

# Lufthygienischer Jahresbericht 2011

## Bericht über die Ergebnisse der lufthygienischen Überwachung am Flughafen Frankfurt

Dieser Lufthygienische Jahresbericht ist deutlich umfangreicher als seine Vorgänger, da wir aus aktuellem Anlass mehrere zusätzliche Themen aufgenommen haben.

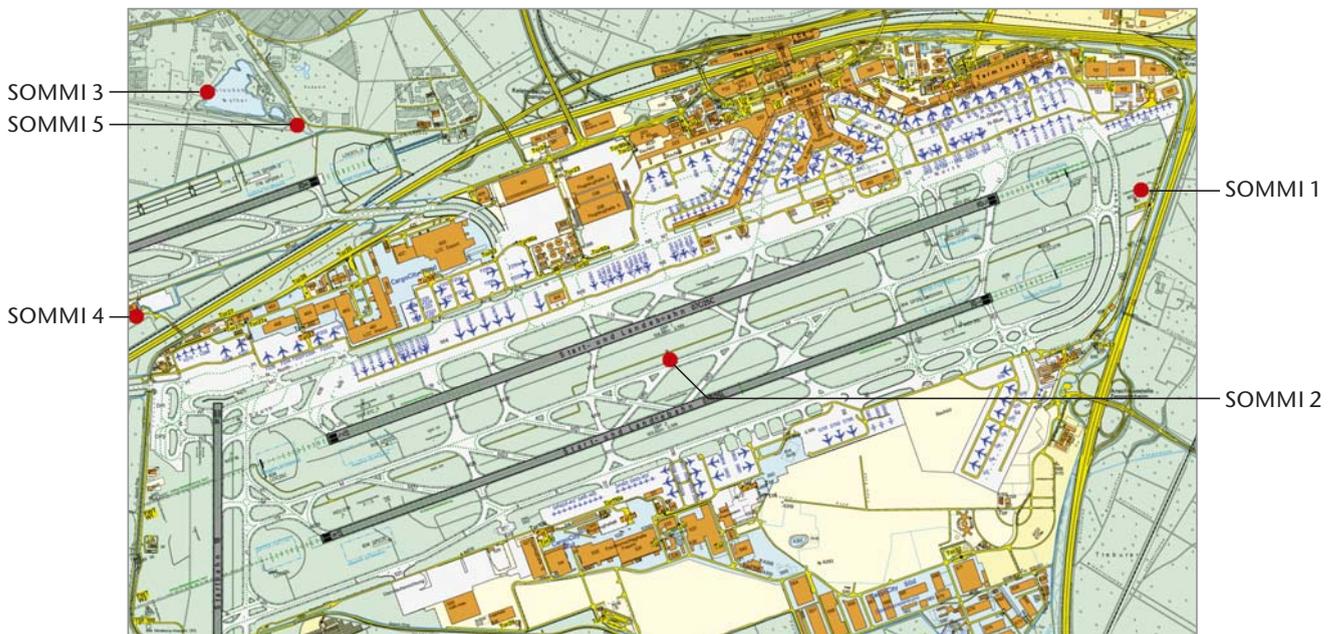
Nach Beendigung der fast dreijährigen Bauphase ging die neue Landebahn Nordwest termingerecht am 21. Oktober 2011 in Betrieb. Daher können wir über den erfolgreichen Abschluss der Bauimmissionsüberwachung im Jahr 2011 berichten.

Weil das öffentliche Interesse am Einfluss des Flughafens auf die Luftqualität in seiner Umgebung stark zugenommen hat, stellen wir wesentliche Erkenntnisse zum Thema vor, die aus den Gutachten im Genehmigungsverfahren gewonnen wurden.

Zum Jahresende wurde die Station S3 in Kelsterbach stillgelegt. Ihre Funktion übernehmen ab 2012 die Station S4 und insbesondere die Station S5, die inzwischen beide nicht nur für die PM10-Überwachung sondern auch für Stickoxidmessungen ausgerüstet sind. Mit ihrer unmittelbaren Nähe zur neuen Landebahn liegen diese Stationen in einem Bereich, für den im Rahmen des Genehmigungsverfahrens die größten lufthygienischen Auswirkungen des Flughafens im siedlungsnahen Umfeld prognostiziert wurden.

Die Zeitreihe der S3 lässt sich damit nicht direkt fortsetzen. Deren Standort am Ortsrand von Kelsterbach war deutlich weiter vom Flughafen, aber auch von der BAB 3, entfernt gelegen als die Standorte von S4 und S5. Eine Auswertung der zeitweise parallelen Messungen an S3 und S5 wird es ermöglichen, die Standortunterschiede zu interpretieren. Darüber hinaus könnten sich künftig auch Hinweise auf den Einfluss der neuen Landebahn selbst ergeben.

### Standorte der Luftmessstationen im Jahr 2011



SOMMI = Self Operated Measuring and Monitoring Installation

<i>Jahresmittelwerte im Vergleich mit Luftqualitätswerten</i>				
		<i>Messwert</i>	<i>Korrekturwert</i>	<i>Luftqualitätswert*</i>
NO	SOMMI 1	39		200 <sup>1</sup>
	SOMMI 2	24		
	SOMMI 3	15		
NO <sub>2</sub>	SOMMI 1	46		40 <sup>2</sup>
	SOMMI 2	36		
	SOMMI 3	31		
SO <sub>2</sub>	SOMMI 1	4		50 <sup>3</sup>
	SOMMI 2	5		
CO	SOMMI 1	0,4		– <sup>4</sup>
	SOMMI 2	0,3		
O <sub>3</sub>	SOMMI 1	31		– <sup>4</sup>
	SOMMI 2	37		
PM10	SOMMI 1	23		40 <sup>2</sup>
	SOMMI 2	22		
Benzol	SOMMI 1	0,9		5 <sup>2</sup>
	SOMMI 2	1,0		
Toluol	SOMMI 1	1,7		30 <sup>5</sup>
	SOMMI 2	1,7		
m/p-Xylol	SOMMI 1	1,0		30 <sup>5</sup>
	SOMMI 2	1,0		
Ethylbenzol	SOMMI 1	0,5		20 <sup>1</sup>
	SOMMI 2	0,5		
Benzo(a)pyren	SOMMI 1	0,4		1 <sup>2</sup>
	SOMMI 2	(0,2)	0,3	
Arsen	SOMMI 1	0,8		6 <sup>2</sup>
Blei	SOMMI 1	7,1		500 <sup>2</sup>
Cadmium	SOMMI 1	0,2		5 <sup>2</sup>
Nickel	SOMMI 1	3,4		20 <sup>2</sup>
<i>B(a)P-Korrekturwert hochgerechnet aus Einzelwerten S1 im gemeinsamen Zeitraum, siehe Text</i>				

Messeinheit: µg/m<sup>3</sup>, für CO: mg/m<sup>3</sup>, für Benzo(a)pyren, Arsen, Blei, Cadmium und Nickel: ng/m<sup>3</sup>.

PM10 = Partikel, die einen gröÙenselektierenden LuÙteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 Prozent aufweist.

\* Als Vergleichswerte wurden herangezogen:

<sup>1</sup> Immissionsvergleichswert des HLUG.

<sup>2</sup> Grenzwert der 39. BImSchV; bei Arsen, Cadmium, Nickel und Benzo(a)pyren: Zielwert.

<sup>3</sup> Grenzwert der TA Luft 2002.

<sup>4</sup> Kein als Jahresmittel definierter Beurteilungswert in den einschlägigen Regelungen.

<sup>5</sup> Vorschlag des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI).

Bis auf SO<sub>2</sub> an der S1 (89 Prozent) und Benzo(a)pyren an der S2 (ca. 77 Prozent) wurden alle Komponenten zu über 90 Prozent des Jahres gemessen. Für Benzo(a)pyren lagen an der S2 keine Messungen aus dem Januar und Februar vor. Da in den Wintermonaten im Allgemeinen die höchsten Werte des Jahres auftreten, ist der Mittelwert aus den vorliegenden Messwerten wahrscheinlich zu niedrig. Das Ergebnis einer Hochrechnung mit zeitgleichen S1-Werten ist als Korrekturwert zusätzlich angegeben.

<b>Überschreitungshäufigkeit von Kurzzeit-Luftqualitätswerten</b>					
		<b>Kurzzeit- Luftqualitäts- wert</b>	<b>Bezugs- intervall</b>	<b>Anzahl gemessener Überschreitungen pro Jahr</b>	<b>Anzahl zulässiger* Überschreitungen pro Jahr</b>
NO <sub>2</sub>	SOMMI 1	200	1 Stunde	5	18
	SOMMI 2			0	
	SOMMI 3			0	
SO <sub>2</sub>	SOMMI 1	350	1 Stunde	0	24
	SOMMI 2			0	
CO	SOMMI 1	10 <sup>1</sup>	8 Stunden	0	0
	SOMMI 2			0	
O <sub>3</sub>	SOMMI 1	180 <sup>2</sup>	1 Stunde	0	0
	SOMMI 2			0	
	SOMMI 1	240 <sup>3</sup>	1 Stunde	0	0
	SOMMI 2			0	
	SOMMI 1	120 <sup>1</sup>	8 Stunden	(10) <sup>4</sup>	25 <sup>4</sup>
	SOMMI 2			16 <sup>4</sup>	
PM <sub>10</sub>	SOMMI 1	50	24 Stunden	11	35
	SOMMI 2			6	
SOMMI 1 Ozon-Zielwert <sup>4</sup> aus verschiedenen Standorten, siehe Vorjahr					

Messeinheit: µg/m<sup>3</sup>, für CO: mg/m<sup>3</sup>

\* Als Vergleichswerte wurden die Kurzzeit-Luftqualitätswerte gemäß 39. BImSchV herangezogen (zum Begriff „zulässig“ siehe die Erläuterungen im Lufthygienischen Jahresbericht 2004):

<sup>1</sup> Höchstzulässiger Acht-Stunden-Mittelwert eines Tages aus stündlich gleitenden Acht-Stunden-Mittelwerten (bei Ozon: Zielwert).

<sup>2</sup> Schwellenwert für die Unterrichtung der Öffentlichkeit durch die zuständige Behörde bei Überschreitung in deren Messnetz.

<sup>3</sup> Schwellenwert für die Auslösung des Alarmsystems durch die zuständige Behörde bei Überschreitung in deren Messnetz.

<sup>4</sup> Gemittelt über drei Jahre (2009, 2010, 2011).

Zur Beurteilung der Kurzzeitwerte für die Staubinhaltsstoffe, NO, Benzol, Toluol, m/p-Xylol, und Ethylbenzol liegen keine entsprechenden Luftqualitätswerte vor.

Das Jahr 2011 war mit 11,5° Celsius deutlich wärmer als im langfristigen Klimamittel<sup>5</sup>. Die Sonnenscheindauer lag 23 Prozent über dem Durchschnitt, die Niederschlagsmenge lag in gleichem Maß darunter. Die Monate März bis Mai sowie Oktober und November waren extrem trocken.

Die kontinuierlich gemessenen Luftschadstoffwerte und die analysierten Staubinhaltsstoffe lagen mit Ausnahme des NO<sub>2</sub> an der S1 auch im Jahr 2011 deutlich unter den zum Vergleich herangezogenen Luftqualitätswerten. Dort wurde erstmals an einer Fraport-Station, der Kurzzeit-Schwellenwert für NO<sub>2</sub> überschritten. Die fünf Stundenmittel über 200 µg/m<sup>3</sup> verteilten sich auf vier Tage: 24. März 2011, 20./21. April 2011 und 22. November 2011. An allen vier Tagen herrschte eine austauscharme Strahlungswetterlage. Die erhöhten NO<sub>2</sub>-Werte traten jeweils in den Abendstunden bei konstant nordöstlicher Windrichtung auf, sodass von einem erheblichen Einfluss des Umlands ausgegangen werden muss. Vereinzelt gab es vergleichbar hohe Werte bereits in den Vorjahren, die wegen der noch bis 2010 geltenden Toleranzmarge nicht als Überschreitung des Schwellenwerts gezählt wurden. Ein Rückschluss auf eine zeitliche Tendenz der NO<sub>2</sub>-Immission lässt sich daraus nicht ziehen. Zumindest teilweise kann ein häufigeres Auftreten erhöhter Kurzzeitwerte durch die Verlegung der Station S1 in Richtung Frankfurter Kreuz bedingt sein. Der Standort wird dadurch anderen, straßenverkehrsexponierten Standorten ähnlicher, wie zum Beispiel der HLU-Station Frankfurt Friedberger Landstraße, wo Überschreitungen des Schwellenwerts trotz Toleranzmarge bereits in den vergangenen Jahren aufgetreten sind. Eine Überschreitung des Kurzzeitgrenzwerts ist allerdings nur bei entsprechender Exposition und ab einer Anzahl von 18 Stundenmittelwerten über 200 µg/m<sup>3</sup> gegeben.

Die Ozon-Kenngrößen wurden 2011 an den Fraport-Stationen nicht überschritten. Der Langzeitwert über die zurückliegenden drei Jahre ist durch die hohen Werte des Vorjahrs geprägt. Der Einfluss der Bauimmissionen hat im Lauf des Jahres abgenommen. Überschreitungen des Kurzzeit-Schwellenwerts für PM<sub>10</sub> traten im Wesentlichen im trockenen ersten Quartal auf (siehe Seite 6).

<sup>5</sup> 1961 – 1990, gemessen an der vom Deutschen Wetterdienst betriebenen Flugwetterwarte im Flughafen-Gelände.

Jahresmittelwerte der Flughafen-Stationen und Vergleichswerte benachbarter Messstationen des HLUG\*

- SOMMI 1
- SOMMI 2
- SOMMI 3
- Frankfurt – Friedberger Landstraße\*
- Frankfurt-Höchst\*
- Frankfurt-Ost\*
- Raunheim\*
- Frankfurt – Höhenstraße\*
- Frankfurt – Palmengarten\*
- Wiesbaden – Ringkirche\*



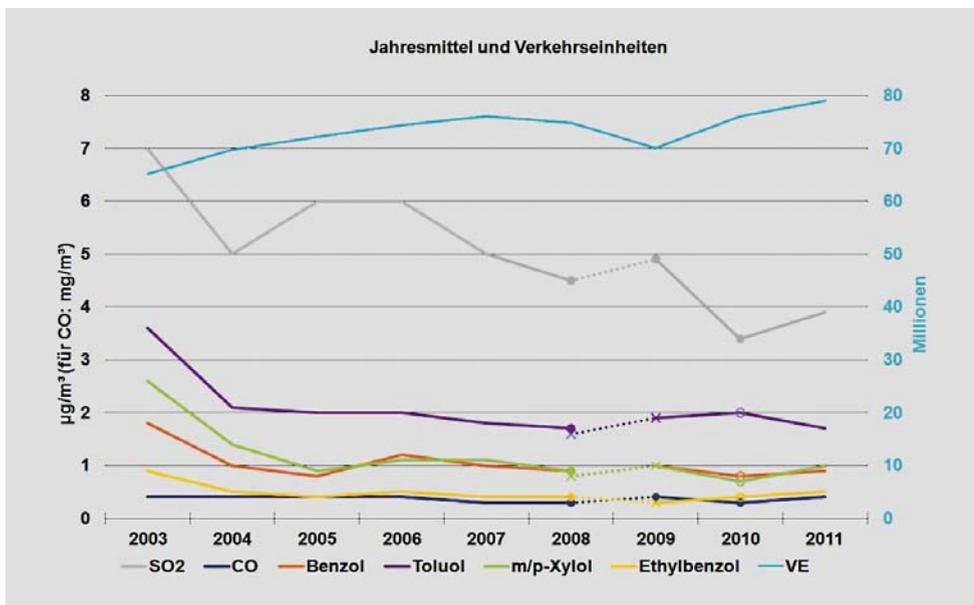
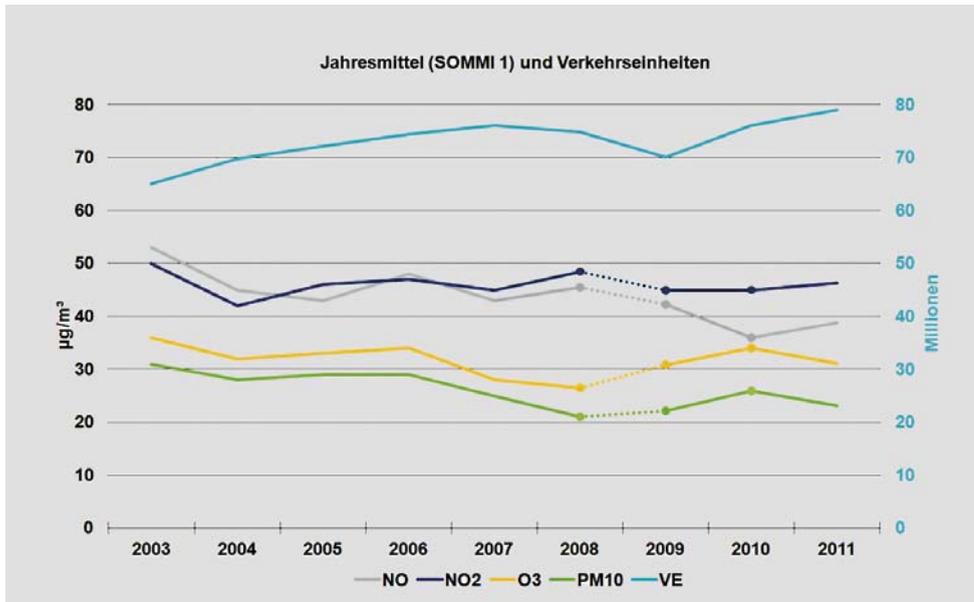
Keine Säule = Komponente nicht im Messprogramm der jeweiligen Station enthalten,

\* Quellen: Lufthygienischer Jahresbericht 2011, HLUG und Lufthygienischer Jahresbericht 2010 (Teil 2: Staub und Staubinhaltsstoffe), HLUG. Teil 2 für 2011 lag bis Redaktionsschluss noch nicht vor.

**Vergleich der Fraport-Stationen mit benachbarten HLUG-Stationen**

Im Vergleich zu den HLUG-Stationen bietet sich an den Flughafen-Stationen auch im Berichtsjahr das aus den Vorjahren bekannte Bild. Abgesehen von Nickel liegen die Werte im Bereich der Messergebnisse von städtischen Stationen und sind teilweise deutlich niedriger als an den verkehrsexponierten Standorten.

**Entwicklung der Jahresmittel (SOMMI 1) und Verkehrseinheiten (VE)**



1 VE = 1 Passagier mit Gepäck oder 100 kg Luftfracht beziehungsweise Luftpost.  
 Durchgezogene Linien: Messwerte eines Standorts, gepunktete Linien: Standortwechsel 2008/2009.  
 Dicke Punkte: Korrektur bei Datenlücken am Standort, Kreuze: geringer Datenumfang am Standort ohne Korrektur, Kreise: Daten von beiden Standorten.

Während die Zahl der jährlich bewältigten Verkehrseinheiten nach dem Einbruch von 2009 auf den bisherigen Höchststand angestiegen ist, variieren die Schadstoffkonzentrationen abgesehen von den besonders hohen Werten am Beginn der Messreihe im Jahr 2003 weiterhin nur wenig. Unter Berücksichtigung der Schwankungen von Jahr zu Jahr ist beim SO<sub>2</sub> ein abnehmender Trend zu erkennen. Auch für NO und PM10 zeichnet sich insgesamt eine leicht abnehmende Tendenz ab. Das Konzentrationsniveau von NO<sub>2</sub> und Ozon sowie der übrigen Komponenten blieb dagegen über die Jahre weitgehend unverändert.

### Erfolgreicher Abschluss der Bauimmissionsüberwachung im Ausbauprogramm

Wie in den Vorjahren wurden auch 2011 trotz der extremen Dürreperiode im ersten Quartal sowohl der Langzeit- als auch der Kurzzeitgrenzwert für die Feinstaubbelastung im Umfeld der Bauaktivitäten eingehalten. In der nachfolgenden Tabelle sind die Kenngrößen der PM10-Messreihen für dieses letzte Jahr mit Baumaßnahmen zusammengestellt. Von dem am stärksten exponierten, zu beurteilenden Standort S5 liegen über das Ende der Bauaktivitäten hinaus Messwerte vor, sodass auch hier die entsprechenden Jahreskenngrößen angegeben werden können.

<b>PM10 im zurückliegenden Jahr bis einschließlich Dezember 2011</b>						
	<b>HLUG Raunheim</b>	<b>HLUG Höchst</b>	<b>FRA S1</b>	<b>FRA S2</b>	<b>FRA S5</b>	<b>Luftqualitäts- wert</b>
Belegung des Bezugszeitraums	*	*	98 %	94 %	<b>99 %</b>	
Überschreitungstage	8	9	11	6	<b>22</b>	35
davon mit potenziellem Vorhabensbezug	–	–	2	2	<b>7</b>	
Mittelwert ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	19	20	23	22	<b>23</b>	40
*HLUG: Gleitende Jahreswerte aus Monatsbericht Dezember 2011 (ohne Angabe der Verfügbarkeit).						
Grau: Betriebs- beziehungsweise Baustellengelände (keine Beurteilung nach 39. BImSchV).						
<b>Fett: zu beurteilende Standorte.</b>						

Die Bauimmissionsüberwachung hat die Ergebnisse der Modellrechnung insofern bestätigt, dass im nahen Umfeld der Baustelle relevante Beiträge zur PM10-Belastung insbesondere durch das Befahren von unbefestigten Baustraßen entstehen konnten. Motoremissionen, die Bauaktivitäten selbst, sowie Aufwirbelung durch Wind waren dagegen von untergeordneter Bedeutung. Da im Modell weder die Wirkung von Niederschlag noch die eingesetzten Minderungsmaßnahmen angemessen berücksichtigt werden konnten, hatten sich sehr hohe Prognosewerte ergeben, die in der Praxis nicht auftraten. Die realen Immissionsbeiträge der Baustelle waren im Mittel geringer und hatten auch kurzzeitig nur eine begrenzte Reichweite.

Grundsätzlich unterlagen sowohl die Wirkung der Baustelle als auch die baustellenfremde, großräumige PM10-Vorbelastung den gleichen meteorologischen Einflüssen. Bei austauscharmen Wetterlagen ohne Niederschlag reicherten sich nicht nur die Immissionsbeiträge beider genannter Quellgruppen an, sondern mitunter auch die weiterer lokaler Emittenten. Im Einzelfall war es im Nachhinein nicht immer möglich eine eindeutige Quellzuordnung zu treffen.

Als Minderungsmaßnahmen haben sich Reinigung und Bewässerung der befestigten und der unbefestigten Baustraßen sowie Geschwindigkeitsbeschränkungen, erforderlichenfalls auch -kontrollen, bewährt. Diese Maßnahmen waren insbesondere dann wirksam, wenn sie vorsorglich erfolgten, das heißt noch bevor mit dem Arbeitsbeginn in den frühen Morgenstunden größere Staubmengen aufgewirbelt werden und sich bei noch stabiler atmosphärischer Schichtung anreichern konnten. Abhängig vom aktuellen Ablauf der Bauaktivitäten und von der Witterung ergab sich die Notwendigkeit, die genannten Maßnahmen räumlich und zeitlich zu intensivieren.

Angesichts der außergewöhnlichen Baustellendimensionen, der intensiven Transportaktivitäten und des hohen Anspruches, auch Anwohner in unmittelbarer Nähe nach strengen Maßstäben zu schützen, hat sich die Online-Fernüberwachung der Messwerte als nützlich erwiesen. Damit bot sich eine Möglichkeit, bei kritischen Entwicklungen frühzeitig einzugreifen. Allerdings war die Wirksamkeit nachträglicher Reaktionen auf einen bereits erfolgten Konzentrationsanstieg nicht eindeutig erkennbar. Dafür waren die Variabilität der Bauabläufe und der meteorologischen Bedingungen zu groß. So diente die Online-Überwachung im Wesentlichen der zeitnahen Erfolgskontrolle der Vorsorgemaßnahmen.

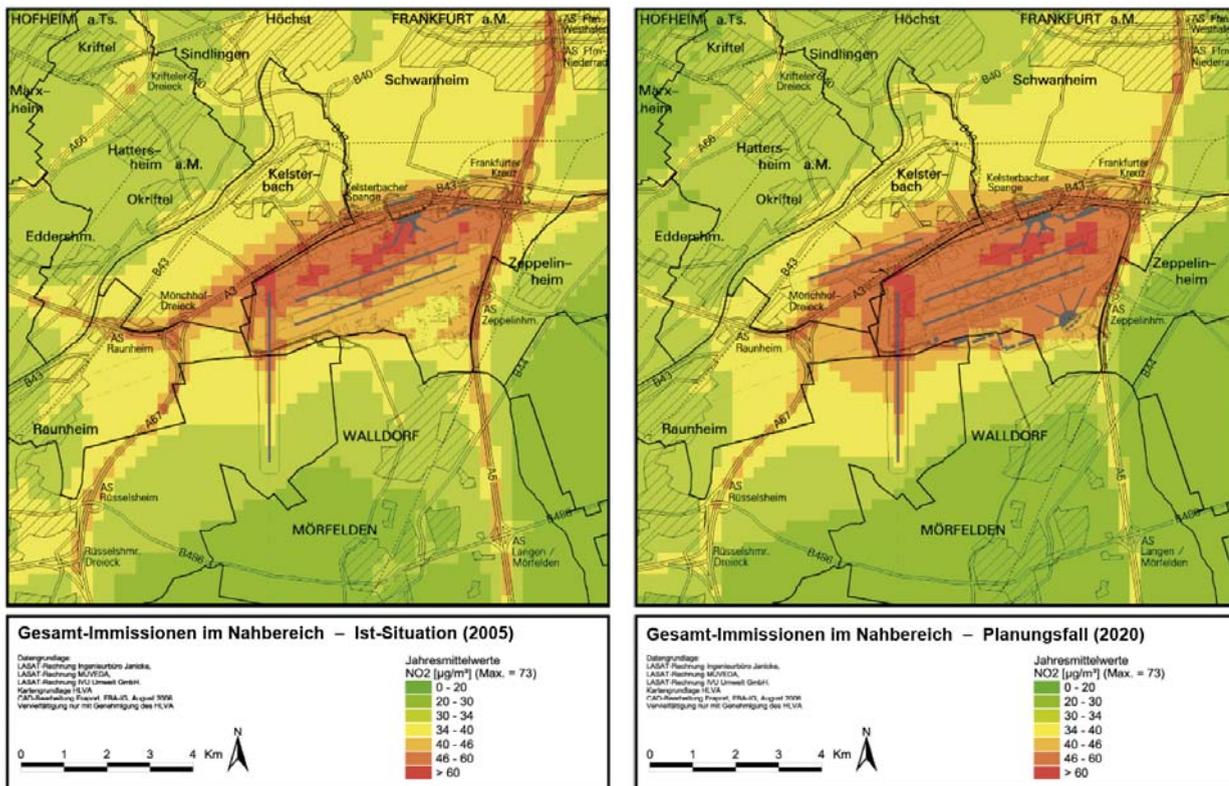
Auch wenn die Modellierung zwangsläufig von konservativen Ansätzen ausgehen musste und die reale Entwicklung schon deshalb als weniger problematisch einzuschätzen war, sind die verhältnismäßig günstigen Ergebnisse der Bauimmissionsüberwachung keineswegs selbstverständlich. Insbesondere die Einhaltung des Kurzzeitgrenzwerts in unmittelbarer Nähe der Großbaustelle ist wohl im Wesentlichen der intensiven Überwachung und den mit großem Aufwand durchgeführten Vorsorgemaßnahmen zu verdanken.

**Erkenntnisse aus den Ausbaugutachten**

Im Rahmen des Ausbaufahrens wurden alle Flughafen-bezogenen, wie auch Flughafen-fremden Einflüsse auf die Luftqualität im Umfeld des Flughafens ausführlich untersucht. Als Ergebnis liegen modellierte Jahresmittelwerte der Konzentration für folgende Schadstoffe vor:

- Nichtmethan-Kohlenwasserstoffe
- Kohlenmonoxid
- Stickoxide (NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>)
- Benzol
- Benzo(a)pyren
- Feinstaub (PM10)
- Ruß
- Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)

Im Bezug auf die strengen, vorsorgeorientierten Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit stehen der Feinstaub und das NO<sub>2</sub> im Vordergrund, für die entsprechend der gesetzlichen Regelungen auch Kurzzeitwerte ermittelt wurden. Die Konzentrationen der anderen Schadstoffkomponenten liegen selbst im Ballungsraum im unauffälligen Bereich. Während hohe Feinstaubkonzentrationen im Wesentlichen bei hoher großräumiger Hintergrundbelastung und auch bei nicht abgasbezogenen Vorgängen entstehen (Abrieb, Aufwirbelung und Anreicherung in städtischen Straßenschluchten), werden Stickoxide bei Verbrennungsprozessen aus Bestandteilen der Umgebungsluft gebildet. Die größte Rolle spielt hierbei der Straßenverkehr, in unmittelbarer Nähe trägt aber auch der Flugverkehr zur NO<sub>2</sub>-Gesamtkonzentration bei.



*Modellierung der NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung aus allen Flughafen- und Umlandquellen im Planfeststellungsverfahren, Gutachten nach G13.4: Der Nahbereich ist ein 14 mal 14 Kilometer großer Ausschnitt aus dem insgesamt 40 mal 40 Kilometer großen Untersuchungsgebiet.*

Rein messtechnisch lässt sich dieser Sachverhalt nicht feststellen, da die in Flugzeugabgasen enthaltenen Schadstoffe keine speziellen Merkmale aufweisen, die eine Quellzuordnung ermöglichen würden. Sie entsprechen weitgehend dem Schadstoffspektrum des Straßenverkehrs. Eine Quellzuordnung ist nur mithilfe von Modellrechnungen möglich, wie sie im Planfeststellungsverfahren eingesetzt wurden.

Relevante Beiträge des Flugverkehrs zur Schadstoffbelastung ergeben sich demnach nur in der nahen Umgebung des Flughafens und nur für die Komponente NO<sub>2</sub>. Selbst in den Anliegergemeinden dominiert dessen Immissionsbeitrag allerdings nicht und fällt mit zunehmender Entfernung schnell ab. Flugrouten zeichnen sich im modellierten Immissionsfeld nicht ab (siehe auch: Einfluss der Emissionshöhe, Seite 11). Die oben dargestellte NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung aus allen Quellen einschließlich großräumiger Hintergrundbelastung zeigt den starken Einfluss des Straßenverkehrs. Die prognostizierte Emissionszunahme durch den wachsenden Flugverkehr führt nur im Nahbereich des Flughafens auch zu einer erkennbaren Immissionszunahme. Durch die zu erwartende Emissionsreduzierung beim Straßenverkehr wird es großräumig zur Entlastung kommen.

Vergleich Messung/Modell NO<sub>2</sub>



Relative Anteile am modellierten Jahresmittel 2020:

- Flugzeuge
- Infrastruktur und Abfertigung
- Flughafen-induzierter Straßenverkehr im Umland
- Vorbelastung



### Vergleich zwischen Messungen und Modellrechnungen

In der doppelseitigen Abbildung auf den Seiten 8 und 9 sind die bisherigen NO<sub>2</sub>-Messergebnisse den Ergebnissen der Modellrechnungen gegenübergestellt. Dies ermöglicht es zum einen, die Übereinstimmung zwischen Messung (blaue Balken) und Modell (rote Kreuze mit Trendlinie) zu überprüfen; zum anderen lässt sich der relative Anteil der Flughafen-Beiträge aus dem Modell näherungsweise auf die gemessene Gesamtmission übertragen (Kreisdiagramme). Exemplarisch wurde dafür die relevante Schadstoffkomponente NO<sub>2</sub> ausgewählt. Die Gesamtmission ist jeweils für alle Messjahre und -standorte sowie für das Basisszenario 2005 und die Prognose 2020 des Modells dargestellt. Die ortsabhängige Steigung der Trendlinie ist im Wesentlichen durch zwei Entwicklungen geprägt: die prognostizierte Emissionsminderung im Straßenverkehr und die im Modell unterstellte Emissionszunahme im Luftverkehr. Im Nahbereich, an Standorten mit stärkerem Luftverkehrseinfluss, entsteht daher insgesamt ein Anstieg. Mit zunehmender Entfernung ergibt sich zunächst keine Veränderung und schließlich eine abnehmende Tendenz. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Entwicklung nicht so gleichmäßig verlaufen muss, wie es die Trendlinie andeutet. Innerhalb des betrachteten Zeitraums verlagern sich Emissionsschwerpunkte oder kommen hinzu (Landebahn Nordwest, Terminal 3). Dies kann je nach Relevanz des verlagerten Emissionsbeitrags örtlich zu einem stufenförmigen Konzentrationsverlauf zwischen den beiden modellierten Zeithorizonten führen.

Die relativen Anteile in den Kreisdiagrammen beziehen sich auf die Prognose 2020 und sind ebenfalls auf zwischenzeitliche Situationen nur begrenzt übertragbar. Während sich die Emissionen des Straßenverkehrs näherungsweise gleichmäßig entwickeln, gilt dies zum Beispiel nicht für die Verteilung der Abfertigungsemissionen, die sich erst nach der für 2016 geplanten Inbetriebnahme des Terminal 3 im Süden auf den Süd- und den Nordbereich aufteilen können. In der Graphik ist dies an den bereits vergleichbar hohen Anteilen zu erkennen, die aber derzeit noch nicht bestehen. Dementsprechend war der relative Beitrag der Flugzeugemissionen vor Inbetriebnahme der neuen Bahn in deren Nahbereich geringer als danach.

Die Übereinstimmung zwischen Modell und Messung ist insbesondere in Bereichen mit höherer Belastung sehr gut (S1-Standorte entlang der BAB 5, S2 im Vorfeld und an der Startbahn 18W). An Standorten, die etwas weiter von den Quellen entfernt sind (südlicher Flughafen, Kelsterbach), liegen die Messwerte deutlich unter den Modellwerten.

### Von der NO<sub>x</sub>-Emission zur NO<sub>2</sub>-Immission

Die für Verkehrsquellen wesentliche Komponente NO<sub>2</sub> wird nur zu einem geringen Teil direkt emittiert. Sie ist Bestandteil eines Gemisches aus NO und NO<sub>2</sub>, das als NO<sub>x</sub> bezeichnet wird. Im Verlauf der Ausbreitung oxidiert das primär emittierte NO zu dem gesundheitlich relevanten NO<sub>2</sub>. Emissionsraten für Stickoxide werden im Allgemeinen als NO<sub>2</sub>-Äquivalent in Masse pro Zeiteinheit angegeben, das heißt, als NO<sub>2</sub>-Obergrenze, die erreicht wäre, wenn alles NO bereits zu NO<sub>2</sub> oxidiert wäre. Die Gesamtmenge an NO<sub>x</sub> bleibt während der Ausbreitung erhalten, es verschiebt sich lediglich das Verhältnis von NO zu NO<sub>2</sub>. Dabei ist die tatsächliche Oxidationsrate abhängig von verschiedenen äußeren Bedingungen, unter anderem dem Konzentrationsniveau der Stickoxide selbst. Je höher die NO<sub>x</sub>-Gesamtkonzentration (je quellnäher) desto geringer der relative NO<sub>2</sub>-Anteil und umgekehrt: je geringer die Gesamtkonzentration (je weiter von den Quellen entfernt, je stärker die Verdünnung, je größer das Angebot an oxidierendem Ozon) desto höher der relative NO<sub>2</sub>-Anteil.

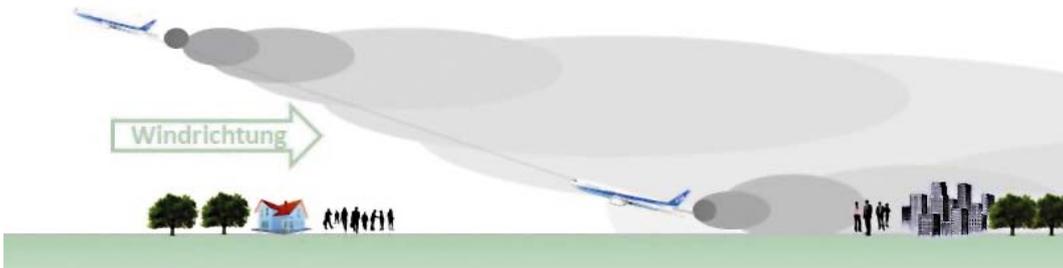
Diese Beziehung ist nicht linear und wird durch die empirisch hergeleitete Rombergformel wiedergegeben. So kann die NO<sub>2</sub>-Gesamtmission als Funktion einer einzigen Eingangsgröße, der NO<sub>x</sub>-Gesamtmission, ermittelt werden. Im Genehmigungsverfahren wurden dazu die NO<sub>x</sub>-Beiträge aller Quellgruppen einschließlich der großräumigen Hintergrundbelastung im Detail modelliert und das Ergebnis mit der Rombergformel ausgewertet. Dies führt auch im Vergleich mit Messungen zu realistischen Ergebnissen der NO<sub>2</sub>-Gesamtmission, insbesondere in dem bewertungsrelevanten Konzentrationsbereich um den Grenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> (siehe oben: Vergleich zwischen Messung und Modellrechnung). Demgegenüber ist die quantitative Zuweisung von Anteilen eines Sekundärprodukts wie NO<sub>2</sub> zu einzelnen Quellen grundsätzlich problematisch. Daher sind die Anteilsdarstellungen eher als „NO<sub>2</sub>-Potenziale“ auf Basis der relativen NO<sub>x</sub>-Beiträge zu verstehen.

$$NO_2 = \left( \frac{103}{NO_x + 130} + 0,005 \right) \times NO_x$$

**Rombergformel** zur Ermittlung der NO<sub>2</sub>-Immission aus der Gesamt-NO<sub>x</sub>-Immission, jeweils im Jahresmittel.

### **Einfluss der Emissionshöhe auf die bodennahe Konzentration**

Die lokale Schadstoffbelastung ist weitgehend durch Emissionen bedingt, die in niedriger Höhe freigesetzt werden. Dies gilt auch für die Emissionen des Luftverkehrs. Abgasfahnen aus größerer Höhe erreichen das Bodenniveau erst in einer Entfernung, wo sie bereits verdünnt sind.



*Schematische Darstellung zum Höhereinfluss: Schadstoffe breiten sich mit dem Wind aus. Emissionen aus größerer Höhe erreichen den Boden erst nach entsprechender Verdünnung. Dunkle kleine Flächen in dieser Darstellung entsprechen hoher Konzentration, helle große Flächen symbolisieren Verdünnung und Ausdehnung der Abgasfahne.*

Sensitivitätsanalysen haben ergeben, dass die bodennahe Stickoxidkonzentration in Windrichtung hinter einem abfliegenden Flugzeug mindestens zu 67 Prozent beim Startvorgang verursacht wird, noch bevor das Flugzeug von der Piste abhebt. Wie die nebenstehende Abbildung zeigt, erhöht sich dieser Beitrag durch den anschließenden Steigflug bis 300 Meter Höhe auf 90 Prozent und bis 600 Meter Höhe auf 99 Prozent der NO<sub>x</sub>-Bodenkonzentration. Der Einfluss von Flugzeugemissionen auf die Schadstoffbelastung nimmt also sehr schnell mit der Höhe ab.

### **Ermittlung und Bewertung der Geruchsbelastung**

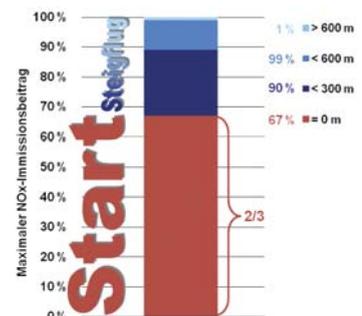
Geruchswahrnehmungen lassen sich im Allgemeinen nicht ohne weiteres objektiv nachvollziehen. Im Fall von Kerosin, einem Gemisch aus verschiedenen Kohlenwasserstoffen, ist nicht bekannt, welcher dieser Bestandteile den von einigen Menschen als typisch empfundenen Geruch ausmacht. Es hat sich allerdings herausgestellt, dass ein Zusammenhang zwischen der Gesamt-Kohlenwasserstoffkonzentration und der Geruchswirkung besteht.

Um Geruchsbelastungen zu erfassen und zu bewerten, bedient man sich der anerkannten Verfahren, wie sie in der Geruchsimmissionsrichtlinie (GIRL) beschrieben sind. Dazu erfolgen repräsentative Begehungen des Beurteilungsgebiets durch ausgewählte und geschulte Testpersonen. Das Auftreten von Gerüchen wird dabei nach bestimmten Vorgaben protokolliert und ausgewertet. Eine Wahrnehmung von Gerüchen ist in gewissem Ausmaß hinzunehmen und nicht zwangsläufig mit Gesundheitsgefahren verknüpft.

Bereits 1999/2000 wurde eine Geruchsbegehung im Umfeld des Frankfurter Flughafens durchgeführt. Deren Ergebnisse konnten zur Kalibrierung einer Modellrechnung zur Geruchsausbreitung auf Basis der für 2020 prognostizierten Kohlenwasserstoffemissionen genutzt werden. Demnach ist nicht auszuschließen, dass in der Umgebung des Flughafens Kerosingeruch auftritt. Die prognostizierte Geruchsbelastung liegt auch in den nächstgelegenen Siedlungsgebieten unter der Schwelle für erhebliche Belästigungen, die nach der Geruchsimmissionsrichtlinie zehn Prozent der Jahresstunden beträgt. Mit zunehmendem Abstand fällt der Einfluss des Flughafens schnell ab. Die maximalen Werte im besiedelten Umland ergaben sich für das Jahr 2020 nach entsprechendem Kapazitätswachstum in Kelsterbach mit bis zu acht Prozent. Für den Bereich Rüsselsheim, Raunheim, Eddersheim, Okriftel, Höchst und Schwanheim wurden zwischen drei und fünf Prozent berechnet, am Ortsrand von Walldorf noch zwei bis drei Prozent. Darüber hinaus ist nur noch mit sehr geringen Häufigkeiten unterhalb der Relevanzgrenze von zwei Prozent zu rechnen.

Diese Modellergebnisse werden entsprechend einer Auflage im Planfeststellungsbeschluss durch ein standardisiertes, einjähriges Begehungsprogramm im Umfeld des Flughafens überprüft, das im Jahr 2012 beginnen wird.

### **Sensitivitätsanalyse: Abflug**



**Weitere Informationen:**

HLUG (Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie)  
[www.hlug.de](http://www.hlug.de)

Fraport AG  
[www.fraport.de](http://www.fraport.de)

**Herausgeber:** Fraport AG Frankfurt Airport Services Worldwide, Flug- und Terminalbetrieb, Ausbau, Sicherheit (FBA), 60547 Frankfurt am Main. **Redaktion:** Barbara Schreiber, Markus Sommerfeld (FBA-KU 1). **Layout und Herstellung:** Unternehmenskommunikation (UKM-IK). **Druck:** Airport Print Center. 07/12/0,8/APC

---

Für weitere Exemplare: Fraport AG, FBA-KU 1, 60547 Frankfurt, Telefax: 069 690-56691  
oder [ausbauinfo@fraport.de](mailto:ausbauinfo@fraport.de).