

3.2.2 Schadstoffemissionen

Infolge des Flughafenbetriebes entstehen Schadstoffemissionen aus unterschiedlichen Quellen. Neben den klassischen Luftschadstoffemissionen aus Verbrennungs- und Verdunstungsvorgängen ist die Emission von Partikeln infolge von Brems- und Reifenabrieb startender und insb. landender Flugzeuge möglich. Darüber hinaus erfordert der Betrieb des Flughafens in Abhängigkeit von der Witterung den Einsatz von Flächen- und Flugzeugenteisungsmitteln, welche potenziell die Gewässergüte beeinflussen können. Zu nennen ist weiterhin Betonabrieb von den Start- und Landebahnen und den Rollwegen entsteht sowie das aus dem Beton der grundwassereinbindenden Bauwerke gelöste Stoffpotenzial.

Die betriebsbedingten Luftschadstoffemissionen aus Verbrennungs- und Verdunstungsvorgängen sind Gegenstand von insgesamt drei Luftschadstoffgutachten:

- G13.1 - Luftschadstoffe - Flugverkehr
- G13.2 - Luftschadstoffe - Kfz-Verkehr und stationäre Quellen auf dem Flughafengelände
- G13.3 - Luftschadstoffe - Kfz-Verkehr und stationäre Quellen im Umland

Diese Luftschadstoffgutachten berücksichtigen insgesamt die folgenden flughafenbezogenen Emissionsquellen:

- Flugverkehr während des LTO-Zyklus (Anflug, Rollbewegungen, Start- und Abflug) bis 600 m über Grund (Gutachten G13.1),²
- Hilfsaggregate (APU) der Flugzeuge (Einsatz während der Standzeiten auf den Positionsbereichen zur Strom- und Klimaversorgung, Gutachten G13.1),
- Triebwerksstarts (Zündvorgänge der Flugzeugtriebwerke auf den Positionsbereichen)³ (Gutachten G13.1),
- Triebwerksprobeläufe der Flugzeuge und Triebwerksstandläufe ausgebauter Flugzeugtriebwerke (Gutachten G13.1)
- Zusatzschub (beim Überrollen von Bereichen mit erhöhter Geländesteigung im Bereich der neuen Rollbrücken über die BAB 3 und der Parallelrollbahn zur Piste 07N/25N) (Gutachten G13.1),
- Kfz-Verkehr auf den öffentlichen Straßen im Nahbereich des Flughafens (im wesentlichen Terminalzufahrten, Airportring und Zufahrt CargoCity Süd, Gutachten G13.2),
- Kfz-Verkehr und stationäre Quellen auf dem Flughafengelände (Gutachten G13.2):
 - Kfz-Verkehr innerhalb des Flughafenzauns auf den Betriebsstraßen und Vorfeldstraßen, Werftverkehr und Verkehr in den Parkieranlagen,

² Testrechnungen haben gezeigt, dass Emissionen oberhalb von etwa 400 m aufgrund der langen Transportzeiten zum Boden und der damit verbundenen Verdünnung keinen wesentlichen Beitrag zu den bodennahen Immissionen liefern. Die Berücksichtigung von Emissionen bis 600 m Höhe entspricht der Flughöhe von 700 m (siehe IBJ 2003).

³ Beim Zünden der Flugzeugtriebwerke wird unverbranntes Kerosin freigesetzt. Das verdampfende Kerosin wird den Kohlenwasserstoffemissionen (NMVOC) zugerechnet.

- Vorfeldverkehr im Rahmen der Flugzeugabfertigung und der Flugzeugschleppvorgänge (Positionsschlepps, Werftschlepps, Flugzeugschlepps zu den Triebwerksprobelaufpositionen),
- Verdunstungsemissionen des ruhenden Verkehrs in den Parkierungsanlagen,
- Verbrennungsprozesse der Netzersatzanlagen, Heizölf Feuerungs- und Gasfeuerungsanlagen,
- Verdunstungsemissionen aus der Flugzeugbetankung, dem Betrieb der Tanklager und der Tankstellen sowie dem Lösemittleinsatz der LHT,
- flughafeninduzierter Kfz-Verkehr (einschl. Verdunstungsemissionen) im Umfeld des Flughafens (Gutachten G13.3)

Die Emissionen aus Flugzeugtriebwerken weisen ein annähernd gleiches Schadstoffspektrum auf wie diejenigen des Kfz-Verkehrs (insb. Dieselfahrzeuge). Im Vergleich zu anderen Mineralölprodukten ist Kerosin ein sehr reiner Kraftstoff. Da es frei von Blei- und Halogenverbindungen ist, werden weder Schwermetalle noch Dioxine emittiert. Nach einer international gültigen Spezifikation darf Kerosin maximal 0,3% Schwefel enthalten. Untersuchungen haben ergeben, dass der Schwefelgehalt des in Deutschland vertankten Kerosins bei durchschnittlich 0,05% liegt (ADV 2003). Es gibt keine flugzeugtriebwerksspezifischen Leitsubstanzen, die als spezieller Indikator für durch Luftfahrzeuge hervorgerufene Immissionen herangezogen werden könnten (siehe dazu ausführlich Gutachten G14). Entsprechend sind bei der Betrachtung von Schadstoffemissionen im Flughafenbereich dieselben Luftschadstoffkomponenten zu betrachten, wie sie auch beim Straßenverkehr relevant sind.⁴ Gegenstand der Luftschadstoffgutachten sind dementsprechend die in Tab. 3-3 aufgelisteten Komponenten. Darin sind die in den Einzelgutachten G13.1 bis G13.3 ermittelten flughafenbezogenen jährlichen Gesamtemissionen der genannten Quellgruppen für die Ist-Situation **2005**, den Prognosenullfall **2020** und den Planungsfall **2020** zusammengestellt.

Die Zusammenstellung zeigt, dass der Flugverkehr sowie der flughafeninduzierte Kfz-Verkehr im Umfeld die dominanten Emissionsbeiträge des Flughafenbetriebs darstellen. Für den flughafeninduzierten Kfz-Verkehr im Umfeld gilt allerdings, dass dieser in einem größeren Raum emittiert wird und gegenüber den Gesamtverkehrsemissionen in diesem Raum nur einen geringen Anteil hat (siehe Quellgruppe „Umland – gesamt“). Weitere Aussagen zur Höhe und Entwicklung der Emissionen enthalten Teil III, Kap. 8 und 9.

⁴ Das HLFU hat eine Untersuchung mit dem Ziel durchgeführt, festzustellen, inwieweit Zusätze zum Kerosin dazu führen können, dass bislang nicht festgestellte Spurenstoffe im Abgas auftreten (HLFU 1998a). Die Untersuchung hat ergeben, dass die Zusätze, die dem in zivilen Flugzeugen genutzten Kerosin beigemischt werden, aus organischen Verbindungen bestehen. Es gibt keine Hinweise, dass sich bei der Verbrennung dieser Zusätze zusammen mit dem Kerosin andere Verbindungsklassen (z.B. Metall- oder Chlorverbindungen) als bei den Emissionsmessungen erfasst, bilden können (MEDIATIONSGRUPPE FLUGHAFEN FRANKFURT/MAIN 2000). Die in der Literatur dokumentierten Untersuchungen belegen, dass aus Flugzeugtriebwerken kaum mit Emissionen von PCB, halogenierten Dioxinen oder Furanen zu rechnen ist. Auch mit einer Belastung durch Schwermetalle im Abgas von Flugzeugtriebwerken ist nicht zu rechnen, da weder der Treibstoff selbst noch Additive solche Stoffe enthalten (siehe Gutachten G14).

Tab. 3-3: Zusammenstellung der in den Schadstoffgutachten ermittelten Emissionen der flughafenbezogenen Quellgruppen und der nicht-flughafenbezogenen Umlandquellen (nach Gutachten G13.1, 13.2 und 13.3) ⁵

Schadstoff	Quelle	Ist-Situation 2005	Prognose-nullfall 2020	Planungsfall 2020	Differenz Plan – Ist		Differenz Plan – Null	
					absolut	%	absolut	%
NO_x [t/a]	Flugverkehr ^{1a}	2607	4125	5586	2979	114	1461	35
	Hilfsaggregate ^{1b}	258	280	359	101	39	79	28
	Probe-/Standläufe ²	35	63	135	100	286	72	114
	Quellen Flughafen ³	305,4	144,7	198,7	-106,6	-35	54,0	37
	Kfz-Nahbereich ⁴	78,6	58,8	63,2	-15,4	-20	4,4	7
	induz. Kfz-Umland ⁵	1038,0	703,0	822,0	-216,0	-21	119,0	17
	Gesamt¹¹	4321,9	5374,5	7163,9	2842,0	66	1789,4	33
	Umland – gesamt ¹²	48410	34276	34494	-13916	-29	218	0,6
SO₂ [t/a]	Flugverkehr ^{1a}	157	242	349	192	122	107	44
	Hilfsaggregate ^{1b}	26	28	36	10	38	8	29
	Probe-/Standläufe ²	2	3	8	6	300	5	167
	Quellen Flughafen ³	2,5	0,5	0,7	-1,8	-74	0,2	40
	Kfz-Nahbereich ⁴	0,1	0,1	0,1	0,0	40	0,01	8
	induz. Kfz-Umland ⁵	1,0	2,0	2,0	1,0	100	0,0	0
	Gesamt¹¹	188,6	275,6	395,8	207,2	110	120,2	44
	Umland – gesamt ¹²	9484	6030	6030	-3454	-36	0	0,0
CO [t/a]	Flugverkehr ^{1a}	2362	3832	5846	3484	148	2014	53
	Hilfsaggregate ^{1b}	210	227	292	82	39	65	29
	Probe-/Standläufe ²	25	30	63	38	152	33	110
	Quellen Flughafen ³	173,6	111,8	144,5	-29,1	-17	32,7	29
	Kfz-Nahbereich ⁴	187,7	147,9	166,8	-20,9	-11	18,9	13
	induz. Kfz-Umland ⁵	2523,0	2266,0	2637,0	114,0	5	371,0	16
	Gesamt¹¹	5481,2	6614,6	9149,2	3668,0	67	2534,6	38
	Umland – gesamt ¹²	95565	74117	74376	-21189	-22	259	0
NMVOc ⁶ [t/a]	Flugverkehr ^{1a}	285	324	469	184	65	145	45
	Hilfsaggregate ^{1b}	16	17	22	6	38	5	29
	Triebwerkstarts ⁷	306	383	502	196	64	119	31
	Probe-/Standläufe ²	3	2	7	4	133	5	250
	Quellen Flughafen ³	181,9	192,3	241,7	59,8	33	49,4	26
	Kfz-Nahbereich ⁴	11,3	10,7	11,4	0,2	1	0,7	7
	induz. Kfz-Umland ⁵	123	113	133	10	8	20	18
	Gesamt¹¹	926,2	1042,0	1386,1	459,9	50	344,1	33
	Umland – gesamt ¹²	30624	26742	26789	-3835	-13	47	0,2

⁵ Bei Flugverkehr, Hilfsaggregaten und Probe-/Standläufen sind im Rahmen der gemachten Annahmen die relativen Änderungen von Benzol und NMVOc identisch (Benzol = 3% HC), ebenso die von SO₂, CO₂ und B(a)P (jeweils konstante Emissionsindizes). Die Unterschiede in den prozentualen Differenzen entstehen hier allein durch die Verwendung der gerundeten Massenangaben.

Schadstoff	Quelle	Ist-Situation 2005	Prognose-nullfall 2020	Planungsfall 2020	Differenz Plan – Ist		Differenz Plan – Null	
					absolut	%	absolut	%
Benzol [t/a]	Flugverkehr ^{1a}	8,5	9,7	14,1	5,6	66	4,4	45
	Hilfsaggregate ^{1b}	0,5	0,5	0,7	0,2	40	0,2	40
	Probe-/Standläufe ²	0,1	0,1	0,2	0,1	100	0,1	100
	Quellen Flughafen ³	1,1	1,0	1,4	0,2	21	0,4	36
	Kfz-Nahbereich ⁴	0,7	0,4	0,4	-0,2	-35	0,04	10
	induz. Kfz-Umland ⁵	7,3	3,9	4,6	-2,6	-36	0,7	18
	Gesamt¹¹	18,2	15,6	21,4	3,3	18	5,8	37
	Umland – gesamt ¹²	266,2	132,3	133,3	-132,9	-50	1,0	0,8
Toluol ⁸ [t/a]	Flugverkehr ^{1a}	8,5	9,7	14,1	5,6	66	4,4	45
	Hilfsaggregate ^{1b}	0,5	0,5	0,7	0,2	40	0,2	40
	Probe-/Standläufe ²	0,1	0,1	0,2	0,1	100	0,1	100
	Quellen Flughafen ³	1,3	1,1	1,4	0,0	3	0,2	21
	Kfz-Nahbereich ⁴	0,8	0,4	0,4	-0,3	-44	0,1	16
	induz. Kfz-Umland ⁵	7	2	3	-4	-57	1	50
	Gesamt¹¹	18,2	13,8	19,8	1,6	9	6,0	43
	Umland – gesamt ¹²	235	67	67	-168	-71	0	0,0
Xylol ⁸ [t/a]	Flugverkehr ^{1a}	8,5	9,7	14,1	5,6	66	4,4	45
	Hilfsaggregate ^{1b}	0,5	0,5	0,7	0,2	40	0,2	40
	Probe-/Standläufe ²	0,1	0,1	0,2	0,1	100	0,1	100
	Quellen Flughafen ³	0,9	0,7	1,0	0,1	9	0,3	35
	Kfz-Nahbereich ⁴	0,7	0,4	0,4	-0,3	-39	0,1	13
	induz. Kfz-Umland ⁵	6	3	3	-3	-50	0	0
	Gesamt¹¹	16,7	14,4	19,4	2,7	16	5,0	35
	Umland – gesamt ¹²	211	69	69	-142	-67	0	0,0
B(a)P [kg/a]	Flugverkehr ^{1a}	0,728	1,117	1,612	0,884	121	0,495	44
	Hilfsaggregate ^{1b}	0,120	0,129	0,166	0,046	38	0,037	29
	Probe-/Standläufe ²	0,009	0,014	0,038	0,029	322	0,024	171
	Quellen Flughafen ³	0,734	0,715	0,973	0,239	33	0,258	36
	Kfz-Nahbereich ⁴	0,185	0,240	0,251	0,066	36	0,011	5
	induz. Kfz-Umland ⁵	2	3	4	2	100	1	33
	Gesamt¹¹	3,777	5,215	7,040	3,264	86	1,826	35
	Umland – gesamt ¹²	418	401	402	-16	-4	1	0,2
Ruß [t/a]	Flugverkehr ^{1a}	5,0	7,4	10,3	5,3	106	2,9	39
	Hilfsaggregate ^{1b}	1,3	1,4	1,8	0,5	38	0,4	29
	Probe-/Standläufe ²	0,1	0,1	0,2	0,1	100	0,1	100
	Quellen Flughafen ³	4,5	1,4	1,9	-2,6	-58	0,4	29
	Kfz-Nahbereich ⁴	1,2	0,8	0,9	-0,3	-26	0,1	10
	induz. Kfz-Umland ⁵	16,7	11,1	13,0	-3,7	-22	1,9	17
	Gesamt¹¹	28,7	22,2	28,0	-0,7	-2	5,8	26
	Umland – gesamt ¹²	523,5	343,7	346,1	-177,4	-34	2,4	0,7
PM 10 [t/a]	Flugverkehr ^{1a}	10,0	14,8	20,7	10,7	107	5,9	40
	Hilfsaggregate ^{1b}	2,6	2,8	3,6	1,0	38	0,8	29

Schadstoff	Quelle	Ist-Situation 2005	Prognose-nullfall 2020	Planungsfall 2020	Differenz Plan – Ist		Differenz Plan – Null	
					absolut	%	absolut	%
	Probe-/Standläufe ²	0,1	0,2	0,4	0,3	300	0,2	100
	Quellen Flughafen ³	10,4	3,0	4,1	-6,4	-61	1,1	35
	Kfz-Nahbereich ⁴	2,4	1,5	1,6	-0,7	-31	0,1	9
	induz. Kfz-Umland ⁵	33	20	24	-9	-27	4	20
	Gesamt¹¹	58,5	42,3	54,4	-4,1	-7	12,1	29
	Umland – gesamt ¹²	2420	2018	2023	-397	-16	5	0,2
CO₂⁹ [t/a]	Flugverkehr ^{1a}	618266	952996	1374362	756096	122	421366	44
	Hilfsaggregate ^{1b}	102388	110264	141768	39380	38	31504	29
	Probe-/Standläufe ²	7876	11814	31504	23628	300	19690	167
	Quellen Flughafen ³	60373	61614	84890	24517	41	23276	38
	Kfz-Nahbereich ⁴	19664	25507	28076	8412	43	2569	10
	induz. Kfz-Umland ⁵	295199	348785	408127	112928	38	59342	17
	Gesamt¹¹	1103766	1510980	2068727	964961	87	557747	37
	Umland – gesamt ¹²	6932459	6867745	6948367	15908	0,2	80622	1,2
Methan¹⁰ [t/a]	Flugverkehr ^{1a}	-	-	-	-	-	-	-
	Hilfsaggregate ^{1b}	-	-	-	-	-	-	-
	Probe-/Standläufe ²	-	-	-	-	-	-	-
	Quellen Flughafen ³	2,4	2,6	3,6	1,2	47	1,0	37
	Kfz-Nahbereich ⁴	0,6	0,4	0,4	-0,1	-25	0,04	10
	induz. Kfz-Umland ⁵	6	4	5	-1	-17	1	25
	Gesamt^{10, 11}	9,0	7,0	9,0	0,0	0	2,0	29
	Umland – gesamt ¹²	183	96	97	-86	-47	1	1,0

- 1a) Flugverkehrsemissionen bis 1000 ft. (ca. 300 m) über Grund. Dies ist eine typische Referenzhöhe für Flugverkehr-Emissionskataster und erlaubt eine direkte Gegenüberstellung mit Veröffentlichungen der HLUg. Emissionen bis in eine Höhe von ca. 300 m liefern den Hauptbeitrag zu den bodennahen Immissionen (siehe Gutachten G13.1). Die Ausbreitungsrechnung zur Bestimmung der Immissionen rechnet dem gegenüber mit Emissionen bis in 600 m Höhe - Angaben nach Abb. 6-1 in Gutachten G13.1.
- 1b) Hilfsaggregate (APU – Auxiliary Power Units) der Flugzeuge - Angaben nach Abb. 6-1 in Gutachten G13.1.
- 2) Triebwerksprobelaufe, Triebwerksstandläufe und Zusatzschub zum Rollen an erhöhten Steigungen im Bereich der geplanten Rollbrücken über die BAB 3 sowie der Parallelrollbahn zur Piste 07N/25N - Angaben nach Abb. 6-1 in Gutachten G13.1.
- 3) Kfz-Verkehr und stationäre Quellen auf dem Flughafengelände (ohne öffentliche Straßen im Nahbereich) – Angaben nach Tab. 8-1 in Verbindung mit Tab 6-1 in Gutachten G13.2 .
- 4) Kfz-Verkehr auf den öffentlichen Straßen im Nahbereich des Flughafens – diese Quellgruppe beinhaltet zu einem geringen Teil (ca. **16%** der Jahresfahrleistung in der Ist-Situation, ca. **23%** im Prognose-nullfall, ca. **19%** im Planungsfall) auch nicht-flughafeninduzierten Durchgangsverkehr – Angaben nach Tab. 6-1 in Gutachten G13.2.
- 5) Flughafeninduzierter Kfz-Verkehr im Umland in einem Betrachtungsraum von 75 x 71 km – Angaben nach Tab. 3-11 bis 3-14 in Gutachten G13.3.
- 6) Für die Ermittlung der Kohlenwasserstoffe der flugverkehrsbedingten Quellgruppen (Flugverkehr, Hilfsaggregate, Probe-/Standläufe) wurde die Stoffgruppe HC (Hydrocarbons) der ICAO-Emissionsdatenbank mit der Stoffgruppe NMVOC (Non-Methane Volatile Organic Compounds) gleichgesetzt (siehe Gutachten G13.1).
- 7) Bei Triebwerksstarts, d.h. beim Zünden der Flugzeugtriebwerke wird unverbranntes Kerosin freigesetzt. Das verdampfende Kerosin wird den Kohlenwasserstoffemissionen (NMVOC) zugerechnet – Angaben nach Gutachten G13.1.
- 8) Die Emissionen von Toluol und Xylol der flugverkehrsbedingten Quellgruppen (Flugverkehr, Hilfsaggregate, Probe-/Standläufe) wurde aus den Benzol-Emissionen abgeschätzt. Es wurde ein typisches BTX-Massenverhältnis zwischen Benzol, Toluol und Xylol von 1:1:1 angenommen (siehe Gutachten G13.1).
- 9) Die Emissionen von CO₂ der flugverkehrsbedingten Quellgruppen (Flugverkehr, Hilfsaggregate, Probe-/Standläufe) wurden anhand des in Gutachten G13.1 angegebenen Emissionsindex von

- 3150 g pro kg Treibstoffverbrauch aus den SO₂-Emissionen errechnet (Faktor 3938 gegenüber SO₂-Emissionen, für die ein spezifischer Emissionsindex von 0,8 g/kg gilt).
- 10) Für die flugverkehrsbedingten Quellgruppen (Flugverkehr, Hilfsaggregate, Probe-/Standläufe) wurden keine Methan-Emissionen ermittelt, da keine diesbezüglichen Emissionsfaktoren existieren und Methan durch Flugzeugtriebwerke nicht nennenswert emittiert wird. Methanemissionen entstehen nur in niedrigen Laststufen und der Methangehalt des Triebwerksabgases ist im Allgemeinen kleiner oder ähnlich dem der Außenluft. Es kommt daher vermutlich sogar teilweise zu einer Verbrennung von Außenluft-Methan im Triebwerk (siehe WIESEN et al. 1994; WIESEN et al. 1996). Methan wird überwiegend aus biogenen und nicht gefassten Quellen emittiert (z.B. Abfalldeponien, Nutztierhaltung in der Landwirtschaft). Nach dem Emissionskataster des HLUg stammen mehr als 99% der Gesamtemissionen in Hessen aus biogenen und nicht gefassten Quellen (HLfU 1999f).
 - 11) Summe aller in den Luftschadstoffgutachten G13.1 – G13.3 betrachteten flughafenbezogenen Emissionen (flughafeninduzierte Quellen).
 - 12) Gesamtsumme aller Umlandquellen (Kfz-Verkehr und stationäre Quellen) einschließlich flughafeninduziertem Kfz-Verkehr („induz. Kfz-Umland“) in einem Betrachtungsraum von 75 x 71 km – Angaben nach Tab. 3-11 bis 3-14 in Gutachten G13.3.

Ausgebaute Triebwerke werden in einem **Triebwerksprüfstand** getestet (Triebwerksstandläufe bzw. Triebwerksprüfläufe). Dieser befindet sich in der Ist-Situation und im Prognosenullfall im Nordwesten des Flughafengeländes, im Planungsfall befindet sich eine Run-up Einrichtung für Triebwerksprobeläufe westlich des vorgesehenen A380-Werftbereiches (siehe Abb. 2-4 in Gutachten G13.1). Die zu erwartenden Emissionen aus dem Triebwerksprüfstand zeigt Tab. 3-4. Der Emissionsbeitrag des Triebwerksprüfstandes ist auch in der in Tab. 3-3 dargestellten Quellgruppe „Probe-/Standläufe“ enthalten (siehe Fußnote 2 zu Tab. 3-3).

Tab. 3-4: Zusammenstellung der Emissionen der Triebwerksstandläufe im Triebwerksprüfstand (nach Tab. 4-7 in Gutachten G13.1)

Schadstoff	Ist-Situation 2005	Prognose-nullfall 2020	Planungsfall 2020	Differenz Plan – Ist		Differenz Plan – Null	
				absolut	%	absolut	%
NO _x [t/a]	9	21	21	12	133	0	0
SO ₂ [t/a]	<1	<1	<1	gering	gering	gering	gering
CO [t/a]	1	3	3	2	200	0	0
NMVO ¹ [t/a]	<1	<1	<1	gering	gering	gering	gering
Benzol [t/a]	0,003	0,009	0,009	0,006	200	0	0
Toluol ² [t/a]	0,003	0,009	0,009	0,006	200	0	0
Xylol ² [t/a]	0,003	0,009	0,009	0,006	200	0	0
B(a)P [kg/a]	0,002	0,003	0,003	0,001	50	0	0
Ruß [kg/a]	13	35	35	22	169	0	0
PM 10 [kg/a]	25	70	70	45	180	0	0
CO ₂ ³ [t/a]	<4.000	<4.000	<4.000	gering	gering	gering	gering

- 1) Für die Ermittlung der Kohlenwasserstoffe der flugverkehrsbedingten Quellgruppen (Flugverkehr, Hilfsaggregate, Probe-/Standläufe) wurde die Stoffgruppe HC (Hydrocarbons) der ICAO-Emissionsdatenbank mit der Stoffgruppe NMVO¹ (Non-Methane Volatile Organic Compounds) gleichgesetzt (siehe Gutachten G13.1).
- 2) Die Emissionen von Toluol und Xylol der flugverkehrsbedingten Quellgruppen (Flugverkehr, Hilfsaggregate, Probe-/Standläufe) wurde aus den Benzol-Emissionen abgeschätzt. Es wurde ein typisches BTX-Massenverhältnis zwischen Benzol, Toluol und Xylol von 1:1:1 angenommen (siehe Gutachten G13.1).
- 3) Die Emissionen von CO₂ der flugverkehrsbedingten Quellgruppen (Flugverkehr, Hilfsaggregate, Probe-/Standläufe) wurden anhand des in Gutachten G13.1 angegebenen Emissionsindex von

3150 g pro kg Treibstoffverbrauch aus den SO₂-Emissionen errechnet (Faktor 3938 gegenüber SO₂-Emissionen, für die ein spezifischer Emissionsindex von 0,8 g/kg gilt).

Ammoniak (NH₃) und **Lachgas** (N₂O) werden in den Luftschadstoffgutachten wegen ihrer geringen Bedeutung im Zusammenhang mit dem Flughafenbetrieb nicht betrachtet. Beide Stoffe werden ganz überwiegend durch biogene und nicht gefasste Quellen (v.a. Landwirtschaft) emittiert. Der Verkehrssektor trägt bei Ammoniak lediglich in einem Umfang von ca. 3 % (zusammen mit Industrie) und bei Lachgas in einem Umfang von ca. 8 % zu den Gesamtemissionen in Hessen bei (HLfU 1999f).

Bezüglich des Emissionsniveaus und der Emissionsverteilung verhält sich Kfz-bedingtes Ammoniak wie Benzol (siehe Tab. 3-3). Auch die Immissionswerte sind somit vergleichbar. Gesundheitliche Schäden kommen aber bei Ammoniak nur bei sehr hohen Konzentrationen (>14.000 µg/m³) vor. Zielwerte zum Schutz der Vegetation liegen bei 75 µg/m³ (LAI-Zielwert zum Schutz landwirtschaftlicher Nutzpflanzen) und 8 µg/m³ (Critical Level der UN/ECE zum Schutz empfindlicher Pflanzenarten). Beiträge zu signifikant erhöhten Ammoniak-Konzentrationen sind bisher nur von landwirtschaftlichen Betrieben bekannt (UBA 2002).

Kfz-bedingte Lachgas-Emissionen wurden im Rahmen des Raumordnungsverfahrens ermittelt (siehe HEUSCH-BOESEFELDT 2001). Danach werden durch den Kfz-Verkehr auf dem Flughafengelände und auf den öffentlichen Straßen im Nahbereich des Flughafens (im wesentlichen Terminalzufahrten, Airporting und Zufahrt CargoCity Süd) in der Ist-Situation 3,85 kg/a, im Prognosenullfall 2,72 kg/a und im Planungsfall 3,34 kg/a emittiert. Bei einem 310-fachen Global Warming Potential (GWP) von Lachgas gegenüber CO₂ (UBA 2001) ergibt sich für den Planungsfall ein CO₂-Äquivalent für N₂O von 3,34 x 310 = 1035,4 kg/a. Gemessen an den prognostizierten CO₂-Emissionen dieser Quellgruppe im Planungsfall von **99.022 t/a** („Quellen Flughafen“ und „Kfz-Nahbereich“ - siehe Tab. 3-3) ist dies ein äußerst geringfügiger Anteil (**0,001 %**). Aufgrund ähnlicher Emissionsdaten leistet auch der flughafeninduzierte Umlandverkehr keinen signifikant höheren Beitrag. Für den Flugverkehr wird ein Emissionsindex für Lachgas von 0,1 g/kg angegeben. Umgerechnet auf ein CO₂-Äquivalent entspricht dies 310 x 0,1 g/kg = 31 g/kg. Im Verhältnis zum CO₂-Emissionsindex von ca. 3150 g/kg entspricht dies einem Anteil von etwa 1%.

Der Frage möglicher erhöhter Emissionen durch den **Abrieb von Metallpartikeln** aus den Bremssystemen von Flugzeugen sowie durch Gummiabrieb von Flugzeugreifen wurde im Rahmen eines aktuell durchgeführten Messprogramms von Schwebstaub, Staubpartikeln und Staubinhaltsstoffen im Bereich der Start- und Landebahnen auf dem Flughafen Frankfurt Main nachgegangen (siehe Anlage 2 zu Gutachten G14). Untersucht wurden die Gesamtschwebstaubkonzentrationen, Russ im Schwebstaub sowie die Schwermetalle Blei, Cadmium, Zink, Chrom, Nickel, Eisen und Antimon im Schwebstaub. Darüber hinaus wurde der Frage nachgegangen, ob die Luftproben spezielle Gummiabriebspartikel enthalten (zu den Ergebnissen siehe Kap. 4.2.11).

Auf den Flugbetriebsflächen wurden seit Anfang der neunziger Jahre **Flächenenteisungsmittel** auf der Basis von Kaliumacetat verwendet. Im Winter 2000/2001 wurde zum Einsatz kaliumformiatthaltiger Flächenvereisungsschutzmittel übergegangen⁶. Kaliumacetat und Kaliumformiat sind in der Wassergefährdungsklasse 1 (schwach wassergefährdend) eingestuft. Der Einsatz der Flächenenteisungsmittel ist begrenzt und auf minimale Einsatzmengen optimiert. In den letzten 15 Jahren schwankte die ausgebrachte Menge zwischen 205 m³ (1992/1993) und 2.065 m³ (2001/2002). Die Verwendung von Kaliumacetat bzw. Kaliumformiat wird seit mehreren Jahren überwacht.

Als **Flugzeugenteisungsmittel** wird neben Heißwasser der Wirkstoff Monopropylenglykol verwendet. Die Flugzeugenteisung findet ausschließlich auf den befestigten und kanalisierten Vorfeldflächen und auf speziellen Enteisungsflächen (Deicing Pads) statt. Die in den letzten Jahren angewandten Wirkstoffmengen schwankte in den letzten 20 Jahren zwischen 110 m³ (1986/1987) und 2.547 m³ (1996/1997). Dabei lag die Anzahl der enteisten Flugzeuge zwischen 1.082 (1988/1989) und 4.813 (1998/1999) (siehe Gutachten G5).

Betonabrieb, der mit dem Niederschlagswasser in den Boden eingetragen wird, führt im oberflächennahen Sickerwasser zu einer leichten Basifizierung der pH-Werte. Untersuchungen des Sickerwassers an der Start-/ Landebahn Süd weisen diesen Effekt bis ca. 1,3 m unter der Geländeoberfläche nach. Oberflächennah werden somit die sauren Verhältnisse im Nahbereich der Bahnen gepuffert.

Die **Lösung von Stoffen** (Calcium, Magnesium etc.) aus dem Beton der grundwassereinbindenden Bauwerke kann zu Änderungen von pH-Wert und Temperatur und damit zu geringfügigen Veränderungen des Grundwasserchemismus führen.

3.2.3 Gerüche

Typische Geruchsimmissionen treten auf dem Flughafengelände durch den Betrieb der Flugzeugtriebwerke auf („Kerosingeruch“). Hierbei entstehen Gerüche durch die bei unvollständiger Verbrennung gebildeten organischen Verbindungen (Alkane, Alkene, Aldehyde, Ketone, alicyclische Verbindungen sowie Mono- und Diaromaten). Geruchsintensiv sind dabei vor allem die oxidierten Verbindungen wie Aldehyde und Ketone sowie die Aromaten (siehe Gutachten G20). Derartige Kohlenwasserstoffe werden überwiegend im niedrigen Lastbereich, d.h. im Leerlauf und bei Rollvorgängen gebildet.

Daneben entstehen Gerüche auch durch die Verdunstung von Kerosin während der Betankungsvorgänge. Gleiches passiert bei Ent- und Belüftungsvorgängen aufgrund der Volumenänderung des Tankinhalts infolge Temperaturschwankungen (sog. „Tankatmung“). Weiterhin wird Kerosin bei Anlassvorgängen von Triebwerken vor der Zündung unter Druck zerstäubt, wobei es ebenfalls verdunstet (siehe Gutachten G20).

⁶ Zukünftig wird ausschließlich Kaliumformiat zum Einsatz kommen.