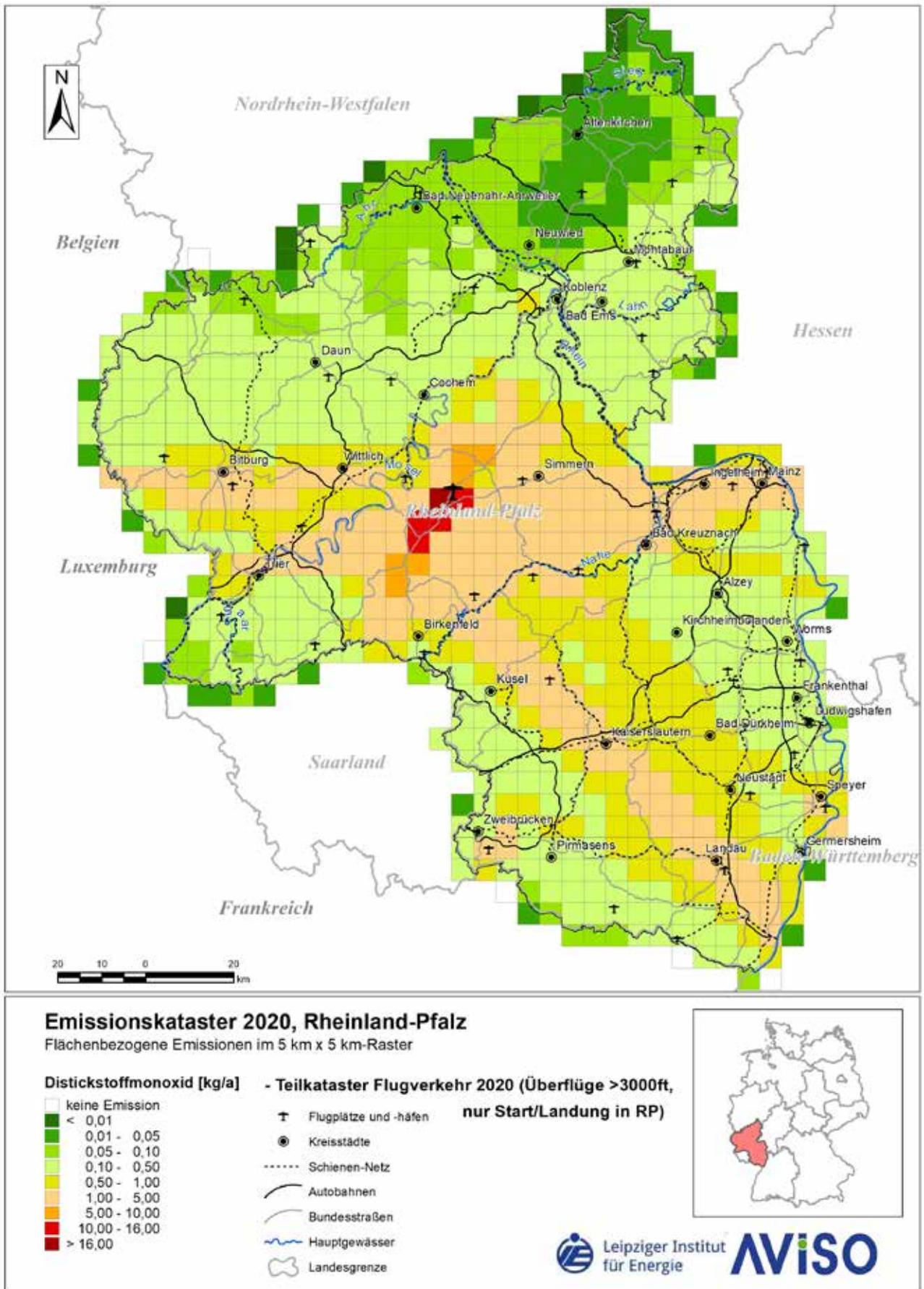


Abb. 5.19: Räumliche Verteilung der Distickstoffmonoxid-Emissionen (N₂O) der Überflüge >3.000 ft, die in Rheinland-Pfalz starten oder landen, 2020

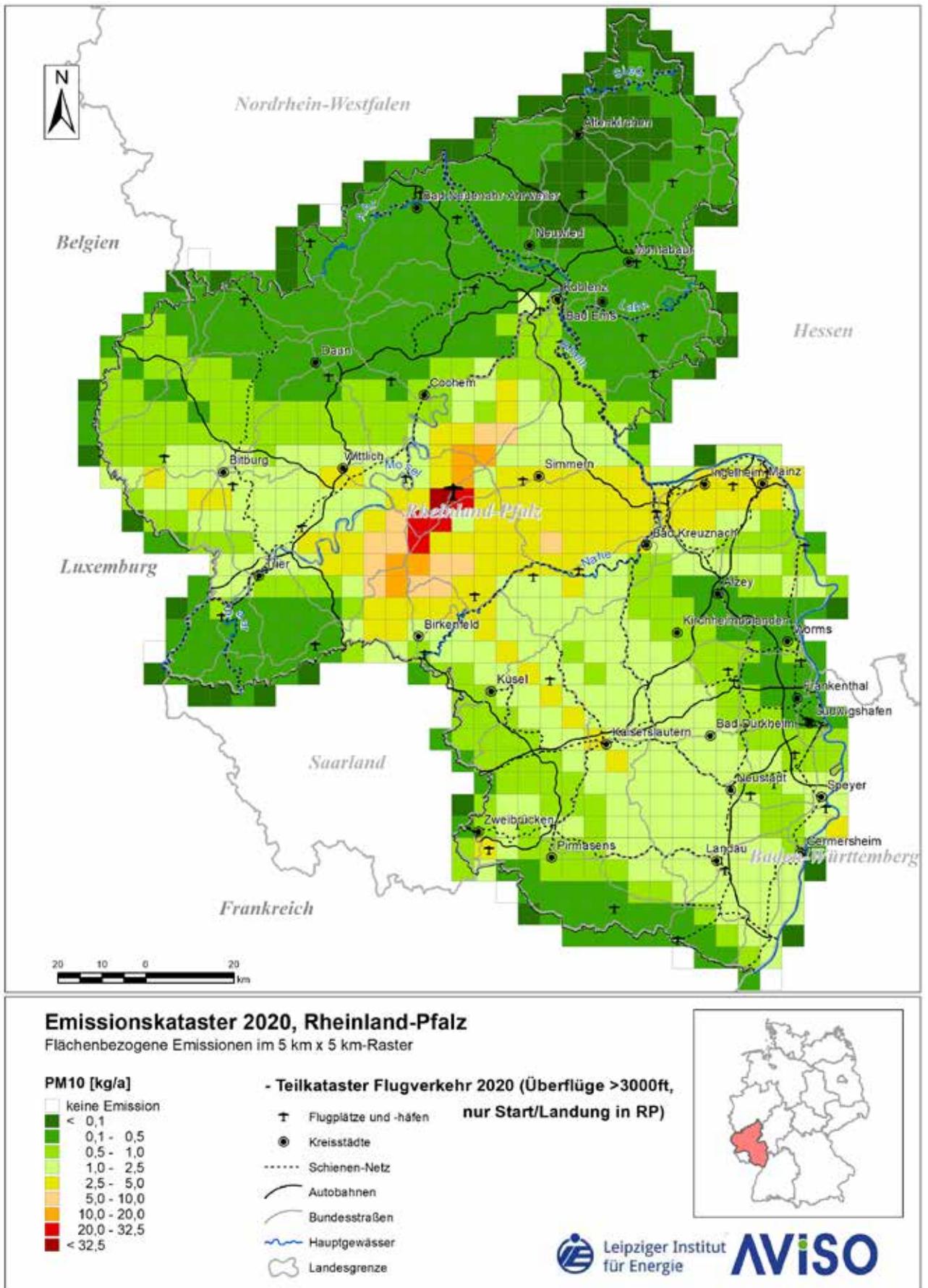


Abb. 5.20: Räumliche Verteilung der PM10-Feinstaub-Emissionen der Überflüge >3.000 ft, die in Rheinland-Pfalz starten oder landen, 2020

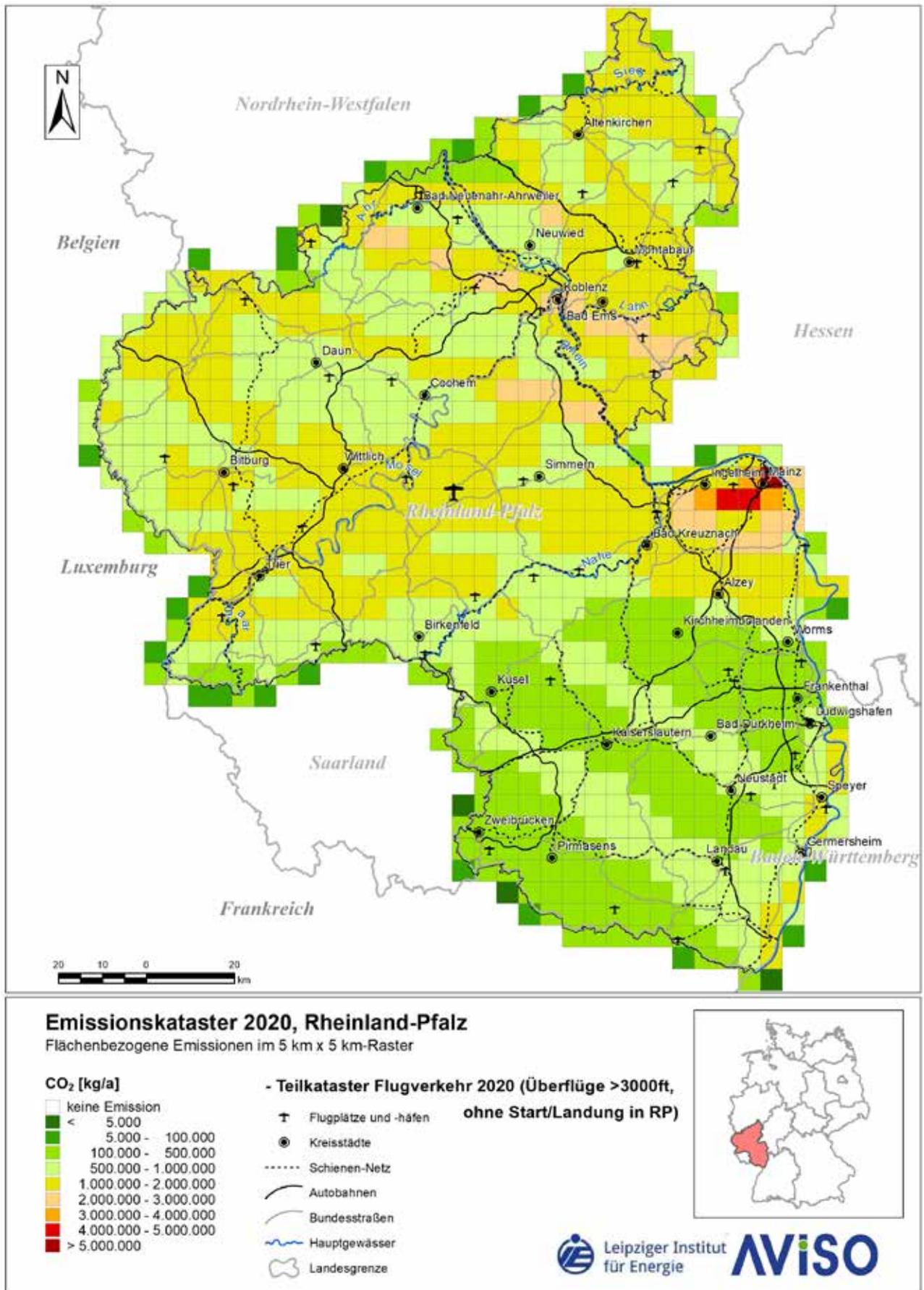


Abb. 5.21: Räumliche Verteilung der CO₂-Emissionen der Überflüge >3.000 ft, die außerhalb von Rheinland-Pfalz starten und landen, 2020

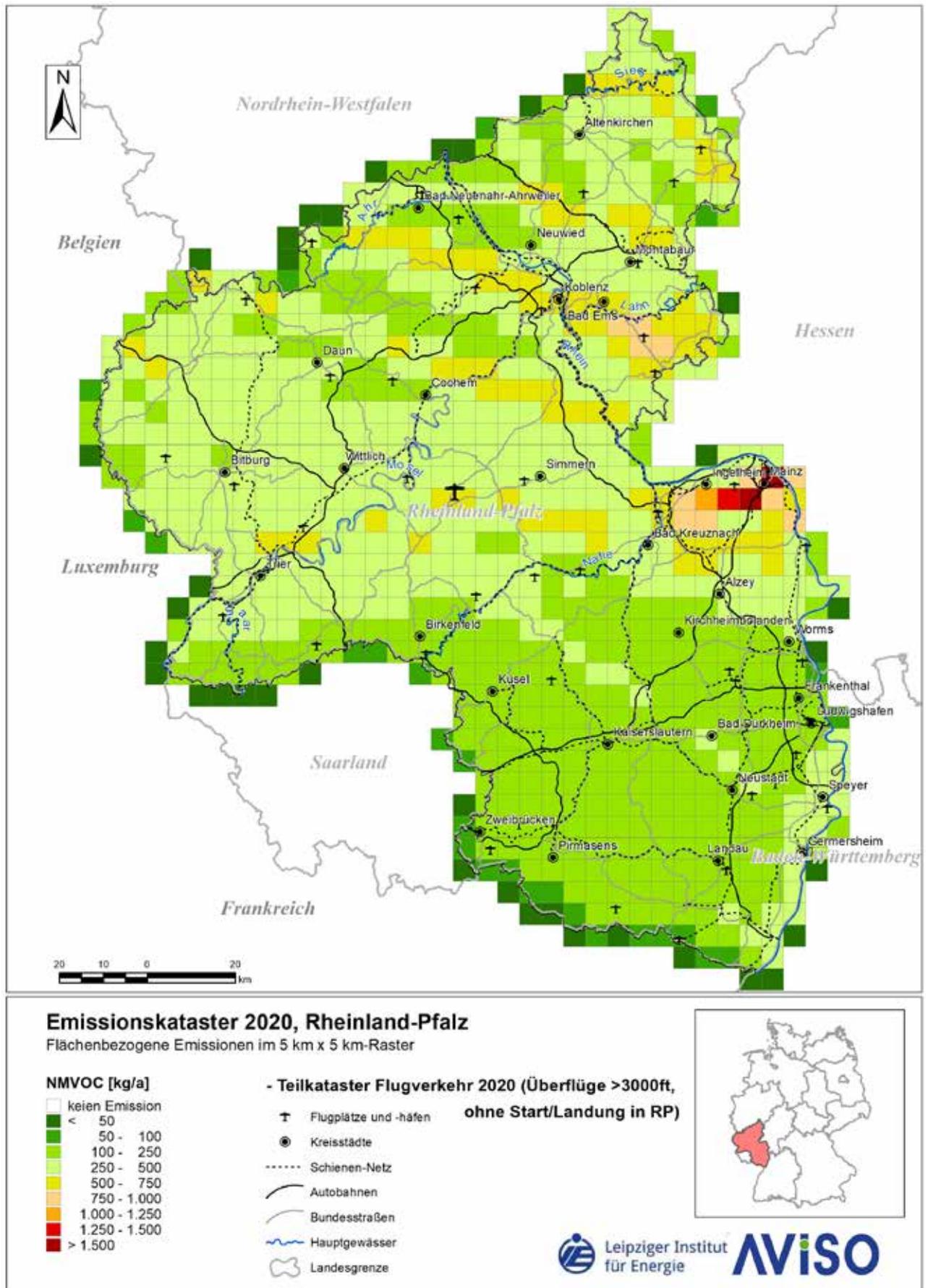


Abb. 5.22: Räumliche Verteilung der NMVOC-Emissionen (ohne Methan) der Überflüge >3.000 ft, die außerhalb Rheinland-Pfalz starten und landen, 2020

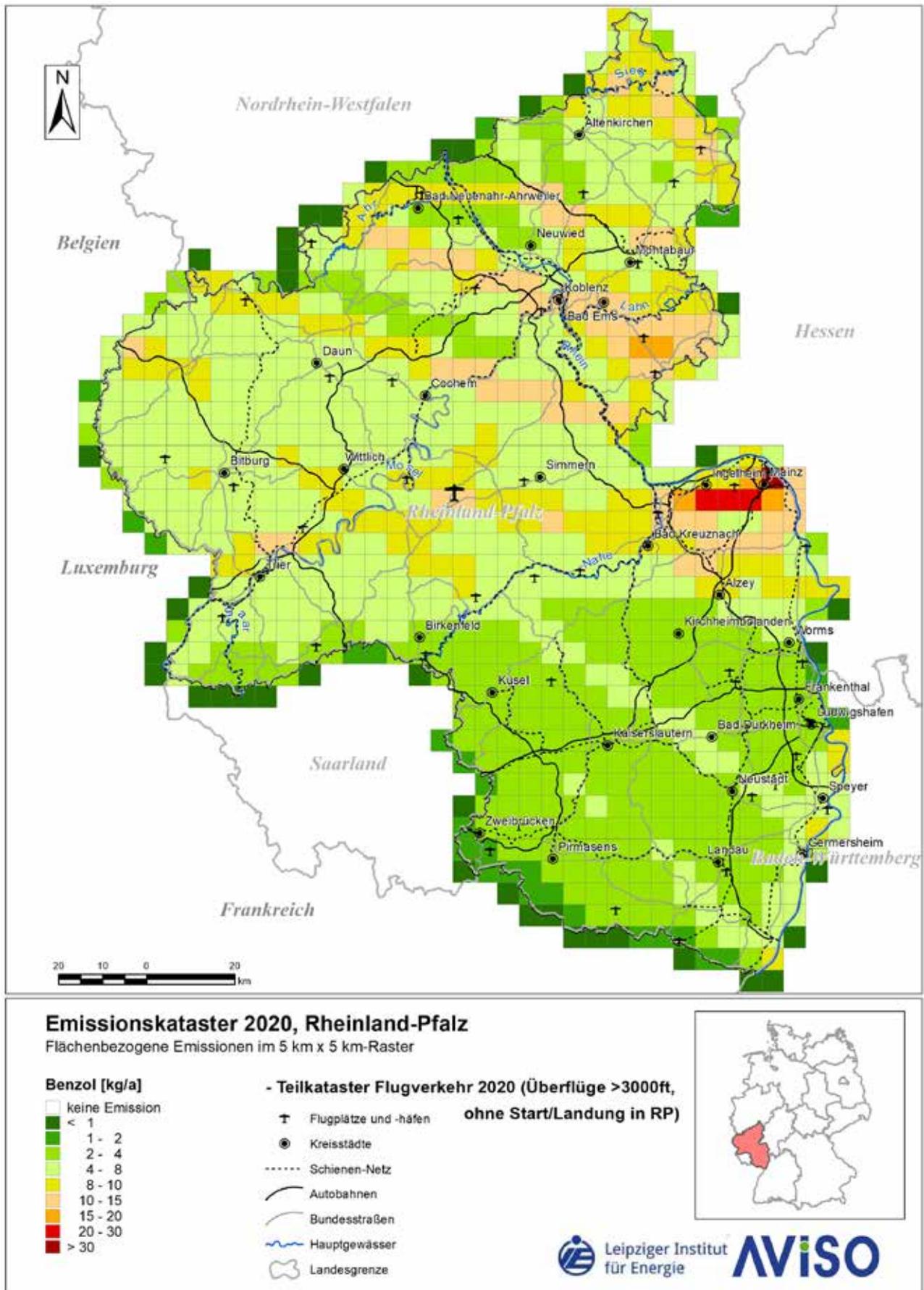


Abb. 5.23: Räumliche Verteilung der Benzol-Emissionen (C₆H₆) der Überflüge >3.000 ft, die außerhalb von Rheinland-Pfalz starten und landen, 2020

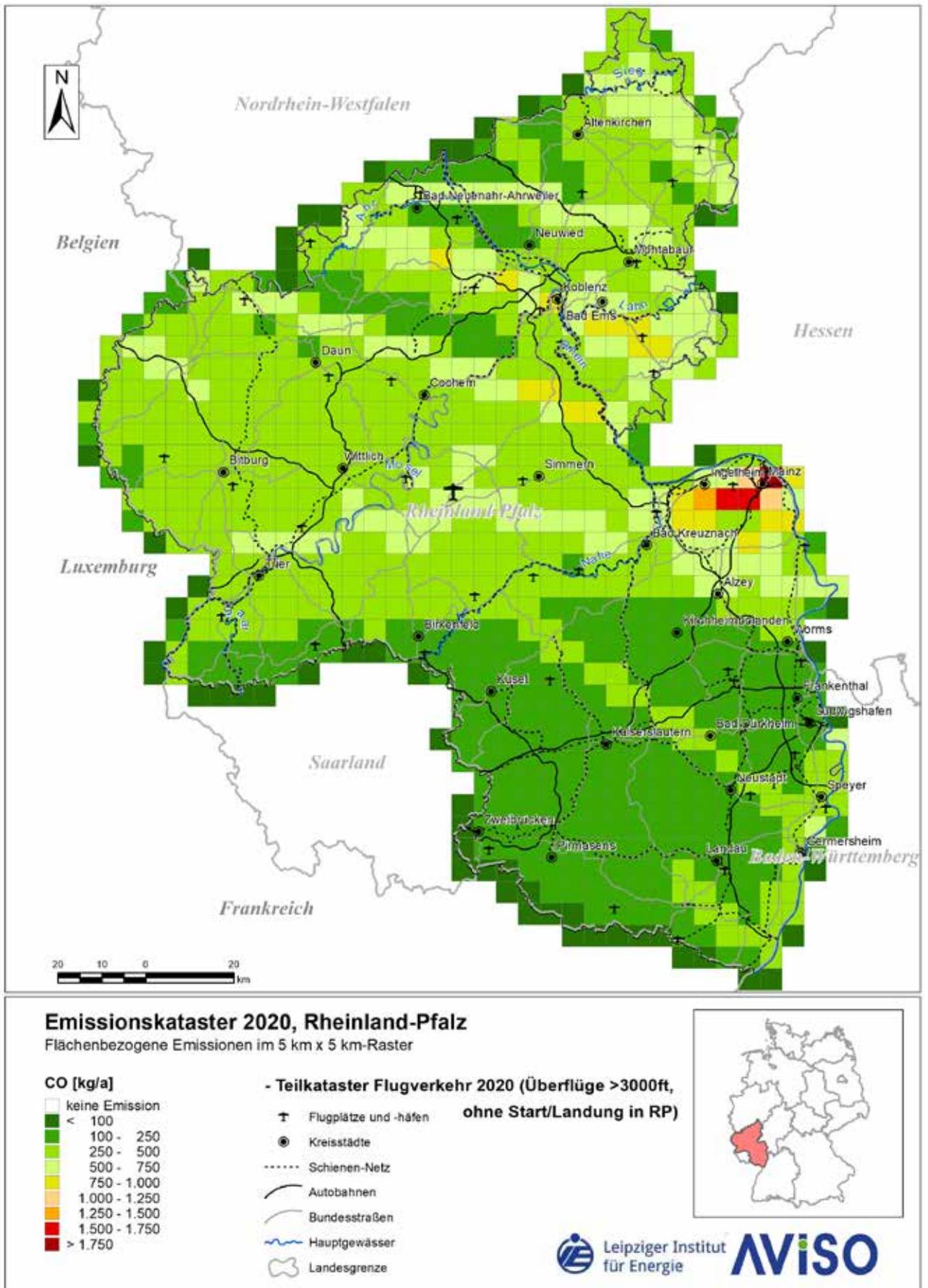


Abb. 5.24: Räumliche Verteilung der Kohlenmonoxid-Emissionen (CO) der Überflüge >3.000 ft, die außerhalb von Rheinland-Pfalz starten und landen, 2020

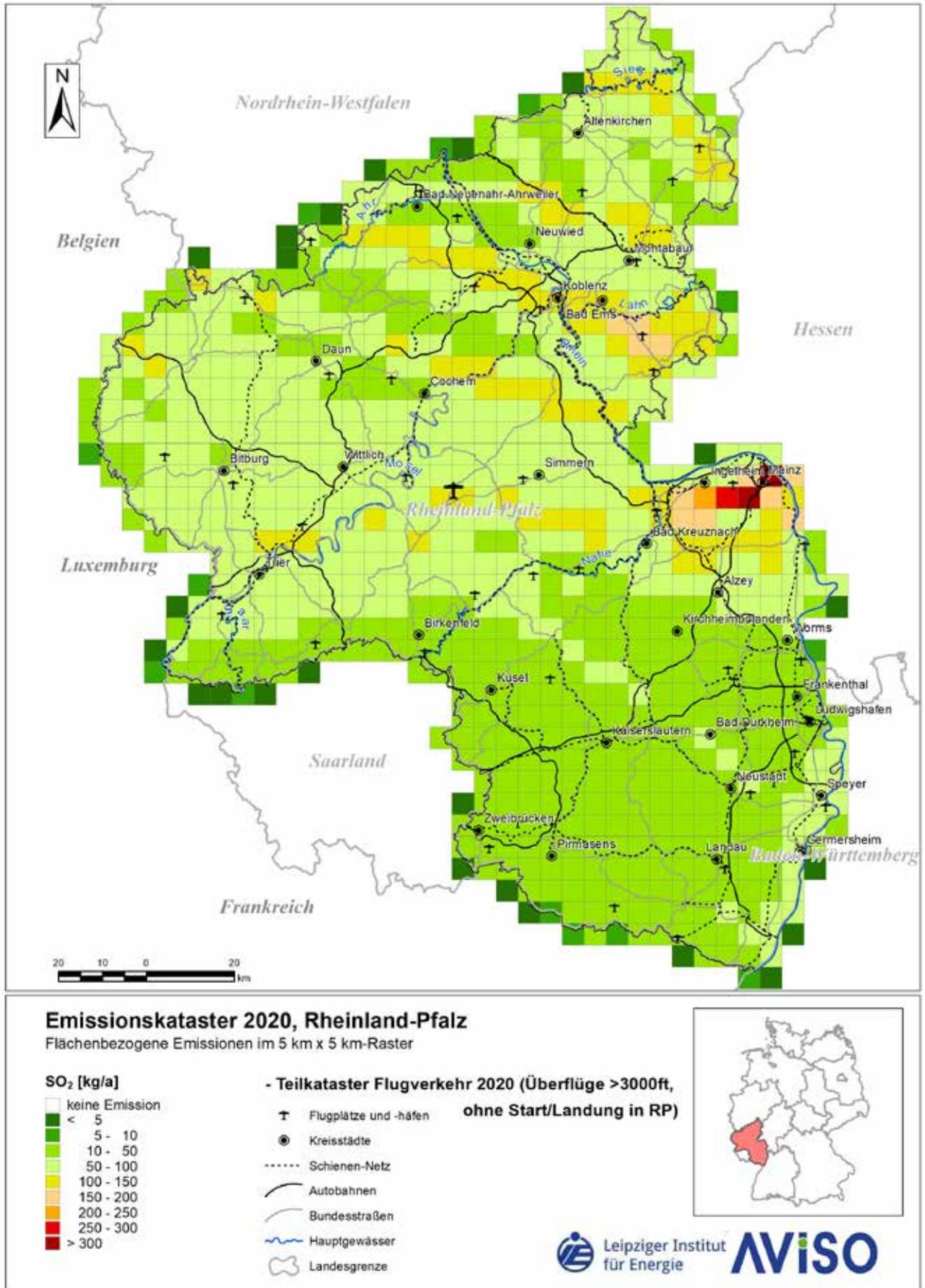


Abb. 5.25: Räumliche Verteilung der Schwefeldioxid-Emissionen (SO₂) der Überflüge >3.000 ft, die außerhalb von Rheinland-Pfalz starten und landen, 2020

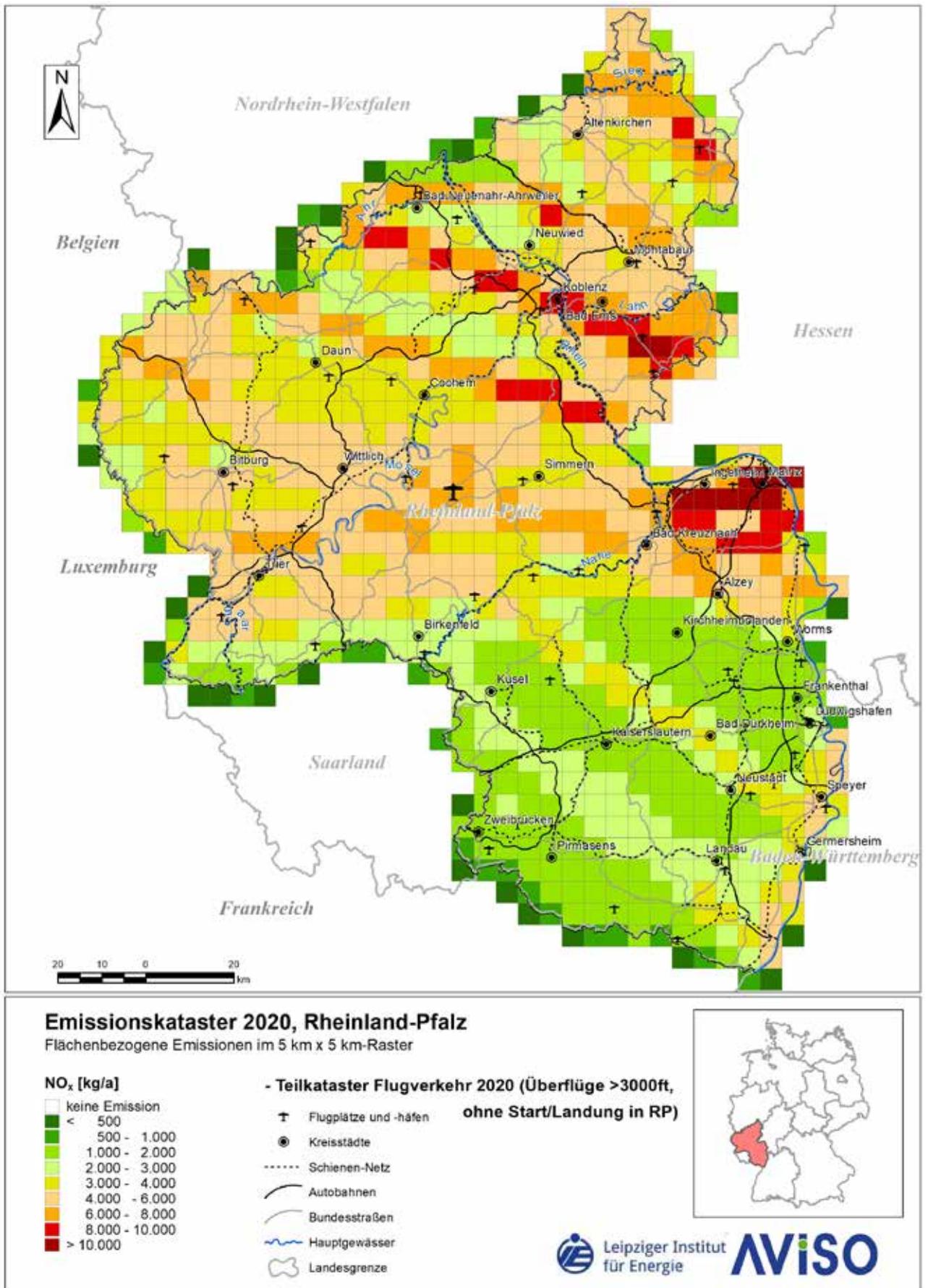


Abb. 5.26: Räumliche Verteilung der Stickoxid-Emissionen (NO_x als NO₂) der Überflüge >3.000 ft, die außerhalb von Rheinland-Pfalz starten und landen, 2020

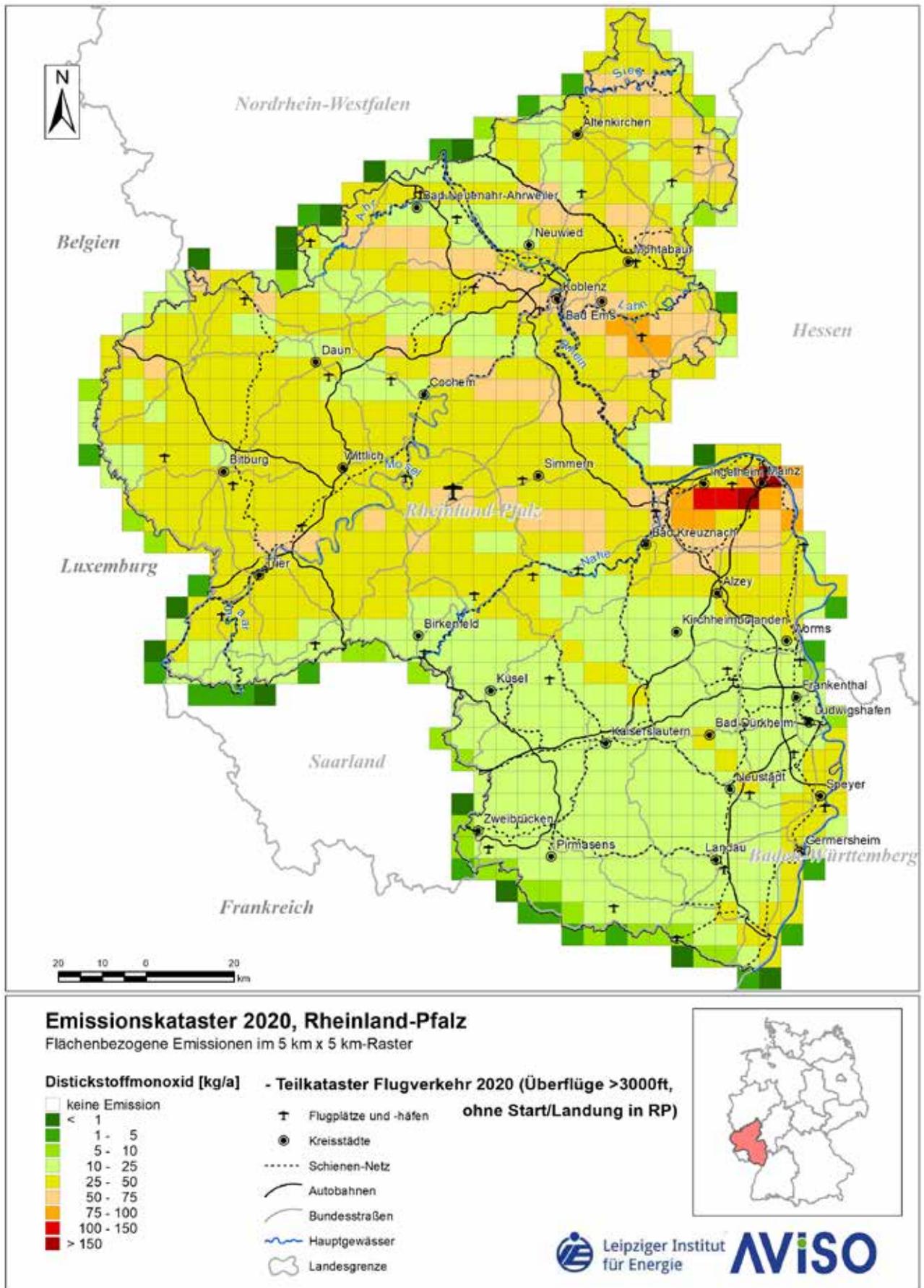


Abb. 5.27: Räumliche Verteilung der Distickstoffmonoxid-Emissionen (N₂O) der Überflüge >3.000 ft, die außerhalb von Rheinland-Pfalz starten und landen, 2020

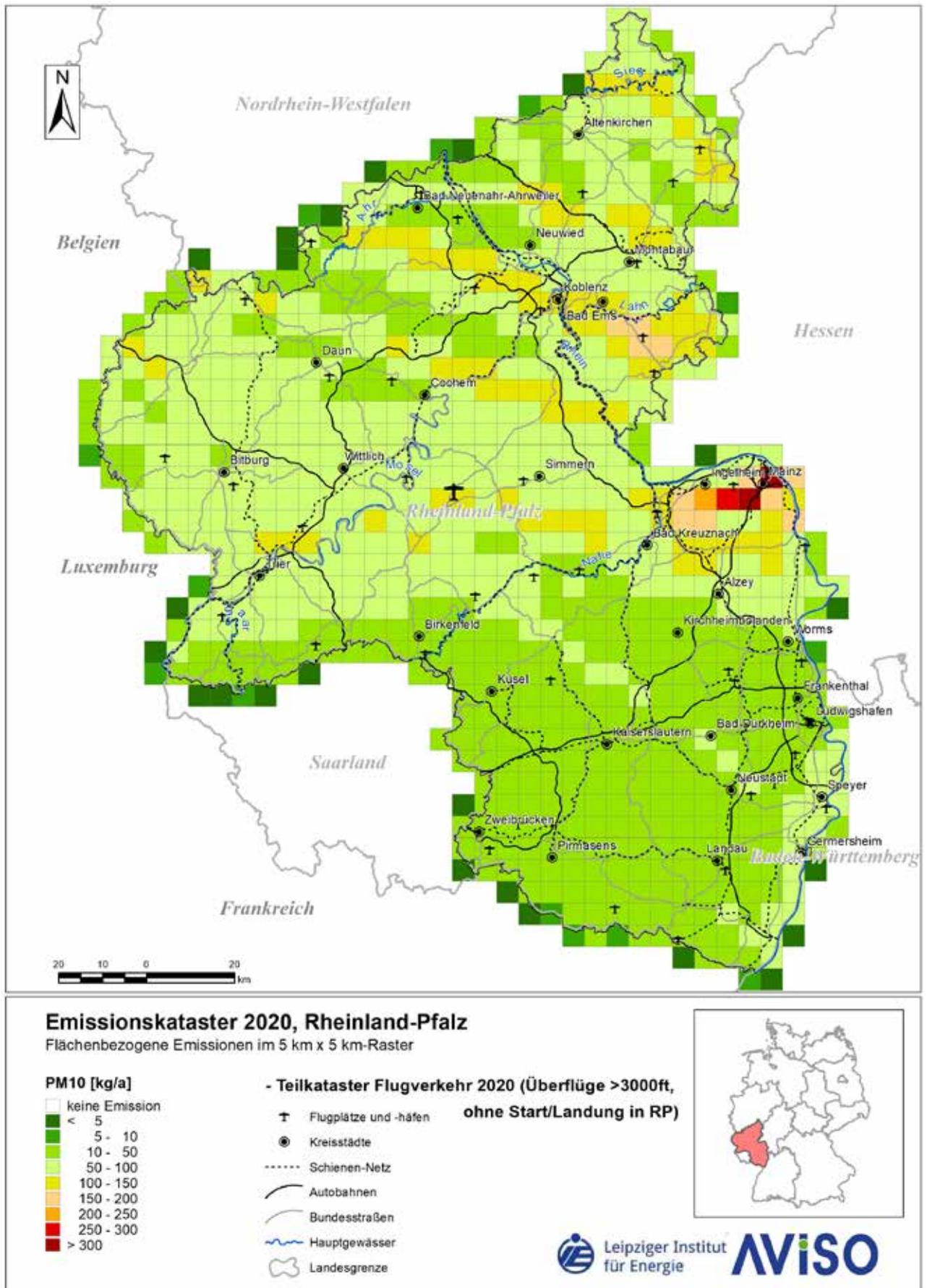


Abb. 5.28: Räumliche Verteilung der PM10-Feinstaub-Emissionen der Überflüge >3.000 ft, die außerhalb von Rheinland-Pfalz starten und landen, 2020

5.3 Fuel-Dumping

Zusätzlich werden die Emissionen aus dem Treibstoffablass (Fuel Dumping), der von Flugzeugen während des Fluges durchgeführt wurde, ausgewiesen. Hierzu wurden vom LfU Daten des Luftfahrt-Bundesamtes mit den Angaben zum Datum, der ungefähren Ortsangabe und den abgelassenen Kerosinmengen im Jahr 2020 zur Verfügung gestellt.

Gemäß dieser Aufstellung wurden im Jahr 2020 in insgesamt 3 Fällen von Flugzeugen über Rheinland-Pfalz Treibstoffmengen abgelassen. Als Grund hierfür werden in allen Fällen Testablass zu Wartungszwecken angegeben. Insgesamt handelt es sich dabei um ca. 400 kg Kraftstoff.

Tab. 5.8: Treibstoffmenge, die durch Flugzeuge während des Überflugs von Rheinland-Pfalz in 2020 abgelassen wurden

Lfd. Nr	Datum	Zivil/ Militär	Gebietsangabe	Flughöhe /Fluglevel	Treibstoffmenge in kg (ca.-Angabe)	Gründe
1	10.11.2020	Z	südöstlicher Teil Rheinland-Pfalz	FL350	200	Testablass zu Wartungszwecken
2	05.12.2020	Z	südwestlicher Teil Rheinland-Pfalz	FL350	200	Testablass zu Wartungszwecken
3	05.12.2020	Z	südwestlicher Teil Rheinland-Pfalz	FL350	unbekannt	Testablass zu Wartungszwecken
	Summe				400	

Literaturverzeichnis

DESTATIS 2020b

Fachserie 8 Reihe 6.1, Verkehr - Luftverkehr auf Hauptverkehrsflughäfen 2019, Statistisches Bundesamt (Destatis), 2020

ICAO 2014

International Civil Aviation Organisation; Engine Exhaust Emission Data Base (Annex 16, Vol II, aktuelle Ausgabe)

EPA 1995

Environmental Protection Agency, United States; FAA Aircraft Engine Emission Database (FAEED); Air Pollutant Emission Factors for Military and Civil Aircraft; <http://www.epa.gov/oms/nonrmdml.htm>, 23.11.2000

DFS 2020

Daten der Deutschen Flugsicherung (DFS), erhalten vom Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz, 2020

BAZL 2009

Guidance on the Determination of Helicopter Emissions; Bern, 2009

EMEP/EEA 2010

EMEP/EEA, Air pollutant emission inventory guidebook 2009, Updated 2010

TÜV 1998

Modellierung der Emissionen des Flugverkehrs im Nahbereich von Flughäfen, Regionalflughäfen und Verkehrslandeplätzen; Im Auftrag des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen; Köln, 1998