

SCHIMMELPILZMESSUNGEN IN  
DER AUSSENLUFT  
IM SEPTEMBER 2004



**UMEG**

Umweltmessungen  
Umwelterhebungen  
und Gerätesicherheit

*Unabhängig messen - engagiert prüfen*



SCHIMMELPILZMESSUNGEN IN  
DER AUSSENLUFT  
IM SEPTEMBER 2004

**Bearbeitung:**

UMEG Zentrum für Umweltmes-  
sungen, Umwelterhebungen und  
Gerätesicherheit  
Baden-Württemberg

Geschäftsbereich.3 Messwesen  
Anlagenbezogene Mikrobiologie  
Dr. I. Tesseraux

Großoberfeld 3  
76135 Karlsruhe  
0721-7505-0

[kontakt@umeg.de](mailto:kontakt@umeg.de)  
[www.umeg.de](http://www.umeg.de)

Druckdatum: August 2005  
Berichtsumfang: 26 Seiten



# INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG	4
2	DURCHFÜHRUNG DER MESSUNGEN	6
	2.1 Probenahme und Analytik	6
	2.2 Umfang der Messungen	7
	2.3 Kultureller Nachweis der Schimmelpilz-Konzentrationen	7
3	ERGEBNISSE	9
	3.1 Gesamt-Schimmelpilz-Konzentrationen in der Luft	9
	3.1.1 Vergleich der Gesamt-KBE/m <sup>3</sup> an den vier Messorten	10
	3.1.2 Temperatur und Luftfeuchtigkeit während der Probenahme	10
	3.1.3 Tätigkeiten auf dem Kompostplatz während der Probenahme	11
	3.2 Differenzierung nach Gattungen	12
	3.2.1 Konzentrationen einzelner Gattungen an den vier Messorten	12
	3.2.2 Differenzierung nach Aspergillus / Aspergillus fumigatus auf zwei Nährböden	14
4	DISKUSSION	17
5	ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT	19
6	LITERATURVERZEICHNIS	21
7	ANHANG	22
	7.1 Abbildungen der Probenahmeorte	22
	7.2 Abbildungen zum Schimmelpilzwachstum auf Kultur Nährböden	23

## 1 EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG

Die Zusammensetzung der Außenluft wird von natürlichen Faktoren und von Aktivitäten des Menschen bestimmt. Dies gilt auch für biologische Bestandteile. Bioaerosole sind luftgetragene Teilchen biologischer Herkunft. Sie enthalten u. a. Pilz- und Bakteriensporen, Mycelbruchstücke von Schimmelpilzen, Hefen sowie Abbau- und Stoffwechselprodukte von Mikroorganismen (MVOC = Microbial Volatile Organic Compounds; Mycotoxine, Endotoxine). Schimmelpilze sind an eine Ausbreitung über den Luftweg durch Bildung von Sporen, die nicht nur der Vermehrung sondern auch der Überdauerung dienen, in besonderem Maße angepasst. Sie kommen ubiquitär in der Natur vor und erfüllen eine wichtige Aufgabe im Stoffkreislauf beim Abbau organischen Materials.

Bestandteile und Inhaltsstoffe von Schimmelpilzen und ihrer Sporen können neben Geruchsbelästigungen auch gesundheitliche Beeinträchtigungen hervorrufen, wobei das allergisierende und infektiöse Potenzial von zahlreichen Schimmelpilzen besonders bedeutsam ist. In einer aktuellen Studie konnte eine Korrelation von erhöhten Bioaerosolkonzentrationen in der Außenluft mit irritativen Atemwegsbeschwerden bei exponierten Personen nachgewiesen werden (Herr et al., 2003).

Erhöhte Außenluftkonzentrationen an Bioaerosolen können jedoch auch durch Anlagen hervorgerufen werden, die einigen Organismen besonders günstige Lebensbedingungen bieten. Der Entwurf der VDI-Richtlinie 4251 Blatt 1 („Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft – Planung von anlagenbezogenen Messungen Immissionsbestimmung durch Fahnenmessungen, Oktober 2004) enthält im Anhang eine Liste sowohl der Anlagentypen und Anlagen für die das zutrifft als auch mit zu messenden anlagenbezogenen Mikroorganismen-Parametern.

Da es sich bei Bioaerosolen um lebendes Material oder Bestandteile davon handelt, die natürlicherweise in der Luft vorkommen, ist die Variation der Art und Höhe des Vorkommens in der Luft groß und damit die Feststellung einer „Luftbelastung“ oder gar einer gesundheitlichen Bewertung komplex. Eine wesentliche Voraussetzung, um überhaupt gegenüber dem normalen Hintergrund erhöhte Werte feststellen zu können, sind nachvollziehbare und genormte Probenahmen und Messverfahren.

Für die Erfassung von Schimmelpilzen in der Außenluft und zur Probenahme und Messung durch Kultivierung der lebensfähigen Sporen wurden Richtlinien erarbeitet. Als VDI-Richtlinien liegen vor: VDI 4252 Blatt 2 „Aktive Probenahme von Bioaerosolen – Abscheidung von luftgetragenen Schimmelpilzen auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern“ (2004) und VDI 4253 Blatt 2 „Verfahren zum kulturellen Nachweis von Schimmelpilz-Konzentrationen in der Luft – Indirektes Verfahren nach Probenahme auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern (2004).

Nach diesen Richtlinien wurde im Jahr 2003 ein Messprogramm an vier verschiedenen Messstandorten jeweils über drei Wochen im Frühjahr, im Sommer und im Herbst durchgeführt. (UMEG-Jahresbericht 2003, Tesseraux et al., 2004). In Weiterführung und Ergänzung dieser Untersuchungen wurden im Jahr 2004 im September wiederum über drei Wochen an vier Messorten Schimmelpilze in der Außenluft gemessen.

## 2 DURCHFÜHRUNG DER MESSUNGEN

### 2.1 Probenahme und Analytik

Die Luftproben wurden nach der VDI-Richtlinie 4252, Blatt 2 (Juni 2004) „Aktive Probenahme von Schimmelpilzen, Abscheidung von Schimmelpilzen auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern“ vorgenommen.

An jedem Messort wurden Blindwertfilter (ohne Luftdurchsatz) in der Mitte des Messzeitraumes (Tab. 2-1) genommen.

Während der Probenahme wurde die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit an den Messorten, emittentennah (Kompostplatz), emittentennah (Bauernhof, Niefern) und ländlich (Jöhlingen) aufgezeichnet.

#### **Probenahmeorte**

Um einen Überblick über den Einfluss unterschiedlicher örtlicher Gegebenheiten zu erlangen, wurden die Probenahmen an vier unterschiedlichen Orten gleichzeitig vorgenommen. Es wurden vier Messstellen in und im Umfeld von Karlsruhe ausgewählt:

- Ein ländlicher Messort (Jöhlingen, an einem Wasserreservoir umgeben von Wiesen und Feldern), gleicher Standort wie im Messprogramm 2003,
- ein urbaner Messort (UMEG-Messstation „Karlsruhe-Mitte“ an der Straße (ehemalige Kinderklinik in Karlsruhe), gleicher Standort wie im Messprogramm 2003,
- ein emittentennaher Messort (Karlsruhe Neureut, auf dem Gelände eines offenen Kompostplatzes für Garten- und Grünabfälle) gleicher Standort wie im Messprogramm 2003 und
- als weiterer emittentennaher Messort mit einer möglichen Quelle für Schimmelpilzbelastungen an einem Bauernhof mit Hühnerhaltung im Freien und Schweinehaltung im Stall (Niefern).

•  
Es wurden jeweils zwei Probenahmegeräte je Messstandort aufgestellt. Beschreibung und Darstellung der Messstandorte im Anhang.



## 2.2 Umfang der Messungen

Es wurde eine Messreihe im September über drei Wochen durchgeführt. Pro Woche wurden an zwei Tagen mit einer Probenahmedauer von 24 h an jedem Standort zwei Proben genommen. In der Tabelle 2-1 ist der Umfang der Messungen und die Zahl der jeweils verwertbaren Proben wiedergegeben (die 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). Für jeden Messort wurde ein Blindwert jeweils in der Mitte der Messreihe genommen. Dies entspricht den Vorgaben der VDI-Richtlinie 4252, Blatt 2.

**Tabelle 2-1: Zeiten und Umfang der Messreihen.** Datum = Beginn der Probenahme

Probenahme-Zeitraum	Tag der Woche / Datum	Messort ländlich	Messort urban (Straße)	Messort Emittent (Kompost)	Messort emittentennah (Bauernhof)
		Anzahl Proben	Anzahl Proben	Anzahl Proben	Anzahl Proben
<b>06.09.-21.09.2004</b>					
1. Woche	1./06.09.	2	2	2*	2
	2./07.09.	2	2	2	2**
2. Woche	1./13.09.	2	2	2	2
	2./14.09.	2	2	2	2
3. Woche	1./20.09.	2	2	2	2
	2./21.09.	2	2	2	2

\* = Strom abgeschaltet, Probennahmezeit nur 1 Stunde

\*\* = Strom abgeschaltet, Probennahmezeit nur 4 ½ Stunden

## 2.3 Kultureller Nachweis der Schimmelpilz-Konzentrationen

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

Außer der rein quantitativen Auswertung werden die Kolonien auf den Nährbodenplatten für die 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 Auszähl Nährboden (Dichloran-18%Glycerin-Agar = DG18) wachsen, werden die

Zählungen auf Malzextraktagar (MEA) für die Auswertung nach bestimmten Gattungen oder Spezies verwendet. Da sich bei den Messungen im Jahr 2003 (siehe UMEG-Jahresbericht 2003) gezeigt hatte, dass eine weitere Bebrütungstemperatur von 37°C bei den MEA-Nährböden keine zusätzliche Information über die Häufigkeit des Vorkommens Kompost-spezifischen Schimmelpilzen, insbesondere von *Aspergillus fumigatus* erbrachte, wurden hier beide Nährböden nur bei 25 °C inkubiert.

Die Berechnung der KBE/m<sup>3</sup> (KBE = koloniebildende Einheit) für einzelne Gattungen geschieht in gleicher Weise wie für die Gesamt-Schimmelpilz-KBE/m<sup>3</sup>.

### Nachweisgrenze

Eine Nachweisgrenze ist bei diesem Verfahren (nach der Richtlinie VDI 4253, Blatt 2) nicht eindeutig zu ermitteln. Bei 24-stündiger Probenahme und einem daraus resultierenden beprobten Luftvolumen von 72 m<sup>3</sup> (Normkubikmeter bei 0 °C und 101,3 kPa) sind theoretisch – unter Einrechnung der Verdünnung von 1:100 (Ausspateln von 0,1 ml aus 10ml Extraktionslösung) – Konzentrationen von 1– 2 Gesamt-KBE/m<sup>3</sup> 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 7 bis 10 KBE auf einer Platte vorhanden sein, um eine sinnvolle quantitative Auswertung vorzunehmen. Daraus ergibt sich ein Angabenschwellenwert von 7 KBE/m<sup>3</sup> bis 14 KBE/m<sup>3</sup>. Nach unseren Erfahrungen wird eine Schwelle von 10 KBE/m<sup>3</sup> für die Angabe von Werten festgelegt, ab der ein sicherer Nachweis von Schimmelpilzen in der Luftprobe gegeben ist. Werte darunter werden als < 10 KBE/m<sup>3</sup> angegeben.

### 3 ERGEBNISSE

#### 3.1 Gesamt-Schimmelpilz-Konzentrationen in der Luft

Die in der Tabelle 2-1 dargestellte Messplanung ergibt eine Anzahl von 48 Einzelproben. Bei diesen insgesamt 48 Einzelmessungen gab es keine Ausfälle bei den Probenahmen. Zu vermerken ist eine reduzierte Probenahmezeit am 06.09.04 am Messort Emittent Kompost von jeweils nur einer Stunde und am Messort Bauernhof am 07.09.04 jeweils nur 5 Stunden.

In der Tabelle 3-1 sind die Ergebnisse der Immissionsmessungen der Gesamtschimmelpilz-Konzentrationen zusammengefasst. Für die Doppelbestimmungen sind die Standardabweichungen einerseits als Zahlenwert der Gesamt-KBE/m<sup>3</sup> Außenluft und andererseits als relative Standardabweichungen aufgeführt.

**Tabelle 3-1: Gesamt – Schimmelpilzkonzentrationen in der Außenluft(KBE/m<sup>3</sup>).**

RSA = relative Standardabweichung in %.

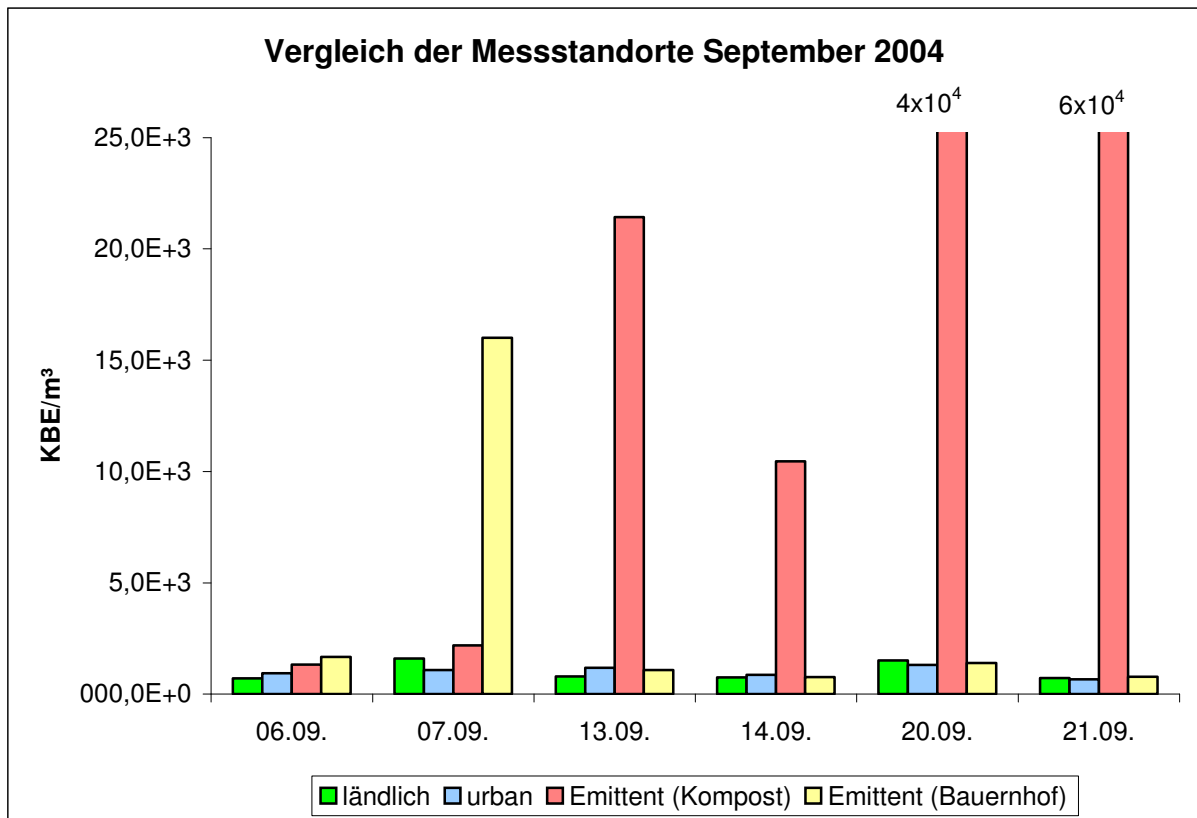
Woche der Probenahme	Datum	Messort ländlich (Jöhlingen)		Messort urban (Straße)		Messort Emittent (Kompost)		Messort Emittent (Bauernhof)	
		KBE/m <sup>3</sup>	RSA	KBE/m <sup>3</sup>	RSA	KBE/m <sup>3</sup>	RSA	KBE/m <sup>3</sup>	RSA
<b>Messzeitraum 06.09.-21.09.2004</b>									
1.	06.09.	7x10 <sup>2</sup>	103	9x10 <sup>2</sup>	2	1x10 <sup>3</sup> *	12	2x10 <sup>3</sup>	16
	07.09.	2x10 <sup>3</sup>	4	1x10 <sup>3</sup>	14	2x10 <sup>3</sup>	68	2x10 <sup>4</sup> **	114
2.	13.09.	8x10 <sup>2</sup>	16	1x10 <sup>3</sup>	8	2x10 <sup>4</sup>	3	1x10 <sup>3</sup>	12
	14.09.	8x10 <sup>2</sup>	20	9x10 <sup>2</sup>	14	1x10 <sup>4</sup>	14	8x10 <sup>2</sup>	27
3.	20.09.	2x10 <sup>3</sup>	14	1x10 <sup>3</sup>	10	4x10 <sup>4</sup>	11	1x10 <sup>3</sup>	13
	21.09.	7x10 <sup>2</sup>	8	7x10 <sup>2</sup>	12	6x10 <sup>4</sup>	16	8x10 <sup>2</sup>	13

\* = Probenahmedauer nur 1 Stunde; \*\* = Probenahme nur 4 1/2 Stunden

Die in der Mitte des Messzeitraums genommenen Blindwerte ergaben keine KBE, bzw. nicht mehr als maximal 2 KBE in 0,1 ml der unbeaufschlagten Ausgangslösung.

### 3.1.1 Vergleich der Gesamt-KBE/m<sup>3</sup> an den vier Messorten

In der Darstellung in Abb. 3-1 ist der Messstandortvergleich für die gemessenen Gesamt-KBE/m<sup>3</sup> während des Messzeitraumes 06.09.-21.09. 2004 grafisch wiedergegeben.



**Abbildung. 3-1: Vergleich der Schimmelpilzkonzentrationen KBE/m<sup>3</sup> an den verschiedenen Messorten im September 2004**

Aus Gründen der besseren Verständlichkeit sind auf der Ordinate maximal 25,0 x 10<sup>3</sup> KBE/m<sup>3</sup> dargestellt und höhere Konzentrationen als Zahlenwerte angegeben.

### 3.1.2 Temperatur und Luftfeuchtigkeit während der Probenahme

Während der Probenahme wurden die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit (diese nur am Messort ländlich) kontinuierlich gemessen. Dabei wurde alle 15 Minuten ein Messwert registriert. Die Daten sind in der Tabelle 3-2 als Mittelwerte über die jeweilige Dauer der Probenahme für die Messorte ländlich (Jöhlingen), Emittent (Kompost) und Emittent (Bauernhof) zusammengefasst.

Zu beachten ist, dass bei den Temperaturmessungen durch Zeiten mit direkter Sonneneinstrahlung hohe Einzelmesswerte auftreten und damit die 24-Stundenmittelwerte an sonnigen Tagen recht hoch sein können.

**Tab. 3-2: Temperatur und Luftfeuchte und grobe Angaben zur Meteorologie an den Mess-tagen 2004. Mittelwerte über den Messzeitraum (ca. 24 Stunden).**

ländlich = Messort ländlich, urban = Messort urban Straße, Kompost = Messort Emittent Kompost, Bauernhof = Messort Emittent Bauernhof

Datum	Mittlere Temperatur °C				Mittlere rel. Feuchte	Meteorologie
	ländlich	urban	Kompost	Bauernhof	ländlich	Raum Karlsruhe
06.09.-07.09.	20,1	22,7	23,0*	22,6	66,8	Schwach windig (westl. Richtung), sonnig
	20,4	20,5	22,1	26,3**	61,8	
13.09.-14.09.	17,8	18,7	19,1	18,8	65,6	Schwach win- dig/bewölkt, Nie- selregen. Starker Regen an den Vor- tagen
	16,3	16,6	17,1	17,6	68,7	
20.09.-21.09.	16,4	17,0	17,3	17,1	63,6	Sehr windig (westl. Richtung), be- wölkt, Nieselregen
	14,9	15,3	16,0	14,4	64,1	

\* = Probenahme nur 1 Stunde, \*\* = Probenahme nur 4 1/2 Stunden

### 3.1.3 Tätigkeiten auf dem Kompostplatz während der Probenahme

Insbesondere am emittentennahen Messort am Kompostplatz sind Aktivitäten auf der Anlage als Einflussfaktoren einzubeziehen. In der Tabelle 3-3 sind die Angaben des Betreibers der Anlage zu Arbeiten an der Tafelmiete 1 (TM 1), am nächsten zum Messstandort liegend, und an der Tafelmiete 2 (TM 2), ergänzt durch eigene Beobachtungen dargestellt. Zum Vergleich sind die Messwerte für die Gesamt-KBE/m<sup>3</sup> aufgeführt. Die eigenen Beobachtungen beziehen sich jedoch nur auf den kurzen Zeitraum am Morgen zu Beginn der Probenahme, beim Einsetzen oder Wechseln der Filter. Durch die Aktivitäten auf der Kompostanlage wechselte auch der Abstand zu der unmittelbaren Quelle von ca. 10 m bis ca. 35 m.

**Tabelle 3-3: Aktivitäten am Messort Kompost während der Probenahmezeiten im Vergleich zu den gemessenen Gesamt-KBE/m<sup>3</sup>.** Die Angaben zu „Häckseln, Umsetzen und Sieben“ stammen vom Betreiber der Anlage; TM = Tafelmiete (Tafelmiete 1 in der Nähe der Probenahmegeräte)

Datum	Gesamt KBE/m <sup>3</sup>	Häckseln		Umsetzen		Sieben		Eigene Beobachtungen
		TM1	TM2	TM1	TM2	TM1	TM2	
06.09.04	1.325				X		X	
07.09.04	2.187	X					X	
13.09.04	21.432	X						3 kleinere Komposthaufen in der Nähe der Probenahmegeräte aufgesetzt
14.09.04	10.456	X					X	neue Miete mit frischen Gartenabfällen 10 m entfernt aufgesetzt, starker Geruch
20.09.04	41.317	X			X			10 m entfernt frische Abfälle abgesetzt
21.09.04	55.161	X		X	X			starker Regen

### 3.2 Differenzierung nach Gattungen

#### 3.2.1 Konzentrationen einzelner Gattungen an den vier Messorten

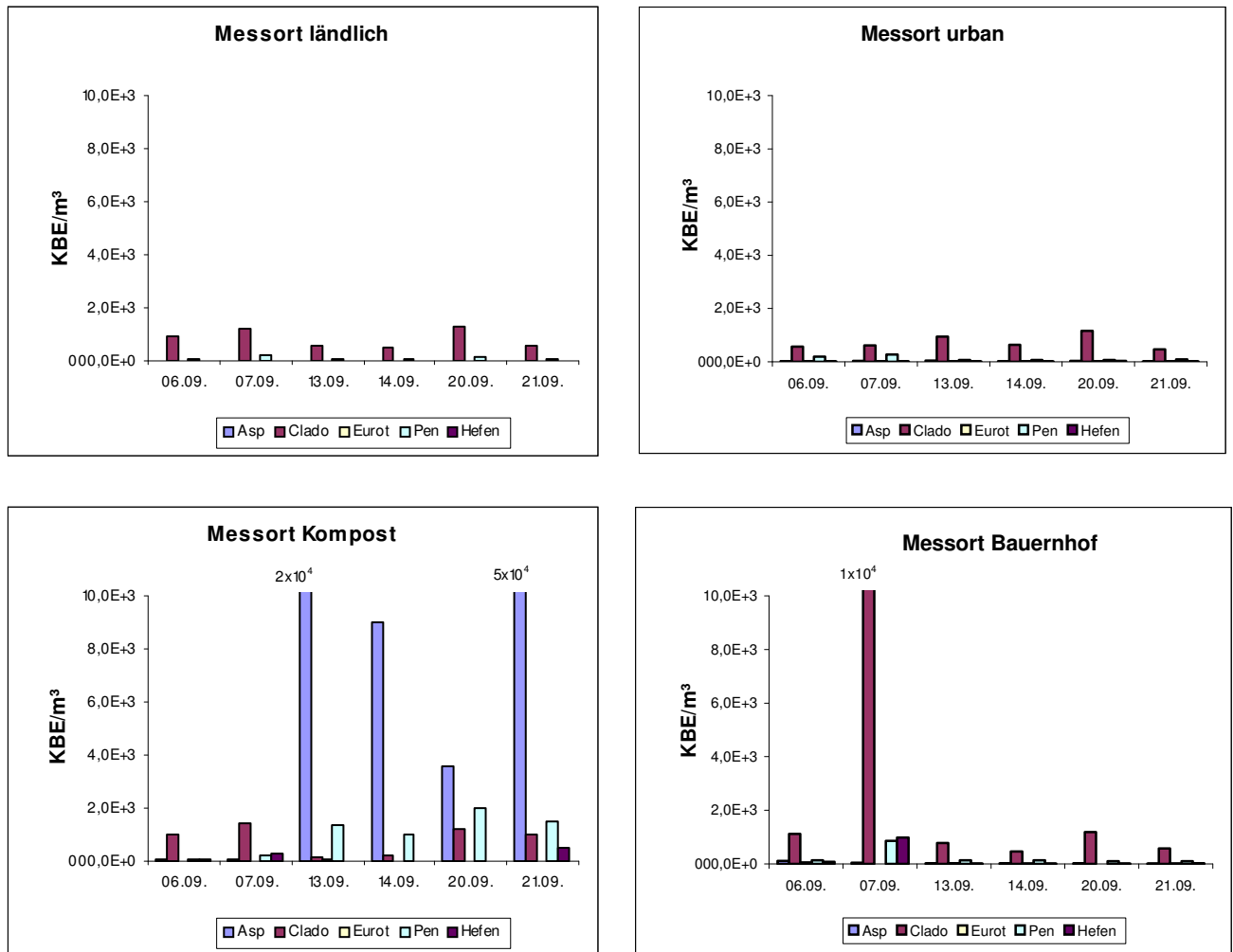
Die gewachsenen Schimmelpilzkolonien wurden auf DG18-Nährboden (Bebrütungstemperatur 25°C) differenziert und die KBE/m<sup>3</sup> berechnet. Bei der Bestimmung wurden die folgenden Gattungen berücksichtigt (in Klammern die in der Abbildung benutzten Abkürzungen): Alternaria, Aspergillus (Asp), Cladosporium (Clado), Eurotium (Eurot), Fusarium, Hefen (Hefe) und Penicillium (Pen). Alle nicht zu diesen Gattungen gehörigen oder nicht bestimmbar Kolonien wurden als Sonstige gezählt. In der Tabelle 3.4 sind die Konzentrationen dieser Gattungen mit relativer Standardabweichung angegeben. Wurde bei den Parallelproben eines Messtages nur in einer Probe die betreffende Gattung nachgewiesen, ist dies vermerkt (1 Wert). Wenn in beiden Parallelproben die Konzentrationen einer Gattung über dem Angabenschwellenwert lagen, wurde ein Mittelwert gebildet und die relative Standardabweichung berechnet. Die Darstellung in der Abbildung 3-3 zeigt das Konzentrationsverhältnis der wesentlichen bestimmten Gattungen (Asp = Aspergillus, Clado = Cladosporium, Eurot = Eurotium, Pen = Penicillium, Hefe = Hefen) an den verschiedenen Messorten. Die Gattungen Alternaria und Fusarium waren an allen vier Messorten kaum oder nur in geringer Konzentration nachweisbar und sind daher in der Tabelle 3-4 und in der Abbildung 3-3 nicht wiedergegeben.

Abbildungen im Anhang zeigen für jeden Standort Beispiele von typischem Schimmelpilzkulturen auf Nährbodenplatten nach mehreren Bebrütungstagen.

**Tabelle 3-4: Schimmelpilzkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup>) einzelner Gattungen, September 2004**

Asp = Aspergillus, Clado = Cladosporium, Eurot = Eurotium, Pen = Penicillium, RSA = relative Standardabweichung

Datum	Gattung	Messort ländl.		Messort urban		Messort Kompost		Messort Bauernhof	
		KBE/m <sup>3</sup>	RSA	KBE/m <sup>3</sup>	RSA	KBE/m <sup>3</sup>	RSA	KBE/m <sup>3</sup>	RSA
06.09	Asp	2x10 <sup>1</sup>	1 Wert	2x10 <sup>1</sup>	10	7x10 <sup>1</sup>	13	1x10 <sup>2</sup>	16
	Clado	9x10 <sup>2</sup>	1 Wert	6x10 <sup>2</sup>	12	1x10 <sup>3</sup>	11	1x10 <sup>3</sup>	25
	Eurot	<10		<10		<10		6x10 <sup>1</sup>	32
	Pen	9x10 <sup>1</sup>	119	2x10 <sup>2</sup>	17	7x10 <sup>1</sup>	90	1x10 <sup>2</sup>	13
	Hefe	<10		<10		7x10 <sup>1</sup>	0	8x10 <sup>1</sup>	1 Wert
07.09	Asp	2x10 <sup>1</sup>	79	4x10 <sup>1</sup>	10	7x10 <sup>1</sup>	37	5x10 <sup>1</sup>	58
	Clado	1x10 <sup>3</sup>	6	6x10 <sup>2</sup>	23	2x10 <sup>3</sup>	61	1x10 <sup>4</sup>	113
	Eurot	3x10 <sup>1</sup>	1 Wert	<10		<10		<10	
	Pen	2x10 <sup>2</sup>	18	3x10 <sup>2</sup>	9	2x10 <sup>2</sup>	33	9x10 <sup>2</sup>	128
	Hefe	<10		<10		3x10 <sup>2</sup>	1 Wert	1x10 <sup>3</sup>	1 Wert
13.09	Asp	<10		5x10 <sup>1</sup>	8	2x10 <sup>4</sup>	6	3x10 <sup>1</sup>	31
	Clado	6x10 <sup>2</sup>	12	1x10 <sup>3</sup>	7	2x10 <sup>2</sup>	20	8x10 <sup>2</sup>	8
	Eurot	3x10 <sup>1</sup>	1 Wert	<10		5x10 <sup>1</sup>	1 Wert	3x10 <sup>1</sup>	0
	Pen	9x10 <sup>1</sup>	9	7x10 <sup>1</sup>	21	1x10 <sup>3</sup>	35	1x10 <sup>2</sup>	45
	Hefe	<10		<10		<10		<10	
14.09	Asp	1x10 <sup>1</sup>	1 Wert	3x10 <sup>1</sup>	25	9x10 <sup>3</sup>	18	2x10 <sup>1</sup>	16
	Clado	5x10 <sup>2</sup>	14	6x10 <sup>2</sup>	17	2x10 <sup>2</sup>	85	5x10 <sup>2</sup>	29
	Eurot	<10	47	<10		<10		2x10 <sup>1</sup>	44
	Pen	8x10 <sup>1</sup>	39	7x10 <sup>1</sup>	4	1x10 <sup>3</sup>	11	1x10 <sup>2</sup>	21
	Hefe	<10		<10		<10		<10	
20.09	Asp	<10		3x10 <sup>1</sup>	38	4x10 <sup>3</sup>	11	3x10 <sup>1</sup>	42
	Clado	1x10 <sup>3</sup>	12	1x10 <sup>3</sup>	11	1x10 <sup>3</sup>	29	1x10 <sup>3</sup>	12
	Eurot	<10		2x10 <sup>1</sup>	1 Wert	<10		<10	
	Pen	1x10 <sup>2</sup>	28	6x10 <sup>1</sup>	16	2x10 <sup>3</sup>	1 Wert	1x10 <sup>2</sup>	12
	Hefe	2x10 <sup>1</sup>	1 Wert	3x10 <sup>1</sup>	1 Wert	<10		2x10 <sup>1</sup>	95
21.09.	Asp	2x10 <sup>1</sup>	20	<10		5x10 <sup>4</sup>	19	<10	32
	Clado	6x10 <sup>2</sup>	17	5x10 <sup>2</sup>	17	1x10 <sup>3</sup>	1 Wert	6x10 <sup>2</sup>	20
	Eurot	<10		<10		<10		<10	
	Pen	6x10 <sup>1</sup>	11	9x10 <sup>1</sup>	11	2x10 <sup>3</sup>	47	1x10 <sup>2</sup>	17
	Hefe	2x10 <sup>1</sup>	20	2x10 <sup>1</sup>	20	5x10 <sup>2</sup>	1 Wert	2x10 <sup>2</sup>	32



**Abbildung 3-2: Schimmelpilzkonzentrationen, differenziert nach Gattungen (auf DG18-Nährboden) an den verschiedene Messorten, September 2004.** Asp = Aspergillus, Clado = Cladosporium, Eurot = Eurotium, Pen = Penicillium, Hefe = Hefen

### 3.2.2 Differenzierung nach Aspergillus / Aspergillus fumigatus auf zwei Nährböden

An allen Messtagen an allen Standorten wurden die KBE/m<sup>3</sup> der Gattung Aspergillus und der Spezies Aspergillus fumigatus (A.fumigatus) nach Differenzierung auf Malzextrakt(MEA) und DG18-Nährboden, jeweils bei einer Bebrütungstemperatur von 25°C ausgewertet. (Tabelle 3-4).



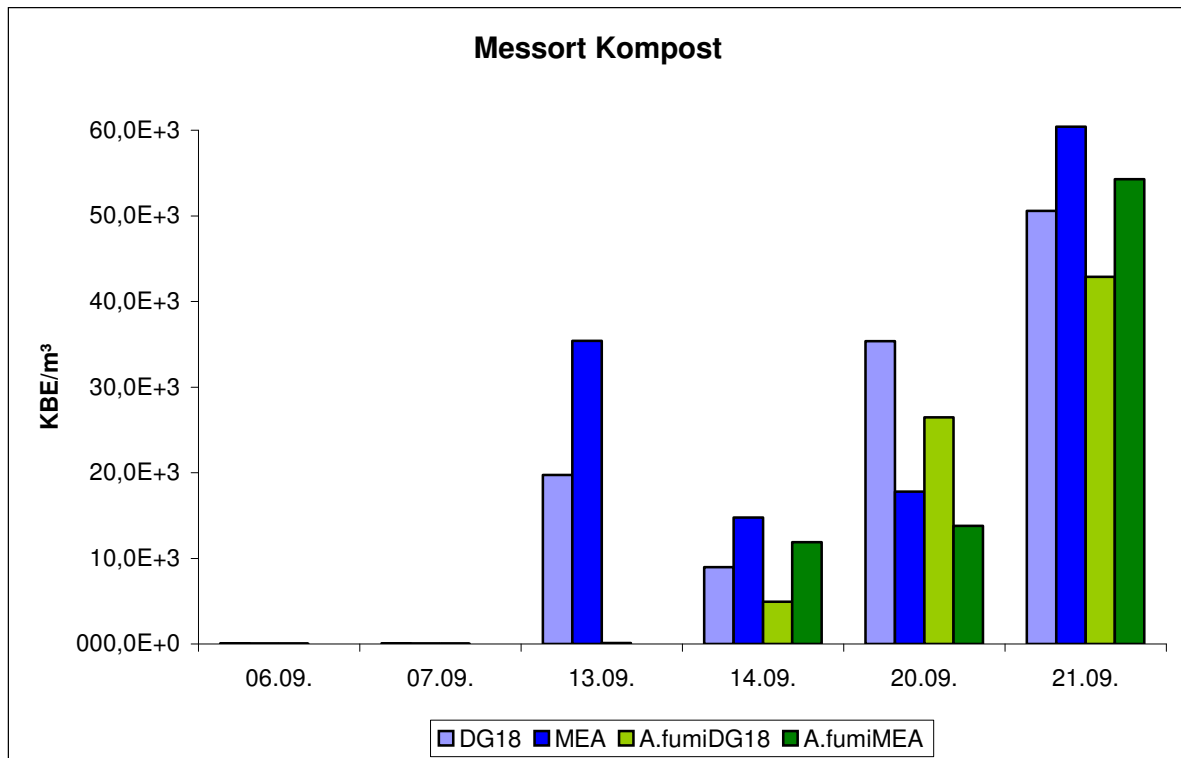
Die Auswertung nach *A. fumigatus* ergab nur am Messort Kompostplatz Werte oberhalb der Angabenschwelle.

**Tabelle 3-4: Konzentrationen (KBE/m<sup>3</sup>) der Gattung *Aspergillus* auf DG18-Agar (DG18) und Malzextraktagar (MEA) bei 25 °C für alle Messorte und *Aspergillus fumigatus* auf DG18 (A.fumiDG18) und MEA (A.fumiMEA) bei 25°C ) für Messort Kompost. 1 Wert = nur in einer Probe wurde *Aspergillus* nachgewiesen; RSA = relative Standardabweichung**

Datum	Agar	Messort Ländlich		Messort urban		Messort Kompost		Messort Bauernhof	
		KBE/m <sup>3</sup>	RSA	KBE/m <sup>3</sup>	RSA	KBE/m <sup>3</sup>	RSA	KBE/m <sup>3</sup>	RSA
06.09.	DG18	2x10 <sup>1</sup>	1 Wert	2x10 <sup>1</sup>	19	7x10 <sup>1</sup>	13	1x10 <sup>2</sup>	16
	MEA	<10		4x10 <sup>1</sup>	119	5x10 <sup>1</sup>	1 Wert	3x10 <sup>1</sup>	1 Wert
	A.fumiDG18					7x10 <sup>1</sup>	13		
	A.fumiMEA					<10			
07.09.	DG18	2x10 <sup>1</sup>	79	4x10 <sup>1</sup>	10	7x10 <sup>1</sup>	37	5x10 <sup>1</sup>	58
	MEA	<10		2x10 <sup>1</sup>	63	5x10 <sup>1</sup>	0	6x10 <sup>1</sup>	61
	A.fumiDG18					5x10 <sup>1</sup>	15		
	A.fumiMEA					<10			
13.09.	DG18	<10	1 Wert	5x10 <sup>1</sup>	8	2x10 <sup>4</sup>	6	3x10 <sup>1</sup>	31
	MEA	3x10 <sup>1</sup>	70	5x10 <sup>1</sup>	1	4x10 <sup>4</sup>	6	5x10 <sup>1</sup>	60
	A.fumiDG18					1x10 <sup>2</sup> *	29		
	A.fumiMEA					<10*			
14.09.	DG18	<10		3x10 <sup>1</sup>	25	9x10 <sup>3</sup>	18	2x10 <sup>1</sup>	16
	MEA	<10		<10		2x10 <sup>4</sup>	27	<10	16
	A.fumiDG18					5x10 <sup>3</sup>	31		
	A.fumiMEA					1x10 <sup>4</sup>	36		
20.09.	DG18	<10		3x10 <sup>1</sup>	38	4x10 <sup>4</sup>	11	3x10 <sup>1</sup>	42
	MEA	<10		4x10 <sup>1</sup>	10	2x10 <sup>4</sup>	75	2x10 <sup>1</sup>	61
	A.fumiDG18					3x10 <sup>4</sup>	15		
	A.fumiMEA					1x10 <sup>4</sup>	107		
21.09.	DG18	2x10 <sup>1</sup>	20	<10	64	5x10 <sup>4</sup>	19	<10	32
	MEA	2x10 <sup>1</sup>	71	5x10 <sup>1</sup>	1 Wert	6x10 <sup>4</sup>	21	2x10 <sup>1</sup>	50
	A.fumiDG18					4x10 <sup>4</sup>	13		
	A.fumiMEA					5x10 <sup>4</sup>	20		

\* in diesen Proben fast nur *Aspergillus niger*

Für den Messort Kompostplatz wurde eine vergleichende Auswertung der KBE/m<sup>3</sup> der Gattung Aspergillus gesamt und Aspergillus fumigatus sowohl auf Malzextrakt- als auch auf DG18-Nährboden vorgenommen. Die Konzentrationen dieser Auswertung sind in der Abbildung 3-3 grafisch wiedergegeben



**Abbildung 3-3: Konzentrationen von Aspergillus (DG18 und MEA) und Aspergillus fumigatus (A. fumiDG18 und A.fumiMEA) am Messort Kompost im September 2004 ausgewertet auf DG18- und auf MEA-Nährboden bei 25°C.**

## 4 DISKUSSION

Die Probenahmen im September 2004 verliefen ohne Ausfälle, jedoch war bei zwei Proben auf dem Kompostplatz und zwei Proben auf dem Bauernhof die Probenahmedauer wegen Abschalten des Stromes verkürzt. Die Filter waren ausreichend beaufschlagt und die Proben auswertbar. Am 07.09 betrug die Probenahmezeit am Messort Bauernhof nur 4 ½ Stunden am Vormittag. Der Mittelwert dieser Proben ergab eine 10-fach höhere Konzentration als am Vortag und an den nachfolgenden Messtagen. Die Streuung zwischen den Werten der beiden Parallelproben war sehr groß (114% relative Standardabweichung). Möglicherweise hat die verkürzte Probenahmezeit einen Einfluss auf die erhöhte Konzentration durch eine im Verhältnis zu 24 Stunden in diesem Zeitfenster eventuell höhere Konzentration. Dies müsste jedoch durch Messreihen mit kürzeren Probenahmezeiten während eines 24-Intervalls geklärt werden.

Die gemessenen Gesamt-KBE/m<sup>3</sup> lagen während des Messzeitraums September 2004 zwischen 7x10<sup>2</sup> KBE/m<sup>3</sup> und 6x10<sup>4</sup> KBE/m<sup>3</sup>. Hohe Konzentrationen von >1x10<sup>4</sup> KBE/m<sup>3</sup> traten dabei - mit einer Ausnahme am 07.09. am Messort Bauernhof - nur auf dem Kompostplatz auf. Die Messwerte am ländlichen und urbanen Standort ergeben ein durchschnittliches Konzentrations-Niveau, das niedriger ist als die im Juli und im Oktober im Jahr 2003 gemessenen Werte (siehe UMEG Jahresbericht 2003). Die Messwerte an diesen beiden „Hintergrund“-Messorten - ländlich und urban - variieren in diesem Messzeitraum vergleichsweise wenig (zwischen 7x10<sup>2</sup> KBE/m<sup>3</sup> und 2x10<sup>3</sup> KBE/m<sup>3</sup>).

- Bezüglich des Jahresganges der Hintergrundkonzentrationen (Messorte ländlich und urban) kann damit nach den bisher erhobenen Messwerten der Juli als der Zeitraum mit den höchsten Konzentrationen an luftgetragenen Schimmelpilzen angesehen werden. Vergleichbare Ergebnisse wurden mit anderen Messverfahren berichtet (Jäger & Eckrich, 1997). Die große Variation der Messwerte bei den Juli- und Oktobermessungen aus dem Jahr 2003 an diesen Hintergrundmessorten zeigt jedoch, dass aktuelle Witterungsverhältnisse einen großen Einfluss auf die Messwerthöhe an Gesamtschimmelpilzen haben und durchaus an Hintergrundmessorten zeitweise höhere Gesamt-Schimmelpilzkonzentrationen auftreten können als emittentennah. Im Emittentennahbereich sind dabei möglicherweise auch Verdrängungen der üblichen Hintergrundschimmelpilze durch emittentenspezifische Spezies denkbar.
- Der Vergleich der Messstandorte Hintergrund gegenüber emittentennah ergab für den Messort Bauernhof – mit Ausnahme des Messtages 07.09. - sehr ähnliche Konzentrationen wie am ländlichen und urbanen Messort. Mehr als eine Größenordnung höhere Konzentrationen wei-

sen die Messungen am Kompostplatz in der 2. und 3. Woche des Messzeitraumes auf. Während dieser Messungen gab es starke Aktivitäten durch Umsetzen von Kompostmieten, wobei eine Miete bis auf ca. 10 m an die Probenahmegeräte herangerückt wurde. Die höheren Konzentrationen vor allem an den Messtagen 20.09. und 21.09. sind damit plausibel zu erklären.

Die Differenzierung der Gesamt-KBE nach Gattungen zeigt, dass wie bereits bei den Messungen im Juli und Oktober 2003 (UMEG, Jahresbericht 2003) auch im September 2004 an allen Messorten mit Ausnahme des Kompostplatzes die vorherrschende Gattung *Cladosporium* ist. Am Kompostplatz erweist sich bei fast allen Messungen die Gattung *Aspergillus* als dominant. An den Messtagen 14.09., 20.09. und 21.09. ist *Aspergillus fumigatus* prägend für die Konzentration der Gattung *Aspergillus*, am Messtag 13.09. war dies *Aspergillus niger*.

- Nach diesen Messungen kann die Gattung *Aspergillus* als „Leitkeim“ für den emittentennahen Messort Kompostplatz bezeichnet werden, wie dies auch in anderen Untersuchungen gezeigt wurde (Heller & Rabe, 2001). Für die Spezies *Aspergillus fumigatus* gilt dies weitgehend auch, wenngleich die Ergebnisse zeigen, dass in Einzelfällen auch *Aspergillus niger* dominieren kann.

Die Differenzierung von *Aspergillus* und *Aspergillus fumigatus* auf zwei Nährböden (DG18 und MEA) ergibt in den meisten Proben höhere Werte bei Auswertung auf MEA-Nährboden. Dies trifft bei der Differenzierung von *Aspergillus fumigatus* nicht generell zu. Häufig ist hier, insbesondere bei nur einige Tage alten Kulturen, *Aspergillus fumigatus* auf DG18-Nährboden sicherer zu bestimmen als auf MEA.

## 5 ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Die hier vorgelegten Messergebnisse zu Schimmelpilzkonzentrationen in der Außenluft stellen eine Ergänzung der Messreihen an verschiedenen Messorten und zu verschiedenen Jahreszeiten des Jahres 2003 dar (UMEG-Jahresbericht 2003). Probenahmen und Messungen wurden nach den zu dieser Fragestellung neu entwickelten und nunmehr erschienenen VDI-Richtlinien 4252, Bl. 2 (VDI, 2004) und VDI 4253, Bl. 2 (VDI, 2004) durchgeführt. Mit dieser Messreihe sollten weitere Hinweise über Hintergrundkonzentrationen im September (jahreszeitlicher Übergang vom Sommer zum Herbst) sowie zu Konzentrationen an Schimmelpilzen in der Nähe zwei verschiedener möglicher Emittenten (Kompostplatz, Bauernhof) gewonnen werden.

Gemessen wurden die Schimmelpilzkonzentrationen in der Luft an vier verschiedenen Messorten: Ein ländlicher Messort (Jöhlingen), ein urbaner Messort (UMEG-Messstation Karlsruhe-Mitte an der Straße), ein emittentennaher Messort, Kompostplatz in Karlsruhe-Neureut und ein weiterer emittentennaher Messort an einem Bauernhof mit Tierhaltung in Niefern bei Pforzheim.

- Bezüglich des Jahresganges der Hintergrundkonzentrationen (Messorte ländlich und urban) kann nach den bisher erhobenen Messwerten der Juli als der Zeitraum mit den höchsten Konzentrationen an luftgetragenen Schimmelpilzen angesehen werden. Die aktuellen Witterungsverhältnisse haben jedoch einen großen Einfluss auf die Messwerthöhe an Gesamtschimmelpilzen und an Hintergrundmessorten können zeitweise höhere Konzentrationen auftreten als emittentennah.
- Der Vergleich der Messstandorte Hintergrund gegenüber emittentennah ergab für den Messort Bauernhof – mit Ausnahme des Messtages 07.09. - sehr ähnliche Konzentrationen wie am ländlichen und urbanen Messort. Mehr als eine Größenordnung höhere Konzentrationen weisen die Messungen am Kompostplatz in der 2. und 3. Woche des Messzeitraumes auf. Aktivitäten wie Umsetzen von Kompostmieten während dieser Messungen, wobei eine Miete bis auf ca. 10 m an die Probenahmegeräte herangerückt wurde, können die höheren Konzentrationen vor allem an den Messtagen 20.09. und 21.09. plausibel erklären.
- Die Gattung *Aspergillus* kann als „Leitkeim“ für den emittentennahen Messort Kompostplatz bezeichnet werden. Für die Spezies *Aspergillus fumigatus* gilt dies weitgehend auch, wenn gleich die Ergebnisse zeigen, dass in Einzelfällen auch *Aspergillus niger* dominieren kann.

Die Differenzierung von *Aspergillus* und auf zwei Nährböden (DG18 und MEA) ergibt in den meisten Proben höhere Werte bei Auswertung auf MEA-Nährboden. Dies trifft bei der Differenzierung von *Aspergillus fumigatus* nicht generell zu. Häufig ist hier, insbesondere bei nur einige Tage alten Kulturen ist *Aspergillus fumigatus* auf DG18-Nährboden sicherer zu bestimmen als auf MEA. Bei der Differenzierung von Schimmelpilzen – insbesondere bei Proben aus dem Bereich von Kompostierungsanlagen sollte daher zur Absicherung der Ergebnisse die Auswertung auf beiden Nährböden (DG18 und MEA) erfolgen.

## 6 LITERATURVERZEICHNIS

**Heller und Rabe**, 2001: Ausbreitung von Bioaerosolen aus Kompostierungsanlagen unterschiedlicher Bauart. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 61, 245-253

**Herr et al.**, 2003: Effects of bioaerosol polluted outdoor air on airways of residents: a cross sectional study. Occup Environ Med 60, 336-342

**Jäger und Eckrich**, 1997: Hygienic aspects of biowaste composting. Ann Agric Environ Med 4, 99-105

**Samson et al.**, 2002 : Introduction to food- and airborne fungi, 6<sup>th</sup> edition, Centraalbureau voor Schimmelcultures – Utrecht

**Tesseraux et al.**, 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

**UMEG**, 2002: Jahresbericht 2002

**UMEG**, 2003: Jahresbericht 2003

**VDI 4251**, Blatt 1-E, Oktober 2004: Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft „Planung von anlagenbezogenen Messungen, Immissionsbestimmung durch Fahnenmessungen

**VDI 4252 Blatt 2**, Juni 2004 „Aktive Probenahme von Bioaerosolen – Abscheidung von luftgetragenen Schimmelpilzen auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern“

**VDI 4253 Blatt 2**, Juni 2004 „Verfahren zum kulturellen Nachweis von Schimmelpilz-Konzentrationen in der Luft – Indirektes Verfahren nach Probenahme auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern“

## 7 ANHANG

### 7.1 Abbildungen der Probenahmeorte



Messtandort „ländlich“  
in Jöhlingen



Messtandort „Emittent“  
Kompostplatz in Neureut



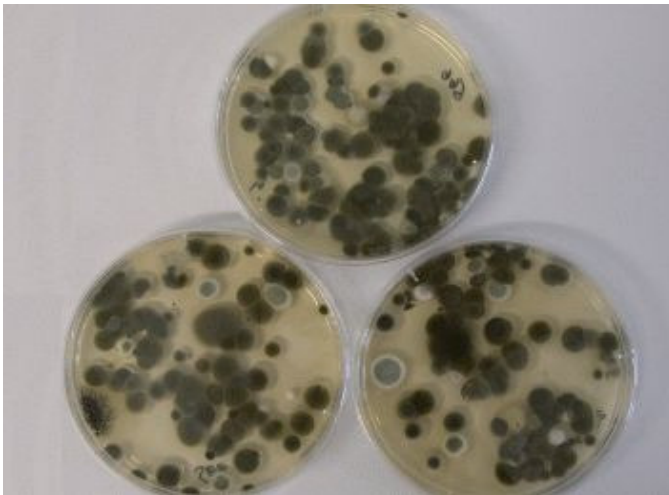
Messtandort „urban-Straße“  
UMEG-Messtation Karlsruhe-Mitte



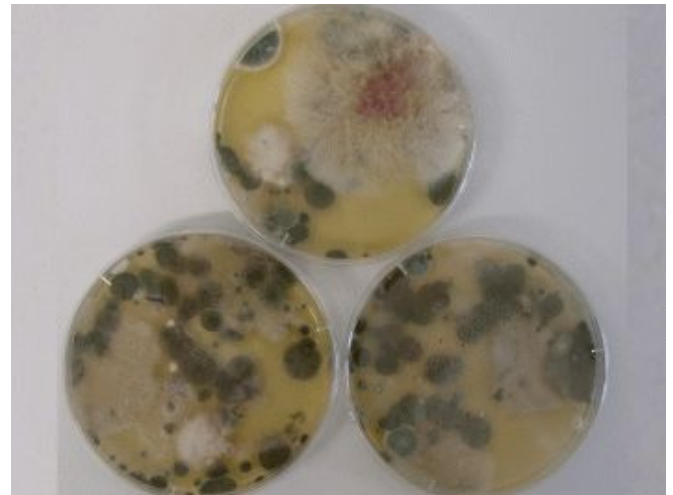
Messtandort „Emittent“  
Bauernhof in Niefern



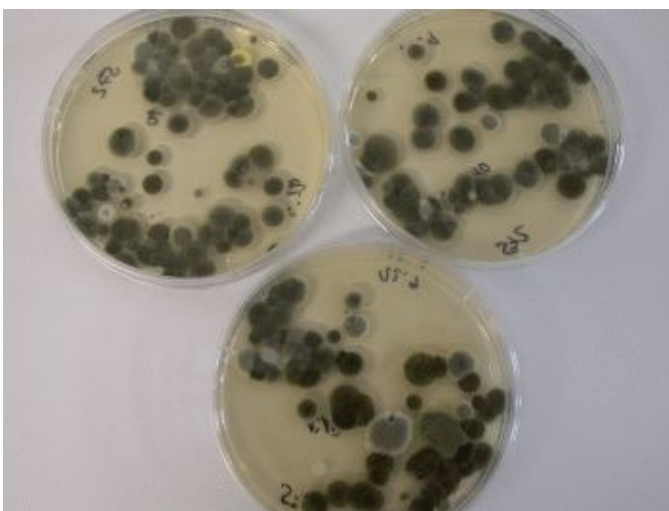
7.2 Abbildungen zum Schimmelpilzwachstum auf Kulturnährböden



Kulturen auf DG18-Agar Probe (566) vom **ländlichen** Messort, Messtag 20.09.04, nach 5 Tagen Bebrütung bei 25°C. Verdünnung der Extraktionslösung 1:10



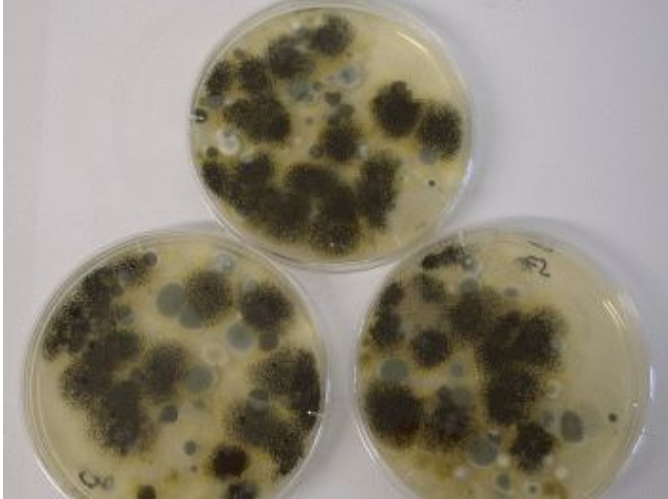
Kulturen auf MEA-Agar Probe (567) vom **ländlichen** Messort, Messtag 20.09.04, nach 5 Tagen Bebrütung bei 25°C. Verdünnung der Extraktionslösung 1:10



Kulturen auf DG18-Agar Probe (572) vom **urbanen** Messort, Messtag 20.09.04, nach 5 Tagen Bebrütung bei 25°C. Verdünnung der Extraktionslösung 1:10



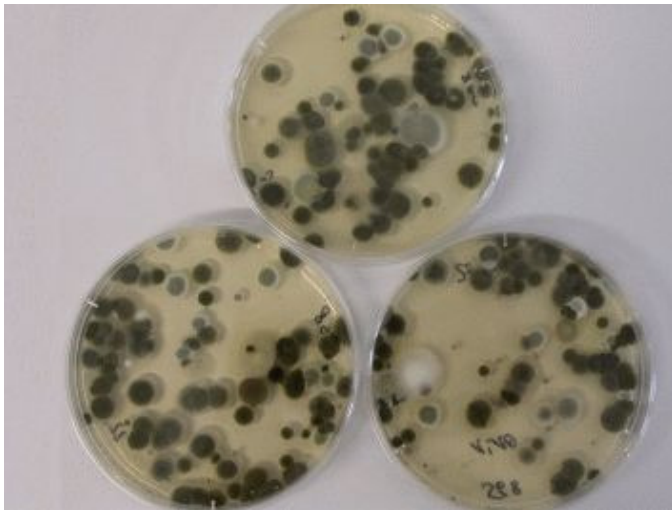
Kulturen auf MEA-Agar Probe (572) vom **urbanen** Messort, Messtag 20.09.04, nach 5 Tagen Bebrütung bei 25°C. Verdünnung der Extraktionslösung 1:10



Kulturen auf DG18-Agar Probe (570) vom Messort **Kompostplatz**, Messtag 20.09.04, nach 5 Tagen Bebrütung bei 25°C. Verdünnung der Extraktionslösung 1:100



Kulturen auf MEA-Agar Probe (571) vom Messort **Kompostplatz**, Messtag 20.09.04, nach 5 Tagen Bebrütung bei 25°C. Verdünnung der Extraktionslösung 1:100



Kulturen auf DG18-Agar Probe (568) vom Messort **Bauernhof**, Messtag 20.09.04, nach 5 Tagen Bebrütung bei 25°C. Verdünnung der Extraktionslösung 1:10



Kulturen auf MEA-Agar Probe (568) vom Messort **Bauernhof**, Messtag 20.09.04, nach 5 Tagen Bebrütung bei 25°C. Verdünnung der Extraktionslösung 1:10