

Lufthygienischer Jahresbericht 2014

Bericht über die Ergebnisse der lufthygienischen Überwachung am Flughafen Frankfurt

Diese Ausgabe des Lufthygienischen Jahresberichts enthält neben den üblichen Jahreskenngrößen der gemessenen Luftschadstoffe weiter gehende Analysen zu zwei verschiedenen Themen.

Der erste Beitrag steht unter dem Titel „Flugzeugimmissionen auf der Spur“. Durch gezielte Auswertung stellen wir Hinweise auf die Beeinflussung unserer Messergebnisse durch den Flugzeugverkehr heraus. Ein solcher Einfluss ist normalerweise gegenüber anderen Effekten kaum abgrenzbar. Weder mit Sondermessungen des HLUG im Umland (Frankfurt-Lerchesberg, Flörsheim) noch mit unseren eigenen Messungen am Standort lassen sich flugverkehrsbedingte Immissionsanteile konkret identifizieren. Dennoch besteht kein Zweifel daran, dass Flugzeuge gerade im Nahbereich einen nicht unwesentlichen Anteil an den gemessenen Schadstoffkonzentrationen haben müssen, wie es sich auch aus Modellrechnungen ergibt.

Der hier präsentierte - sehr spezielle - Effekt ist gering in Bezug auf die herangezogenen Beurteilungswerte und auch im Hinblick auf die Messgenauigkeit. Seine Darstellung ist rein fachlich motiviert. Darüber hinaus lassen sich daraus keine quantitativen Aussagen über den Einfluss des Flughafens in seinem Umfeld ableiten.

Modellsimulationen sind nicht nur für eine solche Verursacherzuordnung von Anteilen geeignet. Sie ermöglichen auch die Übertragung vorhandener Erkenntnisse in eine räumliche Verteilung oder eine Prognose in die Zukunft.

Ein Beispiel dafür ist unser zweiter Beitrag „Geruchsbelastung in Theorie und Praxis“. Wir greifen darin die im Vorjahr veröffentlichten Ergebnisse der Geruchsbegehung im Flughafenumfeld auf und setzen sie in Bezug zu einer entsprechenden aktuellen Modellrechnung.

Standorte der Luftmessstationen im Jahr 2014 (zu S1a in 2010 s. Seite 7)



Jahresmittelwerte im Vergleich mit Luftqualitätswerten

		Messwert	Luftqualitätswert*
NO	S1	42	200 ¹
	S2	23	
	S5	16	
NO ₂	S1	46	40 ²
	S2	37	
	S5	33	
SO ₂	S1	2	50 ³
	S2	3	
CO	S1	0,3	- ⁴
	S2	0,3	
O ₃	S1	34	- ⁴
	S2	40	
PM10	S1	18	40 ²
	S2	18	
	S5	19	
Benzol	S1	0,7	5 ²
	S2	(1,1)	
Toluol	S1	1,9	30 ⁵
	S2	(2,1)	
m/p-Xylol	S1	0,9	30 ⁵
	S2	(1,1)	
Ethylbenzol	S1	0,3	20 ¹
	S2	(0,4)	
Benzo(a)pyren	S1	0,2	1 ²
	S2	0,2	
Arsen	S1	0,4	6 ²
Blei	S1	4,7	500 ²
Cadmium	S1	0,1	5 ²
Nickel	S1	1,9	20 ²

() größere Datenlücken

Messeinheit: µg/m³, für CO: mg/m³, für Benzo(a)pyren, Arsen, Blei, Cadmium und Nickel: ng/m³

PM10 = Partikel, die einen gröÙenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist

*Als Vergleichswerte wurden herangezogen:

¹ Immissionsvergleichswert des HLUG² Grenzwert der 39. BImSchV; bei Arsen, Cadmium, Nickel und Benzo(a)pyren: Zielwert³ Grenzwert der TA Luft 2002⁴ Kein als Jahresmittel definierter Beurteilungswert in den einschlägigen Regelungen⁵ Vorschlag des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI)

Der Standort S4 wurde zu Beginn des Jahres 2014 aufgegeben. Er war zur Überwachung der Partikelimmissionen während der Bauphase der Landebahn Nordwest eingeführt worden. Nach Inbetriebnahme der Landebahn im Jahr 2011 war der Informationsgewinn gegenüber dem Standort S5 nur noch gering.

Bei den BTEX-Sammlern gab es zeitweise erheblichen Verlust von Filtermaterial, wahrscheinlich durch Verbiss von Vögeln. Ohne die Monate Juli, September und Oktober betrug die Verfügbarkeit dort daher nur 75%. Bei allen anderen Komponenten lag der Erfassungsgrad über 95%.

Überschreitungshäufigkeit von Kurzzeit-Luftqualitätswerten

		Kurzzeit- Luftqualitätswert	Bezugsintervall	Anzahl gemessener Überschreitungen pro Jahr	Anzahl zulässiger* Überschreitungen pro Jahr
NO ₂	S1	200	1 Stunde	7	18
	S2			0	
	S5			0	
SO ₂	S1	350	1 Stunde	0	24
	S2			0	
CO	S1	10 ¹	8 Stunden	0	0
	S2			0	
O ₃	S1	180 ²	1 Stunde	4	0
	S2			19	
	S1	240 ³	1 Stunde	0	0
	S2			0	
PM ₁₀	S1	120 ¹	8 Stunden	15 ⁴	25 ⁴
	S2			19 ⁴	
PM ₁₀	S1	50	24 Stunden	7	35
	S2			1	
	S5			6	

Messeinheit: µg/m³, für CO: mg/m³

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

¹ Höchstzulässiger Acht-Stunden-Mittelwert eines Tages aus stündlich gleitenden Acht-Stunden-Mittelwerten (bei Ozon: Zielwert)

² Schwelle für die Unterrichtung der Öffentlichkeit durch die zuständige Behörde bei Überschreitung in deren Messnetz

³ Schwelle für die Auslösung des Alarmsystems durch die zuständige Behörde bei Überschreitung in deren Messnetz

⁴ als Mittel über drei Jahre (2012, 2013, 2014)

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

Das Jahr 2014 war mit 12,1°C im Mittel deutlich wärmer als das langfristige Klimamittel¹ und auch wärmer als die letzten Vorjahre mit Mittelwerten von 10°C bis 11°C. Dabei war nur der März besonders trocken und sonnig. Insgesamt war die Niederschlagssumme mit 650mm nicht ungewöhnlich. 35% des Niederschlags fielen in den Monaten Juli und August.

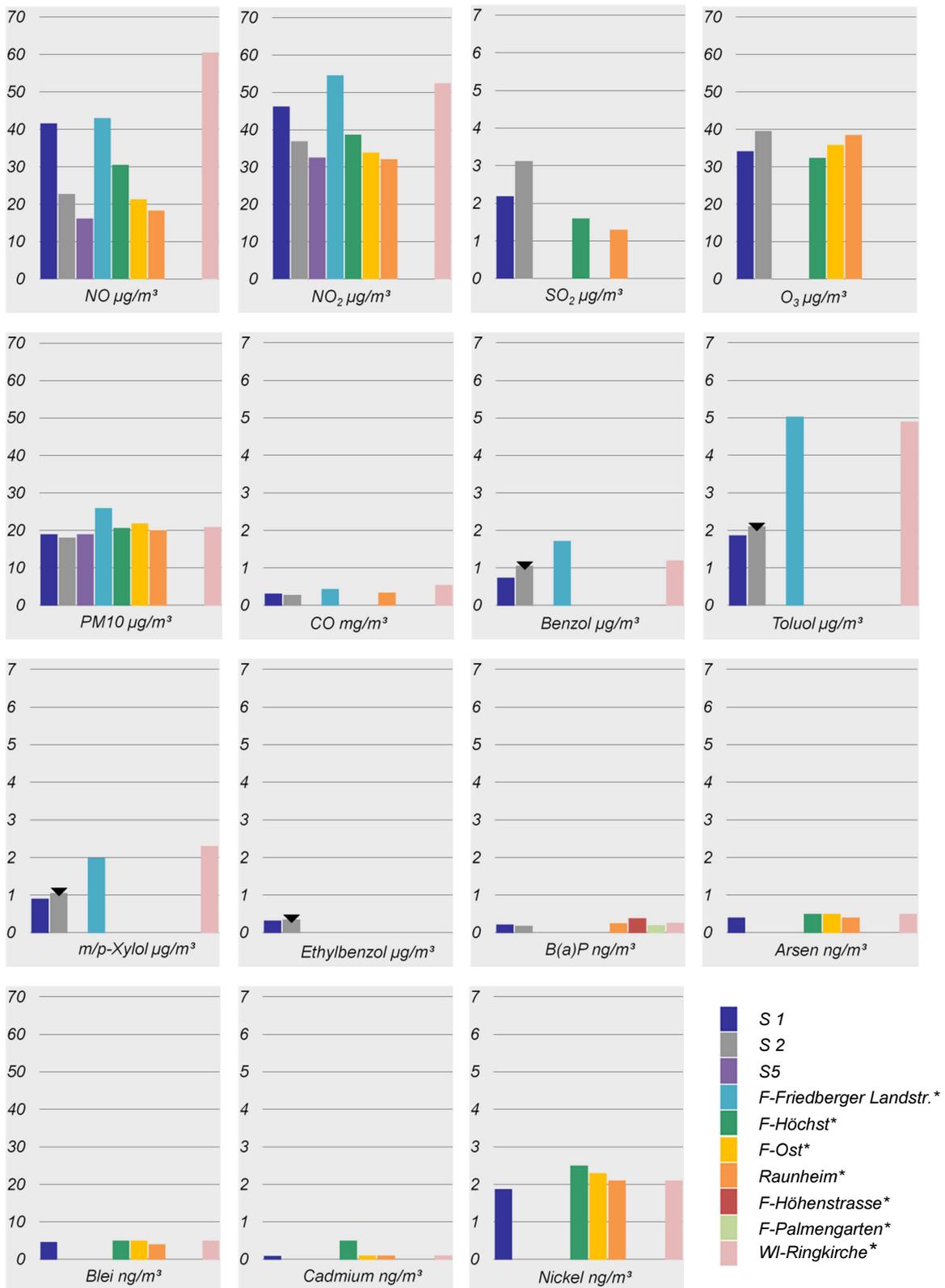
Entsprechend den verregneten Sommermonaten war die Häufigkeit von Überschreitungen der Informationsschwelle für Ozon geringer als im Vorjahr, ebenso wie die von Überschreitungen der Schwelle für das PM₁₀-Tagesmittel.

Auch das NO₂-Konzentrationsniveau nahm ab, lag aber an S1 weiter über dem Beurteilungswert für das Jahr. Die Stundenzahl mit mittleren Konzentrationen oberhalb der Kurzzeitschwelle reduzierte sich dort von acht auf sieben. Diese Fälle traten wieder ausschließlich im Verlauf von Schwachwindsituationen bei nord-nordöstlichen Windrichtungen (von außerhalb des Flughafens) während des abendlichen Berufsverkehrs auf.

Da die Ozoninformationsschwelle kein Grenzwert ist und die übrigen Kurzzeitüberschreitungen innerhalb der zulässigen Häufigkeiten liegen, würden mit fast allen auf dem Flughafen ermittelten Kenngrößen die Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit eingehalten, wenn sie auf Flughäfen anwendbar wären. Die einzige Ausnahme ist der NO₂-Jahresmittelwert an S1. Er ist vergleichbar mit dem Konzentrationsniveau an ebenfalls verkehrsexponierten, städtischen Standorten.

¹ 1981-2010 an der vom Deutschen Wetterdienst betriebenen Flugwetterwarte im Flughafengelände

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



Keine Säule = Komponente nicht im Messprogramm der jeweiligen Station enthalten
 F = Frankfurt/Main, WI = Wiesbaden, ▼ = größere Datenlücken

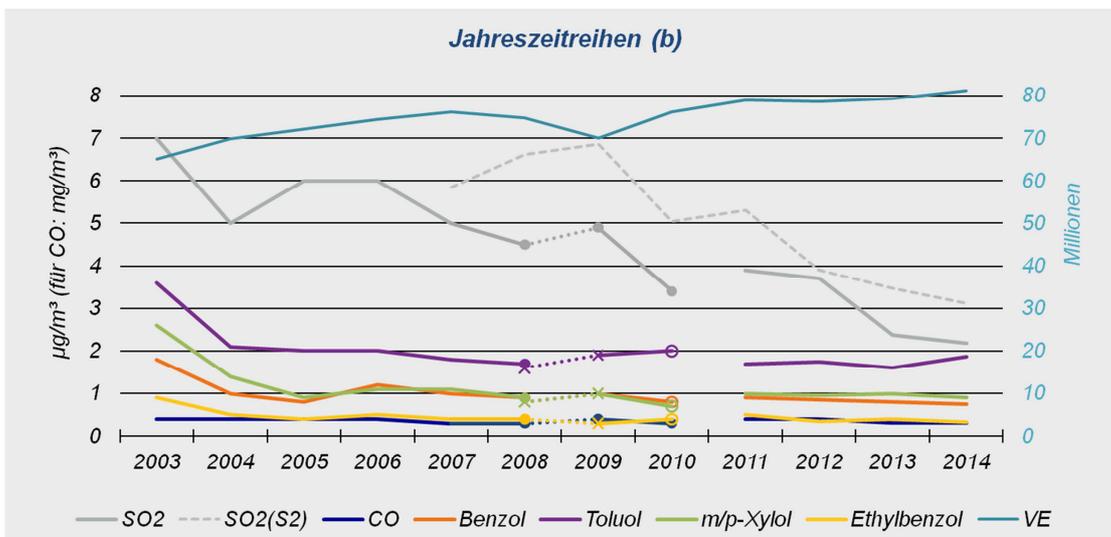
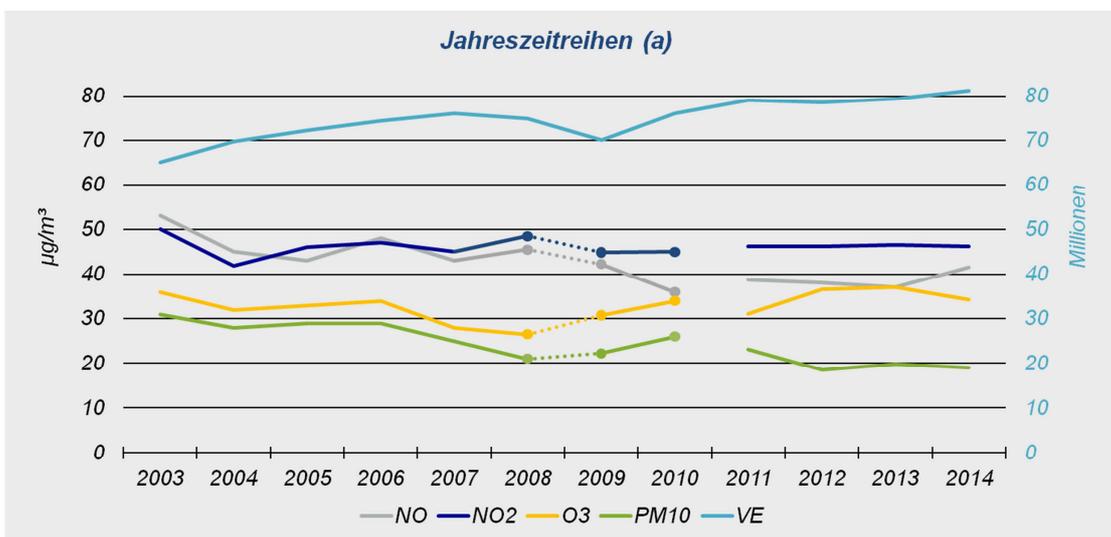
*Quellen: Lufthygienischer Monatsbericht Dezember 2014 (gleitende Jahresmittel), HLUG und Lufthygienischer Jahresbericht 2013 (Teil 2: Staub und Staubinhaltsstoffe), HLUG. Teil 2 für 2014 lag bis Redaktionsschluss noch nicht vor.

Vergleich der Fraport-Stationen mit benachbarten HLUG-Stationen

Auch 2014 lagen die Jahresmittelwerte der Flughafenstationen im mittleren bis unteren Bereich der HLUG-Vergleichsstationen, ebenfalls wie in den Vorjahren mit Ausnahme von SO₂. Bereits in den Jahresberichten 2008 und 2009 wurden Flugzeugemissionen als mögliche Ursache für die höheren Werte der S2 genannt, ohne dies im Detail belegen zu können. Diese Komponente hat heute kaum mehr eine lufthygienische Bedeutung und wird daher im behördlichen Messnetz nicht mehr flächendeckend erfasst. Sondermessungen des HLUG in Frankfurt-Lerchesberg (2012/2013) und Flörsheim (2013/2014) ergaben jeweils nur 1,3 µg/m³ im Mittel über ein Jahr und damit keinen Hinweis auf einen möglichen Flughafeneinfluss. Auf den folgenden Seiten wird dieser Frage weiter nachgegangen.

Entwicklung der Jahresmittel (Station S1) und Verkehrseinheiten (VE)

Die meisten Komponenten zeigen langfristig weiterhin wenig Veränderung. Die NO- und Ozonwerte verhalten sich dabei gegenläufig, sowohl in der Veränderung von Jahr zu Jahr als auch abhängig vom Standort. Eine tendenzielle Abnahme der Konzentration ist bei PM10 zu erkennen, eine deutliche Abnahme bei SO₂. In der diesjährigen Zeitreihengraphik sind zusätzlich die SO₂-Werte am derzeitigen Standort S2 im Parallelbahnsystem dargestellt. Die Konzentration ist dort in den Vorjahren ebenso auf ein sehr niedriges Niveau gesunken, lag aber jeweils über den Werten an S1 im Osten des Flughafens.



1 VE = 1 Passagier mit Gepäck oder 100 kg Luftfracht bzw. Luftpost
 Durchgezogene Linien: Messwerte eines Standorts, gepunktete Linien: kleinräumiger Standortwechsel 2008 / 2009, 2010 Verlegung um ca. 1000m in nord-nordöstliche Richtung
 Dicke Punkte: Korrektur bei Datenlücken am Standort, Kreuze: geringer Datenumfang am Standort ohne Korrektur, Kreise: Daten von zwei Standorten ohne Korrekturmöglichkeit

Flugzeugimmissionen auf der Spur

Bei Überlagerung von Schadstoffbeiträgen aus unterschiedlichen Emissionsquellen mit gleichem Schadstoffspektrum lassen sich die Anteile einzelner Verursacher rein messtechnisch nicht ohne weiteres zuordnen. Der starke und äußerst variable Einfluss der Meteorologie auf die räumliche und zeitliche Verteilung der Schadstoffe erschwert dies zusätzlich. Nur wenn einzelne Emissionsquellen sehr dominant sind, kann mit speziellen Auswertungen der Messergebnisse ein Bezug zu Verursachern hergestellt werden.

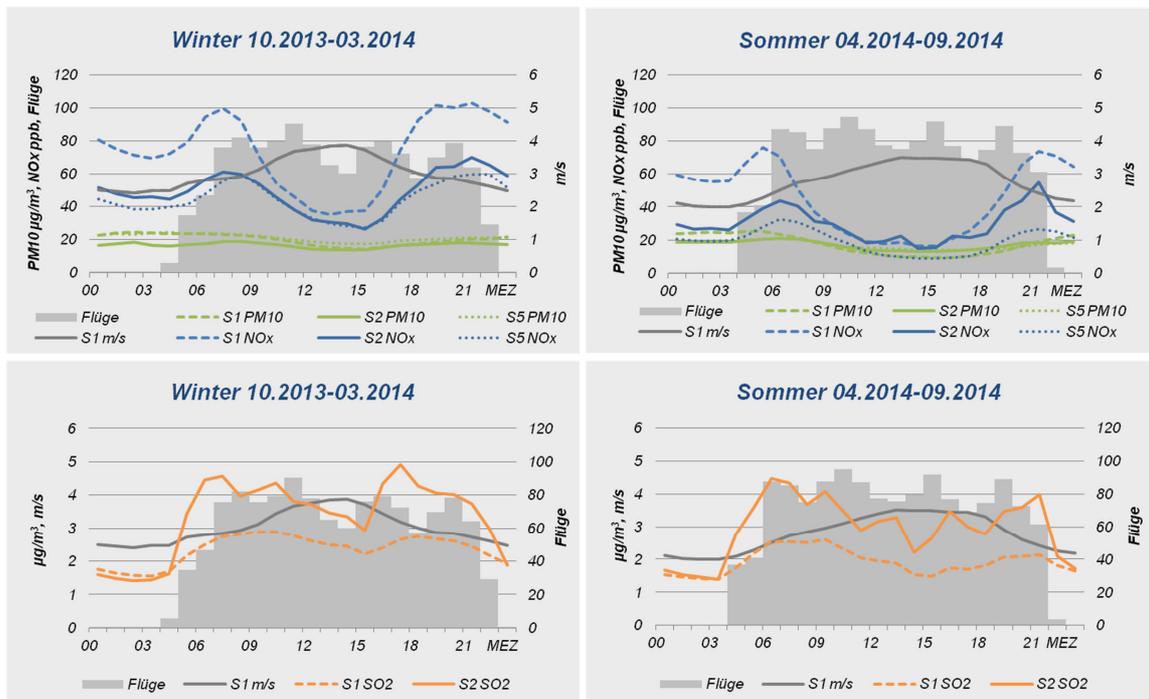
Die Sondermessungen des HLUG in Frankfurt-Lerchesberg und Flörsheim haben keine Hinweise auf besondere Einflüsse des Flugverkehrs ergeben. Dort sind die Immissionsbeiträge von Flugzeugen durch Verdünnung bereits so weit reduziert, dass sie messtechnisch gegenüber Beiträgen aus anderen Quellen, wie z.B. Straßenverkehr, nicht abgrenzbar waren. Auch die üblichen statistischen Kenngrößen unserer eigenen Messreihe am Standort lassen keine konkreten Rückschlüsse auf Flugverkehrsanteile zu. Das bedeutet in erster Linie, dass diese Anteile unter lufthygienischen Gesichtspunkten keine erhöhte Relevanz haben können, insbesondere außerhalb des Flughafens. Der folgende Versuch, spezielle Immissionsbeiträge zu identifizieren, ist daher rein fachlich motiviert.

Um möglichst viele Störeinflüsse auszuschalten bzw. zu erkennen, wird nach folgenden Gesichtspunkten ausgewertet:

- Betrachtung des Nahbereiches, wo die gesuchten Beiträge noch am größten sein müssen
- Berücksichtigung der unterschiedlichen Exposition an den einzelnen Messstandorten
- Herstellung eines zeitlichen Bezugs zum Verursacher Flugverkehr
- Vergleich von Komponenten mit unterschiedlicher Bedeutung für den gesuchten Einfluss

Dem entsprechend ist in den folgenden Graphiken der mittlere Tagesgang der Messgrößen Stickoxide (NO_x = NO + NO₂), Partikel (PM₁₀) und Schwefeldioxid (SO₂) parallel zum Verlauf der Flugbewegungen und der Windgeschwindigkeit jeweils im Winter 2013/2014 und im Sommer 2014 dargestellt. Die Zeitachse bezieht sich - wie bei Messwerten üblich - auf MEZ. Die Flugbewegungen beginnen und enden also während der mitteleuropäischen Sommerzeit jeweils eine Stunde früher. Im Winterhalbjahr kommt es dadurch bei den Flugbewegungen zu einer Überlagerung von MEZ und Sommerzeit auf der Zeitachse.

Am Standort S2 im Parallelbahnsystem ist von der geringsten Beeinflussung durch andere lokale Quellen auszugehen. Der gesuchte Effekt sollte hier am deutlichsten zu erkennen sein. Die Ergebnisse werden daher mit einer durchgezogenen Linie hervorgehoben. Zum Vergleich sind die Daten der S1 in der Nähe der BAB5 mit einer gestrichelten Linie und die Daten der S5 an der Landebahn Nordwest mit einer gepunkteten Linie eingetragen.



Aktueller, mittlerer Tagesgang der Flugbewegungen, der Windgeschwindigkeit und der gemessenen Immissionen
Gleiche Farbe = gleiche Komponente

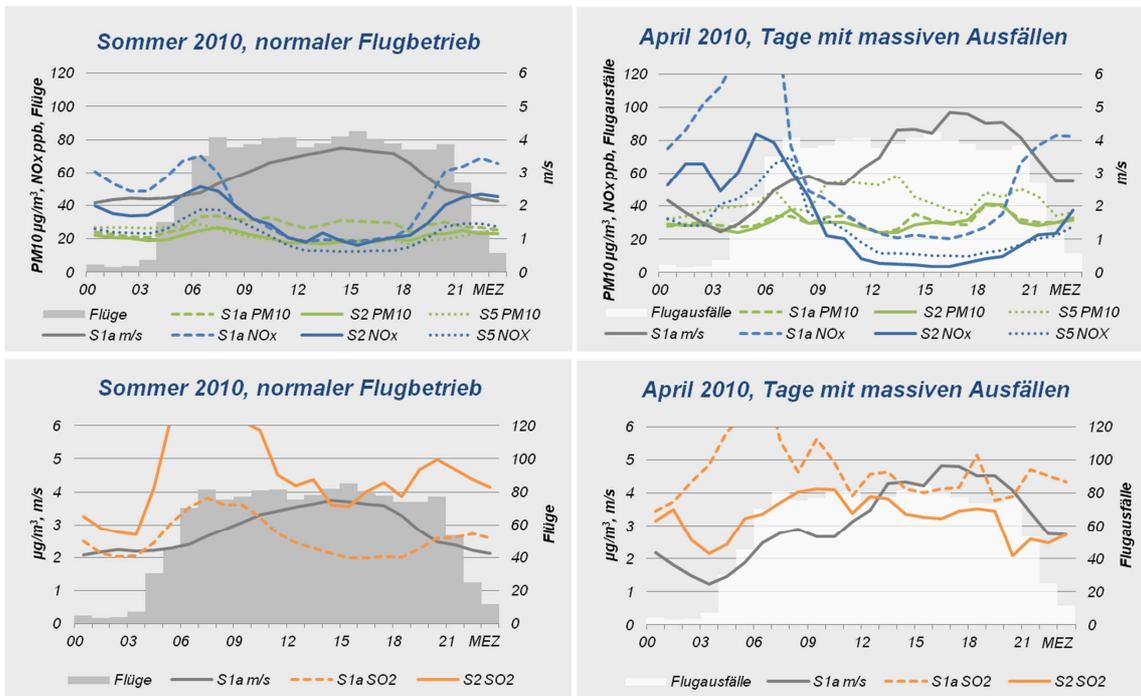
Generell sind die Konzentrationen im Winter höher als im Sommer, überwiegend bedingt durch die eingeschränkte winterliche Durchmischung, die sich auch im Verlauf der Windgeschwindigkeit zeigt. Die Konzentrationskurven sind gegenläufig dazu mit einem schmalen Minimum tagsüber im Winter und einem deutlich breiteren im Sommer. Die morgendlichen und abendlichen Spitzen aus den Emissionen des Straßenverkehrs werden dadurch überlagert.

Während die Partikelkonzentration wegen des bekanntlich hohen, großräumigen Hintergrundanteils nahezu konstant und an allen Standorten auf gleichem Niveau verläuft, gibt es bei den anderen Komponenten große Unterschiede. Die höchsten Stickoxidkonzentrationen werden an der S1 in Autobahnnähe erreicht. Es folgen S2 und S5. Bei besserer Durchmischung tagsüber gleichen sich die Konzentrationen der drei Standorte weitgehend an. Abends und nachts bleiben die Konzentrationsunterschiede erhalten.

Ganz anders verhalten sich die SO₂-Kurven an S1 und S2. Die höheren und etwas gleichmäßigeren Winterwerte an beiden Standorten sind teilweise durch Hausbrand bedingt. Nachts sind die Konzentrationen praktisch identisch, aber exakt in der Zeit des Flugbetriebs liegen die Werte der S2 im Parallelbahnsystem über den Werten der S1. Dieser SO₂-Überschuss an der S2 ist nur durch Flugverkehr zu erklären. Großräumige Einflüsse von weiter entfernten Quellen müssten sich auf beide Standorte in ähnlicher Weise auswirken. Andere, lokale Einflüsse im Bereich der S2 kommen ebenso wenig als Erklärung in Frage. Während die SO₂-Emission vieler Emittenten bereits sehr weit gehend reduziert wurde, enthält Kerosin noch immer einen deutlich höheren Anteil Schwefel als z.B. Dieselkraftstoff oder das heute gebräuchliche schwefelarme Heizöl.

Eine absolute Quantifizierung des SO₂-Flugverkehrsanteils ist durch diese Auswertung nicht möglich, da der Hintergrundanteil ebenso unbekannt ist wie ein gewisser SO₂-Anteil aus Flugzeugemissionen, der auch in der Messung am Standort S1 enthalten sein dürfte. Darüber hinaus ist zu bedenken, dass die gemessenen SO₂-Werte mit wenigen µg/m³ sowohl bezüglich der Beurteilungswerte als auch im Hinblick auf die Messgenauigkeit auf sehr niedrigem Niveau liegen.

Die festgestellte Umkehr des Immissionsverhältnisses S2:S1 beim SO₂ gegenüber den Stickoxiden findet sich auch in anderen Jahren. An dieser Stelle soll ein Zeitraum dargestellt werden, der den Bezug zum Flugverkehr in besonderer Weise hervorhebt. Wie in unserem Lufthygienischen Jahresbericht 2010 beschrieben, kam es im April des Jahres zu mehrtägigen, fast vollständigen Flugausfällen infolge des Ausbruchs eines isländischen Vulkans und der Gefährdung des Luftverkehrs durch dessen Asche. Die Analyse der Auswirkungen konzentrierte sich seinerzeit auf die lufthygienisch relevante Komponente NO₂. Gegenüber anderen variablen Einflüssen, insbesondere der Meteorologie, konnten keine Auswirkungen festgestellt werden. Die Diagramme des mittleren Tagesgangs unten zeigen, dass die Messwerte an den Sommertagen mit normalem Flugverkehr gut vergleichbar waren mit denen aus dem Sommer 2014.



Mittlerer Tagesgang der Flugbewegungen, der Windgeschwindigkeit und der gemessenen Immissionen, Sommer 2010
Gleiche Farbe= gleiche Komponente

Dabei ist zu beachten, dass die Standorteigenschaften von S1a nur näherungsweise denen der aktuellen S1 entsprechen (s. Deckblatt). Unterschiede im Konzentrationsniveau sind insbesondere beim SO₂ zu erkennen. Sie können teilweise durch einen Trend zur Emissionsabnahme bedingt sein. In diesem niedrigen Konzentrationsbereich sind aber auch messtechnische Effekte nicht auszuschließen.

Die Ergebnisse der Apriltage, an denen praktisch kein Flugverkehr stattfand, sollten wegen der geringen Datenbasis und den entsprechend großen Fluktuationen nicht überinterpretiert werden. Teilweise sind die Konzentrationen witterungsbedingt höher als an den Durchschnittstagen mit normalem Flugverkehr. Die erhöhten PM10-Konzentrationen an S5 dürften im Zusammenhang mit den Aktivitäten beim Bau der Landebahn Nordwest stehen.

Angesichts der Umkehr des SO₂-Verhältnisses S2:S1a gegenüber Tagen mit Flugverkehr drängt sich allerdings der Bezug zu Flugzeugemissionen auf. Mit den üblichen Maßstäben, die sich an der Relevanz der festgestellten Immissionen ausrichten, ist ein solcher Bezug nicht herzustellen. Erst eine vergleichende Betrachtung der eher irrelevanten SO₂-Konzentration mit Bezug auf andere Komponenten an quellenahen, unterschiedlichen, aber doch nicht unabhängigen Standorten parallel zum Flugbetrieb und auf geeigneter Aggregationsstufe lässt hier einen Zusammenhang erkennen. Diese Erkenntnis allein reicht für eine Beurteilung der Rolle des Flughafens im Hinblick auf die Luftqualität in seinem Umfeld nicht aus. Dafür werden nach wie vor detaillierte Modellsimulationen benötigt.

Geruchsbelastung in Theorie und Praxis

Im Vorjahresbericht hatten wir die Ergebnisse der Geruchsbegehung aus dem Jahr 2012/2013 im Flughafenfeld vorgestellt, die als Auflage im Planfeststellungsbeschluss zum Bau der Landebahn Nordwest verfügt worden war. Zum Vergleich waren auch die Modellergebnisse der Geruchsprognose 2020 aus dem Genehmigungsverfahren dargestellt. Für die vorliegende Ausgabe des Jahresberichts haben wir nun eine Modellsimulation durchgeführt, mit der die in der Praxis festgestellten Geruchshäufigkeiten theoretisch nachvollzogen werden können.

Das dazu eingesetzte Modell LASPORT ist kein spezielles Geruchsmodell, sondern ein Modell, mit dem üblicherweise an deutschen Flughäfen die stofflichen, flughafen- und insbesondere flugzeugspezifischen Emissionen und deren Ausbreitung simuliert werden. Die Anwendung auf Geruchsfragen erfordert einige Anpassungen bzw. Vereinfachungen, so dass es sich um eine mehr oder weniger grobe Abschätzung handelt. Die Ergebnisse liegen zunächst als Häufigkeit von Stoffkonzentrationen im Stundenmittel vor. Diese Stoffkonzentrationen werden mit einem Anpassungsfaktor skaliert, der einerseits die Beziehung zwischen Stoff und Geruch berücksichtigt und andererseits die zwischen Stundenmittelwert und kurzzeitig zu erfassender Geruchswahrnehmung.

Die Abschätzung basiert auf den Erkenntnissen aus dem Ausbaugutachten G20 (Geruchsprognose) über den Zusammenhang zwischen Kerosingeruch und der Konzentration von Kohlenwasserstoffen (HC). HC-Emissionen der Flugzeuge werden mit den LASPORT eigenen Methoden simuliert. Zur näherungsweisen Berücksichtigung von HC-Emissionen durch Flugzeugbetankung werden die Ansätze des Gutachtens G13.2 (Kfz-Verkehr und stationäre Quellen auf dem Flughafen) auf die aktuellen Verkehrsdaten übertragen.

Der modellierte 1-Jahres-Zeitraum entspricht zum Vergleich dem Zeitraum der aktuellen Geruchsbegehung durch Odournet GmbH vom 06.09.2012 bis einschließlich 05.09.2013. Die dazu gehörenden meteorologischen Daten wurden aus der Datenbank WebWerdis des Deutschen Wetterdienstes abgerufen und in der benötigten Struktur als Stundenzeitreihe aufbereitet.

In der nachfolgenden Karte sind die Ergebnisse der Geruchsbegehung in die Rasterdarstellung der Modellergebnisse eingetragen. Die Zahlenwerte bzw. die Farbskalierung geben die Häufigkeit der Geruchsstunden im Messjahr 2012/2013 an. Nach Geruchsimmissionsrichtlinie wären 10% in Wohngebieten und 15% in Gewerbegebieten zulässig. Geruchshäufigkeiten unter 2% werden als irrelevant eingestuft.

Details der Modellrechnung

Ausbaugutachten G20 original:

- *Teilverbrannte HC: 31 GE/mg*
- *Unverbrannte HC: 16 GE/mg*
- *Skalierungsfaktor für Stundenmittel: 1,3*
- ➔ *1 GE ab 0,025 mg/m³ HC als Stundenmittel*

Aktuelle Anpassung:

- *Zusammenfassung der HC mit Gewichtung 16/31 für unverbrannte HC*
- *Skalierungsfaktor: 1,5 bei Berücksichtigung neuerer Erkenntnisse über geringere Emissionen während der Zündphase bei Triebwerken*
- ➔ *1 GE ab 0,021 mg/m³ HC als Stundenmittel*

1 GE entspricht der Menge eines Stoffs, von der an Geruch wahrgenommen wird.

Weitere Informationen:

Fraport AG
www.fraport.de

HLUG (Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie)
www.hlug.de

HLUG Sondermessung Frankfurt-Lerchesberg
<http://www.hlug.de/start/luft/sonstige-berichte.html>
[Erhebung der Luftqualität im Einzugsbereich der neuen NW-Landebahn des Flughafen Frankfurt Station „Frankfurt-Lerchesberg“ PDF](#)

HLUG Sondermessung Flörsheim
<http://www.hlug.de/start/luft/sonstige-berichte.html>
[Erhebung der Luftqualität \(Station „Flörsheim“\) und des Staubniederschlags im Einzugsbereich der neuen NW-Landebahn des Flughafens Frankfurt PDF](#)

ACI Studie über Luftqualität während der Flugausfälle infolge Vulkanausbruch
„Effects of Air Traffic on Air Quality in the Vicinity of European Airports“
www.fraport.de/aciluftqualitätsstudie2010

Geruchsimmissionsrichtlinie
www.lanuv.nrw.de/luft/gerueche/bewertung.htm

DWD- Daten WebWerdis
<https://werdis.dwd.de>

Information über LASPORT
<http://www.janicke.de>

Geruchsbegehungen, Odournet GmbH
<http://www.odournet.com>