



BIOAEROSOLMESSUNGEN
IM UMFELD VON ABFALL-
MANAGEMENT-STANDORTEN,
NRW, SEPTEMBER 2008

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz
Baden-Württemberg
Referat 23, Mikrobiologisches Labor für Bioaerosolanalytik
Griesbachstraße 1
76185 Karlsruhe

Auftraggeber – Auftrag über:	Köhler @ Klett Rechtsanwälte, Herr Dr. A. Oexle
Bearbeitung	Dr. Irene Tesseraux, Fachtoxikologin DGPT Ref. 23, Mikrobiologisches Labor für Bioaerosol-analytik
Qualitätssicherung	Das Labor hat für die hier angewendeten Verfahren der Probenahme und Nachweis von Schimmelpilzen in der Luft eine Akkreditierung durch den DAR (Deutschen Akkreditierungsrat) nach DIN EN ISO/IEC 17025:2000
Erstellungsdatum	November 2008
Berichtsumfang	32 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG - VERANLASSUNG DER MESSUNGEN UND VORGABEN	4
2	DURCHFÜHRUNG DER MESSUNGEN	6
2.1	Messstandorte	6
2.2	Probenahme Schimmelpilze 6-Stunden-Messungen	8
2.3	Probenahme Bioaerosole Kurzzeit-Messungen während der Abfallmanagement-tätigkeiten	10
2.4	Aufarbeitung und Auswertung der Proben	12
3	ERGEBNISSE	14
3.1	Schimmelpilz-Konzentrationen in der Luft - 6 Stunden - Probenahme auf Filtern	14
3.2	Bioaerosol-Konzentrationen in der Luft – Kurzzeit-Messungen während der Abfallmanagement-Tätigkeiten	16
4	BEWERTUNG DER ERGEBNISSE	20
4.1	Bewertungsgrundlagen	20
4.2	Bewertung der Messergebnisse	21
5	ZUSAMMENFASSUNG	27
6	QUELLEN-VERZEICHNIS	29
7	ANHANG	30

1 EINLEITUNG -

VERANLASSUNG DER MESSUNGEN UND VORGABEN

Im Zusammenhang mit einer gerichtlichen Auseinandersetzung sollte geprüft werden, ob bei Abfallmanagement-Tätigkeiten (z.B.: manuelle Korrektur von Fehlbefüllungen von Restabfall- und Wertstoffbehältern – wo zu unter anderem auch das Aufreißen von Mülltüten gehört –, Zerkleinern und Verdichten von Abfall) an Mehrgeschosswohnungen gesundheitliche Gefährdungen der Anwohner durch Bioaerosole auftreten können.

Anlass der Untersuchung

Der Auftraggeber bietet Wohnbaugesellschaften Dienstleistungen im Bereich des Abfallmanagements an. Bei der manuellen Korrektur von Fehlbefüllungen von Restabfall- und Wertstoffbehältern können im Außenbereich kurzzeitig erhöhte Keimbelastungen vorkommen. Dies wurde im Gutachten: „Keimbelastungssituation im Wohnumfeld von Geschossbebauungen mit Abfallmanagementsystem“ (Witzenhausen-Institut, 2007) festgestellt. Diese kurzzeitig erhöhten Schimmelpilzbelastungen an einigen Messpunkten wurden nur in wenigen Metern (2-5m) von der Quelle ermittelt und betreffen damit eher den Umgang mit dem Abfall und somit den Arbeitsschutz (kurzzeitige Exposition). Eine Aussage über Belastungen der Anwohner lässt sich nach diesem Messkonzept bestenfalls grob abschätzen, aber nicht sicher bestimmen.

Ziel der Untersuchung

Mit Messungen von Bioaerosolen in der Umgebungsluft von Korrekturstellen im Bereich von Geschosswohnungsbau soll festgestellt werden, ob es durch die Aktivität in den Abfallgefäßen bzw. an den Abfallbehälterstandorten in der Nähe der Wohnungen (Fenster, Balkone) zu erhöhten Keimbelastungen für die Bewohner kommt. Das heißt, ob bei dauerhafter Exposition über Fensterlüftung / Aufenthalt im Freien möglicherweise eine Gefährdung der Bewohner gegeben ist.

Hierzu sind Messplanungen zur Ausbreitung der Bioaerosole von der Quelle im Hinblick auf die Anwohner (in Anlehnung an VDI 4251, Blatt 1, 2007) und Messdauern über mehrere Stunden (6-8 Stunden nach VDI 4252, Blatt2, 2004) erforderlich.

Messstandorte

Bei der Besprechung am 18.07.2008 in Köln in der Rechtsanwaltskanzlei Köhler & Klett (vertreten durch Herrn Dr. Oexle) wurde in Gegenwart von Vertretern der auftraggebenden Abfallmanagement-Firmen und Herrn Prof. Dr. Eikmann und Frau Dr. Eikmann vereinbart an drei exemplarischen Wohnbaukomplexen (Duisburg, Düsseldorf, Dortmund) jeweils an zwei Tagen zu messen. Kriterien bei der Auswahl der Messobjekte (nach einer von den Auftraggebern zur Verfügung gestellten Vorauswahl-Liste) sollten sein:

- kurze Entfernung der Abfallbehälter-Standorte zu Wohnbereichen
- Hauptwindrichtung von den Abfallbehälter-Standorten zu Wohnbereichen (Quelle beaufschlagt die Wohnbereiche)
- Entfernung zwischen Abfallbehälter-Standort und Wohnbereich sollte mit 2-4 Messpunkten abzudecken sein

- Randbedingungen: Möglichkeiten zum Aufstellen der Messgeräte an Stellen mit Stromversorgung, die weder die Messungen noch die Anwohner stören (Lärmbelästigung: Probenahmeaggregate verursachen Geräusch). Leerungszeiten der Container, Wetter

Zeitungfang der Messungen

An jedem Messobjekt sollten an zwei Tagen jeweils über 6 Stunden an allen erforderlichen Messpunkten die Schimmelpilzkonzentrationen in der Luft gemessen werden. Diese Messungen wurden an jeweils zwei Messpunkten in Lee (in Windrichtung) und an einem weiteren Messpunkt in Luv (im Windschatten) des Abfallbehälter-Standortes (Hintergrund) zeitgleich durchgeführt.

Außerdem sollten an jedem Messstandort an beiden Tagen Kurzzeit-Messungen während der Abfallmanagement-Aktivitäten an allen Messpunkten aufeinanderfolgend durchgeführt werden.

Die Messungen an allen drei Messstandorten konnten in der Zeit vom 15. bis 25. September 2008 durchgeführt werden.

Messparameter

Gesamtschimmelpilze bei 25°C, Differenzierung nach wesentlichen Gattungen und Spezies (insbesondere Aspergillus, Penicillium). Ergebnisangaben jeweils KBE/m³ (Koloniebildende Einheiten). Bei den Kurzzeit-Messungen außerdem: Gesamtbakterien bei 25°C.

2 DURCHFÜHRUNG DER MESSUNGEN

2.1 MESSSTANDORTE

Wie bei der Besprechung am 18.07.2008 in der Kölner Rechtsanwälte-Kanzlei „Köhler und Klett“ vereinbart, wurden die Messungen an drei exemplarischen Wohnbaukomplexen in Duisburg, Dortmund und Düsseldorf jeweils an zwei Tagen durchgeführt. Die Messungen sollten möglichst zeitlich nah aufeinander folgen. In diesen drei Städten wurden von den Auftraggebern jeweils mehrere Messobjekte mit Informationen über den Standort zur Auswahl angeboten. Für die Wahl der Messobjekte sowie die Reihenfolge und die Zeit in der die Messungen in den drei Städten durchgeführt wurden spielten Leerungszeiten der Müllcontainer, die Witterungsverhältnisse und praktische Gründe die wesentliche Rolle.

In Anlehnung an VDI 4251, Blatt 1, 2007 wurden an allen drei Messstandorten jeweils drei Messpunkte ausgewählt. Wegen der kurzen Entfernung der Wohnbebauung zur Quelle wird dieser Messumfang für ausreichend erachtet um Einflüsse auf die Anwohner zu ermitteln. Messpunkt 1 (MP1) wurde in kurzer Entfernung vom Müllcontainerplatz und in Windrichtung möglichst nah am nächstgelegenen Wohnungsfenster oder Balkon gelegt. Ein zweiter Messpunkt (MP2) wurde etwas weiter entfernt in Windrichtung und ebenfalls mit möglichst engem Bezug zur Wohnnutzung gewählt. Ein dritter Messpunkt war jeweils eine Hintergrundmessung (HG) in Luv zum Müllcontainerplatz, möglichst ohne Beeinträchtigung z.B. durch Vegetation, frei von Luft anströmbar und ohne Einfluss von anderen Bioaerosolquellen (wie etwa andere Müllcontainer).

An allen drei Messpunkten wurden sowohl Langzeitmessungen als auch Kurzzeit-Messungen während der Abfallmanagement-Tätigkeiten durchgeführt.

Messstandorte:

Duisburg, Rügenstraße

In Duisburg wurde ein Messstandort mit der Fa. „innotec abfall-management“ ausgewählt, die dort tätig ist: Rügenstraße 19-29 und 28-32. Die Leerung der Container erfolgt dort donnerstags, die Messungen konnten daher am Montag und Dienstag (15. und 16. September 2008) durchgeführt werden. Die Abfallcontainer stehen dort in einem abgezäunten Areal, das für die Anwohner mit Schlüssel zugänglich ist. Insgesamt befinden sich dort 8 Abfalltonnen (2 DSD-Wertstoff, 1 Altpapier, 5 Restmüll).

Dortmund, Bothestraße

In Dortmund wurde ein Messstandort mit der Fa. „CCSP West GmbH“ ausgewählt, die dort tätig ist: Bothestraße 22-26. Die Leerung der Container erfolgt dort montags, die Messungen konnten daher am Mittwoch und Donnerstag (17. und 18. September 2008) durchgeführt werden. Die Abfallcontainer stehen auf einem mit Platten ausgelegten Areal ohne Einzäunung direkt an den Fußweg angrenzend. Insgesamt befinden sich dort 7 Abfalltonnen (2 DSD-Wertstoff, 2 Altpapier, 2 Restmüll, 1 Bioabfall).

Düsseldorf, Erwin-Rommel-Straße

In Düsseldorf wurde ein Messstandort wiederum mit der Fa. „CCSP West GmbH“ ausgewählt, die dort tätig ist: Erwin-Rommel-Straße 26-28. Die Leerung der Container erfolgt dort montags, die Messungen konnten daher am Mittwoch und Donnerstag (24. und 25. September 2008) durchgeführt werden. Die Abfallcontainer dieses Wohnkomplexes stehen z. T. direkt am Haus auf einem Teil des Fußweges, bzw. im rechten Winkel dazu vor einer Hecke am Fußweg. Insgesamt befinden sich dort 5 Abfalltonnen (2 DSD-Wertstoff, 1 Altpapier, 2 Restmüll)

Abbildungen aller drei Messstandorte und der Messpunkte finden sich im Anhang

2.2 PROBENAHE SCHIMMELPILZE 6-STUNDEN-MESSUNGEN

Die Luftproben für die Bestimmung von Schimmelpilzen wurden nach der VDI-Richtlinie 4252, Blatt 2 (2004) „Aktive Probenahme von Bioaerosolen, Abscheidung von Schimmelpilzen auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern“ vorgenommen. Um Schwankungen der Schimmelpilzkonzentration im Laufe eines Tages Rechnung zu tragen wurde eine Probenahmedauer von 6 Stunden gewählt. Eine Hintergrundprobe wurde an jedem Messstandort und an beiden Messtagen zeitgleich genommen. An jedem Messpunkt wurden zwei Probenahmegeräte aufgestellt und damit 2 Parallelproben genommen.

Blindwertfilter (ohne Luftdurchsatz) wurden am Ende jedes Messzeitraumes an einem Messort genommen. Während der Probenahme wurden die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit gemessen. In der Tabelle 1, 2 und 3 ist der Umfang der Messungen sowie die Beschreibung der Proben und der Bedingungen während der Probenahme für die drei Messstandorte wiedergegeben.

Tabelle 1: Probenbeschreibung der 6-Stundenmessungen und Bedingungen während der Probenahme Duisburg. Temp. = Temperatur; Rel. F. = relative Luftfeuchtigkeit; MP = Messpunkt

Messtag	Probenahmeort	Probennummer	Messzeit	Temp. [°C]	Rel. F [%]	Wetter / Bemerkungen
Duisburg, Rügenstraße						
15.09.08	Hintergrund (31m in Luv von der Quelle)	80120	Start (9:00) 9:15 ab 9:30	11	84	sonnig, trocken, schwach windig (17km/h aus NO) Kehrmaschine in der Nähe Gartenarbeiten (zuerst in 50 bis 100m Entfernung, dann weiter entfernt)
15.09.08	Hintergrund (31m in Luv von der Quelle)	80121				
15.09.08	MP 1, nah (6m in Lee von der Quelle)	80122				
15.09.08	MP 1, nah (6m in Lee von der Quelle)	80123	14:00	14	62	
15.09.08	MP 2, fern (26m in Lee von der Quelle)	80124				
15.09.08	MP 2, fern (26m in Lee von der Quelle)	80125				
16.09.08	Hintergrund (31m in Luv von der Quelle)	80130	Start (8:15) ab 11:00	11	82	bewölkt, trocken, schwach windig am Morgen (NO) Gartenarbeiten mit Laubblasemaschinen auf gegenüberliegender Straßenseite
16.09.08	Hintergrund (31m in Luv von der Quelle)	80131				
16.09.08	MP 1, nah (6m in Lee von der Quelle)	80132	ab 12:20	13	74	dicht bei Hintergrundmesspunkt Gartenarbeiten mit Laubblasemaschinen
16.09.08	MP 1, nah (6m in Lee von der Quelle)	80133				
16.09.08	MP 2, fern (26m in Lee von der Quelle)	80134				
16.09.08	MP 2, fern (26m in Lee von der Quelle)	80135	12:00	13	74	
16.09.08	Blindwert	80136				

Tabelle 2: Probenbeschreibung der 6-Stundenmessungen und Bedingungen während der Probenahme Dortmund. Temp. = Temperatur; Rel. F. = relative Luftfeuchtigkeit; MP = Messpunkt

Messtag	Probenahmeort	Probennummer	Messzeit	Temp. [°C]	Rel. F [%]	Wetter / Bemerkungen
Dortmund, Bothestraße						
17.09.08	Hintergrund (13m in Luv von der Quelle)	80141	Start (9:25)	13	79	leicht bewölkt, trocken, schwach windig (N,NO)
17.09.08	Hintergrund (13m in Luv von der Quelle)	80142	10:30	14	73	Mülltonnen stehen unter Ahornbaum
17.09.08	MP 1, nah (7m in Lee von der Quelle)	80143	13:00	17	55	während der Probenahme wird mehrfach Bauschutt in Eimern im Bereich der Messgeräte vorbeigetragen und auf der Straße in Hänger entleert.
17.09.08	MP 1, nah (7m in Lee von der Quelle)	80144	15:00	18	46	
17.09.08	MP 2, fern (15m in Lee von der Quelle)	80145				
17.09.08	MP 2, fern (15m in Lee von der Quelle)	80146				
18.09.08	Hintergrund (13m in Luv von der Quelle)	80151	Start (8:40)	7	82	sonnig, kaum Wolken zu Beginn kaum Wind, später schwach (N,NO)
18.09.08	Hintergrund (13m in Luv von der Quelle)	80152	10:00	11	60	ab ca. 13:00 Hintergrund im Schatten, MP 1 und MP 2 in der Sonne
18.09.08	MP 1, nah (7m in Lee von der Quelle)	80153	13:00	15-17	50-40	
18.09.08	MP 1, nah (7m in Lee von der Quelle)	80154				
18.09.08	MP 2, fern (15m in Lee von der Quelle)	80155				
18.09.08	MP 2, fern (15m in Lee von der Quelle)	80156				
18.09.08	Blindwert	80157				

Tabelle 3: Probenbeschreibung der 6-Stundenmessungen und Bedingungen während der Probenahme Düsseldorf. Temp. = Temperatur; Rel. F. = relative Luftfeuchtigkeit; MP = Messpunkt

Messtag	Probenahmeort	Probennummer	Messzeit	Temp. [°C]	Rel. F [%]	Wetter / Bemerkungen
Düsseldorf, Erwin-Rommel-Straße						
24.09.08	Hintergrund (17m im Windschatten)	80161	Start (9:40)	14	82	bedeckt, trocken, schwach windig (NO). Am Vortag starker anhaltender Regen
24.09.08	Hintergrund (17m im Windschatten)	80162				
24.09.08	MP 2, fern (10m in Lee von der Quelle)	80163	11:30	15	76	Altpapiertonne wurde geleert und ca. 10:00 wieder von der Straße neben Restmülltonnen gestellt
24.09.08	MP 2, fern (10m in Lee von der Quelle)	80164	13:00	17	67	
24.09.08	MP 1, nah (4m in Lee von der Quelle)	80165	14:00	17	62	12:30 Wäsche auf Trockenplatz (MP 2) aufgehängt
24.09.08	MP 1, nah (4m in Lee von der Quelle)	80166				
25.09.08	Hintergrund (17m im Windschatten)	80171	Start (8:50)	11	82 (MP1 75%)	sonnig, schwach windig (NO), trocken, ab ca. 11:30 auffrischender Wind und vorübergehend bewölkt, ab 13:30 sonnig
25.09.08	Hintergrund (17m im Windschatten)	80172				
25.09.08	MP 2, fern (10m in Lee von der Quelle)	80173	13:00	16	64	(rel. F. Schatten) (rel. F. Sonne)
25.09.08	MP 2, fern (10m in Lee von der Quelle)	80174	14:00	18	60 54	
25.09.08	MP 1, nah (4m in Lee von der Quelle)	80175				
25.09.08	MP 1, nah (4m in Lee von der Quelle)	80176				
25.09.08	Blindwert	80177				

2.3 PROBENAHEME BIOAEROSOLE KURZZEIT-MESSUNGEN WÄHREND DER ABFALLMANAGEMENT-TÄTIGKEITEN

Die Kurzzeit-Messungen während der Abfallmanagement-Tätigkeiten wurden mit dem Impaktionsverfahren vorgenommen. Bei diesem Verfahren werden die Bioaerosolpartikel (Schimmelpilze, Bakterien) direkt mit einem definierten Luftvolumen durch eine perforierte Platte auf eine Nährbodenschale gesaugt. Mit diesem Verfahren sind nur Kurzzeitprobenahmen (Sekunden bis wenige Minuten) möglich. Diese Art der Probenahme ist bislang nicht standardisiert. Vorgehensempfehlungen gibt es für den Bereich der Schimmelpilzmessungen im Innenraum (Bericht des Landesgesundheitsamtes Baden-Württemberg, 2001 und Leitfaden des Umweltbundesamtes, 2002), die hier als Handlungsgrundlage herangezogen werden.

Die Kurzzeit-Messungen wurden an allen drei Messstandorten an beiden Tagen an allen drei Messpunkten vorgenommen. Je Nährboden werden drei Schalen mit 100 l Luft beaufschlagt. Verwendet wurden zwei verschiedene Nährböden für Schimmelpilze (DG18 und MEA) sowie zusätzlich ein Nährboden für den Nachweis von Gesamt-Bakterien (CASO mit Natamycin, gemäß VDI 4253 Blatt 3, 2008). Außerdem wurden am Ende der Messungen an jedem Tag je eine

Nährbodenschale als Blindwert ohne Luftdurchfluss für eine Minute in das Probenahmegerät gesetzt.

Während der Probenahme wurden die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit gemessen. In der Tabelle 4, 5 und 6 sind der Umfang der Messungen sowie die Beschreibung der Proben und der Bedingungen während der Probenahme für die drei Messstandorte wiedergegeben.

Tabelle 4: Probenbeschreibung der Kurzzeit-Messungen und Bedingungen während der Probenahme Duisburg. Temp. = Temperatur; Rel. F. = relative Luftfeuchtigkeit; MP = Messpunkt

Messtag	Probenahmeort	Probennummer	Messzeit	Temp. [°C]	Rel. F [%]	Wetter / Bemerkungen
Duisburg, Rügenstraße						
15.09.08	Hintergrund (31m in Luv von der Quelle)	80126	Beginn (11:30)	15	66	leicht bewölkt/sonnig, trocken, schwach windig (NO) während der gesamten Probenahme an MP 1 und MP 2 werden Sortier- und sonstige Abfallmanagement-Tätigkeiten an den Tonnen durchgeführt
15.09.08	MP 1, nah (6m in Lee von der Quelle)	80127				
15.09.08	MP 2, fern (26m in Lee von der Quelle)	80128				
16.09.08	Hintergrund (31m in Luv von der Quelle)	80137	Beginn (9:00)	12	80	bewölkt, trocken, schwach windig (NO) Während der gesamten Probenahme an MP1 und MP2 werden Sortier- und sonstige Abfallmanagement-Tätigkeiten an den Tonnen durchgeführt; leichter Abfallgeruch
16.09.08	MP 1, nah (6m in Lee von der Quelle)	80138				
16.09.08	MP 2, fern (26m in Lee von der Quelle)	80139				

Tabelle 5: Probenbeschreibung der – Kurzzeit-Messungen und Bedingungen während der Probenahme- Dortmund. Temp. = Temperatur; Rel. F. = relative Luftfeuchtigkeit; MP = Messpunkt

Messtag	Probenahmeort	Probennummer	Messzeit	Temp. [°C]	Rel. F [%]	Wetter / Bemerkungen
Dortmund, Bothestraße						
17.09.08	Hintergrund (13m in Luv von der Quelle)	80147	Beginn (10:40)	14	72	Leicht bewölkt/sonnig, trocken, schwach windig (NO) Während der gesamten Probenahme an MP1 und MP2 werden Sortier-Tätigkeiten an den Tonnen durchgeführt
17.09.08	MP 1, nah (7m in Lee von der Quelle)	80148				
17.09.08	MP 2, fern (15m in Lee von der Quelle)	80149				
18.09.08	Hintergrund (13m in Luv von der Quelle)	80158	Beginn (10:20)	12 14	63 50	bewölkt, trocken, auffrischender Wind (NO) (Temp., rel. F. Hintergrund) (Temp., rel. F. MP 1, MP 2) Während der gesamten Probenahme an MP1 und MP2 werden Sortier-Tätigkeiten an den Tonnen durchgeführt
18.09.08	MP 1, nah (7m in Lee von der Quelle)	80159				
18.09.08	MP 2, fern (15m in Lee von der Quelle)	80160				

Tabelle 6: Probenbeschreibung der Kurzzeit-Messungen und Bedingungen während der Probenahme Düsseldorf. Temp. = Temperatur; Rel. F. = relative Luftfeuchtigkeit; MP = Messpunkt

Messtag	Probenahmeort	Probennummer	Messzeit	Temp. [°C]	Rel. F [%]	Wetter / Bemerkungen
Düsseldorf, Erwin-Rommel-Straße						
24.09.08	Hintergrund (17m im Windschatten)	80167	Beginn (10:20)	13 15	86 80	bewölkt, trocken, auffrischender Wind (NO) (Temp., rel. F. Hintergrund) (Temp., rel. F. MP 1, MP 2) während der gesamten Probenahme an MP1 und MP2 werden Sortier-Tätigkeiten und Zerkleinern mit Schaufel an/in den Tonnen durchgeführt
24.09.08	MP 1, nah (4m in Lee von der Quelle)	80168				
24.09.08	MP 2, fern (10m in Lee von der Quelle)	80169				
25.09.08	Hintergrund (17m im Windschatten)	80178	Beginn (10:05)	13 15	77 66	bewölkt, trocken, teilweise auffrischender Wind (NO) (Temp., rel. F. Hintergrund) (Temp., rel. F. MP 1, MP 2) während der gesamten Probenahme an MP1 und MP2 werden Sortier-Tätigkeiten und Zerkleinern mit Schaufel an/in den Tonnen durchgeführt
25.09.08	MP 1, nah (4m in Lee von der Quelle)	80179				
25.09.08	MP 2, fern (10m in Lee von der Quelle)	80180				

2.4 AUFARBEITUNG UND AUSWERTUNG DER PROBEN

Die Proben wurden unmittelbar nach Beendigung der Probenahme an jedem Tag gekühlt per Kurier ins Labor transportiert. Dort erfolgte am nächsten morgen die sofortige Aufarbeitung.

6-Stunden-Probenahme auf Filtern

Kultureller Nachweis der Schimmelpilze

Die Aufarbeitung der Proben auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern erfolgte nach dem in der VDI-Richtlinie 4253, Blatt 2 (2004) beschriebenen „Verfahren zum kulturellen Nachweis der Schimmelpilz-Konzentrationen in der Luft, indirektes Verfahren nach Probenahme mit Gelatine/Polycarbonat-Filtern“.

Für den Nachweis von Schimmelpilzen wurden zwei Nährböden, DG18-Agar (Dichloran-18%-Glycerin-Agar) als eigentlicher „Zähl-Nährboden“ und MEA (Malzextrakt-Agar) verwendet. Die Bebrütungstemperatur betrug 25 °C für mesophile Schimmelpilze. Die Auszählung und Überprüfung der Kulturen erfolgt erstmalig nach 48 Stunden und letztmalig nach 7 Tagen Bebrütungs-dauer.

Eine Probenserie darf nur ausgewertet werden, wenn nach Aufarbeitung der parallel genommenen Blindwertproben ohne Luftdurchsatz maximal zwei Kolonien bezogen auf 0,1 ml der Ausgangslösung auf einer der drei Platten nachgewiesen wurden. Ausgewertet werden nur Probenserien bei denen der Blindwert weniger als 2 KBE (KBE = koloniebildende Einheit) auf einer Nährbodenplatte enthielt. Dies war hier bei allen Probenserien der Fall. Aus den 2 Parallelproben jedes Messpunktes wurden Mittelwerte gebildet.

Außer der rein quantitativen Auswertung wurden die auf den Nährbodenplatten gewachsenen Kolonien differenziert und die Konzentrationen der wesentlichsten Gattungen bestimmt. Dies geschieht durch den Vergleich der makroskopischen und nach Anfertigen von Präparaten auch der mikroskopischen Merkmale mit Stammkulturen und Literaturdaten (Samson et al., 2002). Da einige Schimmelpilzgattungen weniger gut auf dem eigentlichen Zähl-Nährboden (DG18-Agar) wachsen, werden die Zählungen auf Malzextrakt-Agar (MEA) für die Auswertung nach bestimmten Gattungen oder Spezies verwendet. Die Berechnung der KBE/m³ für einzelne Gattungen geschieht in gleicher Weise wie für die Gesamt-Schimmelpilz-KBE/m³. Die Anzahl der KBE sollen nach VDI 4253 Blatt 2 als Zahl zwischen 1 und 9 multipliziert mit der entsprechenden Zehnerpotenz erfolgen. In den Tabellen im Ergebnisteil wird hier aus Gründen der besseren Lesbarkeit davon abgewichen.

Bestimmungsgrenze

Eine Nachweisgrenze ist bei diesem Verfahren (nach der Richtlinie VDI 4253, Blatt 2) nicht eindeutig vorgegeben, kann aber bei den hier gewählten Bedingungen wie folgt abgeleitet werden:

Bei 6-stündiger Probenahme und einem daraus resultierenden beprobten Luftvolumen von 18 m³ (Normkubikmeter bei 0 °C und 101,3 kPa) sind theoretisch – unter Einrechnung der Verdünnung von 1:100 (Ausspateln von 0,1 ml aus 10 ml Extraktionslösung) – Konzentrationen von 6 Gesamt-KBE/m³ bestimmbar, wenn 1 KBE pro Platte gezählt wird. Da jedoch der Blindwert bereits maximal 2 KBE auf einer der Parallelschalen aufweisen darf, um die Probenserie noch auswerten zu dürfen und der sichere Zählbereich bei einer Plattenbelegung (85 mm Durchmesser) bei etwa 10 KBE beginnt, sollten mindestens 7 bis 10 KBE auf einer Platte vorhanden sein, um eine sinnvolle quantitative Auswertung vorzunehmen. Daraus ergibt sich ein Angabenschwellenwert von 40 KBE/m³ bis 60 KBE/m³ bei der hier gewählten Probenahmezeit.

Kurzzeit-Messungen direkt auf Nährböden

Kultureller Nachweis der Schimmelpilze und Bakterien

Die beaufschlagten Nährböden werden ohne weitere Aufarbeitung bebrütet.

Für den Nachweis von Schimmelpilzen wurden DG18- (Dichloran-18%-Glyzerin-Agar) und MEA-Nährböden (Malzextrakt-Agar) verwendet, für Gesamtbakterien CASO-Nährböden (Casein-Soja-Agar mit Zusatz von Natamycin). Hier wurde eine Bebrütungstemperatur von 25 °C für mesophile Schimmelpilze und Bakterien gewählt.

Ausgewertet wurden für jede Probe und Nährboden je 3 Kulturschalen, die mit jeweils 0,1 m³ Luft beaufschlagt wurden. Die gezählten Kolonien wurden addiert und auf m³ umgerechnet. Die Berechnung der KBE/m³ (KBE = koloniebildende Einheit) für einzelne Gattungen geschieht in gleicher Weise wie für die Gesamt-Schimmelpilz-KBE/m³, ebenso die Auswertung für Gesamtbakterien.

Bestimmungsgrenze

Bei Probenahme mit einem Luftvolumen von 0,1 m³ ergibt sich eine theoretische Bestimmungsgrenze von 10 KBE/m³ (eine KBE/Platte) bis 1x10² KBE/m³ (10 KBE/Platte). Eine obere Bestimmungsgrenze ist dadurch gegeben, dass keine Aufarbeitung der Proben erfolgt und damit keine Verdünnungsmöglichkeit gegeben ist. Maximal können ca. 2 bis 5 x10³ KBE/m³ (bis ca. 200 KBE/Platte bis 500 KBE/Platte, wenn überwiegend kleine Kolonien wie Hefen) nachgewiesen werden.

3 ERGEBNISSE

3.1 SCHIMMELPILZ-KONZENTRATIONEN IN DER LUFT - 6 STUNDEN - PROBENAHEME AUF FILTERN

In den Tabellen 7, 8 und 9 sind die Ergebnisse der Schimmelpilzmessungen an allen drei Messstandorten für die Gesamtschimmelpilz-Konzentrationen zusammengefasst sowie der Konzentrationen der wichtigsten Gattungen *Aspergillus* (und der Spezies *Aspergillus fumigatus*), *Cladosporium* und *Penicillium* sowie einiger weiterer Gattungen, sofern sie über der Bestimmungsgrenze lagen. Für Konzentrationsberechnungen wurden die Auswertungen auf beiden Nährböden (DG18 und MEA) zugrunde gelegt. Nach der VDI-Richtlinie 4253, Blatt 2 ist der DG18-Nährboden als eigentlicher Zähl-Agar heranzuziehen, die zusätzliche Auswertung auf MEA-Nährboden dient dazu auch Arten zu erfassen, die auf DG18 nicht wachsen.

Die während der Messungen an allen Messstandorten genommenen Blindwerte ergaben keine KBE in 0,1 ml der unbeaufschlagten Filter-Extraktionslösung.

Tabelle 7: Messstandort Duisburg. 6-Stunden-Messungen. Gesamt-Schimmelpilze bei 25°C (KBE pro m³ Luft), sowie KBE/m³ der wichtigsten Schimmelpilzgattungen. Die angegebenen Werte sind Mittelwerte aus je zwei Proben an einem Messpunkt. Fettgedruckt die Konzentrationen auf DG18-Agar. Abkürzungen: MEA = Malzextrakt-Agar; DG18 = Dichloran-18%Glyzerin-Agar; Asp = *Aspergillus*; (A. fumi = *Aspergillus fumigatus*); Clado = *Cladosporium*; Eurot = *Eurotium*; Fus = *Fusarium*; Penic = *Penicillium*; Sonst = Sonstige (nicht zu diesen Gattungen gehörige oder nicht differenzierbare Kolonien). HG = Hintergrund, MP = Messpunkt

Probe Nr.	Probenahmeort	Agar	KBE _{ges} / m ³	Asp/ m ³ (A.fumi)	Clado/ m ³	Eurot/ m ³	Hefen/ m ³	Fus/ m ³	Penic/ m ³	Sonst/ m ³
15.09.2008										
80120	HG	MEA	1300	80 (50)	630	-	50	-	190	340
80121	HG	DG18	1300	30 (20)	830	40	50	20	110	200
80122	MP 1	MEA	1400	70 (-)	760	-	100	20	70	350
80123	MP 1	DG18	1500	100 (60)	960	60	80	-	170	170
80124	MP 2	MEA	1400	110 (100)	640	-	360	20	40	200
80125	MP 2	DG18	1500	60 (40)	1000	30	80	-	70	220
16.09.2008										
80130	HG	MEA	2300	160 (-)	1500	-	320	40	120	200
80131	HG	DG18	2400	80 (50)	1800	20	120	-	220	150
80132	MP 1	MEA	1300	40 (20)	950	-	20	90	100	90
80133	MP 1	DG18	1200	40 (20)	810	60	60	-	160	110
80134	MP 2	MEA	1200	110 (40)	850	-	30	-	100	120
80135	MP 2	DG18	1500	50 (20)	1200	10	20	-	90	140

Bestimmungsgrenze (Angabenschwellenwert): 40 KBE/m³ bis 60 KBE/m³

Tabelle 8: Messstandort Dortmund. 6-Stunden-Messungen. Gesamt-Schimmelpilze bei 25°C (KBE pro m³ Luft), sowie KBE/m³ der wichtigsten Schimmelpilzgattungen. Die angegebenen Werte sind Mittelwerte aus je zwei Proben an einem Messpunkt. Fettgedruckt die Konzentrationen auf DG18-Agar. Abkürzungen: MEA = Malzextrakt-Agar; DG18 = Dichloran-18%Glyzerin-Agar; Asp = Aspergillus; (A.fumi = Aspergillus fumigatus); Clado = Cladosporium; Eurot = Eurotium; Fus = Fusarium; Penic = Penicillium; Sonst = Sonstige (nicht zu diesen Gattungen gehörige oder nicht differenzierbare Kolonien). HG = Hintergrund, MP = Messpunkt

Probe Nr.	Probenahmeort	Agar	KBE _{ges} / m ³	Asp/ m ³ (A.fumi)	Clado/ m ³	Eurot/ m ³	Hefen/ m ³	Fus/ m ³	Penic/ m ³	Sonst/ m ³
17.09.2008										
80141	HG	MEA	1100	130 (-)	710	-	50	-	190	70
80142	HG	DG18	1100	70 (20)	700	40	80	-	260	30
80143	MP 1	MEA	1400	60 (-)	880	-	20	60	150	270
80144	MP 1	DG18	1200	50 (20)	860	60	50	-	60	100
80145	MP 2	MEA	1300	60 (-)	830	-	70	-	190	150
80146*	MP 2	DG18	1100	40 (20)	890	-	-	-	40	150
18.09.2008										
80151*	HG	MEA	1300	110 (30)	610	-	130	-	260	170
80152	HG	DG18	1300	90 (-)	850	20	20	-	130	170
80153	MP 1	MEA	1000	100 (-)	300	-	120	-	280	260
80154	MP 1	DG18	1700	360 (-)	700	80	-	-	400	170
80155	MP 2	MEA	1200	230 (10)	400	-	100	-	240	180
80156	MP 2	DG18	1600	290 (20)	680	40	100	-	360	140

Bestimmungsgrenze (Angabenschwellenwert): 40 KBE/m³ bis 60 KBE/m³

* Gerät-Ausfall (nur ein Wert am Messpunkt)

Tabelle 9: Messstandort Düsseldorf. 6-Stunden-Messungen. Gesamt-Schimmelpilze bei 25°C (KBE pro m³ Luft), sowie KBE/m³ der wichtigsten Schimmelpilzgattungen. Die angegebenen Werte sind Mittelwerte aus je zwei Proben an einem Messpunkt. Fettgedruckt die Konzentrationen auf DG18-Agar. Abkürzungen: MEA = Malzextrakt-Agar; DG18 = Dichloran-18%Glyzerin-Agar; Asp = Aspergillus; (A.fumi = Aspergillus fumigatus); Clado = Cladosporium; Eurot = Eurotium; Fus = Fusarium; Penic = Penicillium; Sonst = Sonstige (nicht zu diesen Gattungen gehörige oder nicht differenzierbare Kolonien). HG = Hintergrund, MP = Messpunkt

Probe Nr.	Probe-nahme-ort	Agar	KBE _{ges} / m ³	Asp/ m ³ (A.fumi)	Clado/ m ³	Eurot/ m ³	Hefen/ m ³	Fus/ m ³	Penic/ m ³	Sonst/ m ³
24.09.2008										
80161	HG	MEA	3000	20 (-)	1400	-	1180	-	90	300
80162	HG	DG18	3100	20 (-)	2000	60	690	20	240	80
80165	MP 1	MEA	2600	60 (-)	1400	-	640	20	60	410
80166	MP 1	DG18	2500	20 (-)	1800	50	460	-	20	200
80163	MP 2	MEA	2300	70 (20)	1300	-	650	-	260	100
80164	MP 2	DG18	2600	-	1900	80	320	-	270	60
25.09.2008										
80171	HG	MEA	2100	-	1400	-	190	20	70	470
80172	HG	DG18	2600	40 (20)	2400	20	50	-	140	80
80175	MP 1	MEA	1600	40 (-)	1200	-	140	-	70	210
80176	MP 1	DG18	2000	50 (20)	1700	40	80	-	120	90
80173	MP 2	MEA	1600	60 (30)	1300	-	-	-	90	210
80174	MP 2	DG18	2100	20 (-)	1800	40	20	-	100	110

Bestimmungsgrenze (Angabenschwellenwert): 40 KBE/m³ bis 60 KBE/m³

Bei den 6-Stunden-Messungen wurden Schimmelpilzgattungen wie Cladosporium und häufig auch Hefen in Konzentrationen deutlich oberhalb der Bestimmungsgrenze nachgewiesen. Die Gattungen Penicillium und Aspergillus lagen in geringeren Konzentrationen vor – oft im Bereich der Bestimmungsgrenze oder darunter. Vereinzelt wurden weitere Gattungen wie Eurotium und noch seltener Fusarium gefunden, jedoch überwiegend in Konzentrationen im Bereich der Bestimmungsgrenze.

3.2 BIOAEROSOL-KONZENTRATIONEN IN DER LUFT – KURZZEIT-MESSUNGEN WÄHREND DER ABFALLMANAGEMENT-TÄTIGKEITEN

In den nachfolgenden Tabellen 10, 11, und 12 sind die Ergebnisse der Kurzzeit-Messungen während der Abfallmanagement-Tätigkeiten an den drei Messstandorten zusammengefasst. Dargestellt sind die Gesamt-Schimmelpilz-Konzentrationen, sowie die Konzentrationen der wichtigsten Gattungen und die Konzentrationen der Gesamt-Bakterien.

Tabelle 10: Kurzzeit-Messungen. Messstandort Duisburg. Gesamt-Schimmelpilze bei 25°C (KBE pro m³ Luft), sowie KBE/m³ der wichtigsten Schimmelpilzgattungen und Gesamt-Bakterien-Konzentrationen (KBE/m³) auf CASO-Nährboden (grau unterlegt).

Bebrütungstemperatur jeweils 25°C. Fettgedruckt die Schimmelpilz-Konzentrationen auf DG18-Agar. Abkürzungen: MEA = Malzextrakt-Agar; DG18 = Dichloran-18%Glyzerin-Agar; Asp = Aspergillus; Clado = Cladosporium; Fus = Fusarium; Penic = Penicillium; Sonst = Sonstige (nicht zu diesen Gattungen gehörige oder nicht differenzierbare Kolonien). CASO = Casein-Soja-Agar

HG = Hintergrund; MP = Messpunkt

Probe Nr.	Probe-nahmeort	Agar	KBE _{ges} / m ³	Asp/ m ³	Clado/ m ³	Eurot/ m ³	Hefen/ m ³	Fus/ m ³	Penic/ m ³	Sonst/ m ³
15.9.2008										
80126	HG	MEA	750	20	300	30	630		<10	100
80126	HG	DG18	690	-	460	50	100	-	40	70
80126	HG	CASO	170							
80127	MP 1	MEA	1400	<10	310	-	700	40	40	250
80127	MP 1	DG18	760	20	430	40	170	-	20	70
80127	MP 1	CASO	740							
80128	MP 2	MEA	690	-	320	-	180	20	20	140
80128	MP 2	DG18	740	-	440	-	120	-	20	160
80128	MP 2	CASO	190							
16.9.2008										
80137	HG	MEA	1500	-	520	-	850	-	70	50
80137	HG	DG18	880	-	500	-	200	-	110	60
80137	HG	CASO	190							
80138	MP 1	MEA	1300	10	450	-	630	-	130	90
80138	MP 1	DG18	860	<10	540	-	180	-	90	50
80138	MP 1	CASO	190							
80139	MP 2	MEA	930	20	370	-	300	-	60	160
80139	MP 2	DG18	920	20	540	-	210	-	10	50
80139	MP 2	CASO	220							

Untere Bestimmungsgrenze: 10 KBE/m³ bis 100 KBE/m³

Tabelle 11: Kurzzeit-Messungen. Messstandort Dortmund. Gesamt-Schimmelpilze bei 25°C (KBE pro m³ Luft), sowie KBE/m³ der wichtigsten Schimmelpilzgattungen und Gesamt-Bakterien-Konzentrationen (KBE/m³) auf CASO-Nährboden (grau unterlegt).

Bebrütungstemperatur jeweils 25°C. Fettgedruckt die Schimmelpilz-Konzentrationen auf DG18-Agar. Abkürzungen: MEA = Malzextrakt-Agar; DG18 = Dichloran-18%Glyzerin-Agar; Asp = Aspergillus; Clado = Cladosporium; Fus = Fusarium; Penic = Penicillium; Sonst = Sonstige (nicht zu diesen Gattungen gehörige oder nicht differenzierbare Kolonien). CASO = Casein-Soja-Agar

HG = Hintergrund; MP = Messpunkt

Probe Nr.	Probe-nahmeort	Agar	KBE _{ges} / m ³	Asp/ m ³	Clado/ m ³	Eurot/ m ³	Hefen/ m ³	Fus/ m ³	Penic/ m ³	Sonst/ m ³
17.9.2008										
80147	HG	MEA	630	<10	340	-	170	<10	40	70
80147	HG	DG18	750	<10	400	20	220	-	50	40
80147	HG	CASO	360							
80148	MP 1	MEA	650	<10	350	-	180	<10	40	60
80148	MP 1	DG18	750	20	230	50	140	<10	180	30
80148	MP 1	CASO	600							
80149	MP 2	MEA	850	30	310	-	260	-	130	130
80149	MP 2	DG18	700	20	380	20	210	-	40	30
80149	MP 2	CASO	240							
18.9.2008										
80158	HG	MEA	400	20	180	-	60	-	50	90
80158	HG	DG18	370	20	170	<10	30	-	10	60
80158	HG	CASO	160							
80159	MP 1	MEA	360	-	160	-	-	-	190	20
80159	MP 1	DG18	500	120	240	-	20	-	110	60
80159	MP 1	CASO	760							
80160	MP 2	MEA	*							
80160	MP 2	DG18	1100	250	210	-	-	-	670	70
80160	MP 2	CASO	350							

Untere Bestimmungsgrenze: 10 KBE/m³ bis 100 KBE/m³

* nicht auswertbar, alle 3 Parallelkulturschalen waren mit einem schnell wachsenden Zygomyceten überwuchert

Tabelle 12: Kurz-Zeitmessungen. Messstandort Düsseldorf. Gesamt-Schimmelpilze bei 25°C (KBE pro m³ Luft), sowie KBE/m³ der wichtigsten Schimmelpilzgattungen und Gesamt-Bakterien-Konzentrationen (KBE/m³) auf CASO-Nährboden (grau unterlegt).

Bebrütungstemperatur jeweils 25°C. Fettgedruckt die Schimmelpilz-Konzentrationen auf DG18-Agar. Abkürzungen: MEA = Malzextrakt-Agar; DG18 = Dichloran-18%Glyzerin-Agar; Asp = Aspergillus; Clado = Cladosporium; Fus = Fusarium; Penic = Penicillium; Sonst = Sonstige (nicht zu diesen Gattungen gehörige oder nicht differenzierbare Kolonien). CASO = Casein-Soja-Agar

HG = Hintergrund; MP = Messpunkt

Probe Nr.	Probe-nahmeort	Agar	KBE _{ges} / m ³	Asp/ m ³	Clado/ m ³	Eurot/ m ³	Hefen/ m ³	Fus/ m ³	Penic/ m ³	Sonst/ m ³
24.9.2008										
80167	HG	MEA	4700	<10	600	-	4000	<10	30	50
80167	HG	DG18	4400	20	490	130	3700	-	30	40
80167	HG	CASO	60							
80168	MP 1	MEA	4000	<10	290	-	3600	<10	20	30
80168	MP 1	DG18	4000	<10	270	30	3300	-	330	40
80168	MP 1	CASO	240							
80169	MP 2	MEA	4400	<10	260	-	2200	-	1900	20
80169	MP 2	DG18	3400	<10	490	<10	2700	<10	110	40
80169	MP 2	CASO	210							
25.9.2008										
80178	HG	MEA	1100	<10	720	-	330	<10	30	40
80178	HG	DG18	1600	<10	920	160	370	-	30	50
80178	HG	CASO	60							
80179	MP 1	MEA	1500	<10	1090	-	190	-	160	60
80179	MP 1	DG18	1500	<10	1170	20	230	-	20	40
80179	MP 1	CASO	70							
80180	MP 2	MEA	1500	20	860	-	290	-	330	60
80180	MP 2	DG18	1700	-	1200	50	300	-	50	50
80180	MP 2	CASO	100							

Untere Bestimmungsgrenze: 10 KBE/m³ bis 100 KBE/m³

Auch bei den Kurzzeit-Messungen wurden Schimmelpilzgattungen wie Cladosporium und häufig auch Hefen in Konzentrationen deutlich oberhalb der Bestimmungsgrenze nachgewiesen. Die Gattungen Penicillium und Aspergillus lagen in geringeren Konzentrationen vor – oft im Bereich der Bestimmungsgrenze oder darunter. Vereinzelt wurden weitere Gattungen wie Eurotium und noch seltener Fusarium gefunden, jedoch überwiegend in Konzentrationen im Bereich der Bestimmungsgrenze.

4 BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

4.1 BEWERTUNGSGRUNDLAGEN

Bewertet sollten mit den hier durchgeführten Immissionsmessungen mögliche Belastungen für Anwohner durch Bioaerosole infolge der Abfallmangement-Tätigkeiten.

Eine allgemein gültige Grundlage oder rechtliche Vorgaben für die Bewertung von Immissionskonzentrationen von Bioaerosolen gibt es derzeit nicht. Im VDI wurde seit etlichen Jahren einen Themenbereich „Bioaerosole und biologische Agenzien“ etabliert. Diese Bemühungen im VDI haben bereits Standardisierungen für die Mess-Planung (VDI 4251 Blatt 1), Probenahme von Schimmelpilzen (VDI 4252 Blatt 2) und Bakterien (VDI 4252 Blatt 3) und den Nachweis von Schimmelpilzen (VDI 4253 Blatt 2) und Bakterien (VDI 4253 Blatt 3) in der Immission hervorgebracht.

Die „Umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosol-Immissionen“ soll in einer Richtlinie VDI 4250 dargelegt werden. Diese Richtlinie steht kurz vor der Fertigstellung. Als wesentliche Kriterien für die Bewertung, ob eine Belastung durch eine Quelle vorliegt steht danach fest: Aus der Höhe der Gesamtschimmelpilz- oder Bakterienkonzentration kann keine Gefährdungsbeurteilung vorgenommen werden. Dies liegt darin begründet, dass Bioaerosole natürliche Bestandteile der Luft sind und gemäß ihrer Aufgabe im Stoffkreislauf ihre Konzentrationen in der Luft großen jahreszeitlichen klimatischen und örtlichen Schwankungen unterworfen sind. Ob eine Belastung für Anwohner vorliegt kann daher nur im Vergleich der quellennah ermittelten Konzentrationen zur jeweiligen Hintergrund-Konzentration vorgenommen werden.

Dabei kann für die Parameter „Gesamtschimmelpilze“ oder „Gesamtbakterien“ noch keine Aussage über eine gesundheitliche Gefährdung getroffen werden, da dies Summenparameter sind und nur für wenige einzelne Spezies eine gesundheitliche Wirkung bekannt ist.

Im aktuellen Entwurf der VDI 4250 wird festgestellt:

- Ist die in Lee ermittelte Immissionskonzentration gegenüber Hintergrundwerten nach den Kriterien der VDI 4251 Blatt 1 erhöht, ist diese als umwelthygienisch unerwünscht zu bezeichnen, ohne dass dabei das Gesundheitsrisiko quantifiziert werden kann. Es liegt ein relevanter negativer Umwelteinfluss vor. Aus Gründen der Vorsorge sind über den Hintergrund erhöhte Bioaerosol-Konzentrationen zu vermeiden oder zu vermindern.
- Für einige wenige anlagenspezifische Leitparameter ergibt sich eine weitere Möglichkeit der Bewertung. So liegen die Hintergrundkonzentrationen bei Einzelspezies wie *Staphylococcus aureus* (Tierhaltungsbetriebe), *Coxiella burnetii*, *Aspergillus fumigatus* und thermophile Actinomyceten (Kompostierungsanlagen) im Bereich der Nachweisgrenzen (der bisher standardisierten Nachweisverfahren). Für diese Einzelspezies reicht der Nachweis (Immissionskonzentrationen > Nachweisgrenze) in Lee einer Anlage aus, um von einem relevanten Umwelteinfluss zu sprechen. Zwingend erforderlich ist dabei immer die Angabe der entsprechenden Nachweisgrenze. Werden diese anlagenspezifischen Einzelspezies nachgewiesen, liegt ein entsprechender Handlungsbedarf zur Minderung der Belastungssituation vor.

Nach diesen Vorgaben sollen hier die Ergebnisse der Messungen beurteilt werden.

4.2 BEWERTUNG DER MESSERGEBNISSE

In den folgenden Abbildungen 1 bis 3 sind die Ergebnisse sowohl der 6-Stunden- als auch der Kurzzeit-Messungen an allen drei Messstandorten grafisch dargestellt.

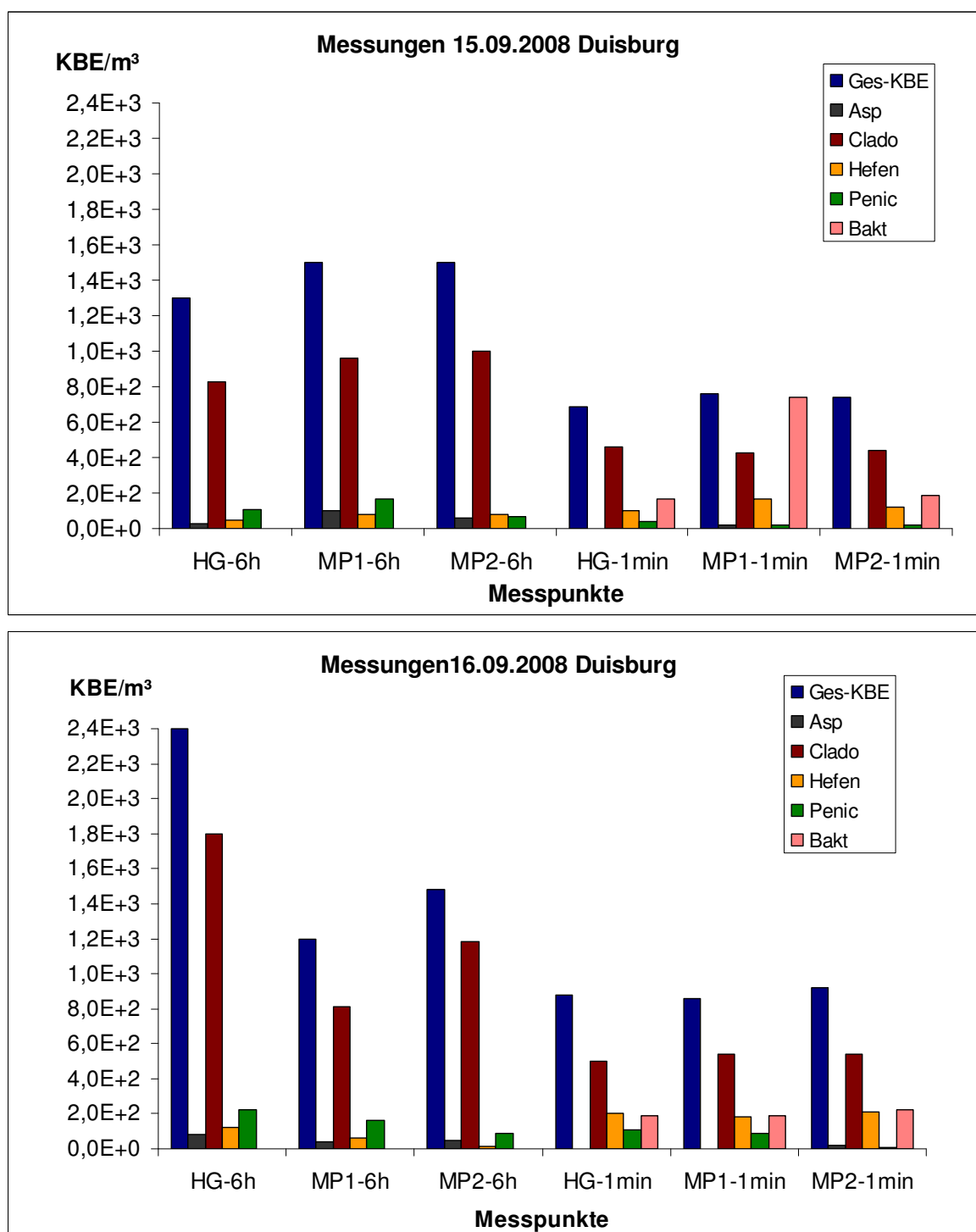


Abb. 1: Bioaerosolkonzentrationen am Messstandort Duisburg. Auswertung auf DG18-Nährboden für Schimmelpilze, CASO-Nährboden für Bakterien. Links 6-Stundenmessungen (6h), rechts Kurzzeit-Messungen (1min). Abkürzungen: Ges-KBE = Gesamt-Schimmelpilzkonzentrationen, Asp = Aspergillus, Clado = Cladosporium, Penic = Penicillium, Bakt = Bakterien, HG = Hintergrund, MP = Messpunkt

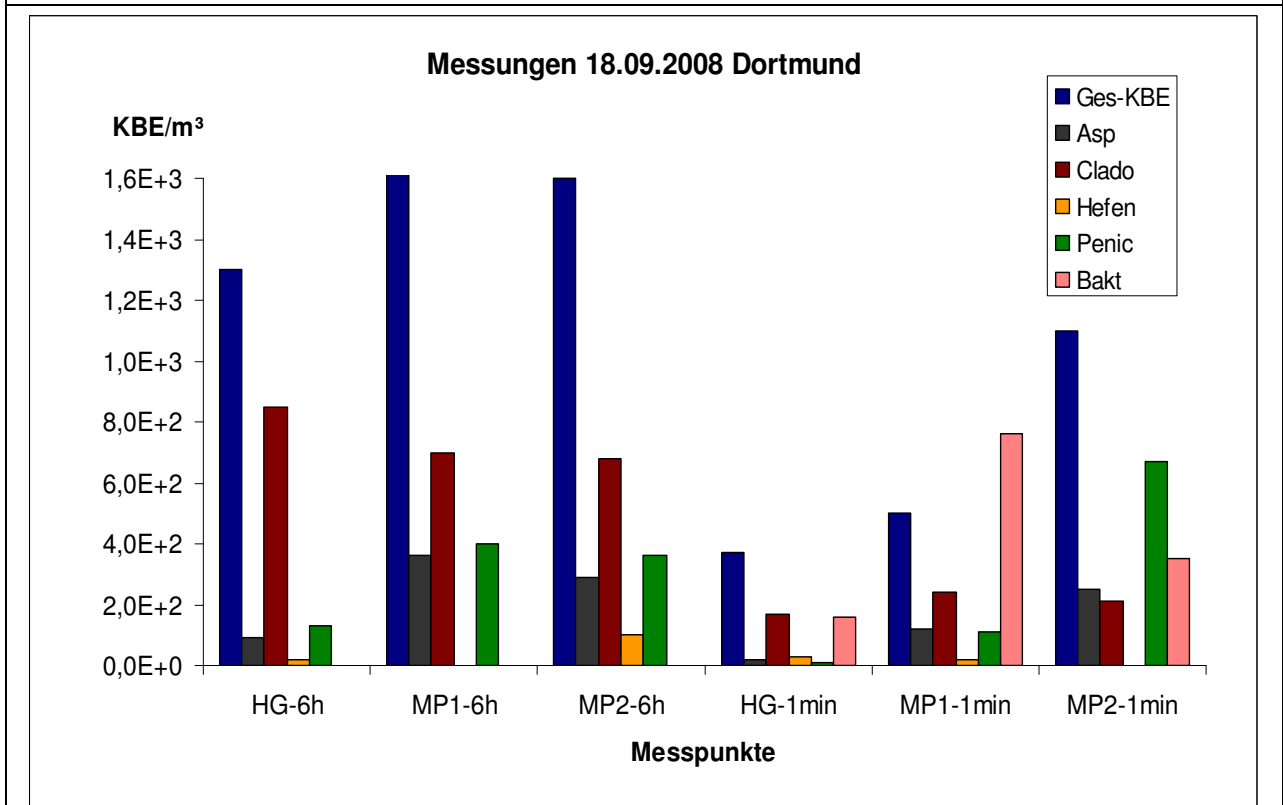
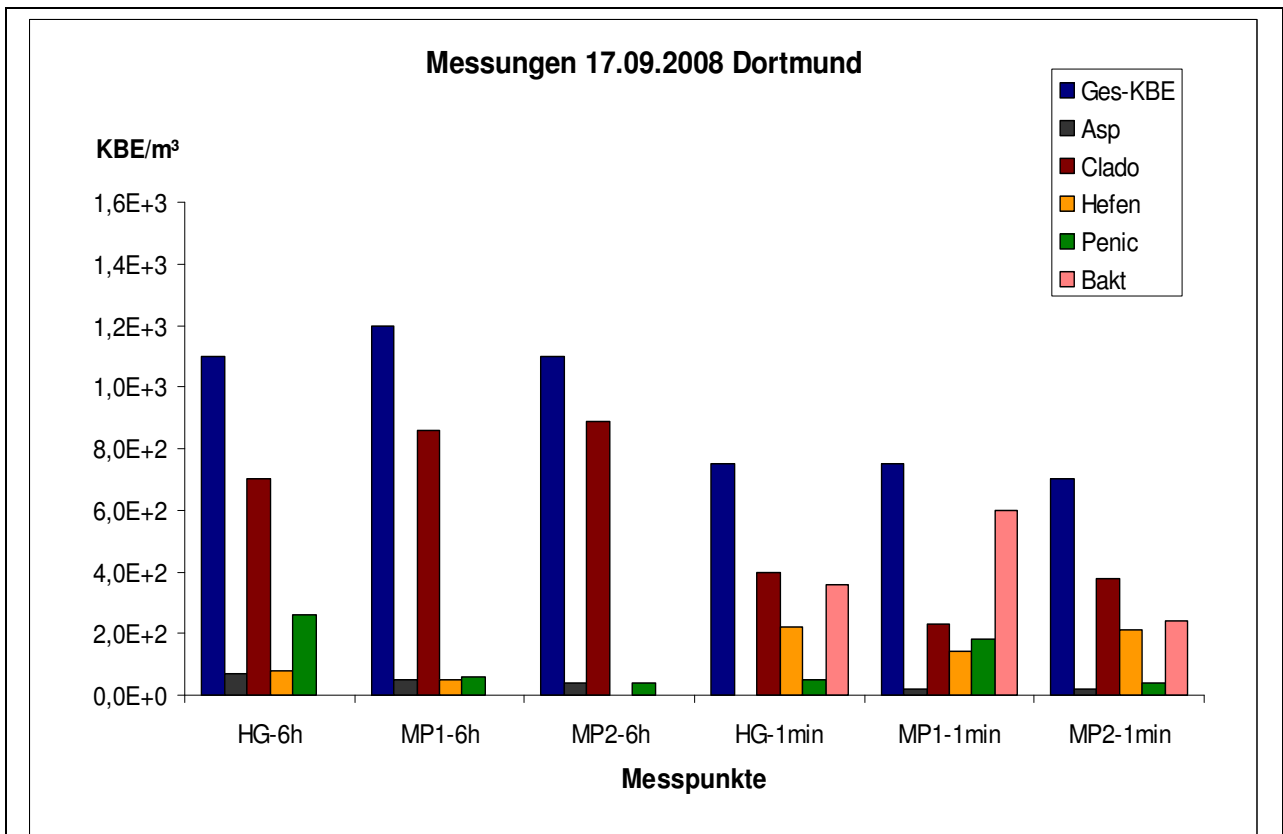


Abb. 2: Bioaerosolkonzentrationen am Messstandort Dortmund. Auswertung auf DG18-Nährboden für Schimmelpilze, CASO-Nährboden für Bakterien. Links 6-Stundenmessungen (6h), rechts Kurzzeit-Messungen (1min). Abkürzungen: Ges-KBE = Gesamt-Schimmelpilzkonzentrationen, Asp = Aspergillus, Clado = Cladosporium, Penic = Penicillium, Bakt = Bakterien, HG = Hintergrund, MP = Messpunkt

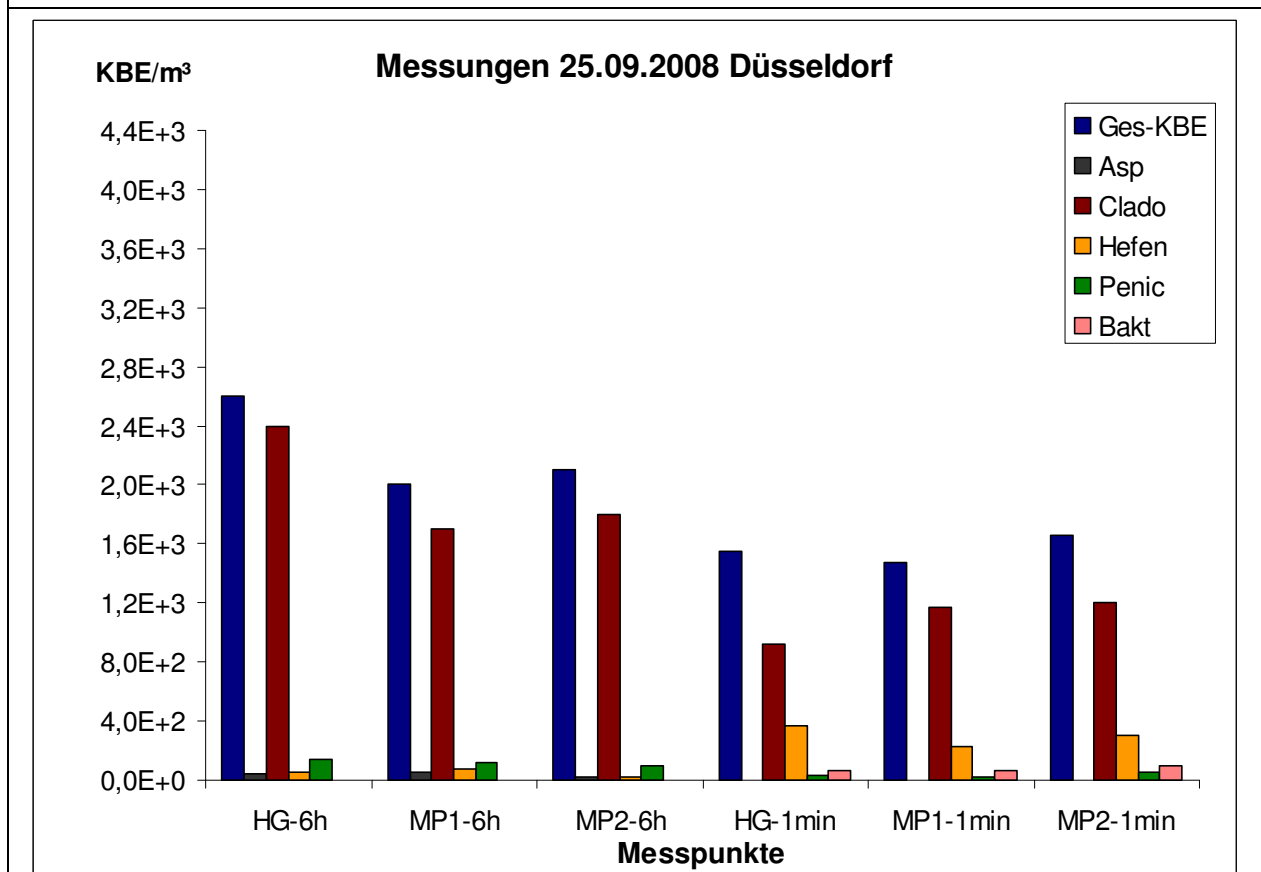
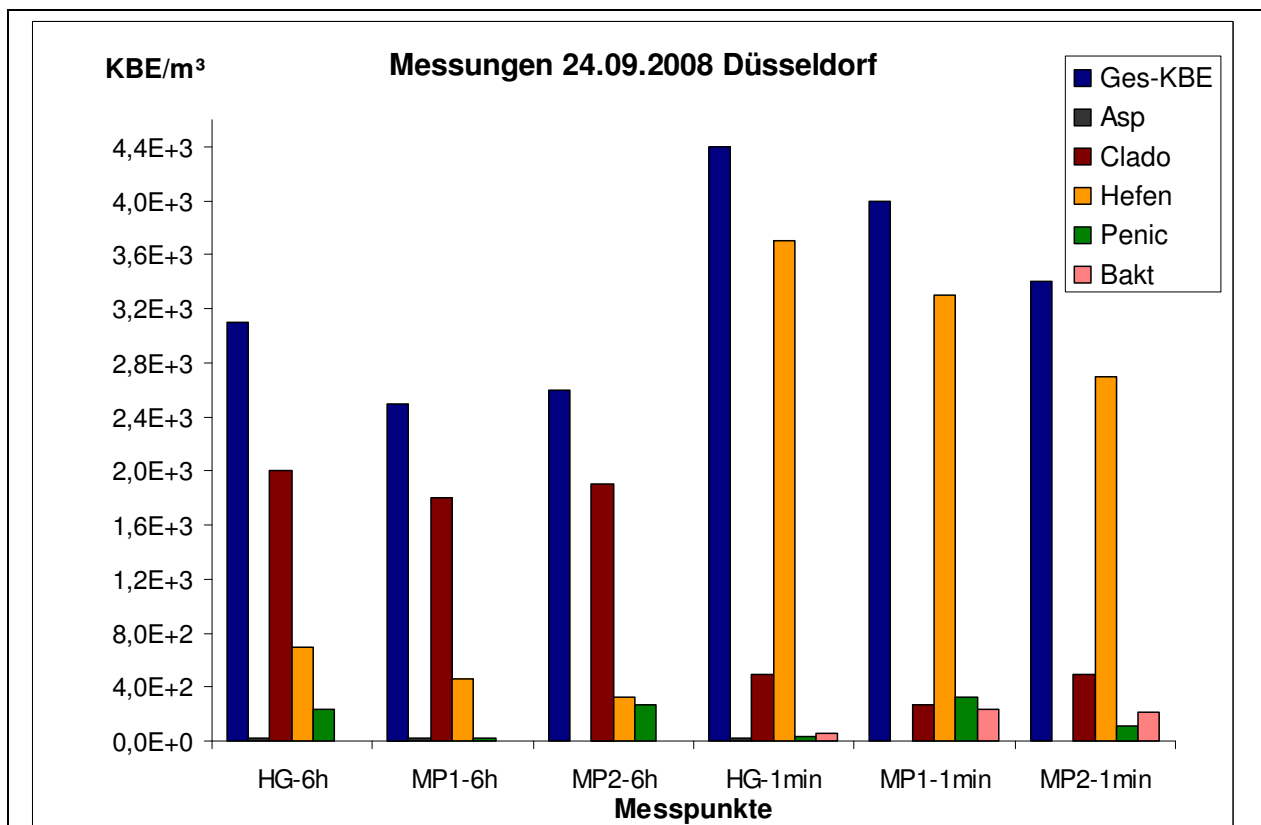


Abb. 3: Bioaerosolkonzentrationen am Messstandort Düsseldorf. Auswertung auf DG18-Nährboden für Schimmelpilze, CASO-Nährboden für Bakterien. Links 6-Stundenmessungen (6h), rechts Kurzzeit-Messungen (1min). Abkürzungen: Ges-KBE = Gesamt-Schimmelpilzkonzentrationen, Asp = Aspergillus, Clado = Cladosporium, Penic = Penicillium, Bakt = Bakterien, HG = Hintergrund, MP = Messpunkt

Die maximalen Konzentrationen an Gesamt-Schimmelpilzen lagen am Messstandort Dortmund bei $1,6 \times 10^3$ KBE/m³, in Duisburg bei $2,4 \times 10^3$ KBE/m³ und in Düsseldorf etwas höher mit $4,4 \times 10^3$ KBE/m³ - insgesamt in einem für diese Jahreszeit üblichen Bereich.

Die **Gesamt-Schimmelpilz-Konzentrationen** an den quellennahen Messpunkten lagen bei den **6-Stunden-Messungen** im gleichen Bereich wie die jeweiligen Hintergrund-Konzentrationen und waren demnach nicht höher als die jeweilige Hintergrund-Konzentration. In Duisburg war am zweiten Messtag (16.09.2008) die Hintergrund-Konzentration sogar etwas höher als an den Messpunkten 1 und 2. In der Zeit während der Probenahme wurden dort im Bereich des Hintergrund-Messpunktes Gartenarbeiten (auch mit Laubbläsern) vorgenommen. Dies erklärt möglicherweise die dort etwas höhere Gesamt-Schimmelpilz-Konzentration. Dominante Gattung an diesem Tag war dabei an allen drei Messpunkten Cladosporium. Cladosporium-Schimmelpilze sind typisch für Außenluft und kein Hinweis auf eine spezifische Quelle (Tesseraux et al., 2004). Sie unterliegen in der Höhe ihres Vorkommens einem ausgeprägten jahreszeitlichen Verlauf, mit den höchsten Konzentrationen im Spätsommer und Herbst. Der Anteil der Schimmelpilze der Gattung Cladosporium machte bei allen 6-Stunden-Messungen im Hintergrund und an den quellennahen Messpunkten den wesentlichen Anteil an der Gesamt-Konzentration aus. Weitere gelegentlich vermehrt natürlicherweise in der Luft vorkommende Mikroorganismen sind Hefen. Dies wurde hier beispielweise am 1. Messtages in Düsseldorf (24.09.) beobachtet. Bei allen anderen Messungen wurden nur geringe Konzentrationen an Hefen festgestellt.

Die Gattungen Aspergillus und Penicillium sind als weitere hier oberhalb der Nachweisgrenze nachgewiesene Schimmelpilze zu nennen. Diese Gattungen weisen in der Höhe ihrer Konzentrationen in der Außenluft im Hintergrund kaum jahreszeitliche Variationen auf. Ein erhöhtes Vorkommen gegenüber dem Hintergrund ist daher als Hinweis auf eine Belastung durch eine spezifische Quelle zu werten. Lediglich an einem Messtag - am 2. Messtag in Dortmund (18.09.) - traten an den quellennahen Messpunkten 1 und 2 höhere Konzentrationen an Aspergillus und Penicillium-Schimmelpilzen auf. Am Messtag davor - am gleichen Standort - war dies nicht der Fall. Die Konzentrationen an beiden quellennahen Messpunkten waren für Aspergillus und Penicillium jeweils etwa doppelt so hoch wie am Hintergrund-Messpunkt. Der Anteil der Aspergillus-Spezies *Aspergillus fumigatus* lag bei den gemessenen Aspergillus-KBE/m³ jedoch unter der Bestimmungsgrenze. Dieses vermehrte Vorkommen von Aspergillus- und Penicillium-Schimmelpilzen kann als Hinweis gelten, dass im Bereich der Abfallcontainer-Standorte bis zu einer Entfernung von ca. 7 bis 15 Metern bei entsprechenden Witterungsbedingungen gegenüber dem Hintergrund leicht erhöhte Konzentrationen an eher quellentypischen Schimmelpilzgattungen auftreten können, wobei ein beispielweise für Kompostierungsanlagen typischer Schimmelpilz wie *Aspergillus fumigatus* nicht vermehrt nachgewiesen wurde. Bei den Kurzzeit-Messungen an diesem Messstandort zeigten sich am selben Messtag nur bei dem etwas entfernter liegenden Messpunkt 2 etwas höherer Konzentrationen insbesondere von Penicillium. Was genau die Quelle für die leicht erhöhten Konzentrationen dieser Schimmelpilze an diesem Messtag ist, lässt sich kaum feststellen. In Betracht kommen kann die an diesem Abfallcontainer-Standort vorhandene Biomülltonne, aber auch Altpapier bietet einen Nährboden für diese Schimmelpilze. Da dieser Befund jedoch bei den 6-Stunden-Messungen auftrat und bei den Kurzzeit-Messungen nicht am quellennahen Messpunkt, sondern bei dem entfernteren Messpunkt 2 festgestellt wurde, ist nicht anzunehmen, dass die Abfallmanagement-Tätigkeiten die Ursache sind. Vielmehr ergibt sich aus einem Abfallcontainer-Standort mit mehreren Tonnen bei entsprechenden Witterungsbedingungen grundsätzlich die Möglichkeit der Ausbreitung von Bioaerosolen und damit auch ggf. einer gegenüber dem Hintergrund etwas erhöhten Konzentration.

Es empfiehlt sich daher aus Gründen des vorbeugenden Gesundheitsschutzes, Abfallcontainer-Standorte mit Hecken oder Mauern gegenüber den nächstliegenden Wohngebäuden abzuschirmen, um einer Ausbreitung von Bioaerosolen entgegen zu wirken.

Die **Kurzzeit-Messungen** während der Abfallmanagement-Tätigkeiten wurden über eine Minute durchgeführt. Üblicherweise dauern diese Tätigkeiten nur wenige Minuten. Bei der Probenahme werden jedoch de facto für jeden der drei hier verwendeten Nährböden jeweils drei Parallelschalen beprobt, sodass sich die Probenahme an jedem Messpunkt über gut 10 Minuten erstreckt. Um gleiche Bedingungen zu gewährleisten wurden die Abfallmanagement-Tätigkeiten während der gesamten Probenahmedauer aufrecht erhalten.

Mit Ausnahme des 1. Messtages in Düsseldorf ergaben die Kurzzeit-Messungen an allen Messpunkten und im Hintergrund niedrigere Konzentrationen an Gesamt-Schimmelpilzen als die 6-Stundenmessungen. Die etwas höheren Konzentrationen am 24.09. in Düsseldorf werden dabei dominiert von einem verstärkten Vorkommen von Hefen. Dies ist auch bei den 6-Stunden-Messungen sichtbar – wenn auch nicht so ausgeprägt. Die Konzentrationen an Hefen lagen sowohl bei den 6-Stunden- als auch bei den Kurzzeit-Messungen im Hintergrund höher als an den quellennahen Messpunkten. Somit ist auch dieser Befund kein Hinweis auf eine Belastung durch eine spezifische Quelle. Auf die etwas erhöhten Konzentrationen an Schimmelpilzen der Gattungen *Penicillium* und *Aspergillus* am zweiten Messtag in Dortmund am Messpunkt 2 wurde bereits im Zusammenhang mit den 6-Stunden-Messungen eingegangen.

Der Befund, dass das vermehrte Auftreten dieser Schimmelpilze bei den Kurzzeit-Messungen nicht am quellennaheren Messpunkt 1 beobachtet wurde veranschaulicht ferner, dass die Kurzzeit-Messungen „Momentaufnahmen“ sind, aus denen allein eine Belastung für die dauerhaft exponierten Anwohner nicht abzuleiten ist.

Insgesamt unterscheiden sich sowohl bei den Kurzzeit- als auch den 6-Stunden-Messungen die Schimmelpilz-Konzentrationen aller Messstandorte an den quellennahen Messpunkten nicht, oder im Einzelfall nur geringfügig, von der jeweiligen Hintergrundkonzentration. Unter den differenzierten Gattungen und Spezies war der anlagentypische Schimmelpilz *Aspergillus fumigatus* nicht erhöht nachweisbar (Konzentrationen im Bereich der Bestimmungsgrenze oder darunter).

Ein anlagenspezifischer Umwelteinfluss auf das Wohnumfeld liegt demnach weder durch die Abfallmanagement-Tätigkeiten noch durch die Abfallcontainer-Standorte vor.

Gesamt-Bakterien

Gesamt-Bakterien können aus methodischen Gründen nicht in 6-Stunden-Messungen erfasst werden und waren auch nicht Gegenstand der hier durchgeführten Untersuchung. Sie wurden jedoch bei den Kurzzeit-Messungen durch Beprobung eines zusätzlichen Bakterien-spezifischen Nährbodens mit erfasst.

Die Konzentrationen an Gesamt-Bakterien lagen an den Messstandorten Duisburg und Dortmund maximal bei 7 bis 8×10^2 KBE/m³ und in Düsseldorf etwas niedriger mit 2×10^2 KBE/m³. Leicht erhöht gegenüber dem Hintergrund waren die Konzentrationen am quellennahen Messpunkt 1 am ersten Messtag in Duisburg (15.09.) und an beiden Messtagen in Dortmund (17.09. und 18.09.) wiederum am quellennahen Messpunkt 1. Über die Bakterienkonzentrationen im Hintergrund in der Außenluft liegen - aus messtechnischen Gründen - sehr wenige Erkenntnisse

vor. Sie sind jedoch deutlich niedriger als die Konzentrationen der Schimmelpilze und variieren auf einem niedrigen Niveau ohne klare Einflüsse wie z. B. Jahreszeiten. Wie bereits ausgeführt lassen sich auf Basis von Kurzzeit-Messungen keine Aussagen über eine Belastung von Anwohnern machen. Auch ein anlagenspezifischer Umwelteinfluss durch die Abfallmanagement-Tätigkeiten an den Abfallcontainern ist aus den Ergebnissen dieser Messungen von Gesamtbakterien nicht abzuleiten. Eine Ausnahme ist möglicherweise die Situation in Dortmund, da hier an beiden Messtagen insbesondere am quellennahen Messpunkt eine gegenüber dem Hintergrund erhöhte Konzentration festgestellt wurde. Allerdings sind die hier an den quellennahen Messpunkten gemessenen Konzentrationen in nicht auffällig hoch im Vergleich zu denen die sonst im unbelasteten Hintergrund gefunden werden (Tesseraux & Dezentner, 2008).

Zu trennen vom möglichen Vorliegen eines „anlagenspezifischen Umwelteinflusses“ ist auch hier eine gesundheitliche Bewertung. Diese kann wiederum nicht für Messungen des Parameters „Gesamt-Bakterien“ erfolgen und auch nicht auf der Basis von Einzelbefunden. Gesundheitsrelevante Einzelspezies wurden nicht bestimmt und sind für Abfallcontainer-Standorte auch nicht bekannt (in der VDI 4251, Blatt 1 werden diese nicht als Anlagenart genannt. Für andere Anlagen der Abfallwirtschaft werden darin keine Bakterienspezies als „Schutzgutbezogene, umweltmedizinisch relevante Messparameter“ aufgeführt). Insgesamt ist demnach hier eine Gesundheitsgefährdung der Anwohner durch Einzelspezies von Bakterien unwahrscheinlich, da die Konzentrationen der Gesamtbakterien an den quellennahen Messpunkten sich nicht wesentlich von der jeweiligen Hintergrund-Konzentration unterscheiden.

Arbeitsschutzaspekte

Die Beurteilung nach Kriterien des Arbeitsschutzes für die Personen, die die Abfallmanagement-Tätigkeiten durchführen, war nicht Gegenstand dieser Untersuchung. Hier wurde eine Messplanung angewendet um die Exposition der Anwohner darzustellen und dies im Sinne eines „worst case“-Szenarios. Das heißt es wurden Messpunkte so nah wie möglich an den Abfallstandorten mit gleichzeitig engem Bezug zur Wohnnutzung (Balkon, Fenster) gewählt – die Abstände betragen real nur wenige Meter. Um die Exposition der in diesem Bereich Beschäftigten abzuschätzen muss eine andere Messplanung erfolgen. Dennoch kann auf Grund dieser kurzen Abstände in grober Näherung angenommen werden, dass die an den quellennahen Messpunkten ermittelten Konzentrationen sich nicht sehr von denen im Bereich der Beschäftigten unterscheiden. Für eine Abschätzung der Exposition der Beschäftigten müssten darüber hinaus Angaben vorliegen wie oft und wie häufig diese Tätigkeiten pro Tag ausgeübt werden. Da sich die hier an den quellennahen Messpunkten gemessenen Bioaerosol-Konzentrationen nicht oder kaum von denen im Hintergrund unterscheiden, ist jedoch auch bei mehrmaliger derartiger Exposition am Tag eine nennenswerte Exposition unwahrscheinlich.

5 ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Untersuchung sollte geprüft werden, ob bei Abfallmanagement-Tätigkeiten an Mehrgeschosswohnungen gesundheitliche Gefährdungen der Anwohner durch Bioaerosole - insbesondere Schimmelpilze - auftreten können.

Dienstleistungen im Bereich des Abfallmanagements, die Wohnbaugesellschaften angeboten werden, bestehen in der manuellen Korrektur der Fehlbefüllungen von Restabfall- und Wertstoffbehältern. Es sind kurzfristige am jeweiligen Standort wenige Minuten pro Tag andauernde Tätigkeiten. Dabei können im Außenbereich kurzzeitig erhöhte Keimbelastungen vorkommen, wie dies im Gutachten: „Keimbelastungssituation im Wohnumfeld von Geschossbebauungen mit Abfallmanagementsystem“ (Witzenhausen-Institut, 2007) festgestellt wurde. Die in diesem Gutachten ermittelten kurzzeitig erhöhten Schimmelpilzbelastungen an einigen Messpunkten wurden nur in wenigen Metern (2-5m) von der Quelle ermittelt und betreffen damit den Umgang mit dem Abfall und somit den Arbeitsschutz (kurzzeitige Exposition). Eine Aussage über Belastungen der Anwohner lässt sich nach diesem Messkonzept kaum abschätzen.

Ziel dieser Untersuchung war zu klären, ob es an den Abfallbehälter-Standorten bei räumlicher Nähe der Wohnungen (Fenster, Balkone) zu erhöhten Keimbelastungen für die Bewohner kommt. Das heißt, ob bei dauerhafter Exposition über Fensterlüftung / Aufenthalt im Freien möglicherweise eine Gefährdung der Bewohner gegeben ist.

Hier wurde daher eine Messplanung zur Ausbreitung der Bioaerosole von der Quelle im Hinblick auf die Anwohner (in Anlehnung an VDI 4251, Blatt 1, 2007) gewählt mit Messdauern über 6 Stunden (nach VDI 4252, Blatt 2, 2004).

Im September 2008 wurden an drei Messstandorten (Duisburg, Dortmund und Düsseldorf) jeweils an zwei Tagen Messungen über 6-Stunden sowie Kurzzeit-Messungen während der Abfallmanagement-Tätigkeiten durchgeführt. Der kulturelle Nachweis der Schimmelpilze in den Proben erfolgte bei den 6-Stunden-Messungen nach dem in der VDI-Richtlinie 4253, Blatt 2 (2004) beschriebenen Verfahren. Bestimmt wurden Gesamtschimmelpilze, bei den Kurzzeit-Messungen auch Gesamt-Bakterien (jeweils bei einer Bebrütungstemperatur von 25°C). Eine Differenzierung der Schimmelpilze nach Gattungen und ausgewählten Arten wurde vorgenommen.

Zur Bewertung der Ergebnisse wurde der Richtlinien-Entwurf „Umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosol-Immissionen“ (VDI 4250) herangezogen. Ob eine Belastung für Anwohner vorliegt, kann danach nur im Vergleich der quellennah ermittelten Konzentrationen zur jeweiligen Hintergrund-Konzentration vorgenommen werden. Für einige wenige Einzelspezies – wie z. B. *Aspergillus fumigatus* reicht der Nachweis (Immissionskonzentrationen > Nachweisgrenze) in Lee einer Anlage aus, um von einem relevanten Umwelteinfluss zu sprechen.

Die Untersuchung hat ergeben, dass sich sowohl bei den Kurzzeit- als auch den 6-Stunden-Messungen die **Schimmelpilz-Konzentrationen** an den quellennahen Messpunkten aller Messstandorte nicht - oder im Einzelfall nur geringfügig - von der jeweiligen Hintergrundkonzentration unterscheiden. Unter den differenzierten **Schimmelpilz-Gattungen** und **-Spezies** kam einzig der anlagentypische Schimmelpilz *Aspergillus fumigatus* vor, dessen Konzentrationen lagen jedoch im Bereich der Bestimmungsgrenze oder darunter.

Ein anlagenspezifischer Umwelteinfluss auf das Wohnumfeld liegt demnach weder durch die Abfallmanagement-Tätigkeiten noch durch die Abfallcontainer-Standorte selbst vor.

Zu trennen vom möglichen Vorliegen eines „anlagenspezifischen Umwelteinflusses“ ist eine gesundheitliche Bewertung. Diese kann grundsätzlich nicht für Messungen des Parameters „Gesamt-Schimmelpilze“ erfolgen. Eine Voraussetzung für die Bewertung und Beurteilung gesundheitlicher Risiken wäre der Nachweis von Einzelspezies, deren Gesundheitsgefährdungspotenzial bekannt ist. Ein erhöhtes Vorkommen von Einzelspezies mit gesundheitlicher Bedeutung wurde nicht festgestellt. Demnach ist nach den hier vorgelegten Messergebnissen eine Gesundheitsgefährdung der Anwohner durch Bioaerosole aus Abfallcontainern nicht anzunehmen.

Die Messungen der **Gesamt-Bakterien** während der Abfallmanagement-Tätigkeiten ergaben am quellennahen Messpunkt am ersten Messtag in Duisburg und an beiden Messtagen in Dortmund wiederum am quellennahen Messpunkt gegenüber dem Hintergrund leicht erhöhte Konzentrationen. Bei allen anderen Messungen waren die Gesamt-Bakterien-Konzentrationen sehr niedrig und an den quellennahen Messpunkten nicht erhöht gegenüber dem Hintergrund.

Kurzzeit-Messungen sind „Momentaufnahmen“ aus denen allein eine Belastung für die dauerhaft exponierten Anwohner nicht abzuschätzen ist. Überdies sind die hier an den quellennahen Messpunkten gemessenen Konzentrationen nicht auffällig hoch im Vergleich zu denen die sonst im unbelasteten Hintergrund gefunden werden. Daher ist ein anlagenspezifischer Umwelteinfluss durch die Abfallmanagement-Tätigkeiten an den Abfallcontainern aus den Ergebnissen dieser Messungen nicht abzuleiten.

Zu trennen vom möglichen Vorliegen eines „anlagenspezifischen Umwelteinflusses“ ist auch hier eine gesundheitliche Bewertung. Diese kann wiederum nicht für Messungen des Parameters „Gesamt-Bakterien“ erfolgen und auch nicht auf der Basis von Einzelbefunden. Gesundheitsrelevante Einzelspezies wurden nicht bestimmt und sind für Abfallcontainer-Standorte auch nicht bekannt. Insgesamt ist demnach hier eine Gesundheitsgefährdung der Anwohner durch Einzelspezies von Bakterien unwahrscheinlich, zumal sich auch die Konzentrationen der Gesamtbakterien an den quellennahen Messpunkten nicht wesentlich von der jeweiligen Hintergrundkonzentration unterscheiden.

Dr. Irene Tesseraux
LUBW, Referat 23

6 QUELLEN-VERZEICHNIS

Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg, 2001: Bericht „Schimmelpilze in Innenräumen – Nachweis, Bewertung, Qualitätsmanagement“

Samson, R.A., Hoekstra, E.S., Frisvad, J.C., Filtenborg, O. (Hrsg.), 6. Auflage 2002: Introduction to food- and airborne fungi

Tesseraux, I., 2006: Erkenntnisse des LAI-AK „Wirkungsfragen“: Messungen von Mikroorganismen im Umgebungsbereich von Kompostieranlagen und Ausbreitung von Bioaerosolen. Bayerisches Landesamt für Umwelt, Fachtagung 25. Oktober 2006

Tesseraux, I., Dezenter, S.: Bakterien in der Außenluft – Vergleich von Messverfahren für die Immission. Immissionsschutz 3, 122-125

Tesseraux, I., Dezenter, S., Veith, A., Creutzmacher, H., 2004: Immissionsmessungen von Schimmelpilzen in der Außenluft nach VDI 4252 Blatt 2 und VDI 4253 Blatt 2 im jahreszeitlichen Vergleich. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 64, 300-305

Umweltbundesamt, 2002: Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen.

VDI 4250-Entwurf, 2008 Umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosol-Immissionen - Wirkungen mikrobieller Luftverunreinigungen auf den Menschen

VDI 4251, Blatt 1, 2007: Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Luft – Planung von anlagenbezogenen Messungen – Fahnenmessung.

VDI 4252, Blatt 2, 2004: Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Luft – Aktive Probenahme von Bioaerosolen – Abscheidung von luftgetragenen Schimmelpilzen auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern.

VDI 4253, Blatt 2, 2004: Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Luft – Verfahren zum kulturellen Nachweis der Schimmelpilzkonzentrationen in der Luft.

VDI 4252, Blatt 3, 2008: Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Luft – Aktive Probenahme von Bioaerosolen – Abscheidung von luftgetragenen Bakterien mit Impingern nach dem Prinzip der kritischen Düse.

VDI 4253, Blatt 3, 2008: Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Luft – Verfahren zum quantitativen kulturellen Nachweis von Bakterien in der Luft.

7 ANHANG





Messtandort Dortmund, Bothestraße: A: Abfallcontainer-Standplatz; B: Hintergrund-Messpunkt; C: Messpunkt 1; D: Messpunkt 1, Kurzzeit-Messungen; E: Messpunkt 2; F: Messpunkt 2 Kurzzeit-Messungen; G und H: Müllmanagement-Tätigkeiten während der Kurzzeit-Messungen



Messtandort Düsseldorf, Erwin-Rommel-Straße: A: Abfallcontainer-Standplatz; B: Hintergrund-Messpunkt; C: Messpunkt 1; D: Messpunkt 1, Kurzzeit-Messungen; E: Messpunkt 2; F: Messpunkt 2 Kurzzeit-Messungen; G und H: Müllmanagement-Tätigkeiten während der Kurzzeit-Messungen