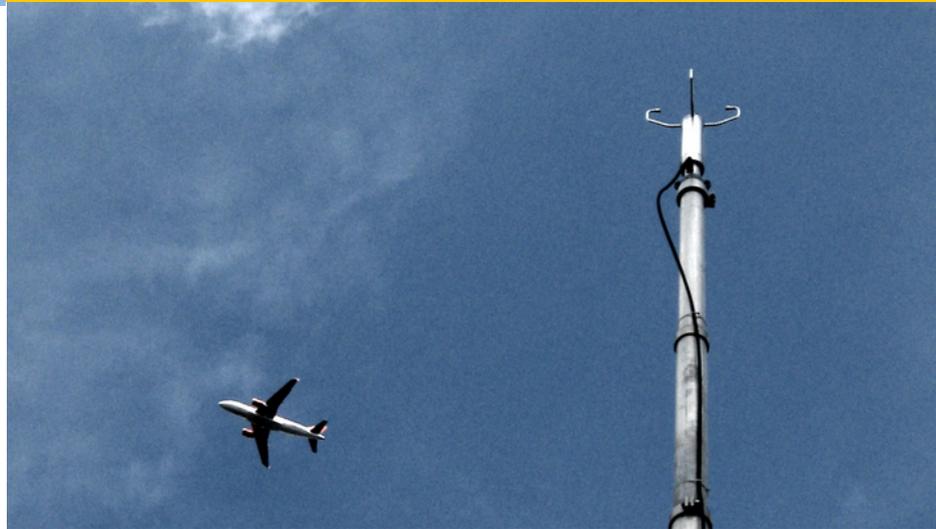




LAND  
BRANDENBURG

Ministerium für Ländliche  
Entwicklung, Umwelt und  
Landwirtschaft

Immissionsschutz



# Immissionen des Flugverkehrs

Studie im Zusammenhang mit dem Bau  
des Internationalen Verkehrsflughafens  
Berlin-Brandenburg (BER)

## **Immissionen des Flugverkehrs**

Studie im Zusammenhang mit dem Bau des Internationalen Verkehrsflughafens  
Berlin-Brandenburg (BER)

### **Herausgeber:**

Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft  
des Landes Brandenburg (MLUL)  
Henning-von-Tresckow-Str. 2-13  
14467 Potsdam

### **Bearbeitung / Redaktion**

LfU, Referat T 14  
MLUL, Referat 55

Titelfoto: © Hannes Brauer

Informationen zur Luftqualität: <http://www.lfu.brandenburg.de/info/luft-online>  
Bereitstellung von Luftgütedaten: <https://luftdaten.brandenburg.de>

### **Bereitstellung:**

MLUL, Referat MB 2 – Presse und Öffentlichkeitsarbeit, Internationale Kooperation  
Henning-von-Tresckow-Str. 13, Haus S  
14467 Potsdam  
Tel.: +49 (0)331 866-0  
Fax: +49 (0)331 866-7070  
E-Mail: [poststelle@mlul.brandenburg.de](mailto:poststelle@mlul.brandenburg.de)

Die Veröffentlichung erfolgt im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Dritten zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden.

Der Bericht einschließlich aller Abbildungen ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen.

Potsdam, im Dezember 2015

# Immissionen des Flugverkehrs

## 1. Anlass

Der Luftverkehr in Deutschland weist - wenn auch in den letzten Jahren in etwas abgeschwächter Form - eine wachsende Dynamik auf. Zwischen 1995 und 2010 hat sich der Luftverkehr (bezogen auf zurückgelegte Personenkilometer) nahezu verdoppelt und verharrt seit 2010 auf diesem Niveau ohne nennenswerte Änderungen /1/. Mit 61,6 Mrd. Personenkilometern werden 5,5 % des gesamten Personenverkehrs mit dem Flugzeug zurückgelegt. Für den Güterverkehr spielt das Flugzeug mit 0,1 % der Güterverkehrsmengen eine untergeordnete Rolle /1/. Prognosen bis 2030 gehen davon aus, dass der Flugverkehr in Deutschland konstant bleibt, was angesichts der Wachstumsraten der letzten Jahrzehnte eine Trendumkehr bedeutet /2/.

Vor dem Hintergrund etlicher Flughafenerweiterungspläne (z.B. in Hessen, Bayern und Nordrhein-Westfalen) und damit möglicher zusätzlicher Lärmbelastungen spielt auch die Bewertung der lufthygienischen Situation im unmittelbaren Umfeld der größeren Flughäfen eine zunehmend wichtigere Rolle in der öffentlichen Diskussion. Dies ist selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem Bau des Internationalen Verkehrsflughafens Berlin-Brandenburg (BER) in Berlin-Schönefeld (Landkreis Dahme-Spreewald) der Fall.

Mit diesem Beitrag werden die bisherigen Untersuchungen und deren Ergebnisse im BER-Umfeld vor seiner Inbetriebnahme als auch ein Überblick über die Immissionssituation anderer großer Flughäfen dargestellt.

## 2. Vergleichende Betrachtung der Immissionssituation von Flughäfen

### 2.1 Untersuchungen zur Luftqualität an Flughäfen

Grundlage der Überwachung der Luftqualität sind deutschlandweit geltende Mess- und Auswertevorschriften (Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG und 39. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz – 39. BImSchV), nach der die Bundesländer die Luftqualität beurteilen. Punkte höchster Belastung - sogenannte Hotspots - sind repräsentativ zu erfassen. In einem Radius von 20 km um alle Flugplätze (Fläche, für die in der Regel ein Lärmschutzbereich nach Fluglärmschutzgesetz ausgewiesen ist) befinden sich in Deutschland 297 der im Jahr 2012 betriebenen ca. 640 Luftgütemessstationen der Länder und des Umweltbundesamtes /3/.

Die Messungen und Analysen umfassen in der Regel:

- Feinstaub (PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>)
- Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>)
- Benzol
- chemische Zusammensetzung des Feinstaubes hinsichtlich der wichtigsten Inhaltsstoffe wie Schwermetalle (Arsen, Cadmium, Nickel, Blei) und Benzo(a)pyren als Vertreter der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) /3/.

Die Immissionsmessdaten werden tagesaktuell im Internet veröffentlicht ([www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/aktuelle-luftdaten](http://www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/aktuelle-luftdaten))

Neben den direkten Messungen der Luftschadstoffe werden auch Biomonitoring-Untersuchungen im Flughafenumfeld herangezogen, um potentielle Eintragspfade für Schadstoffe aus dem Luftverkehr (Luft, Haut, Nahrung) zu erfassen. So können Ergebnisse einer Stoffbelastung z. B. bei Grünkohl unmittelbar genutzt werden, um das ernährungsbedingte Gefährdungspotential der Bevölkerung zu beurteilen /3/. In den Indikatorpflanzen treten Akkumulationsprozesse etwa für organische Schadstoffe auf (u. a. PAK). Die Summe der Belastung aus gasförmiger Immission und Deposition kann mittels „passiver Entnahme“ angegeben werden.

## 2.2 Vergleichende Betrachtung der Immissionssituation von Flughäfen

Die Datenlage zu Untersuchungen über die Immissionssituation ist für die beiden größten deutsche Flughäfen Frankfurt (Main) und München am besten, wenn auch der BER selbst im Endausbaustand nach Planfeststellungsbeschluss nicht die Passagierzahlen wie München oder Frankfurt (Main) erreichen wird. Für die Einordnung der Situation am BER ist der Vergleich mit diesen Großflughäfen insofern von Bedeutung, als dies eine worst-case-Betrachtung ermöglicht.

Flughafen	Passagierzahlen		Anzahl der Flugbewegungen	
	2012	2014	2012	2014
<b>BER</b> (Planungszahl lt.PFB für Endzustand Ausbau)	30 Mio		426.000	
<b>Berlin-Schönefeld</b>	7,1 Mio	7,3 Mio	69.227	66.881
<b>Berlin-Tegel</b>	16,9 Mio	20,7 Mio	170.303	181.532
<b>München</b>	37,7 Mio	39,7 Mio	395.210	374.110
<b>Frankfurt (Main)</b>	56,4 Mio	59,6 Mio	482.079	468.915

Quelle: Mobilitätsbericht 2012, 2014, Luftverkehr in Deutschland, DFS; Airliners.de

Erste Untersuchungen über Emissionen aus Flugzeugen und ihre Immissionsauswirkung liegen seit Ende der siebziger Jahre vor /4/. Leewärts von Großflughäfen waren NO<sub>2</sub>-Immissionen festgestellt worden, die den flächenhaften Konzentrationen höher belasteter innerstädtischer Gebiete, jedoch nicht der Belastung an einem lokalen straßenverkehrsbedingten Hotspot entsprachen. Nur in Zeiten eines ausgeprägten Sommersmogs mit sehr hohen Ozonkonzentrationen war auch mit flughafennahen höheren NO<sub>2</sub>-Immissionen zu rechnen.

Mehrjährige Immissionsmessungen in Nähe des Flughafens München vor und nach Inbetriebnahme zeigten keine signifikanten Veränderungen der Konzentrationspegel /5/. Regionale Ausbreitungsrechnungen bestätigten dies, ließen aber zumindest rechnerisch bis 15 km Quellentfernung einen Flughafeneinfluss erkennen (NO<sub>2</sub>-Jahresmittel bis 18 µg/m<sup>3</sup>; heutiger Grenzwert 40 µg/m<sup>3</sup>). Die verkehrsbedingten Immissionen durch nahe gelegene Autobahnen waren im Übrigen generell deutlich höher (bis zu 24 µg/m<sup>3</sup>). Bereits hier zeigte sich das Grundmuster solcher Untersuchungen: Die vom Flughafen-Zubringerverkehr hervorgerufenen Belastungen liegen erkennbar über den dem Flughafen selbst zuzuschreibenden Immissionen. Bodenuntersuchungen zur Deposition von Rückständen aus der Verbrennung von Flugturbinentreibstoff zeigten, dass die PAK-Werte in gleicher Größenordnung wie der übliche ländlichen Bereich lagen. Untersuchungen mittels Bioindikatoren (Grünkohl, Welsches Weidelgras) bestätigten dieses Ergebnis. Eine Einwirkung des Flugverkehrs war nur direkt an der Landebahn festzustellen.

Anhand des Emissionsspektrums organisch-chemischer Verbindungen aus zivilen Flugzeugtriebwerken ist es unmöglich, „Fingerprints“ zur ausschließlichen Zuordnung von flugverkehrsbedingten Immissionen abzuleiten /6/.

An flughafennahen Messstationen ist durch Überlagerung unterschiedlicher Emittenteneinflüsse keine eindeutige Immissionszuordnung zum Flughafen möglich /7/. Untersuchungen am Flughafen Frankfurt (Main) [seit 2002 Betrieb eines stationären und eines mobilen Messpunktes] zu  $\text{NO}_2$ , leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffen (VOC), Ozon und Benzol ergaben, dass flugzeugbedingte Emissionen ab 300 m Höhe ü. Gr. und 2 km Quellentfernung irrelevant für die Immissionsbelastung sind. Allerdings konnte ein Anstieg der flugzeugbedingten  $\text{NO}_2$ -Emissionen von 30 % zwischen 1988 und 1998 und eine spürbare Reduzierung der Kfz-bedingten  $\text{NO}_2$ -Emissionen in diesem Zeitraum festgestellt werden. Die Immissionen in schlechter belüfteten Bereichen (Terminalnähe und Vorfeld) waren etwas erhöht, blieben jedoch regional im Ballungsraum Untermain unauffällig. Lokale  $\text{NO}_2$ -Spitzen in der 1-h-Mittelung waren wegen des Minutenbereichs bei Flugzeugstarts und aufgrund der sehr guten ungestörten Ausbreitungsbedingungen auf dem Rollfeld nicht erkennbar. Zusammenfassend wurde das Belastungsniveau etwa dem des üblichen städtischen Hintergrundes gleich gesetzt, wobei nur die Ozonkonzentration leicht erhöht war /11/.

Im Vergleich mit Messungen am Flughafen München 1997 wurden außer bei Schwebstaub etwas höhere Immissionen festgestellt, die sich durch das höhere Straßenverkehrsaufkommen und die etwas höhere regionale Hintergrundbelastung erklären. Der langjährige Konzentrationstrend stimmte mit der zeitlichen Belastungsentwicklung in der Region überein, so dass die Quelle „Flughafen“ ohne signifikanten Lokaleinfluss blieb; der großräumige Luftmassentransport spielte die wesentlichere Rolle. Mit erheblichem messtechnischem Aufwand wurde die Erfassung einzelner Immissionsereignisse samt Zuordnung zu Flugzeugstarts im Minutenbereich realisiert /9/. Die gewonnenen Datensätze ermöglichen die Prüfung kleinräumiger Ausbreitungsmodell-Rechnungen.

Spezifische Flugbetriebsemissionen waren nicht, der Einfluss der nahen Autobahn hingegen deutlich erkennbar. Die Benzolkonzentrationen lagen deutlich unter denjenigen der verkehrsnahen Messungen in Frankfurt (Main). Die mobilen Messungen ergaben nur schwache kurzzeitige Signale startender Flugzeuge.

Für die Bodenabfertigung führt insbesondere unter Arbeitsschutzaspekten nur der Einsatz stationärer Energieversorgungssysteme (statt bordeigener Energieversorgung) zu einer relevanten Verringerung der lokalen Luftverunreinigungsmission im Terminal- und Vorfeldbereich /12/. Ab 250 Abfertigungen pro Jahr ist deren Einsatz gegenüber den sehr lauten Hilfsgasturbinen (APU) auch ökonomisch lohnend. Ähnliches trifft auch auf stationäre gegenüber mobilen Klimatisierungseinheiten zu.

Eine gute Möglichkeit den Einfluss der Flugverkehrs auf die Luftgüte – anhand der  $\text{NO}_2$ -Immissionen - zu bestimmen, ergab sich, als im April 2007 für eine Woche der Flughafen London-Heathrow infolge des isländischen Vulkanausbruchs Eyjafjallajökull gesperrt war /13/. Am Messpunkt 200 m südlich der Start- und Landebahn nahm die  $\text{NO}_x$ -Belastung um  $13,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (davon  $-1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  durch reduzierten Kfz-Zubringerverkehr), d.h. um ca. ein Viertel ab. Dieses Messergebnis stimmte sehr gut mit der reinen Ausbreitungsmodellierung überein. Vier weitere eher straßenferne

Messstellen in der Flughafenumgebung zeigten eher uneinheitliche und quasi-konstante Immissionsverhältnisse. Für den April 2007 wurde der NO<sub>2</sub>-Flughafenbeitrag zu maximal 8 µg/m<sup>3</sup> bestimmt, was auch dem Jahresmittel entsprach.

## 2.3 Ergebnisse lufthygienischer Untersuchungen aus den Messnetzen der Bundesländer

Grundlage der Ergebnisdarstellung sind die von den Bundesländern aktuell betriebenen Messstationen im Umfeld der Großflughäfen, die in einer Entfernung zwischen 1 km und ca. 12 km liegen (Tabelle 2-1). Weiter entfernte Messstationen wurden nicht berücksichtigt, da ein Einfluss des Flugbetriebes dort nicht mehr zu erwarten ist.

**Tab. 2-1: Charakterisierung der von den Bundesländern in der Umgebung von Großflughäfen betriebenen Messstellen**

Flughafen	Messstelle	Messstellen-Code	Entfernung zum Flughafen (km)	Art der Messstelle	Stationsumgebung
Berlin-Schönefeld	Königs-Wusterhausen*	DEBB082	11,52	Städtischer Hintergrund	vorstädtisch
	Blankenfelde-Mahlow	DEBB086	7,3	Städtischer Hintergrund, Sondermessung Flughafenumfeld	vorstädtisch
Berlin-Tegel	BE-Wedding, Amruner Str.	DEBE010	4,57	Städtischer Hintergrund	städtisch
	BE-Schöneberg, Belziger Str.	DEBE018	9,16	Städtischer Hintergrund	städtisch
Hannover		DENI054	10,93	Städtischer Hintergrund	städtisch
Hamburg	HH-Flughafen-Nord	DEHH033	1,09	Flughafenumfeld	städtisch
	HH-Habichtstraße	DEHH068	6,07	Verkehrsmessstelle	städtisch
	HH-Sternschanze	DEHH008	7,49	Städtischer Hintergrund	städtisch
Stuttgart	Bernhausen	DEBW042	1,38	Städtischer Hintergrund	städtisch
München	Hallbergmoos/Brandau	DEBY112	4,02	Verkehrsmessstation	ländlich, stadtnah
	Oberding/Humplmeierhof	DEBY117	1,77	Verkehrsmessstation	ländlich, stadtnah
Frankfurt (Main)	Frankfurt-Sindlingen	DEHE009	6,57	Städtischer Hintergrund	städtisch
	Raunheim	DEHE018	8,89	Städtischer Hintergrund	städtisch

\* Messstellenbetrieb wurde 2014 beendet

Die in den Abbildungen 2-1 und 2-2 dargestellte Entwicklung der PM<sub>10</sub>-Schwebstaub-Immissionen seit 2008 zeigt im Mittel über die Stationen unauffällige Belastungspegel. Der entsprechende Jahresmittelwert schwankt zwischen 19,7 µg/m<sup>3</sup> (2012) und 23,2 µg/m<sup>3</sup> (2011) und widerspiegelt damit den Einfluss der großräumigen meteorologischen Schadstoff-Ausbreitungsbedingungen. Das Jahr 2012 steht dabei für deutschlandweit relativ günstige Bedingungen /14/. 2011 gilt dagegen als ausgesprochenes Episodenjahr mit häufigen PM<sub>10</sub>-Ferntransporten aus (Süd-)Osteuropa /15/. Somit lässt sich der derzeit zu erwartende Schwankungsbereich der Immissionsbelastungen zwischen „best case“ und „worst case“ klar definieren. Die PM<sub>10</sub>-Pegel der flughafennahen Stationen liegen damit völlig unauffällig im Bereich der Mittelwerte deutscher (vor-)städtischer Hintergrundstationen, die sich fern des unmittelbaren Einflusses des Straßenverkehrs befinden.

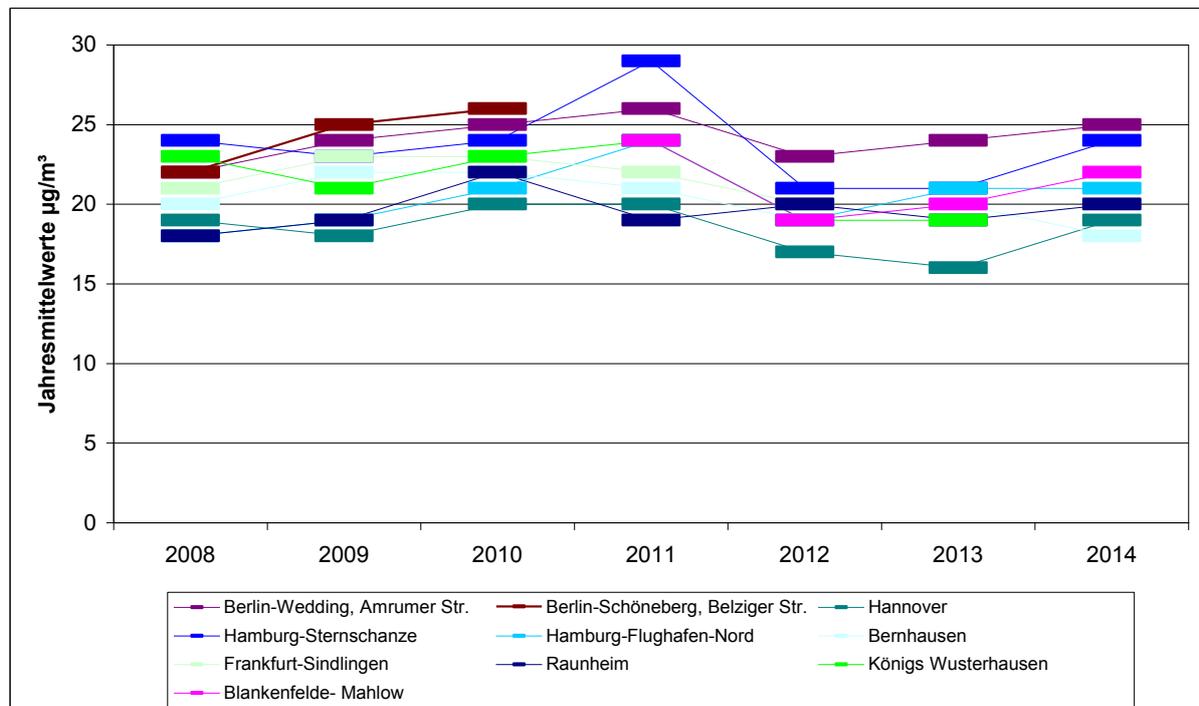
Auch die stationsbezogenen Minima und Maxima der Jahresmittelwerte weisen in den verschiedenen Jahren eine quasikonstante Spreizung (ca.  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , um  $18 - 24 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pendelnd) auf. Der einzige Ausreißer im Datensatz von 45 Jahresmittelwerten betraf die Station Hamburg-Sternschanze (städtischer Hintergrund; 7,5 km Flughafenentfernung) im Jahr 2011 ( $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Dieser Wert entspricht etwa dem üblichen unteren Belastungsniveau von Verkehrsstationen, erreicht aber bei weitem nicht den Jahresmittel-Grenzwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Das Konzentrationsniveau in Blankenfelde-Mahlow liegt dabei 2011/12 in der Höhe des Mittelwertes der in Tabelle 2-1 genannten Stationen für diesen Zeitraum.

Bekannt und unstrittig ist, dass die jährlich schwankenden meteorologischen Schadstoffausbreitungsbedingungen einen erheblich stärkeren Einfluss auf die Häufigkeit von „Überschreitungstagen“ (Ü-d), d. h. Tagen mit einem  $\text{PM}_{10}$ -Mittel  $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , als auf die Höhe der Jahresmittelwerte haben.

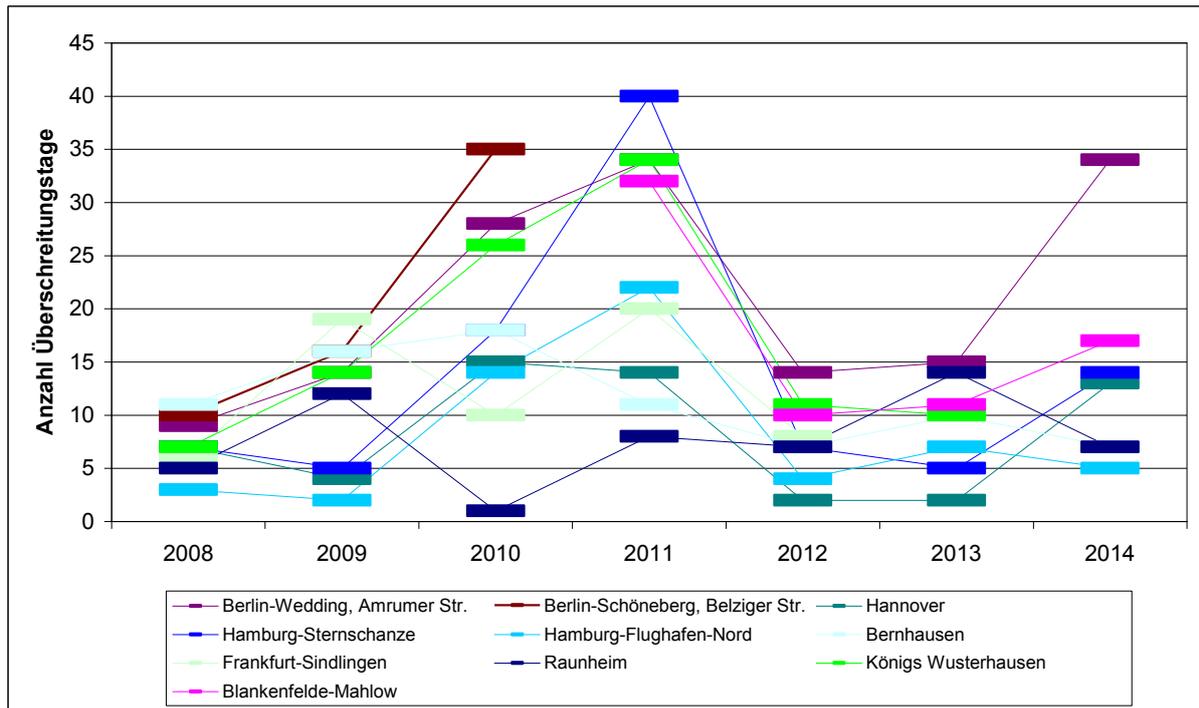
Im ungünstigen Episodenjahr 2011 sind im Mittel der betrachteten Stationen fast 24 Ü-d, im günstigen Jahr 2012 nur 7,5 Ü-d gezählt worden. Allerdings blieb diese Kurzzeitbelastung auch stationsbezogen deutlich unter dem 24-h-Grenzwert von maximal 35 Ü-d pro Kalenderjahr. Wiederum stellte die Station Hamburg-Sternschanze 2011 mit 40 Ü-d eine Ausnahme dar. In Blankenfelde-Mahlow zeigte sich der großräumige meteorologische Einfluss von seiner positiven wie negativen Seite.

Zahl der Überschreitungstage an der Messstelle Blankenfelde Mahlow:

2011	32 Tage
2012	10 Tage
2013	11 Tage
2014	17 Tage



**Abb. 2-1: Jahresmittelwerte für  $\text{PM}_{10}$ -Schwebstaub an Messstationen der Bundesländer im Umfeld von Großflughäfen**



**Abb. 2-2: Häufigkeit von Überschreitungstagen für PM10-Schwebstaub (Tagesmittelwert > 50 µg/m³) an Messstationen der Bundesländer im Umfeld von Großflughäfen**

### 3. Immissionssituation in Blankenfelde-Mahlow (2011 - 2014)

#### 3.1 Regionale Immissionssituation

Mit der Einrichtung einer Immissionsmessstation in Blankenfelde-Mahlow (B-M) hat das Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz 2010 den Hotspot im zu erwartenden Maximizeinflussbereich des BER-Flughafens in das landesweite Luftgütemessnetz aufgenommen.

Für die Kalenderjahre 2011 bis 2014 liegen die ersten vollständigen Datensätze für die Luftschadstoffuntersuchungen gemäß der 39. BImSchV vor.

Die Messungen an der Messstelle Königs Wusterhausen wurden am 03.01.2014 eingestellt. Alle vergleichenden Betrachtungen zwischen Blankenfelde-Mahlow und Königs Wusterhausen beziehen sich im Folgenden auf den Zeitraum 2011 – 2013.

Hinsichtlich der für Brandenburg an hoch verkehrsbelasteten Standorten kritischen Luftschadstoffe PM10 und Stickstoffdioxid ist die Messstation B-M nicht nur innerhalb der Gruppe flughafennaher deutscher Messstellen, sondern auch innerhalb des brandenburgischen Landesmessnetzes völlig unauffällig (Tabellen 3-1 und 3-2).

**Tabelle 3-1: PM10-Immissionssituation in Blankenfelde-Mahlow 2011 - 2014**

Jahresmittelwerte in der Region	2011	2012	2013	2014
<b>Blankenfelde-Mahlow</b>	<b>24 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>19 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>20 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>22 µg/m<sup>3</sup></b>
Königs Wusterhausen	23 µg/m <sup>3</sup>	18 µg/m <sup>3</sup>	19 µg/m <sup>3</sup>	-
Hasenholz	22 µg/m <sup>3</sup>	17 µg/m <sup>3</sup>	18 µg/m <sup>3</sup>	19 µg/m <sup>3</sup>
Land Brandenburg	24 µg/m <sup>3</sup>	19 µg/m <sup>3</sup>	19 µg/m <sup>3</sup>	21 µg/m <sup>3</sup>
Schönefeld-Flughafen	-	18 µg/m <sup>3</sup>	18 µg/m <sup>3</sup>	20 µg/m <sup>3</sup>

Verursacheranalyse nach LENSCHOW für Blankenfelde-Mahlow	32 Ü-d	Lokalanteil	9 Ü-d	Lokalanteil	11 Ü-d	Lokalanteil	17 Ü-d	Lokalanteil
Ferntransport	22 Ü-d	3,4 %	4 Ü-d	0,8 %	4 Ü-d	1,8 %	-	-
Regionaleinfluss Berlin-Brandenburg	6 Ü-d	4,7 %	2 Ü-d	7,5 %	7 Ü-d	4,4 %	-	-
Lokaleinfluss (mind. 20 %)	2 Ü-d	22,5 %	-	-	-	-	-	-
Sonstige Fälle	2 Ü-d	12,0 %	3 Ü-d	4,3 %	-	-	-	-
Schönefeld-Flughafen	-	-	8 Ü-d	2,3 %	9 Ü-d	4,2 %	7 Ü-d	-

Bei PM10 entspricht die Belastung in B-M dem Brandenburg-Mittelwert aller nicht unmittelbar vom Straßenverkehr beeinflussten Messstationen, was den Jahreshgrenzwert zu 48 – 60 % ausschöpft. B-M ist damit nur unwesentlich höher belastet als die benachbarte Kleinstadt Königs Wusterhausen (KW) und der regionale ländliche Hintergrund in Ostbrandenburg (Hasenholz/Märkische Schweiz). Allerdings sorgten die ungünstigen meteorologischen Bedingungen im Jahr 2011 in ganz Brandenburg und insbesondere in Ostbrandenburg für zahlreiche Überschreitungstage /16/. B-M blieb 2011 trotzdem noch unter dem PM10-Schwebstaub-Kurzzeit-Grenzwert von 35 Tagen, wobei an diesen 32 Ü-d gleichzeitig 21 Messstationen in Brandenburg von einem Tagesmittel > 50 µg/m<sup>3</sup> betroffen waren. Auch bei den 9 Ü-d im Jahr 2012 lagen entsprechende Überschreitungen im Mittel gleichzeitig an 17 Messstationen vor. Dies spricht ebenso wie die Verursacheranalyse eindeutig für die Großräumigkeit der hohen Feinstaubbelastungen.

Diese Analyse bestätigt, dass großräumige meteorologische Prozesse sowie regionale Schadstoffanreicherungen in Berlin-Brandenburg im betrachteten Zeitraum die überwiegende Zahl von Überschreitungstagen bedingten. 88 - 100 % aller Ü-d in B-M waren durch großräumige und regionale Transportprozesse gekennzeichnet. Daraus resultiert dort ein mittlerer Lokalanteil von nur 5,3 % (2011), 3,4 % (2012) bzw. 3,5 % (2013). Zum Vergleich: Der entsprechende Lokalanteil in stark befahrenen und schlecht belüfteten Innenstadtstraßen liegt in Brandenburg bei ca. 20 – 35 %.

Für die gesundheitsrelevantere PM 2,5-Schwebstaubfraktion (Jahreshgrenzwert ab 2015: 25 µg/m<sup>3</sup>) liegt das Jahresmittel bei 20 µg/m<sup>3</sup> (2011) bzw. 15 µg/m<sup>3</sup> (2012 und 2013). Das entspricht weitestgehend dem Brandenburg-Mittel verkehrsferner Stationen (19 µg/m<sup>3</sup> bzw. 14 µg/m<sup>3</sup>).

**Tabelle 3-2: NO<sub>2</sub>-Immissionssituation in Blankenfelde-Mahlow 2011 - 2014**

Jahresmittelwerte in der Region	2011	2012	2013	2014
<b>Blankenfelde-Mahlow</b>	<b>17 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>18 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>16 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>15 µg/m<sup>3</sup></b>
Königs Wusterhausen	19 µg/m <sup>3</sup>	17 µg/m <sup>3</sup>	16 µg/m <sup>3</sup>	-
Hasenholz	9 µg/m <sup>3</sup>	9 µg/m <sup>3</sup>	10 µg/m <sup>3</sup>	9 µg/m <sup>3</sup>
Land Brandenburg	14 µg/m <sup>3</sup>	14 µg/m <sup>3</sup>	13 µg/m <sup>3</sup>	12 µg/m <sup>3</sup>
Schönefeld-Flughafen	-	18 µg/m <sup>3</sup>	16 µg/m <sup>3</sup>	16 µg/m <sup>3</sup>

Verursachermanalyse nach LENSCHOW für Blankenfelde-Mahlow	25 Ü-d*	Lokalanteil	36 Ü-d*	Lokalanteil	18 Ü-d	Lokalanteil	15 Ü-d	Lokalanteil
Ferntransport	9 Ü-d	1,8 %	3 Ü-d	0,0 %	4 Ü-d	5,3 %		
Regionaleinfluss Berlin-Brandenburg	4 Ü-d	6,2 %	14 Ü-d	5,9 %	6 Ü-d	7,0 %		
Lokaleinfluss (mind. 20 %)	-	-	4 Ü-d	28,5 %	4 Ü-d	27,8 %		
Sonstige Fälle	12 Ü-d	1,8 %	15 Ü-d	6,1 %	6 Ü-d	5,3 %		
Schönefeld-Flughafen	-	-	38 Ü-d	9,6 %	18 Ü-d	14,2 %	15 Ü-d	

\* Ü-d mit Tagesmittel > 30 µg/m<sup>3</sup> angesetzt

Bei NO<sub>2</sub> liegt B-M mit 16 - 19 µg/m<sup>3</sup> über dem Landesdurchschnitt verkehrsferner Stationen von 13 - 14 µg/m<sup>3</sup>, aber auch etwa im Niveau der Belastung in KW. Der Jahresmittel-Grenzwert wird damit nur zu 40 - 48 % ausgeschöpft.

Die tagesbezogene Analyse hoher NO<sub>2</sub>-Konzentrationen (TMW) ergibt, dass nur wenige oberhalb des Jahresgrenzwertes von 40 µg/m<sup>3</sup> liegen. Maßgebliche Lokaleinflüsse waren auch an diesen Tagen in B-M nicht zu erkennen. 2011 resultierte bei 13 vor allem großräumig beeinflussten Tagen und 12 sonstigen Fällen mit erhöhter Immission ein mittlerer Lokalanteil von lediglich 2,4 %; 2012 waren es bei 17 eher großräumig beeinflussten Tagen und 15 sonstigen Fällen immerhin 8,0 %. An verkehrsbedingten Hotspots werden dagegen normalerweise Lokalanteile von 50 - 70 % festgestellt. Somit ist bisher also kein signifikanter lokaler NO<sub>2</sub>-Einfluss zu erkennen.

Die Ergebnisse der Messungen weiterer Komponenten der 39.BImSchV, wie Kohlenmonoxid (CO), Ruß, Benzo(a)pyren (B(a)P) und Benzol (Tabelle 3-3), zeigen weder im Vergleich zu mittleren Verhältnissen noch in der Ausschöpfung von Grenzwerten Auffälligkeiten.

**Tabelle 3-3: Immissionssituation für weitere Luftschadstoffkomponenten in Blankenfelde-Mahlow 2011 - 2014 und Schönefeld-Flughafen (BER) 2012 - 2014**

Jahresmittelwerte in der Region		2011	2012	2013	2014
<b>Blankenfelde-Mahlow</b>	<b>CO</b>	<b>254 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>278 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>260 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>287 µg/m<sup>3</sup></b>
Schönefeld-Flughafen		-	229 µg/m <sup>3</sup>	211 µg/m <sup>3</sup>	234 µg/m <sup>3</sup>
Land Brandenburg		286 µg/m <sup>3</sup>	277 µg/m <sup>3</sup>	264 µg/m <sup>3</sup>	262 µg/m <sup>3</sup>
<b>Blankenfelde-Mahlow</b>	<b>Ruß</b>	<b>2,1 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>1,8 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>1,6 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>2,8 µg/m<sup>3</sup></b>
Schönefeld-Flughafen		-	1,7 µg/m <sup>3</sup>	1,8 µg/m <sup>3</sup>	2,6 µg/m <sup>3</sup>
Land Brandenburg (Verkehr)		3,2 µg/m <sup>3</sup>	2,4 µg/m <sup>3</sup>	2,4 µg/m <sup>3</sup>	3,4 µg/m <sup>3</sup>
<b>Blankenfelde-Mahlow</b>	<b>B(a)P</b>	<b>0,7 ng/m<sup>3</sup></b>	<b>0,5 ng/m<sup>3</sup></b>	<b>&lt; 0,5 ng/m<sup>3</sup></b>	<b>0,6 µg/m<sup>3</sup></b>
Schönefeld-Flughafen		-	< 0,4 ng/m <sup>3</sup>	< 0,4 ng/m <sup>3</sup>	0,5 µg/m <sup>3</sup>
Land Brandenburg (Verkehr)		0,6 ng/m <sup>3</sup>	< 0,9 ng/m <sup>3</sup>	0,7 ng/m <sup>3</sup>	0,7 µg/m <sup>3</sup>
<b>Blankenfelde-Mahlow</b>	<b>Benzol</b>	<b>0,9 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>0,9 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>0,7 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>0,7 µg/m<sup>3</sup></b>
Schönefeld-Flughafen		-	0,8 µg/m <sup>3</sup>	0,6 µg/m <sup>3</sup>	0,7 µg/m <sup>3</sup>

Benzo(a)pyren: Richtwert von 1 ng/m<sup>3</sup> im Jahresmittel seit 2013

Benzol: Jahresgrenzwert von 5 µg/m<sup>3</sup> seit 2010

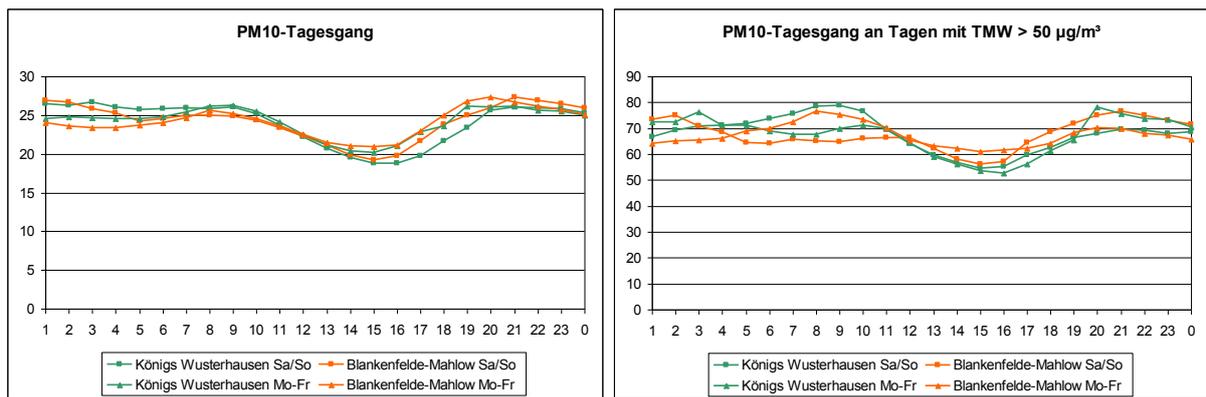
### 3.2 Statistische Analyse zeitlicher Immissionsstrukturen

Der Vergleich der Messstationen B-M und KW anhand der PM10-Monats- und Quartalsmittelwerte zeigt eine weitgehende Deckungsgleichheit ohne auffällige Abweichungen (Abbildung 3-1). Für B-M ist auch kein systematischer Einfluss (holz-)heizungsbedingter Zusatzimmissionen während der Heizperiode zu erkennen. Dies wird durch den Vergleich der PM10-Quartalsmittelwerte von B-M und KW und die gleich große Differenz beider Messstationen in Heiz- und Nichtheizperiode verdeutlicht. Aufgrund der Siedlungsstruktur war diese Zusatzimmission nicht von vornherein auszuschließen.

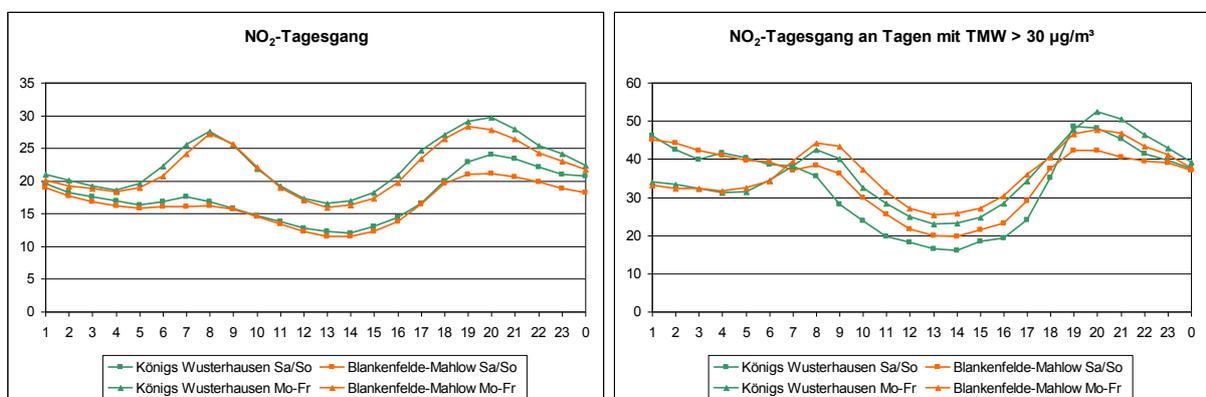


**Abb. 3-1: PM10-Immissionsjahresgang 2011, 2012, 2013 und 2014 in Blankenfelde-Mahlow und Königs Wusterhausen**  
(Messungen in Königs Wusterhausen am 03.01.2014 eingestellt;  
HP ... Heizperiode, nHP ... Nichtheizperiode)

Um höher auflösbare lokale Effekte erkennen zu können, wurden die mittleren Tagesgänge von PM10 und NO<sub>2</sub> an beiden Stationen verglichen. Sowohl für den Montag-Freitag-Zeitraum als auch für die Samstag/Sonntag-Kurven unterscheiden sich die Verläufe in B-M und KW mit ihren typischen morgendlichen und abendlichen Maxima nicht (Abbildungen 3-2 und 3-3). Ebenso ergaben sich unter ausschließlicher Berücksichtigung erhöhter TMW (PM10 > 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; NO<sub>2</sub> > 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) keine auf den Flugverkehrweisenden Besonderheiten.



**Abb. 3-2: Tagesgang der PM10-Immission in Blankenfelde-Mahlow und Königs Wusterhausen für die Winterzeiträume der Jahre 2011, 2012 und 2013 (alle Tage; Tage mit TMW > 50 µg/m³)**

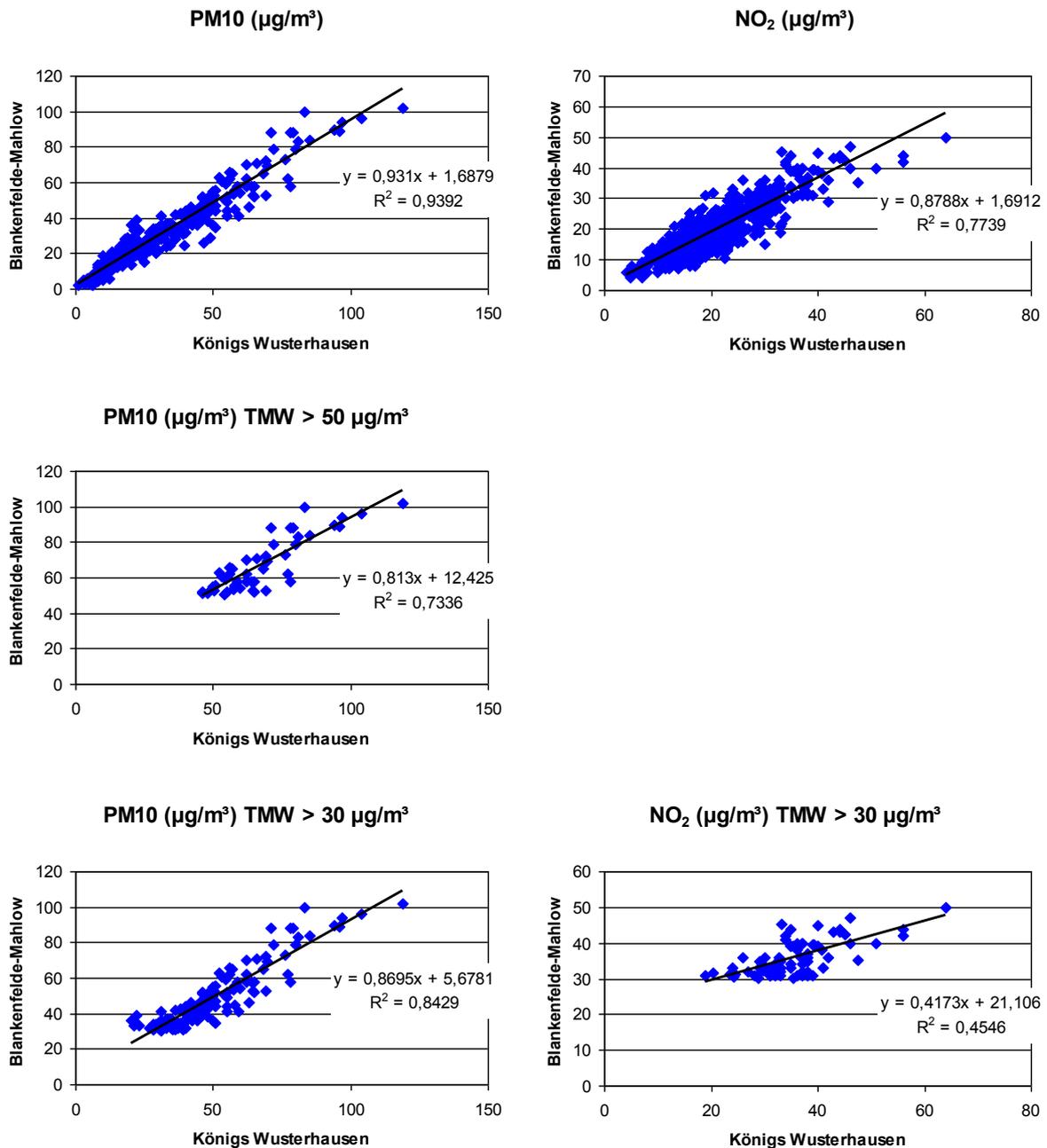


**Abb. 3-3: Tagesgang der NO<sub>2</sub>-Immission in Blankenfelde-Mahlow und Königs Wusterhausen für die Winterzeiträume der Jahre 2011, 2012 und 2013 (alle Tage; Tage mit TMW > 30 µg/m³)**

### 3.3 Statistische Analyse räumlicher Immissionsstrukturen

Diese Analysen umfassen sowohl Korrelationsuntersuchungen zwischen Tagesmittelwerten von B-M und KW als auch windrichtungsabhängige Immissionsauswertungen der beiden Messstationen.

Für die lufthygienisch höher belasteten Wintermonate wurden Korrelationsrechnungen anhand der TMW von B-M und KW (Abbildung 3-5) durchgeführt. Mit Bestimmtheitsmaßen von 94 % (PM10) bzw. 78 % (NO<sub>2</sub>), die den hohen Grad gleichartiger Variation der Immissionsituation beider Orte widerspiegeln, werden die bisherigen Untersuchungsergebnisse bestätigt. Es sind keine durch lokale Besonderheiten in B-M erkennbaren Differenzierungen zu KW (bzw. indirekt zu Hasenholz) erkennbar.



**Abb. 3-4: Korrelation der Tagesmittelwerte für Blankenfelde-Mahlow und Königs Wusterhausen (PM10, NO<sub>2</sub>) für die Winterhalbjahre 2011 ,2012 und 2013**  
(Messungen in Königs Wusterhausen am 03.01.2014 eingestellt)

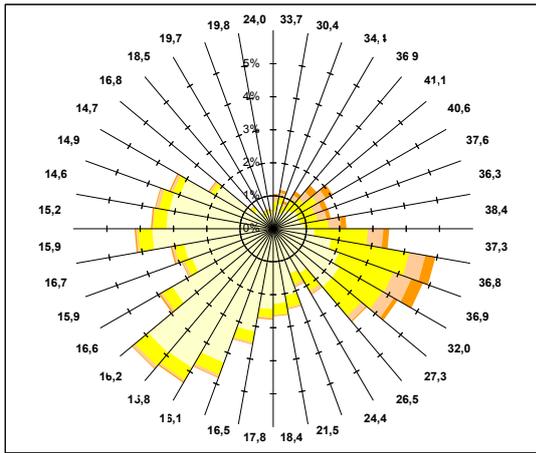
Korrelationsrechnungen für Tage mit erhöhter Immissionsbelastung (jeweils  $\text{TMW} > 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; zusätzlich bei PM10 für  $\text{TMW} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) bestätigen diese Aussage, wonach von weitestgehend gleichartigen Verursachungen, regional wirkenden meteorologischen Prozessen, auszugehen ist. Auch bei höheren TMW ergibt sich kein Hinweis auf systematisch größere Belastungen in B-M.

Die Interpretation verschiedener Immissionswindrosen in den beiden Winterhalbjahren (Abbildungen 3-6 und 3-7) zeigt höhere 1-h-Mittelwerte der PM10-Immission in B-M vor allem beim sekundären Südostwind-Maximum, in KW hingegen bei Ostwind auf, was nicht auf einen Flughafeneinfluss in B-M schließen lässt. Werden jedoch nur die Tage mit  $\text{TMW} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berücksichtigt, so ist für B-M der

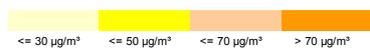
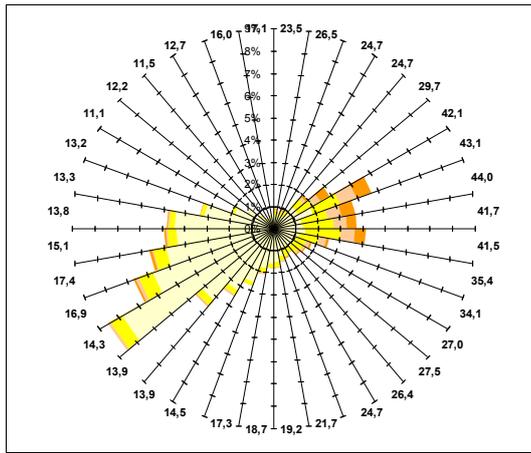
gesamte Bereich zwischen Nordost und Südost ziemlich gleichmäßig häufig erfasst – ein für großräumige winterliche PM10-Episoden typisches Strömungsmuster in ganz Brandenburg, das aber für den Nordostwindsektor einen potenziellen Flughafeneinfluss nicht völlig ausschließt. Des Weiteren zeigt die entsprechende stundengenaue Auswertung der Differenzimmission „B-M minus KW“ (bei TMW > 50 µg/m<sup>3</sup>) relativ häufig in KW höhere Werte. Lediglich im engen Richtungssektor 40/60 Grad und 100/120 Grad war B-M deutlich höher belastet, womit im erstgenannten Fall ein gewisser Flughafeneinfluss nicht von vornherein ausgeschlossen werden kann (meist bis zu 10 µg/m<sup>3</sup> höhere Werte in B-M).

Bei NO<sub>2</sub> traten in B-M für die Winterhalbjahre 2011/2012 deutlich erhöhte Stundenwerte, d. h. > 70 µg/m<sup>3</sup>, nur bei Südostwind, in KW eher bei Ostwind (jedoch sehr selten) auf. An Tagen mit TMW > 30 µg/m<sup>3</sup> gab es in B-M 1h-Mittelwerte > 70 µg/m<sup>3</sup> nur äußerst selten und wenn, dann sowohl bei Südost- als auch bei Südwestwind, während KW davon deutlich häufiger in einem engen Windrichtungsbereich (um 70 Grad und 220 Grad) betroffen war. Die Differenzen zwischen B-M und KW waren bei Nordostwind weitgehend negativ, was einen Flughafeneinfluss sehr unwahrscheinlich macht.

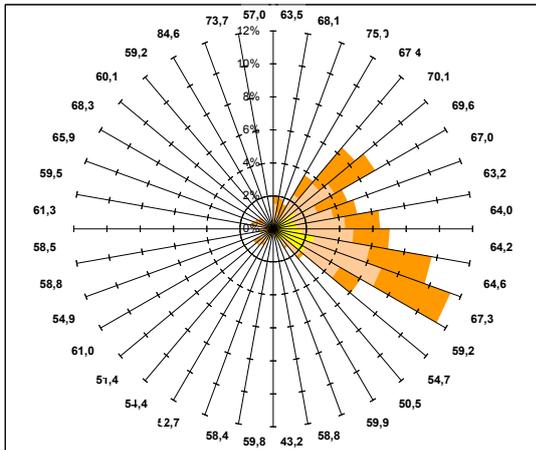
**Blankenfelde-Mahlow**



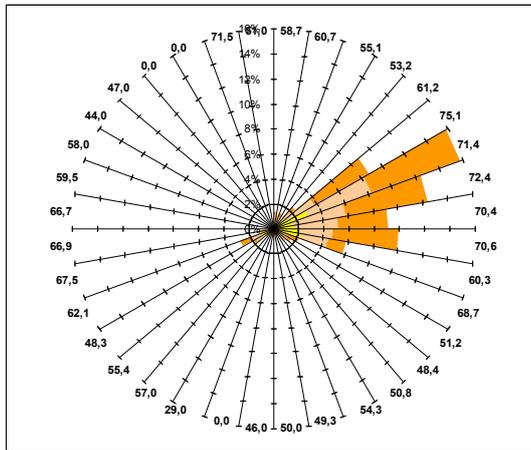
**Königs Wusterhausen**



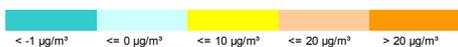
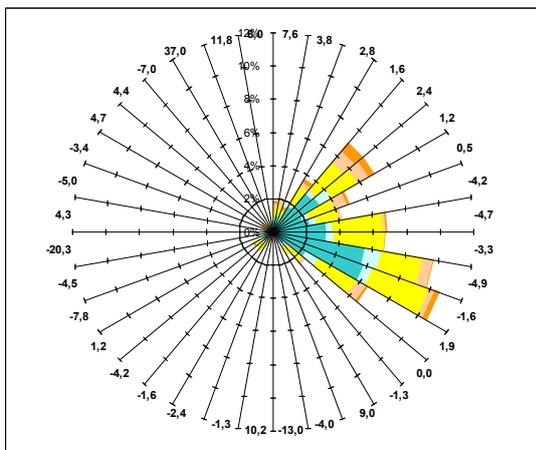
**Blankenfelde-Mahlow**  
für Tage mit TMW > 50 µg/m³ in Blankenfelde-Mahlow



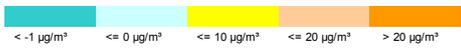
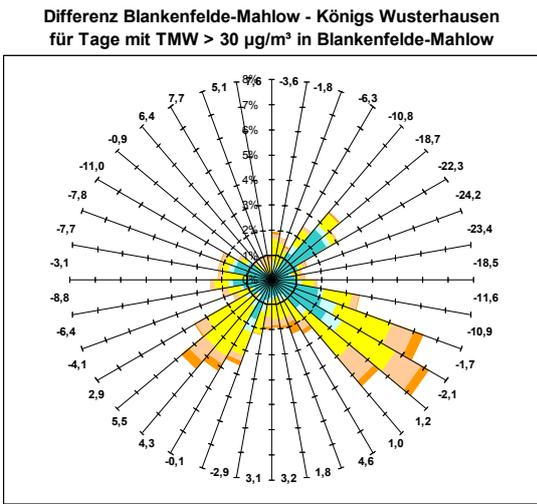
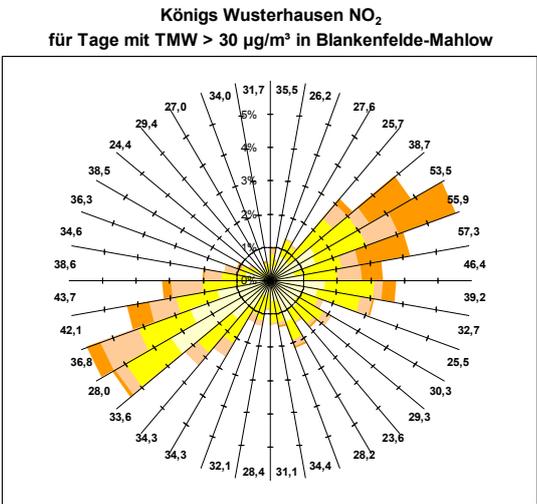
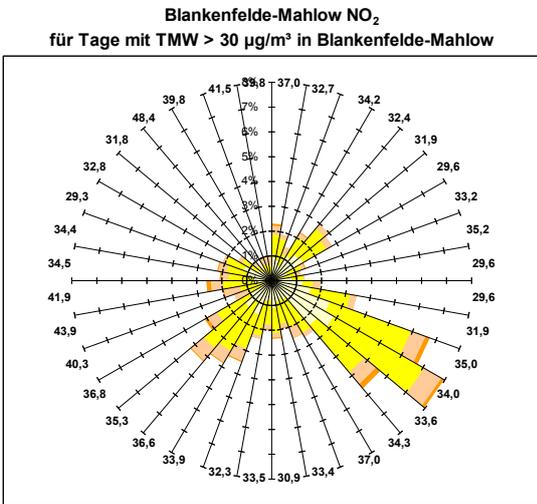
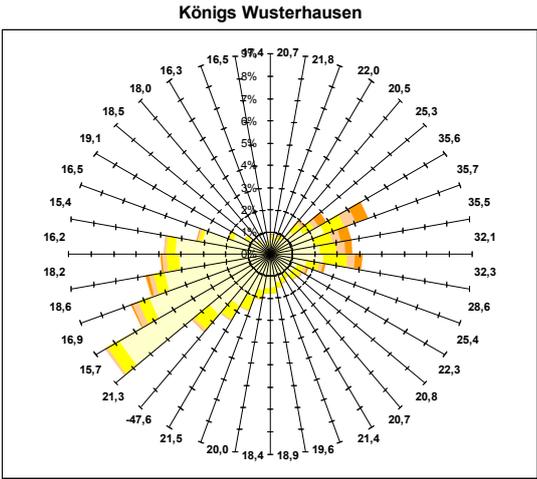
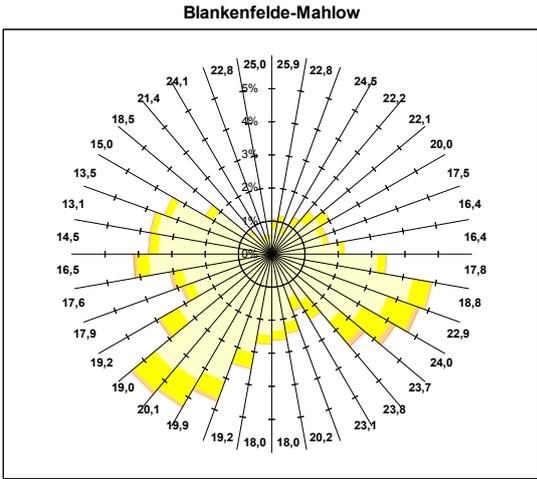
**Königs Wusterhausen**  
für Tage mit TMW > 50 µg/m³ in Blankenfelde-Mahlow



**Differenz Blankenfelde-Mahlow - Königs Wusterhausen**  
für Tage mit TMW > 50 µg/m³ in Blankenfelde-Mahlow



**Abb. 3-5: PM10-Immissionswindrosen in Blankenfelde-Mahlow und Königs Wusterhausen (Winterhalbjahre 2011, 2012, 2013 und 2014)**



**Abb. 3-6: NO<sub>2</sub>-Immissionswindrosen in Blankenfelde-Mahlow und Königs Wusterhausen (Winterhalbjahre 2011, 2012, 2013 und 2014)**

## 4. Ergebnisse aus dem Biomonitoring

Zur Beurteilung einer Belastungssituation ist nicht nur die Höhe der gemessenen Emissionen und Immissionen von Schadstoffen aussagekräftig, entscheidend ist auch, wie viel davon direkt beim Schutzgut (Mensch, Tier, Pflanze) ankommt und welche Wirkungen dort ausgelöst werden. Mit Biomonitoringverfahren werden Schadstoffwirkungen in Organismen erfasst, dabei werden (meist pflanzliche) Bioindikatoren auf Schadstoffakkumulation oder auf sichtbare Reaktionen gegenüber einer bestimmten Belastung untersucht. Es gibt inzwischen diverse standardisierte Biomonitoringverfahren, die zur Erfassung der Belastung eines Gebietes durch bestimmte Emittenten und auch für vergleichende Untersuchungen zur Luftqualität verschiedener Regionen bestens geeignet sind.

Im Jahr 2011 hat die Flughafen Berlin Brandenburg GmbH mit einem mehrjährigen Biomonitoringprogramm begonnen. Bisher liegen die Ergebnisse aus Gutachten /22/ aus den Jahren 2011, 2012 und 2013 vor, die die Grundlage für die nachfolgende Auswertung darstellen.

Für eine vergleichende Betrachtung werden die Ergebnisse am BER um die des Biomonitoring am Flughafen in München ergänzt.

### 4.1 Biomonitoring im Umfeld des Flughafens Berlin Brandenburg

#### Zur Messmethodik:

Eins der anerkannten biologischen Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen ist die standardisierte Exposition von Grünkohl (Richtlinie VDI 3957/3, 2008). Unter kontrollierten Bedingungen gezogene Grünkohlpflanzen einer bestimmten Sorte werden in Töpfen mit schadstofffreier Einheitserde für 8 Wochen exponiert. Der Vorteil gegenüber technischen Messverfahren ist, dass keine Augenblicksaufnahmen gemacht werden, sondern dass die Immissionsbelastung über den gesamten Expositionszeitraum integriert wird. Wegen seiner großen Oberfläche ist Grünkohl besonders geeignet, an Feinstaub gebundene Luftschadstoffe (z. B. Schwermetalle) zu sammeln, und in der wachshaltigen Kutikula werden auch organische Schadstoffe gut gebunden. Die Frostresistenz ermöglicht die Exposition im Winterhalbjahr, beispielsweise zur Erfassung der für die Heizperiode typischen Immissionsbelastung.

Jeweils ab Ende September wurden standardisierte Grünkohlpflanzen an 10 Messpunkten in der weiteren Umgebung des Flughafens Berlin Brandenburg für 8 Wochen exponiert. 2 Messpunkte dienten als Referenzpunkte (1 davon doppelt besetzt mit parallelen Messungen) zur Ermittlung der Hintergrundbelastung, je 1 Messpunkt am westlichen und östlichen Ende der neuen – noch nicht genutzten – Süd-Start- und Landebahn und 3 Messpunkte als Gradient in Verlängerung der Süd-Start- und Landebahn (2 in östlicher Richtung, 1 westlich in Blankenfelde-Mahlow) zur Erfassung der Belastung durch den (späteren) Flugbetrieb sowie 3 Kontrollmesspunkte der Kennzeichnung der außerhalb des direkten Einflussbereichs des Flughafens herrschenden gebietstypischen Immissionsverhältnisse. Die Anordnung der Messpunkte entspricht den Vorgaben der VDI-Richtlinie für emittentenbezogenes Biomonitoring (VDI 3957/10, 2004).

Nach der achtwöchigen Exposition wurden die Grünkohlpflanzen auf die Akkumulation von Antimon, Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Nickel, Zink und PAK (16 EPA-PAK mit Benzo(a)pyren als Leitsubstanz) untersucht.

In den Jahren 2006 und 2007 wurde in der Umgebung des Flughafens München (bei Freising) ein umfangreiches Biomonitoring mit standardisierten Grünkohl - und Graskulturen (nur 2007) durchgeführt /23/. Die Pflanzen wurden auf die 16 EPA-PAK und Metalle analysiert (Grünkohl: Arsen, Cadmium, Eisen Nickel, Blei, 2007 auch Antimon, Chrom, Thallium; Gras: Arsen, Cadmium, Chrom, Kobalt, Kupfer, Eisen, Quecksilber, Mangan, Molybdän, Nickel, Blei, Antimon, Thallium, Titan, Vanadium, Zink).

Die Untersuchungen wurden an 16 Messpunkten durchgeführt, die unterschiedliche Belastungssituationen repräsentierten: Flughafenbetrieb (Rollfeld, Start- und Landebahnen, Überflug), landwirtschaftliche Nutzung, Siedlungen (Kfz-Verkehr, Hausbrand) sowie zwei Referenzpunkte für die Hintergrundbelastung. Die Graskulturen wurden von Mitte Mai bis Anfang Oktober (fünfmal je vier Wochen) exponiert, die Grünkohlkulturen jeweils einmal für acht Wochen von Anfang Oktober bis Ende November.

Zur Bewertung der Metall- und PAK-Gehalte im Grünkohl werden – soweit vorhanden – Prüfwerte für Lebensmittel herangezogen. Die Ergebnisse im Einzelnen:

### Ergebnisse

#### **Arsen**

Für Arsen gibt es keinen Lebensmittelprüfwert gemäß EU-Verordnung Nr. 1881/2006. Hilfsweise wird der vom LANUV NRW abgeleitete TRD-Wert (täglich resorbierte Dosis) von 0,12 mg/kg Arsen in Frischmasse verwendet.

Die Messergebnisse im Umfeld des BER zeigen den höchsten Wert bei Waltersdorf (0,36 mg/kg in Trockenmasse, entspricht 0,054 mg/kg in Frischmasse), der den TRD-Wert zu ca. 40 % ausschöpft. Der Vergleich der Ergebnisse an den unterschiedlichen Messpunkten zeigt, dass ein relevanter Immissionseinfluss durch Flugbetrieb unwahrscheinlich ist.

	2011	2012
Hintergrundwert	0,18 mg/kg TR	0,1 mg/kg TR
Messwertespanne (Min-Max) der 10 Messorte	0,14 - 0,36 mg/kg TR	0,08 - 0,12 mg/kg TR
Höchstwerte 2011 bei Waltersdorf	0,36 mg/kg TR	0,14 - 0,15 mg/kg TR

#### Vergleich Flughafen München

	2006/2007
Messwerte aus 16 Messorten	0,01 - 0,46 mg/kg TM

#### **Cadmium**

Alle Cadmiumgehalte im Grünkohl lagen im Hintergrund- und Normalbereich, ein spezieller Immissionseinfluss war nicht nachweisbar. Die Werte lagen mit umgerechnet rund 0,01 bis 0,02 mg Cadmium/kg Frischmasse auch weit unterhalb des in der EU-VO 1881/2006 festgelegten Höchstgehalts von 0,2 mg Cadmium/kg Frischgewicht für Blattgemüse und Blattkohl.

	2011	2012
Median der 10 Messorte	0,10 mg/kg TM	0,08 mg/kg TM
Messwertespanne	0,05 - 0,15 mg/kg TM	0,06 - 0,12 mg/kg TM

#### Vergleich Flughafen München

	2006	2007
Mittelwert der 16 Messorte	0,14 mg/kg TM	0,05 mg/kg TM

#### **Chrom**

Ein Lebensmittelgrenzwert für Chrom existiert nicht. Sechswertiges Chrom ist wesentlich toxischer als dreiwertiges Chrom, in Pflanzen kommt überwiegend letzteres vor. Da der Kfz-Verkehr eine Quelle für Chrom ist, dürfte der Immissions-einfluss der Autobahn vorherrschend sein.

	2011	2012
Median der 10 Messorte	0,43 mg/kg TM	0,19 mg/kg TM
Mahlow (niedrigste Werte)	0,27 mg/kg TM	0,09 mg/kg TM
A 113 (höchste Werte)	1,28 mg/kg TM	0,45 mg/kg TM

#### Vergleich Flughafen München

Die Chromgehalte (nur 2007 bestimmt) lagen mit einem Mittelwert von 0,3 mg/kg TM und einer Spannbreite von 0,03 bis 0,67 mg/kg TM 2011 vergleichbar mit denen am Flughafen BER.

#### **Nickel**

Die ermittelten Nickelgehalte zeigten zwischen den Messorten und dem Hintergrund keine signifikanten Unterschiede.

	2011	2012
Messwertspanne der 10 Messorte	1,7 - 2,8 mg/kg TM	2,2 - 4,5 mg/kg TM
Hintergrund	2,3 mg/kg TM	3,3 mg/kg TM

#### Vergleich Flughafen München

	2006	2007
Mittelwert der 16 Messorte	3,0 mg/kg TM	4,5 mg/kg TM

Höchstwerte für Nickel in Lebensmitteln sind nicht definiert. Die von der WHO (1997) empfohlene tolerable tägliche Aufnahmedosis (TDI) von 5 µg/kg Körpergewicht würde bei normalem Konsum des Grünkohls deutlich unterschritten sein.

#### **Blei**

Die Bleigehalte im Grünkohl an den Messpunkten in Mahlow, Waßmannsdorf, Schönefeld, an der A113 und am westlichen Ende der Start- und Landebahn Süd lagen in beiden Jahren im Hintergrundbereich.

Ein Immissionseinfluss durch Flugbetrieb ist nicht erkennbar, die höheren Werte im Jahr 2011 sind wahrscheinlich, wie schon bei Arsen und Chrom, auf die extreme Witterung (Trockenheit, Ostwind) im November dieses Jahres zurückzuführen

In der EU-Verordnung Nr. 420/2011 ist für Blattkohl ein Bleihöchstgehalt von 0,3 mg/kg in der Frischmasse festgeschrieben. Dieser Wert wird von allen Grünkohlkulturen im Untersuchungsgebiet unterschritten (Gehalte umgerechnet von Trockenmasse in Frischmasse).

	2011	2012
Mediane der 10 Messorte	1,0 mg/kg TM	0,39 mg/kg TM
Hintergrund	unter 1,6 mg/kg TM	unter 0,5 mg/kg TM
Siedlung Schönefeld (niedrigster Wert)	0,5 mg/kg TM	0,21 mg/kg TM
Waltersdorf 2011; Flughafen Südost 2012 (jeweils höchster Wert)	1,7 mg/kg TM	0,73 mg/kg TM

#### Vergleich Flughafen München

Die Bleigehalte waren mit 0,1 – 0,4 mg/kg TM (Mittelwert 0,3 mg/kg TM) in beiden Untersuchungsjahren 2006 und 2007 niedriger als im Gebiet um den Flughafen BER.

#### **Antimon**

Antimon wird u. a. aus Bremsbelägen und Reifenabrieb freigesetzt, daher ist der Einfluss von verkehrsbedingten Immissionen wahrscheinlich dominant. Im Jahr 2012 lagen die Antimongehalte in der Mehrzahl der Messpunkte unter der Bestimmungsgrenze

Prüf- oder Beurteilungswerte für Antimon in Lebensmitteln liegen nicht vor.

	2011	2012
Mahlow (niedrigster Messwert )	0,09 mg/kg TM	unter 0,025 mg/kg TM
A113 (höchster Messwert)	0,58 mg/kg TM	0,17 mg/kg TM

Bestimmungsgrenze für den Nachweis von Antimon: 0,025 mg/kg TM

#### Vergleich Flughafen München

Die Antimongehalte lagen an der Mehrheit der Messpunkte unter der Bestimmungsgrenze von 0,1 mg/kg TM. Die Hintergrundergebnisse sind mit denen vom Flughafen BER vergleichbar. An drei verkehrsbeeinflussten Messpunkten wurden Werte von 0,18 – 0,38 mg/kg TM gemessen.

#### **Zink**

Sowohl geogene als auch anthropogen bedingte Staubeinträge können erhöhte Zinkgehalte verursachen. Ein Immissionseinfluss durch den Flugbetrieb kann ausgeschlossen werden.

	2011	2012
Mediane der 10 Messorte	27 mg/kg TM	34 mg/kg TM
Hintergrund	18 - 28 mg/kg TM	25 - 34 mg/kg TM

Zink ist essentiell für die menschliche Ernährung, kann aber in hohen Konzentrationen toxisch wirken. Die hier vorgefundenen Zinkgehalte im Grünkohl liegen aber weit unterhalb einer problematischen Dosis. Ein Lebensmittelprüfwert für Zink existiert nicht.

#### **Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) im Grünkohl**

Untersucht wurden als Einzelkomponenten die 16 PAK nach EPA610 mit Benzo(a)pyren (BaP) als Leitkomponente. Außerdem wurden die einzelnen Messpunkte hinsichtlich der Gehalte an der Summe der 4 PAK nach EU-VO Nr. 835/2011 und der Summe der 12 schwerflüchtigen PAK verglichen.

16 PAK nach EPA610	2011	2012
Alle Messorte außer A 113	530 - 965 µg/kg TM	259 - 409 µg/kg TM
A 113	849 µg/kg TM	557 µg/kg TM
Hintergrund (Referenz)	613 - 649 µg/kg TM	259 - 348 µg/kg TM

Wie schon bei einigen Metallen lagen auch bei den PAK die durchschnittlichen Gehalte 2011 etwa doppelt so hoch wie 2012. Als Ursache wird die ungewöhnliche Witterung im November 2011 mit Trockenheit und vorherrschenden Ostwinden vermutet.

Von den Einzelkomponenten wiesen die schwer flüchtigen PAK Phenanthren, Fluoranthren und Pyren in beiden Untersuchungs Jahren die höchsten Gehalte auf.

Der Flugverkehr hatte keinen erkennbaren Einfluss auf die PAK-Gehalte im Grünkohl.

#### Vergleich Flughafen München

16 PAK nach EPA610	2006	2007
Mittelwert PAK aller 16 Messorte	441 µg/kg TM	335 µg/kg TM

In den EU-Verordnungen Nr. 1881/2006 und Nr. 835/2011 sind Lebensmittelhöchstgehalte für BaP (1 – 6 µg/kg FM) bzw. für die Summe der 4 PAK BaP, Benzo(a)anthracen, Benzo(b)fluoranthren und Chrysen (1 - 35 µg/kg FM) festgelegt. Der unterste Wert von 1 µg/kg Frischmasse gilt jeweils für Säuglingskost, für andere Lebensmittel werden je nach Fettgehalt Werte bis 6 bzw. bis 35 µg/kg Frischmasse toleriert. Die BaP-Gehalte im Grünkohl im Untersuchungsgebiet um den Flughafen Schönefeld lagen 2011 – umgerechnet auf die Frischmasse – zwischen 1,6 und 3,2 µg/kg, im Jahr 2012 zwischen 0,7 und 2,2 µg/kg. Die Summenwerte der 4 PAK lagen – ebenfalls auf die Frischmasse umgerechnet – 2011 zwischen 17 und 31 µg/kg und 2012 zwischen 11 und 28 µg/kg. Die niedrigsten Werte wurden jeweils in der Siedlung Schönefeld, die höchsten direkt an der A 113 gemessen. Für Gemüse bestehen für PAK keine gesetzlichen Höchstmengen. Der strengste, für Säuglingskost definierte Höchstgehalt von Benzo(a)pyren wurde erreicht, Höchstmengen für Fleisch und Muscheln hingegen von den Werten in Grünkohl nicht erreicht. Dieser Vergleich ist nur orientierend zu sehen und es ist zu berücksichtigen, dass pflanzliche Lebensmittelproben anders als beim Biomonitoring vor der Analyse gewaschen würden.

#### **PAK-Gehalte in standardisierten Graskulturen**

Um das Belastungsniveau außerhalb der Heizperiode zu erfassen, wurden im Mai 2012 an 3 Messpunkten (1 Referenzpunkt, Messpunkte am westlichen und östlichen Ende der Start- und Landebahn Süd) zusätzlich standardisierte Graskulturen gemäß VDI-Richtlinie 3957, Blatt 2 (2013, Gründruck) für vier Wochen exponiert und anschließend auf PAK-Gehalte analysiert. Es wurden Gehalte von 69, 92 und 95 µg/kg TM (Summe der 16 EPA-PAK) festgestellt, wobei der niedrigste Wert am östlichen Startbahnende gemessen wurde.

Nach dem für Bayern berechneten Orientierungswert für den maximalen Hintergrund (OmH) gelten Gehalte von mehr als 50 µg/kg PAK in standardisierten Graskulturen (TM) als immissionsbeeinflusst. Bei einer zeitgleichen Untersuchung im Raum Ingolstadt lagen die PAK-Gehalte in Graskulturen bei vier nicht durch Emittenten beeinflussten Messpunkten zwischen 40 und 60 µg/kg TM, an einem immissionsbeeinflussten Messpunkt in einem Gewerbegebiet bei 190 µg/kg TM.

Insgesamt sind die PAK-Gehalte im Untersuchungsgebiet um den Flughafen BER sowohl in den Grünkohl- als auch in den Graskulturen als überwiegend immissionsbeeinflusst zu werten. Als Belastungsquellen kommen in erster Linie Kfz-Verkehr, Hausbrand, Immissionseinflüsse aus der Großstadt Berlin und vor allem im Jahr 2011 weiträumige Transporte von Luftschadstoffen bei anhaltenden Ostwinden in Frage. Der Flugbetrieb hatte offensichtlich keinen Einfluss auf die PAK-Gehalte in den exponierten Pflanzen.

#### Vergleich Flughafen München

Die PAK-Gehalte in den Graskulturen waren deutlich niedriger: Von Mitte Mai bis Anfang September lagen sie im Mittel bei 39 bzw. 51 µg/kg TM, in der letzten Expositionsphase von Anfang September bis Anfang Oktober allerdings bei 122 µg/kg TM. Dieser höhere Wert könnte, wie auch die immissionsbeeinflussten PAK-Gehalte im Grünkohl im Oktober und November, durch Hausbrand bedingt sein.

Ein direkter Einfluss des Flugbetriebs auf die PAK-Gehalte in den exponierten Pflanzen wurde ausgeschlossen.

Das Biomonitoring-Programm wurde im Jahr 2013 fortgesetzt. Im Auftrag der Flughafen Berlin Brandenburg GmbH wurden Immissionswirkungen (Metalle, PAK) außerhalb der Heizperiode im Frühjahr und Sommer mit Hilfe von standardisierten Graskulturen erfasst. Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse sind dem Gutachten „Graskultur-Biomonitoring 2013 im Umfeld des Flughafens Berlin Schönefeld“ (UMW Umweltmonitoring Dr. Monica Wäber, [http://www.berlin-airport.de/de/\\_dokumente/unternehmen/umwelt/Biomonitoring-Bericht-2011-2013.pdf](http://www.berlin-airport.de/de/_dokumente/unternehmen/umwelt/Biomonitoring-Bericht-2011-2013.pdf)) entnommen.

#### ***Metallgehalte in standardisierten Graskulturen 2013***

Von Anfang Mai bis Anfang August 2013 wurden an 10 Messpunkten für jeweils vier Wochen standardisierte Graskulturen angelegt. Die Messpunkte waren überwiegend identisch mit denen des Grünkohl-Biomonitorings des Vorjahres, nur der Messpunkt direkt an der A113 wurde durch einen Siedlungsmesspunkt in Schulzendorf ersetzt, und ein Messpunkt (bei Waltersdorf) wurde um einige hundert Meter verlegt, um den etwaigen Einfluss eines Tennisplatzes auszuschließen. Eine Übersicht über die Lage der Messpunkte ist unter [http://www.berlin-airport.de/\\_images/unternehmen/umwelt/4-3-3-3-lageplan-messpunkte-biomonitoring.jpg](http://www.berlin-airport.de/_images/unternehmen/umwelt/4-3-3-3-lageplan-messpunkte-biomonitoring.jpg) zu finden.

Zur Beurteilung der Metallgehalte werden die Höchstgehalte gemäß Futtermittelverordnung und die Maximale Immissionsdosis MID der Richtlinienreihe VDI 2310 Blatt 27 bis Blatt 39 herangezogen, da die standardisierte Graskultur stellvertretend für Futtermittel steht.

Außerdem stehen auch für Metallgehalte in Graskulturen die in Bayern berechneten Orientierungswerte für maximale Hintergrundgehalte (OmH, LfU Bayern) zur Verfügung.

Die Ergebnisse des zeitgleich durchgeführten Biomonitorings mit Graskultur im Raum Ingolstadt (von Immissionen unbeeinflusster Hintergrundbereich) werden zum Vergleich herangezogen.

## Arsen

	Mai 2013	Juni 2013	Juli 2013
Niedrigster Wert	0,10 mg/kg TM (Siedlung Schulzendorf)	0,20 mg/kg TM (Flughafen Südwest, Flughafen Mahlow)	0,22 mg/kg TM (Flughafen Südwest)
Höchster Wert	0,16 mg/kg TM (Flughafen Waltersdorf, Kontrolle Rotberg)	0,26 mg/kg TM (Flughafen Südost, Kontrolle Waßmannsdorf)	0,34 mg/kg TM (Referenz Genshagen)
Median	0,13 mg/kg TM	0,24 mg/kg TM	0,27 mg/kg TM

OmH: 0,3 mg/kg TM

Prüfwert nach FuttMV: 2,3 mg/kg TM

Biomonitoring Ingolstadt 2013: 0,07 – 0,30 mg/kg TM

## Cadmium

	Mai 2013	Juni 2013	Juli 2013
Niedrigster Wert	0,026 mg/kg TM (Flughafen Mahlow)	0,025 mg/kg TM (Flughafen Mahlow)	0,020 mg/kg TM (Flughafen Südwest)
Höchster Wert	0,041 mg/kg TM (Flughafen Waltersdorf)	0,034 mg/kg TM (Kontrolle Waßmannsdorf, Referenz Zülowniederung)	0,060 mg/kg TM (Flughafen Südost)
Median	0,034 mg/kg TM	0,031 mg/kg TM	0,034 mg/kg TM

OmH: 0,1 mg/kg TM

Prüfwert nach FuttMV: 1,1 mg/kg TM

MID-Wert: 0,7 mg/kg TM (Futtermittel für Rinder und Schafe)

Biomonitoring Ingolstadt 2013: 0,03 – 0,04 mg/kg TM

## Chrom

	Mai 2013	Juni 2013	Juli 2013
Niedrigster Wert	0,20 mg/kg TM (Flughafen Mahlow)	0,16 mg/kg TM (Flughafen Mahlow)	0,20 mg /kg TM (Siedlung Schulzendorf)
Höchster Wert	0,55 mg/kg TM (Flughafen Waltersdorf)	0,32 mg/kg TM (Flughafen Südost)	0,63 mg/kg TM (Flughafen Südost)
Median	0,29 mg/kg TM	0,22 mg/kg TM	0,27 mg/kg TM

OmH: 0,9 mg/kg TM

MID-Wert: 57 mg/kg TM (Futtermittel für Rinder und Schafe)

Biomonitoring Ingolstadt 2013: 0,17 – 0,21 mg/kg TM

### Nickel

	Mai 2013	Juni 2013	Juli 2013
Niedrigster Wert	5,4 mg/kg TM (Siedlung Schönefeld)	4,6 mg/kg TM (Siedlung Schulzendorf)	5,5 mg/kg TM (Flughafen Waltersdorf)
Höchster Wert	7,4 mg/kg TM (Flughafen Waltersdorf)	6,3 mg/kg TM (Kontrolle Waßmannsdorf)	7,2 mg/kg TM (Flughafen Südost)
Median	6,1 mg/kg TM	5,8 mg/kg TM	6,1 mg/kg TM

OmH: 9,8 mg/kg TM

MID-Wert: 57 mg/kg TM (Futtermittel für Rinder und Schafe)

Biomonitoring Ingolstadt 2013: 5,16 – 6,68 mg/kg TM

### Blei

	Mai 2013	Juni 2013	Juli 2013
Niedrigster Wert	0,17 mg/kg TM (Flughafen Mahlow)	0,12 mg/kg TM (Flughafen Mahlow)	0,12 mg/kg TM (Referenz Zülowniederung)
Höchster Wert	0,45 mg/kg TM (Flughafen Waltersdorf)	0,28 mg/kg TM (Siedlung Schönefeld)	0,37 mg/kg TM (Kontrolle Waßmannsdorf)
Median	0,30 mg/kg TM	0,21 mg/kg TM	0,21 mg/kg TM

OmH: 0,9 mg/kg TM

Prüfwert nach FuttMV: 34 mg/kg TM

MID-Werte: 4,5 und 21 mg/kg TM, bezogen auf Mittelwerte

Biomonitoring Ingolstadt 2013: 0,10 – 0,16 mg/kg TM

### Antimon

	Mai 2013	Juni 2013	Juli 2013
Niedrigster Wert	< BG von 0,04 mg/kg TM (Mehrzahl der Messpunkte)	< BG von 0,04 mg/kg TM (alle Messpunkte)	< BG von 0,04 mg/kg TM (alle Messpunkte)
Höchster Wert	0,055 mg/kg TM (Kontrolle Waßmannsdorf)	-	-
Median	0,05 mg/kg TM	-	-

OmH: 0,08 mg/kg TM

Prüfwert: nicht vorhanden

Biomonitoring Ingolstadt 2013: < BG von 0,04 mg/kg TM

## Zink

	Mai 2013	Juni 2013	Juli 2013
Niedrigster Wert	21,2 mg/kg TM (Siedlung Schönefeld)	16,5 mg/kg TM (Flughafen Südost)	21,8 mg/kg TM (Flughafen Südwest)
Höchster Wert	28,2 mg/kg TM (Kontrolle Rotberg)	22,8 mg/kg TM (Siedlung Schönefeld)	26,4 mg/kg TM (Flughafen Südost)
Median	24,8 mg/kg TM	19,0 mg/kg TM	23,3 mg/kg TM

OmH: 50 mg/kg TM

MID-Werte: 341 – 568 mg/kg TM (Futtermittel für Rinder und Schafe)

Biomonitoring Ingolstadt 2013: 19,6 – 30,3 mg/kg TM

Alle Metallgehalte in den standardisierten Graskulturen liegen im Hintergrundbereich unterhalb der Orientierungswerte für maximale Hintergrundkonzentrationen (OmH). Die Prüfwerte für Futtermittel werden, sofern vorhanden, weit unterschritten. Die zeitgleich in der Umgebung von Ingolstadt im Hintergrundbereich gemessenen Metallgehalte in Graskulturen liegen auf dem gleichen Niveau wie die Werte im Bereich des Flughafens Schönefeld. Immissionseinflüsse können deshalb an allen 10 Messpunkten ausgeschlossen werden.

### **PAK-Gehalte in standardisierten Graskulturen 2013**

In allen exponierten Graskulturen wurden die PAK-Gehalte (Summe der 16 EPA-PAK) bestimmt. Die Messwerte lagen im Mai zwischen 46 µg/kg TM (Mahlow) und 76 µg/kg TM (Waltersdorf), im Juni zwischen 33 µg/kg TM (Flughafen Südost) und 45 µg/kg TM (Siedlung Schönefeld) und im Juli zwischen 28 µg/kg TM (Referenz Zülowniederung) und 49 µg/kg TM (Mahlow).

Der bayerische Orientierungswert für den maximalen ländlichen Hintergrund (OmH) für PAK-Gehalte in der standardisierten Graskultur aus 2005 bis 2008 liegt bei rund 37 µg/kg TM (LfU Bayern). Alle im Mai gemessenen PAK-Gehalte und teilweise auch die Ergebnisse von Juni und Juli weisen einen geringen Immissionseinfluss auf. Da der Mai 2013 im Vergleich zu Juni und Juli desselben Jahres relativ kühl war, sind die im Durchschnitt höheren PAK-Gehalte im Mai wahrscheinlich durch Hausbrand verursacht.

## 5. Ergebnisse aus Untersuchungen zum Nachweis von Verbindungen aus der Kerosinverbrennung

Kerosin besteht chemisch betrachtet aus einem Gemisch von 8 bis 13 Kohlenwasserstoffen je Molekül enthaltener langkettiger und aromatischer Kohlenwasserstoffe. Der Anteil leicht flüchtiger Kohlenwasserstoffe (VOC) ist aufgrund des Herstellungsverfahrens von Kerosin gering, was sich in den Laboruntersuchungen bestätigte. Untersucht wurden die Feinstaubfilterproben der Messstation in B-M auf Kerosinabbauprodukte und leicht flüchtige Kohlenwasserstoffe

Untersuchungen zur Verdunstung und Deposition von Flugbenzin aus Treibstoff-Notablässen ergaben, dass in Deutschland im Jahr 2000 sog. Dumpings in 47 Fällen und zumeist über dünn besiedeltem Gebiet stattfanden /17/. Dabei wurden in einer mittleren Flughöhe von 4600 m im Durchschnitt 29,6 t Kerosin abgelassen. Dies ergibt eine Gesamtemission (zumeist über dünn besiedeltem Gebiet) von 1152 t. Anhand von Modellrechnungen konnte der Einfluss der Ablasshöhe auf die potenzielle Kerosin-Immission abgeschätzt werden. Demnach existiert ab 4000 m Höhe kein bodennaher Einfluss mehr, da Partikeln mit Durchmessern < 110 µm ab 2500 m Höhe vollständig verdunsten, bevor sie den Boden erreichen.

Die Ergebnisse mittels Gauß-Modell-Ausbreitungsrechnung unter Ansatz der deutschen Mittelwerte des Jahres 2000 zum Kerosinablass und einer Fluggeschwindigkeit von 460 km/h zeigten bei einer Emission von 210 g/m Flugweg, dass in Abhängigkeit von der Lufttemperatur (-10 °C) und bei Schwachwind bis zu 89 g/m Flugweg am Boden eintreffen können, was eine maximale Deposition von 78 mg/m<sup>2</sup> bedeutete. Dies entspricht im Übrigen numerisch der seit Jahren in Brandenburg landesweit verzeichneten mittleren Staubniederschlagsdeposition und läge – halbiert bei normalen Lufttemperaturen – lokal innerhalb des üblichen Schwankungsbereiches von Staubniederschlag, ohne dass damit allerdings eine toxikologische Bewertung verbunden wäre.

In den Jahren 2011-2014 blieben sämtliche im Landeslabor Berlin-Brandenburg analysierten Kerosinkomponenten der Kohlenwasserstoffe für B-M an der Nachweisgrenze (siehe Tabelle 5-1).

**Tabelle 5-1: Untersuchungen der Emissionen flüchtiger Kohlenwasserstoffe (VOC) in den Filterproben an Messstelle in Blankenfelde-Mahlow 2011, 2012, 2013 und 2014**

VOC [µg/m <sup>3</sup> ]	Mittelwert	Min	Max	Nachweisgrenze
Benzol	0,80	< 0,07	3,37	0,03
Ethylbenzol	0,50	< 0,07	3,27	0,06
Summe 1.3/1.4-Xylol	1,69	0,15	11,72	0,02
Toluol	1,08	0,16	4,01	0,02
1.2-Xylol	0,58	< 0,05	3,25	0,02
1.2.3-Trimethylbenzol	< 0,10	< 0,03	0,89	0,03
1.2.4-Trimethylbenzol	0,20	< 0,05	0,85	0,19
1.3.5-Trimethylbenzol (Mesitylen)	< 0,09	< 0,03	0,44	0,16
Isooktan (2.2.4-Trimethylpentan)	< 0,15	< 0,04	0,54	0,04
n-Heptan	< 0,15	< 0,04	0,85	0,17
n-Oktan	< 0,10	< 0,03	0,99	0,11
n-Nonan	< 0,11	< 0,09	0,65	0,09
n-Decan	< 0,16	< 0,13	1,15	0,16

n-Undecan	0,11	< 0,01	0,60	0,04
n-Dodecan	< 0,14	< 0,02	0,81	0,14
n-Tridecan	< 0,11	< 0,02	0,68	0,09
n-Tetradecan	< 0,10	< 0,02	0,52	0,06
n-Pentadecan	< 0,14	< 0,06	0,39	0,06
n-Hexadecan	< 0,11	< 0,06	0,31	0,09
n-Heptadecan	< 0,10	< 0,07	0,21	0,07
n-Octadecan	< 0,10	< 0,03	0,32	0,03
n-Nonadecan	< 0,08	< 0,04	0,20	0,07
n-Eicosan	< 0,09	< 0,03	0,29	0,06

## 6. Einfluss von Enteisungsmitteln auf die Immissionsituation im Umfeld von Flughäfen

Neben den Immissionen aus Verbrennungsmotoren von Flugzeugen und bodengebundenen Fahrzeugen einschließlich mobiler Maschinen treten in den Wintermonaten bei Temperaturen unter 0 °C auch Immissionen durch Enteisungsvorgänge des Rollfeldes, der Flugzeuge auf dem Rollfeld sowie durch den Abtrag von Enteisungsmitteln beim Start der Maschinen auf.

Für die Flächenenteisung (Rollbahnen, Vorfeld usw.) wird in der Regel Natrium- oder Kaliumformiat ohne weitere Additive eingesetzt. Für die Flugzeugenteisung ist die stoffliche Basis üblicherweise ein Propylenglykol-Wasser-Gemisch mit je nach Typ ca. 1 - 2 % Additiven zur Verbesserung der Haftfähigkeit am Flugzeugrumpf und zur Vermeidung von Wiedervereisung während des Starts. Die Enteisungsflüssigkeits-Typen bestehen somit aus etwa 50 % Glykol und 49 % Wasser, versetzt mit Polymer-Verdickern zur Verbesserung der Anhaftung an der Flugzeugoberfläche /18/.

Die aufgetragenen Polymere haften nicht dauerhaft an der Oberfläche, sondern können durch physikalische und stoffliche Einflüsse (z. B. Schnee) abgetragen und damit in die Umwelt eingetragen werden /19/. Beim Flugzeugstart entstehende Aufwirbelungen blieben laut Betreiberaussagen auf das Flugfeld selbst beschränkt. Hauptproblemstoffe waren in der Vergangenheit Benzotriazol als Korrosionsinhibitor und Alkylphenoethoxyalate (vor allem Nonylphenoethoxyalat mit Abbau zum endokrin wirksamen Nonylphenol) als Haftvermittler. Die darüber hinaus verwendeten Additive wie Polymerverdicker sind im Regelfall biologisch gut abbaubar und ökotoxikologisch unproblematisch /20/. Deshalb kommen an deutschen Flughäfen seit mehreren Jahren nur noch triazol- und nonylphenoethoxylatfreie Enteisungsmittel zum Einsatz. Die Grundwasseruntersuchungen der letzten Jahre waren im Flughafen-Einflussbereich hinsichtlich dieser Stoffe dementsprechend unauffällig /21/.

Da Benzotriazol auch in großem Umfang als Korrosionsinhibitor z. B. in Geschirrspültabs verwendet wird, ist eine Zuordnung zu einer Emissionsquelle im Allgemeinen nicht möglich. Auch abseits von Verkehrsflughäfen finden sich durch Abwassereinflüsse relevante Konzentrationen in Oberflächengewässern, da Benzotriazol in Kläranlagen praktisch nicht abgebaut werden kann.

## **7. Zusammenfassung**

Vorbehaltlich der kommenden Messjahre nach der BER-Eröffnung lässt sich anhand der ersten vier vollständigen Jahresdatensätze von PM10-Schwebstaub und Stickstoffdioxid (2011/2012/2013/2014) kein signifikanter Immissionseinfluss des Flughafens Berlin-Schönefeld für die Messstation Blankenfelde-Mahlow nachweisen. In unmittelbarer Terminalnähe des BER-Großflughafens wurden 2012/2013 sehr ähnliche Belastungen registriert, die den regionalen Luftschadstoff-Pegel widerspiegeln.

Die Ergebnisse des Biomonitoring spiegeln im Jahr 2011 die besondere meteorologische Situation wider. Sowohl die Gehalte an PAK als auch an Antimon, Arsen, Blei und Chrom lagen 2011 im Schnitt zwar etwa doppelt so hoch wie 2012, aber eine gesundheitliche Gefährdung ist daraus nicht abzuleiten.

Die Untersuchungen des Biomonitorings 2011- 2013 bestätigen die Ergebnisse der Luftschadstoffüberwachung, wonach ein Einfluss des Flugbetriebes nicht nachzuweisen war.

## Literaturverzeichnis

- /1a/ DLR: Luftverkehrsbericht 2012
- /1/ Umweltbundesamt: Daten zum Verkehr. Dessau-Roßlau (2012)
- /2/ Bundesministerium für Verkehr, Bauen und Stadtentwicklung: Sozio-ökonomische und Verkehrspolitische Rahmenbedingungen der Verkehrsprognose. Berlin (2013)
- /3/ Deutscher Bundestag: Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Sabine Stüber, Herbert Behrens, Dr. Kirsten Tackmann, weiterer Abgeordneter und der Fraktion DIE LINKE – Drucksache 17/9630 - Drucksache 17/9815 vom 26.05.2012
- /4/ JORDAN, B. C.; BRODERICK, A. J.: Emission of oxides of nitrogen from aircraft. J. Air Pollut. Control Assoc., Pittsburgh (1979), 119-124
- /5/ GRAF, J.; TREMMEL, H. G.: Auswirkungen des Flughafens München auf die regionale Schadstoffbelastung. DLR-Nachrichten (1996), 2-7
- /6/ EICKHOFF, W.: Emissionen organisch-chemischer Verbindungen aus zivilen Flugzeug-Triebwerken. HLFU Wiesbaden (1998), Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Heft 252
- /7/ BÜCHEN, M.; EICKHOFF, W.; EWEN, C.; FREITAG, K. et al.: Schadstoffbelastungen durch den Flugverkehr im Bereich des Flughafens Frankfurt und in seinem Umfeld. HLFU Wiesbaden und Öko-Institut Darmstadt (1999), Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Heft 260
- /8/ DEUTER, C.; LIEBL, K.: Luftschadstoffbelastung auf dem Flughafen Frankfurt (Main) – Bericht über Luftschadstoffmessungen an drei Messpunkten auf dem Flughafengelände. HLFU Wiesbaden (1999), Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Heft 261
- /9/ ENGELMANN, S.: Immissionsbelastung auf dem Flughafen Frankfurt (Main) – Analyse von Einzelereignissen. HLFU Wiesbaden (1999), Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Heft 267
- /10/ MAGUHN, J.; WIMSCHEIDER, A.; BROTSACK, R.; SPITZAUER, P.; FREITAG, P.; KETTRUP, A.: Immissionsbelastungen im Umfeld des Flughafens München. UWSF – Z. Umweltchem. Ökotox. 12 (2000), 259-268
- /11/ CRECELIUS, H.-J.; SOMMERFELD, M.: Überwachung der Luftqualität auf dem Frankfurter Flughafen. Gefahrstoffe 65 (2005), 49-54
- /12/ HÜTTIG, G.; HOTES, A.; LORKOWSKI, S.: Untersuchung über den Einsatz bodenseitiger Energieerzeugungssysteme auf deutschen Verkehrsflughäfen. FE-Bericht L 97 der TU Berlin, Inst. f. Luft- u. Raumfahrt i. A. des BMV, Berlin (1997)
- /13/ CARSLAW, D. C.; WILLIAMS, M. L.; BARRATT, B.: A short-term intervention study - impact of airport closure due the eruption of Eyjafjallajökull on near-field air quality. Preprint submitted to Atm. Envir. (2012)
- /14/ Umweltbundesamt: Luftqualität 2012 – vorläufige Auswertung. Dessau-Roßlau (2013)
- /15/ Umweltbundesamt: Luftqualität 2011: Feinstaubepisoden prägen das Bild. Dessau-Roßlau (2012)
- /16/ KÜHNE, M.; MATTICK, S.: Aktualisierung des Gutachtens „Ursachenanalyse der PM10-Grenzwertüberschreitungen im Jahre 2010 im ländlichen und urbanen Hintergrund in Ostbrandenburg“ der IVU Umwelt GmbH Freiburg von 2012. LUGV-Studie (2013),  
[www.mlul.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.297387.de](http://www.mlul.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.297387.de)

- /17/ DEGENKOLBE, S.: Untersuchungen zur Verdunstung und Deposition von Flugbenzin aus Treibstoffnotablässen. Dipl.-arbeit BTU Cottbus, Fak. Umweltwiss. u. Verfahrenstechnik (2002), 82 S.
- /18/ CORSI, S. R.; HALL, D. W.; GEIS, S. W.: Aircraft and runway deicers at General Mitchell International Airport, Milwaukee, Wisconsin, USA. P. 2: Toxicity of aircraft and runway deicers. Environ. Toxicol. Chem. (2001), 1483 - 1490
- /19/ CORSI, S. R.; GEIS, S. W.; LOYO-ROSALES, J. E.; RICE, C. P.; SHEESLEY, R. I.; FAILEY, G. G.; CANCELLA, D. A.: Characterization of aircraft deicer and anti-icer components and toxicity in airport snowbanks and snowmelt runoff. Envir. Sci. Technol. (2006), 3195-3202
- /20/ McNEILL, K. S.; CANCELLA, D. A.: Detection of triazole deicing additives in soil samples from airports with low, mid and large volume aircraft deicing activities. Bull. Envir. Contam. Toxicol. (2009), 265-269
- /21/ CANCELLA, D. A.; BAIRD, J. C.; ROSA, R.: Detection of aircraft deicing additives in groundwater and soil samples from Fairchild Air Force Base – a small to moderate user of Deicing fluids. Bull. Envir. Contam. Toxicol. (2003), 868-875
- /22/ WÄBER, M.: Biomonitoring im Umfeld des Flughafens Schönefeld. Gutachten (2013), [www.umweltmonitoring.com](http://www.umweltmonitoring.com)
- /23/ WÄBER, M.: Biomonitoring und Depositionsuntersuchungen in der Nachbarschaft des Flughafens München 2006 und 2007. Gutachten (2008)
- /24/ MAIER, W.: Biomonitoring von Luftschadstoffen mit dem Grünkohl-Verfahren im Umfeld des Flughafens Leipzig 2008. Gutachten (2009), [www.tuev-sued.de](http://www.tuev-sued.de)

**Ministerium für Ländliche Entwicklung,  
Umwelt und Landwirtschaft  
des Landes Brandenburg**

**Landesamt für Umwelt**

Büro des Präsidenten | Presseanfragen | Öffentlichkeitsarbeit

Seeburger Chaussee 2

14476 Potsdam OT Groß Glienicke

Tel.: 033201 442-171

Fax: 033201 43678

E-Mail: [infoline@lfu.brandenburg.de](mailto:infoline@lfu.brandenburg.de)

[www.lfu.brandenburg.de](http://www.lfu.brandenburg.de)

