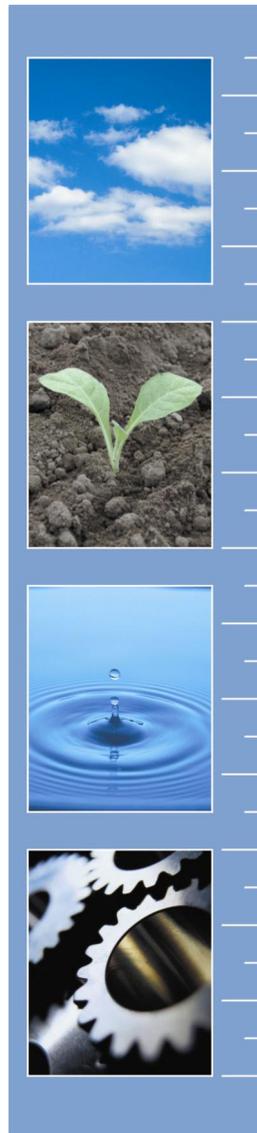


SCHIMMELPILZMESSUNGEN IN
DER AUSSENLUFT, IM FRÜHJAHR,
SOMMER UND HERBST 2003



UMEG

Umweltmessungen
Umwelterhebungen
und Gerätesicherheit

Unabhängig messen - engagiert prüfen

SCHIMMELPILZMESSUNGEN IN
DER AUSSENLUFT, IM FRÜHJAHR,
SOMMER UND HERBST 2003

Bearbeitung:

UMEG Zentrum für Um-
weltmessungen, Umwelter-
hebungen und Gerätesicher-
heit
Baden-Württemberg

Fachgebiet 3.3
Organische Analytik,
Entwicklung von Messver-
fahren,
Anlagenbezogene Mikrobi-
logie

Großoberfeld 3
76135 Karlsruhe
0721-7505-0

kontakt@umeg.de
www.umeg.de

Bericht-Nr.: 30/12-2003
Druckdatum: Dezember 2004
Berichtsumfang: 39 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG	5
2	DURCHFÜHRUNG DER MESSUNGEN	6
	2.1 Probenahme	6
	2.2 Probenahmeorte	6
	2.3 Umfang der Messungen	6
	2.4 Nachweis der Schimmelpilze in den Luftproben und Auswertung	8
	2.5 Nachweisgrenze	8
3	ERGEBNISSE UND DISKUSSION	9
	3.1 Gesamt-Schimmelpilz-Konzentrationen in der Luft	9
	3.1.1 Vergleich der vier Messorte	11
	3.1.2 Vergleich der Jahreszeiten	13
	3.1.3 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchtigkeit	14
	3.1.4 Andere Einflussfaktoren	16
	3.2 Differenzierung nach Gattungen	18
	3.2.1 Differenzierung nach Gattung <i>Aspergillus</i> und Spezies <i>Aspergillus fumigatus</i>	22
4	ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT	26
5	LITERATURVERZEICHNIS	29
6	ANHANG	30
	6.1 Beschreibung der Probenahme	30
	6.2 Darstellung der Probenahmeorte	31
	6.3 Kultureller Nachweis der Schimmelpilzkonzentration in der Luft	33
	6.4 Auswertung	33
	6.5 Darstellungen zum Schimmelpilzwachstum auf Kulturnährböden	34

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 ihren Sporen können neben Geruchsbelastungen 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).

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.

In jüngster Zeit wurden für die Erfassung von Schimmelpilzen in der Außenluft Richtlinien zur Probenahme und Messung durch Kultivierung der lebensfähigen Sporen erarbeitet. Dies sind:

- VDI 4252 Blatt 2 „Aktive Probenahme von Bioaerosolen – Abscheidung von luftgetragenen Schimmelpilzen auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern“ und
- VDI 4253 Blatt 2 „Verfahren zum kulturellen Nachweis von Schimmelpilz-Konzentrationen in der Luft – Indirektes Verfahren nach Probenahme auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern“.

An der Erstellung und Validierung dieser Richtlinien hat sich die UMEG beteiligt.

2 DURCHFÜHRUNG DER MESSUNGEN

2.1 Probenahme

Die Luftproben wurden nach der VDI-Richtlinie 4252, Blatt 2 (April 2003) „Aktive Probenahme von Schimmelpilzen, Abscheidung von Schimmelpilzen auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern“ vorgenommen. Die Vorgehensweise ist im Anhang beschrieben.

Während der Probenahme wurde die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit an den Messstandorten, emittentennah (Kompostplatz), urban (Zoo) und ländlich (Jöhlingen) aufgezeichnet.

2.2 Probenahmeorte

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

- Ein ländlicher Messort (Jöhlingen, an einem Wasserreservoir umgeben von Wiesen und Feldern),
- ein urbaner Messort (UMEG-Messstation „Karlsruhe Mitte“ am Durlachertor,
- ein emittentennaher Messort (Karlsruhe Neureut, auf dem Gelände eines offenen Kompostplatzes für Garten- und Grünabfälle) und
- als weiterer städtischer Messort mit einer möglichen Quelle für Schimmelpilzbelastungen ein Messort im Zoo (in Karlsruhe, „Garten Baden-Baden“).

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

2.3 Umfang der Messungen

Es wurden drei Messreihen – im Frühjahr, Sommer und Herbst über jeweils drei Wochen durchgeführt. Grundsätzlich wurden pro Woche an zwei Tagen mit einer Probenahmedauer von 24 h an jedem Standort zwei Proben genommen. Abweichungen davon ergaben sich durch Geräteausfall oder bei den Herbstmessungen durch die Witterungsbedingungen. In der Tabelle 2-1 ist der Umfang der Messungen und die Zahl der jeweils verwertbaren Proben wiedergegeben. Für jeden Standort wurde ein Blindwert jeweils am letzten Tag der Messungen einer Woche genommen.

Dies erschien sinnvoll, um Kontaminationen zu erfassen. Die VDI-Richtlinie 4252, Blatt 2 empfiehlt eine Blindwertprobenahme in der Mitte einer Messreihe.

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

Probenahme-Zeitraum	Tag der Woche / Datum	Messort ländlich	Messort Emittent (Kompost)	Messort urban (Straße)	Messort urban (Zoo)
		Anzahl Proben	Anzahl Proben	Anzahl Proben	Anzahl Proben
Frühjahr 17.03. – 01.04. 2003					
1. Woche	1./17.03.	2	1*	1*	1*
	2./18.03.	2	1*	1*	1*
2. Woche	1./24.03.	2	2	2	2
	2./25.03.	2	2	2	2
3. Woche	1./31.03.	2	2	2	2
	2./01.04.	2	1*	2	2
Sommer 30.06. – 15.07. 2003					
1. Woche	1./30.06.	2	2	2	2
	2./01.07.	2	2	2	2
2. Woche	1./07.07.	2	2	2	2
	2./08.07.	2	2	1**	2
3. Woche	1./14.07.	2	2	2	2
	2./15.07.	1**	2	2	2
Herbst 06.10. – 21.10. 2003					
1. Woche	1./06.10.	2	2	2	2
	2./07.10.	1***	1***	2	2
	3./08.10.	2	2	1***	2
2. Woche	1./13.10.	2	2	2	2
	2./14.10.	2	2	2	2
3. Woche	1./20.10.	2	2	2	2
	2./21.10.	2	2	2	2

* = Pumpe nicht einsetzbar

** = Pumpe während der Probenahme ausgefallen

*** = Filter nass, Pumpe ausgefallen

2.4 Nachweis der Schimmelpilze in den Luftproben und Auswertung

Der Nachweis der Schimmelpilze und die Auswertung erfolgte nach dem in der VDI-Richtlinie 4253, Blatt 2 (April 2003) beschriebenen „Verfahren zum kulturellen Nachweis der Schimmelpilz-Konzentrationen in der Luft, indirektes Verfahren nach Probenahme mit Gelatine/Polycarbonat-Filtern“. Im Anhang ist das Verfahren näher beschrieben.

2.5 Nachweisgrenze

Eine Nachweisgrenze ist bei diesem Verfahren nicht eindeutig zu ermitteln. Bei 24-stündiger Probenahme und einem daraus resultierenden beprobten Luftvolumen von 70 Nm^3 sind theoretisch – unter Einrechnung der Verdünnungen – Konzentrationen von 1– 2 Gesamt-KBE/ m^3 (KBE = Koloniebildende Einheit) 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 auswertbar zu machen, sollten 5 bis 7 KBE auf einer Platte vorhanden sein, um eine sinnvolle quantitative Auswertung vorzunehmen. Dies entspricht einer Nachweisgrenze von 7 KBE/ m^3 bis 10 KBE/ m^3 . Daher wird eine Schwelle von 10 KBE/ m^3 für die Angabe von Werten festgelegt, ab der ein sicherer Nachweis von Schimmelpilzen in der Luftprobe gegeben ist.

3 ERGEBNISSE UND DISKUSSION

3.1 Gesamt-Schimmelpilz-Konzentrationen in der Luft

Die in der Tabelle 2-1 dargestellte Messplanung ergibt eine Anzahl von 140 Einzelproben. Aus dem angegebenen Schlüssel für einen möglichen Ausfall der Probe ist zu ersehen, dass an 2 Messtagen an drei Messorten nur eine Probe genommen werden konnte, da die Pumpen für die Parallelmessungen nicht einsetzbar waren. Bei den insgesamt 140 Einzelmessungen gab es Ausfälle für 6 Probenahmen. Hiervon waren 3 auf gerätetechnische Defekte zurückzuführen und 3 waren durch instabile Filtermaterialien bedingt.

In der Tabelle 3-1 sind die Ergebnisse der Immissionsmessungen der Gesamtschimmelpilz-Konzentrationen zusammengefasst. Für die Tage der verschiedenen Messzeiträume, an denen Doppelbestimmungen durchgeführt wurden, sind die Standardabweichungen einerseits als Zahlenwert der Gesamt-KBE/m³ Außenluft und andererseits als relative Standardabweichungen aufgeführt. In der Tabelle 3-1 sind ferner die Messorte-/tage, an denen nur eine Probe gezogen wurde unter der Rubrik Standardabweichungen mit k.A. (infolge Geräteausfalls mit **) gekennzeichnet. Ebenso sind die Gesamt-KBE an den Messtagen gekennzeichnet, deren zugehörige Blindwerte oberhalb von 2 KBE pro aufgetragene 0,1 ml Extraktionslösung lagen.

Tabelle 3-1: Gesamt – Schimmelpilzkonzentrationen (KBE/m³); Frühjahrs-, Sommer-, Herbst- Messprogramm. Stabw. = Standardabweichung, rel. Stabw. = relative Standardabweichung in %

Woche der Probenahme	Datum	Messort ländlich (Jöhlingen)		Messort Emittent (Kompost Neureut)		Messort urban (Straße)		Messort urban (Zoo)	
		KBE / m ³	Stabw. (rel. Stabw)	KBE / m ³	Stabw. (rel. Stabw)	KBE / m ³	Stabw. (rel. Stabw)	KBE / m ³	Stabw. (rel. Stabw)
Frühjahr 17.03. – 01.04. 2003									
1.	17.03.	79	15 (20)	307	k.A.	69	k.A.	71	k.A.
	18.03.	79	24 (31)	238	k.A.	269	k.A.	71	k.A.
2.	24.03.	138	36 (26)	344	89 (26)	85	2 (3)	75	14 (19)
	25.03.	65	24 (37)	194	47 (24)	80	6 (7)	62	1 (2)
3.	31.03.	47	37 (79)	477	69 (14)	150	85 (57)	173	85 (49)
	01.04.	487*	**	11.920*	**	89	67 (76)	291	22 (7)
Sommer 30.06. – 15.07. 2003									
1.	30.06.	5.372	433 (8)	5.670	594 (10)	1.426	68 (5)	1.718	342 (20)
	01.07.	1.249	579 (46)	5.669	1.236 (22)	568	59 (10)	859	382 (44)
2.	07.07.	8.234	970 (12)	3.297	420 (13)	4.012	240 (6)	1.263	45 (4)
	08.07.	508	53 (11)	1.621	861 (53)	356	**	605	4 (1)
3.	14.07.	6.549*	823 (13)	3.725	510 (14)	2.962	820 (28)	1.148	729 (64)
	15.07.	6.390	**	7.616	1.522 (20)	1.798	680 (38)	1.328	4 (0)
Herbst 06.10. – 21.10. 2003									
1.	06.10.	13.196	950 (7)	13.577	1.672 (12)	9.159	593 (6)	8.083	1.713 (21)
	07.10.	2.292	**	6.168	**	756	445 (59)	1.042	436 (42)
	08.10.	1.649	64 (4)	4.764	144 (3)	183	**	992	43 (4)
2.	13.10.	1.895	579 (31)	1.840	255 (14)	1.760	979 (56)	1.213	193 (16)
	14.10.	2.415	751 (31)	1.669	341 (20)	966	31 (3)	560	49 (9)
3.	20.10.	1.006	120 (12)	1.139	289 (25)	929	182 (20)	759	180 (24)
	21.10.	422	66 (16)	829	182 (22)	451	71 (16)	424	14 (3)

* Blindwert wies zu hohe Werte auf; ** Ausfall, nur ein Wert steht zur Verfügung; k.A. keine Angabe, nur ein Probenahmegerät stand zur Verfügung

3.1.1 Vergleich der vier Messorte

In der Darstellung in Abb. 3-1 ist der Standortvergleich für die gemessenen Gesamt-KBE/m³ während der Frühjahrs-, Sommer- und Herbstmessungen grafisch widergegeben.

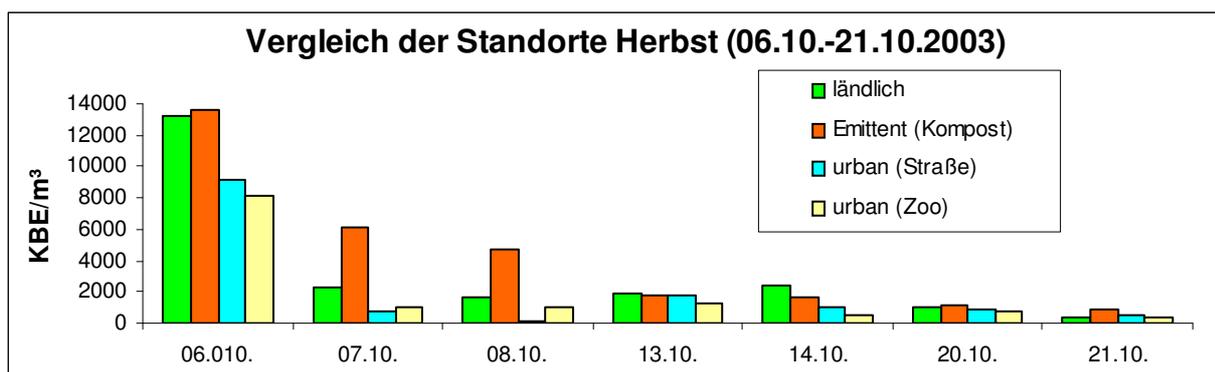
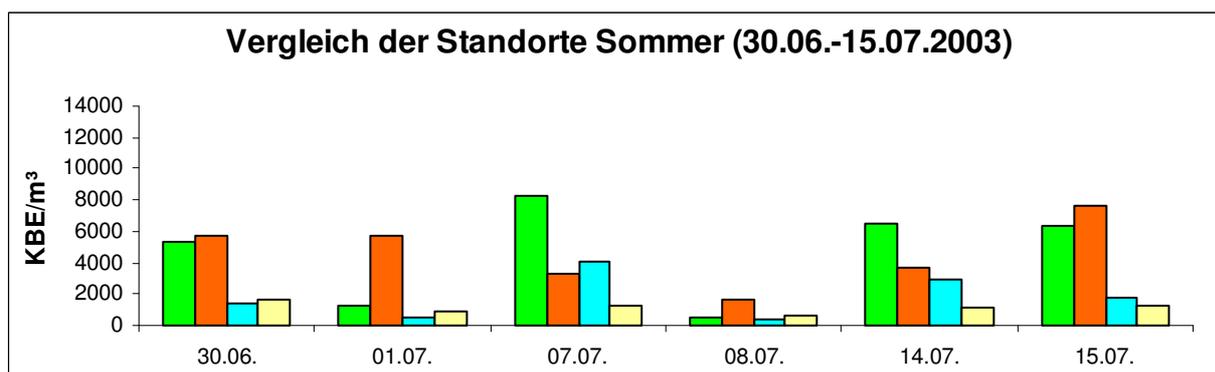
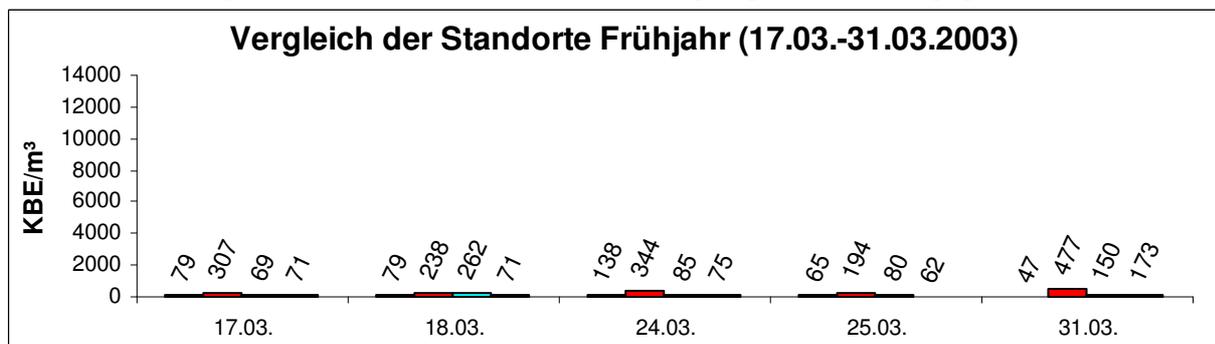


Abb. 3-1: Vergleich der Schimmelpilzkonzentrationen an den verschiedene Standorten im Frühjahr, Sommer, Herbst. Der letzte Messtag im Frühjahr (01.04.03) ist nicht dargestellt (Messwerte ländlich und Emittent (Kompost) nicht auswertbar)

Die höchsten Werte (8.083 – 13.196 KBE/m³) wurden an allen vier Messorten am 1. Tag der Herbstmessungen ermittelt, die niedrigsten Werte (< 100 KBE/m³) bei den Frühjahrsmessungen. Die Unterschiede zwischen den Messorten sind dagegen im Frühjahr und im Sommer deutlicher als im Herbst. Auf dem im Frühjahr niedrigeren Konzentrationsniveau weist der Messort am Kompostplatz auch gegenüber dem ländliche Messort die höchsten Werte auf. Im Sommer sind die Messwerte am ländlichen Messort teilweise sogar höher als die am Kompostplatz. Die Konzentrationen am städtischen Messort an der Straße sind im Frühjahr am 18.03. und im Sommer am 07.07. höher als die am Kompostplatz, sonst liegen sie deutlich unter den Werten des Messortes am Kompostplatz. Die gemessenen Konzentrationen am urbanen Messort im Zoo weisen in allen Messreihen ein ähnliches Niveau wie die des anderen urbanen Messortes an der Straße auf, sind jedoch eher niedriger.

Die relative Standardabweichung (Tabelle 3-1) zwischen den Parallelmessungen an den jeweiligen Messorten lag zwischen 0 und fast 80%. Sie lag jedoch im Mittel bei den Frühjahrs- und Herbstmessungen zwischen ca. 20 und 30 %, bei den Sommermessungen etwas niedriger mit ca. 10 bis 20 %.

3.1.2 Vergleich der Jahreszeiten

In der nachfolgenden Abbildung 3-2 ist der jahreszeitliche Verlauf der Konzentrationen an Gesamtschimmelpilzen an den vier Standorten dargestellt.

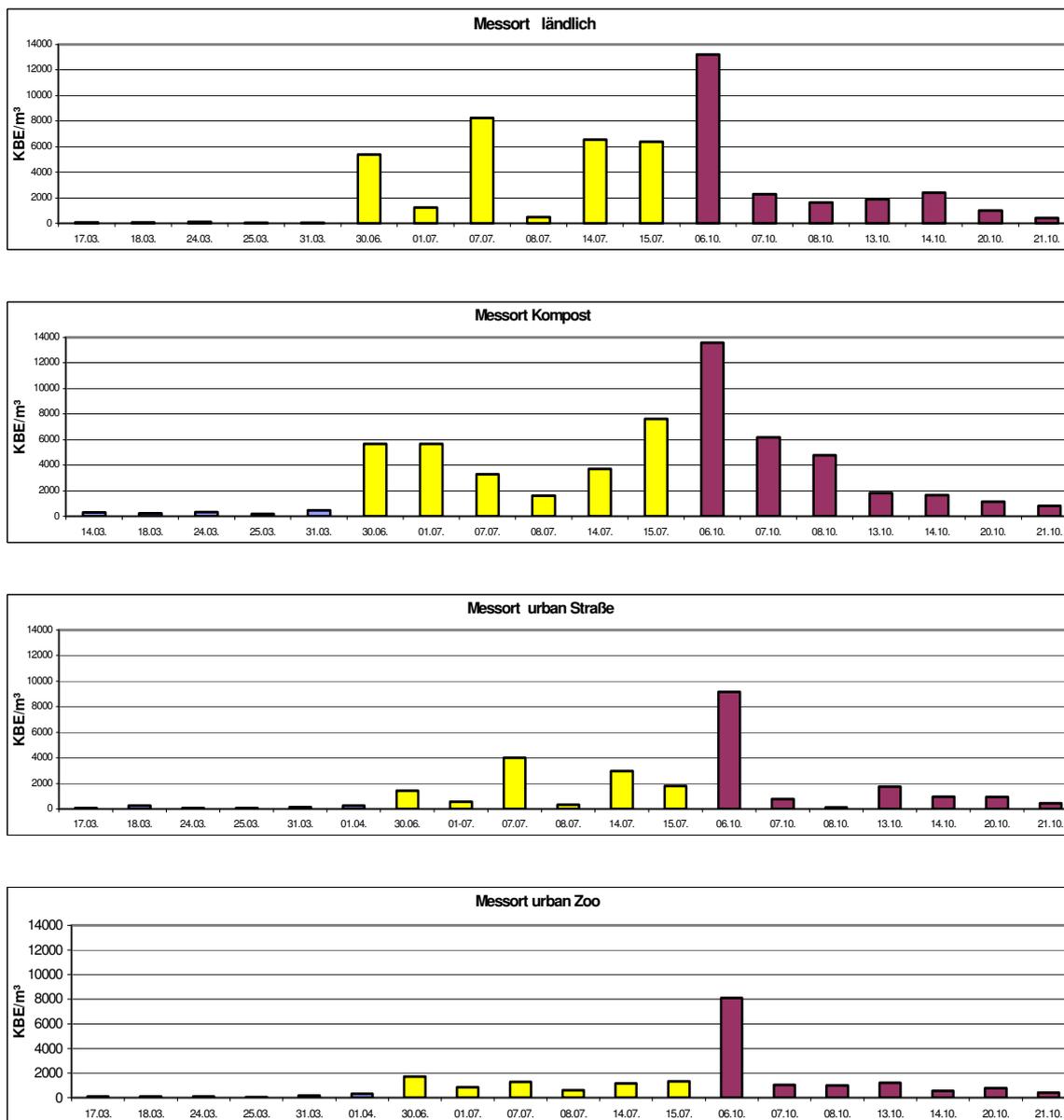


Abb. 3-2: Jahresgang 2003 - Gesamt-KBE/m³ an den verschiedenen Standorten

Im Frühjahr sind die Konzentrationen an Gesamtschimmelpilzen an allen vier Messorten am niedrigsten. Die Konzentrationen liegen für alle Messorte zwischen 50 KBE/m³ und 500 KBE/m³.

Während der drei Wochen im Sommer werden höhere Konzentrationen gefunden, aber auch stärkere Schwankungen in der Konzentrationshöhe an den einzelnen Messtagen. Der Konzentrationsbereich der Sommer-Messreihe liegt zwischen 500 KBE/m³ und 8.000 KBE/m³.

Im Herbst fällt mit der höchsten Konzentration an allen vier Messorten der erste Messtag (06.10.03) auf, an den folgenden Messtagen im Herbst sinkt das Konzentrationsniveau auf Werte unterhalb dessen der Messtage im Sommer, ist aber immer noch höher als die im Frühjahr gemessenen Konzentrationen. Die ermittelten Konzentrationen liegen bei den Herbstmessungen im Bereich von 60 KBE/m³ bis 13.500 KBE/m³.

Die geringsten Unterschiede zwischen den Messtagen aller drei Jahreszeiten-Messreihen wurden bei dem urbanen Messort im Zoo ermittelt.

3.1.3 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchtigkeit

Die Beobachtung der allgemeinen Wetterbedingungen zeigt, dass es mit Ausnahme des letzten Messtages im Frühjahr und der erste beiden Messtage im Herbst windstill bis schwach windig war (Tabelle 3-2).

Während der Probenahme wurde die Luftfeuchtigkeit und die Temperatur mit 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 Urban (Zoo) zusammengefasst. Insbesondere bei den Herbstmessungen gab es mehrere Ausfälle bei den Luftfeuchte-Messungen wegen der nassen Witterung. Zu beachten ist ferner, dass bei den Temperaturmessungen durch Zeiten mit direkter Sonneneinstrahlung hohe Einzelmesswerte erzeugt werden und damit die 24-Stundenmittelwerte an sonnigen Tagen recht hoch sein können.

Am Messstandort urban (Straße) wurden die Temperatur und Feuchte nicht gemessen.

**Tab. 3-2: Temperatur und Luftfeuchte und grobe Angaben zur Meteorologie an den Mess-
tagen im Frühjahr, Sommer und Herbst 2003, Mittelwerte über den Messzeitraum (ca. 24
Stunden), - = Ausfall , ländl. = Messort ländlich, Emittent = Messort Emittent, Urban Z =
Messort Urban Zoo**

Datum	Mittlere Temperatur °C			Mittlere rel. Feuchte %			Meteorologie
	Ländl.	Emittent	Urban Z	Ländl.	Emittent	Urban Z	Raum Karlsruhe
17.03.-18.03.	9,7	9,5	11,0	52,8	-	49,9	sonnig, windstill
18.03.-19.03.	8,9	8,8	12,1	56,2	-	44,9	sonnig, windstill
24.03.-25.03.	14,4	10,9	16,9	45,7	35,3	43,2	sonnig, windstill
25.03.-26.03.	17,2	15,4	20,3	48,4	37,1	43,2	bewölkt, windstill
31.03.-01.04.	11,4	10,9	13,4	61,0	-	45,3	bewölkt, schwach windig
01.04.-02.04.	12,5	14,3	15,9	-	-	-	starker Regen, windig
30.06.-01.07.	-	25,8	-	66,5	64,4	65,8	Sonne, schwach windig
02.07.-03.07.	-	18,5	-	-	-	-	Regen, schwach windig
07.07.-08.07.	23,2	25,2	26,0	59,9	58,9	53,7	Sonnig, schwach windig
08.07.-09.07.	23,9	25,2	26,0	55,5	54,9	50,3	bewölkt, schwach windig
14.07.-15.07.	25,5	28,4	27,8	40,4	40,2	39,0	sonnig, windstill
15.07.-16.07.	27,3	30,2	29,8	38,7	43,2	37,3	sonnig, windstill
06.10.-07.10.	9,8	11,6	11,1	-	72,7	-	starker Regen, stürmisch
07.10.-08.10.	6,4	7,6	6,6	-	-	-	Regen, sehr windig
08.10.-09.10.	9,4	11,5	7,9	-	-	-	Sonnig, windig
13.10.-14.10.	9,1	11,2	11,5	74,8	68,1	67,1	sonnig, schwach windig
14.10.-15.10.	7,3	8,8	8,8	69,7	64,3	62,5	bewölkt, schwach windig
20.10.-21.10.	5,1	5,4	-	-	-	-	Regen, schwach windig
21.10.-22.10.	3,2	2,9	3,7	-	-	-	Regen, schwach windig

Bei den Messungen im Frühjahr lag die mittlere Temperatur an allen Messorten zwischen 10 °C und 20 °C. Die Variation zwischen den Messorten war gering (alle befinden sich in Karlsruhe oder im Raum Karlsruhe). Letzteres gilt auch für die Messtage im Sommer und Herbst. Im Sommer betragen die mittleren Temperaturen zwischen 19 °C und 30 °C, während der Herbst-

messungen zwischen 3 °C und 12 °C. Um einen möglichen Einfluss der Temperatur bei auffällig hohen oder niedrigen Messwerten für die Gesamtschimmelpilzkonzentration zu erkennen, werden die Temperaturmittelwerte mit den Gesamt-KBE/m³ in der Tabelle 3-1 verglichen. Die hohen Konzentrationen (9.083 KBE/m³ bis 13.577 KBE/m³) am 1. Tag der Herbstmessungen (06.10.-07.10.) traten bei Temperaturen um 10 °C – 11 °C auf. Ein ähnliches Temperaturniveau ist an den ersten Tagen der Frühjahrsmessungen (17.03.-19.03.) von niedrigen KBE/m³-Werten (69 KBE/m³ bis 307 KBE/m³) begleitet.

Die mittlere relative Luftfeuchte betrug bei den Frühjahrsmessungen 35 % – 61 % und bei den Sommermessungen 37 % – 67 %. Die Unterschiede der relativen Feuchte zwischen den Messorten sind zwar deutlicher als bei den Temperaturmessungen, sie korrelieren aber ebenfalls nicht mit auffälligen Werten bei den Gesamt-KBE/m³ der Schimmelpilze (Tab. 3-1). Bei den Herbstmessungen kam es bei der Aufzeichnung der relativen Luftfeuchte - bedingt durch starken Regen - zu etlichen Ausfällen. Bei der nassen Witterung lag die relative Luftfeuchtigkeit in einem Bereich von 63 % – 75 % für die Aufzeichnungen, die noch auszuwerten waren.

3.1.4 Andere Einflussfaktoren

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/m³ aufgeführt. Die eigenen Beobachtungen beziehen sich jedoch nur auf den kurzen Zeitraum am Morgen zu Beginn des 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.

Der Vergleich mit den Messwerten zeigt, dass sich die Aktivitäten auf dem Kompostplatz bei den Frühjahrsmessungen nicht erkennbar auf die Höhe der Luftkonzentrationen auswirken. Die Variation zwischen 200 KBE/m³ und 500 KBE/m³ an den 5 Messtagen ist möglicherweise zu gering um den Einfluss von Aktivitäten sichtbar werden zu lassen. Am Messtag 01.04.03, an dem ein hoher Messwert ermittelt wurde, wurde der Kompost der Tafelmiete 1 gesiebt. Das Sieben hat andererseits bei den Messungen im Sommer und Herbst keinen Einfluss auf die Höhe der Messwerte.

Bei den Messungen im Sommer wurden Konzentrationen im Bereich von 2.000 KBE/m³ bis etwa 8.000 KBE/m³ festgestellt. Auch hier korrelieren die angegebenen und beobachteten Aktivitäten auf dem Kompostplatz kaum mit der Höhe der Luftkonzentration an KBE. Gleiches gilt für die Messungen im Herbst. Am Messtag mit dem höchsten Wert (knapp 14.000 KBE/m³) gab es zwar Aktivitäten wie Häckseln und - nach eigener Beobachtung - Anlieferung frischer Gartenabfälle, ähnliche Aktivitäten wurden jedoch auch für die anderen Messtage vermerkt, an denen das Konzentrationsniveau deutlich niedriger – zwischen 800 KBE/m³ und 6.000 KBE/m³ lag. Vermutlich wirken sich bei Messungen mit 24-stündiger Probenahme kurzfristige Emissionsspitzen durch Aktivitäten nicht erkennbar aus.

Tab. 3-3: Aktivitäten am Messort Kompost während Probenahmezeiten im Vergleich zu den gemessenen GesamtKBE/m³. Die Angaben zu „Häckseln, Umsetzen und Sieben“ stammen vom Betreiber der Anlage; TM = Tafelmiete

Datum	Gesamt KBE/m ³	Häckseln		Umsetzen		Sieben		Eigene Beobachtungen
		TM1	TM2	TM1	TM2	TM1	TM2	
17.03.03	307	X						windstill, sonnig
18.03.03	238	X						
24.03.03	344	X		X				
25.03.03	194			X				neue Miete mit frischen Gartenabfällen 10 m entfernt aufgesetzt
31.03.03	477	X						10 m entfernt frische Abfälle abgesetzt
01.04.03	11.920*					X		starker Regen
30.06.03	5.670	X						Abtragen der Miete, Vergrößerung der Entfernung auf ca. 35m
01.07.03	5.669	X						Anlieferung frischer Gartenabfälle, Verringerung der Entfernung auf ca. 10m, windstill
07.07.03	3.297		X			X		schwach windig
08.07.03	1.621					X		schwach windig
14.07.03	3.725		X			X		Anlieferung frischer Abfälle
15.07.03	7.616					X		Anlieferung frischer Abfälle
06.10.03	13.577	X						Anlieferung frischer Abfälle, Dauerregen
07.10.03	6.168	X			X			Starker Geruch, Regen
08.10.03	4.764	X			X			Zusammenschieben von Gartenabfällen mit Trecker, trocken
13.10.03	1.840						X	Anlieferung frischer Gartenabfälle
14.10.03	1.669	X					X	
20.10.03	1.139	X						Anlieferung frischer Abfälle, Dauerregen, Mieten dampfen
21.10.03	829	X						Regen

*Blindwert wies zu hohe Werte auf

Für den Messstandort urban - Zoo ist zu beachten, dass die Probenahme nicht in unmittelbarer Nähe möglicherweise exponierter Bevölkerung stattfinden konnte. Die Probennahmegeräte waren in ca. 3 m Höhe auf dem Wetterschutzdach einer ansonsten offenen Terrasse mit Sitzgelegenheiten aufgestellt. Von Süden und Westen mit davor liegendem Wasservogel- und Flamingoteich waren die Filter in den Probenahmeköpfen frei anströmbar. Möglicherweise erklärt dies, dass an diesem Messort an fast allen Tagen aller drei Messreihen die niedrigsten Konzentrationen an Gesamtschimmelpilzen in der Luft ermittelt wurden.

Am Messort urban an der Straße waren die Probenahmegeräte auf dem Dach der UMEG-Messstation aufgestellt. Zur Straße konnte es durch Zweige eines Baumes vor allem im Sommer und Herbst (mit Laub) zu Beeinträchtigungen der Anströmbarkeit kommen. Andererseits ist die unmittelbare Nähe eines belaubten Baumes möglicherweise ein eigener Einflussfaktor bei der Probenahme von Bioaerosolen. Damit mag zu erklären sein, dass während der Sommermessungen hier größere Konzentrationsunterschiede und meist höhere Werte als am anderen urbanen Messort (Zoo) beobachtet wurden.

3.2 Differenzierung nach Gattungen

Die gewachsenen Schimmelpilzkolonien wurden auf den beiden Nährböden MEA (Malzextraktagar) bei zwei Bebrütungstemperaturen - 28 °C und 37 °C - und DG18 (Dichloran Glycerin 18%) bei einer Bebrütungstemperatur von 28 °C nach Gattungen bestimmt. Die quantitative Bestimmung wurde hier wie auch bei den Gesamt-KBE auf DG18-Nährboden durchgeführt. Die zusätzliche Bestimmung auf Malzextraktagar dient im wesentlichen der Bestimmung von Schimmelpilzen, die auf diesen Nährböden besser wachsen. Vornehmlich sind dies Vertreter der Gattungen *Aspergillus* und *Penicillium*, und insbesondere bei der höheren Temperatur von 37 °C *Aspergillus fumigatus* (und andere *Aspergillus*-Species). Bei Proben, bei denen die Konzentration der *Aspergillen* auf Malzextraktagar (28°C) höher war als auf DG18 wurde der Wert der MEA-Platten in die weitere Auswertung einbezogen.

Bei der Bestimmung auf DG18-Agar wurden die folgenden Gattungen berücksichtigt (in Klammern die in den Abbildungen benutzten Abkürzungen): *Alternaria*, *Aspergillus* (Asp), *Cladosporium* (Clado), *Eurotium* (Eurot), *Fusarium*, Hefen und *Penicillium* (Pen). Alle nicht zu Gattungen gehörigen oder nicht bestimmbar Kolonien wurden als Sonstige gezählt. Die nachfolgenden Darstellungen (Abb. 3-3 bis Abb. 3-5) zeigen das Konzentrationsverhältnis der wesentlichen bestimmten Gattungen (Asp = *Aspergillus*, Clado = *Cladosporium*, Eurot = *Eurotium*, Pen = *Penicillium*) an den verschiedenen Messorten.

Abbildungen im Anhang zeigen für jeden Standort Beispiele von typischem Schimmelpilzkulturen auf Nährbodenplatten nach mehreren Bebrütungstagen. Die Gattungen *Alternaria* und *Fusarium* waren an allen vier Messorten kaum oder nur in geringer Konzentration nachweisbar und sind bei den grafischen Darstellungen (Abb. 3-3 bis Abb.3-5) nicht mit erfasst. Bei den Frühjahrmessungen wurden an keinem Messort Hefen nachgewiesen.

Frühjahr

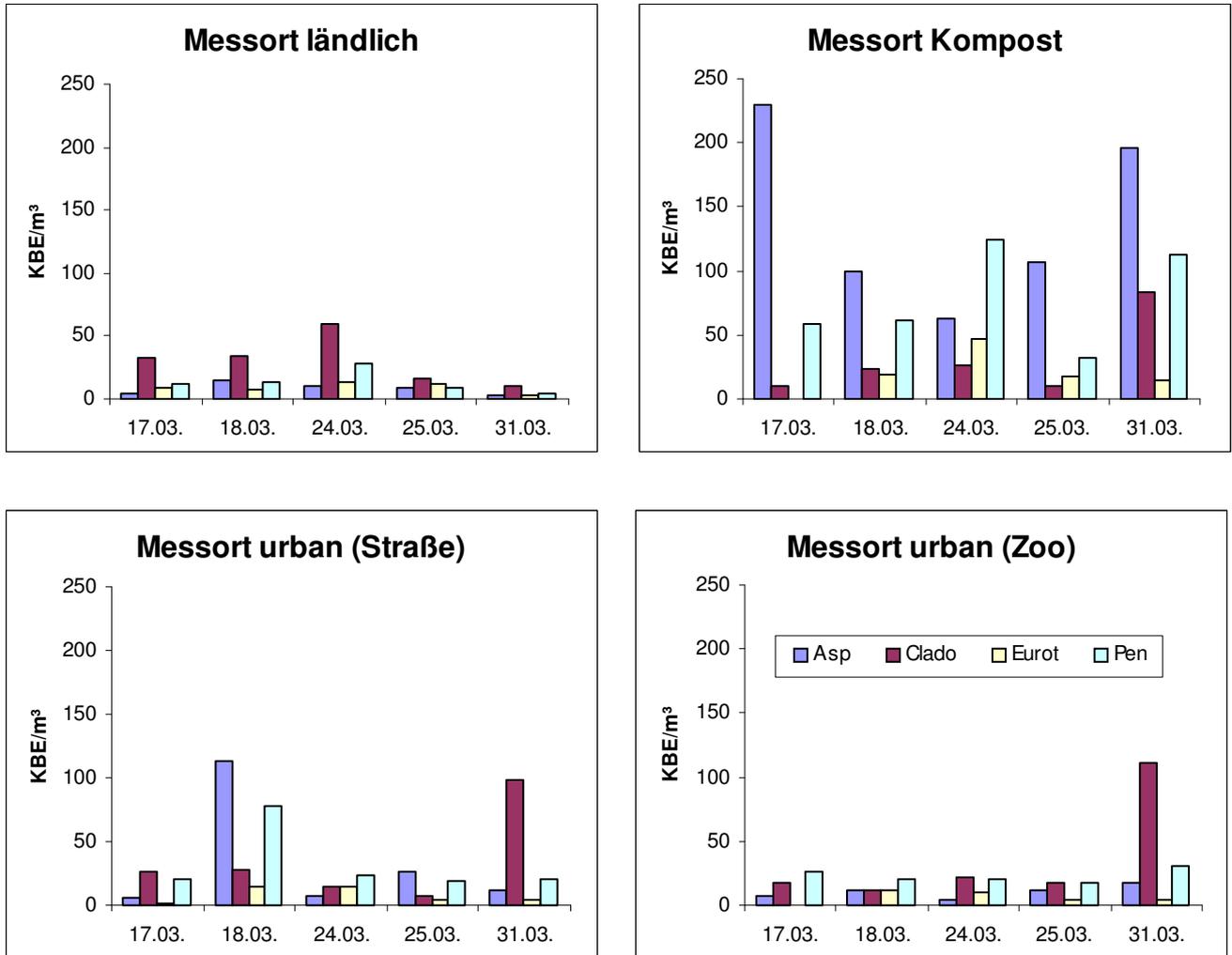


Abb. 3-3: Schimmelpilzkonzentrationen, differenziert nach Gattungen (auf DG18-Nährböden) an den verschiedenen Standorten, Frühjahrmessungen (März, 2003). Asp = Aspergillus, Clado = Cladosporium, Eurot =Eurotium, Pen = Penicillium

Sommer

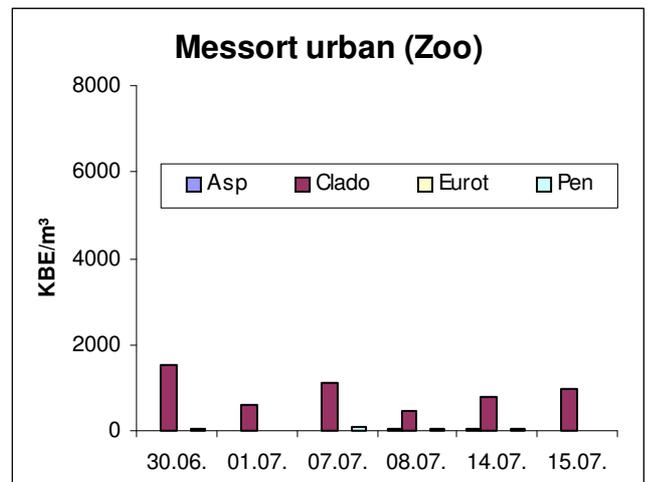
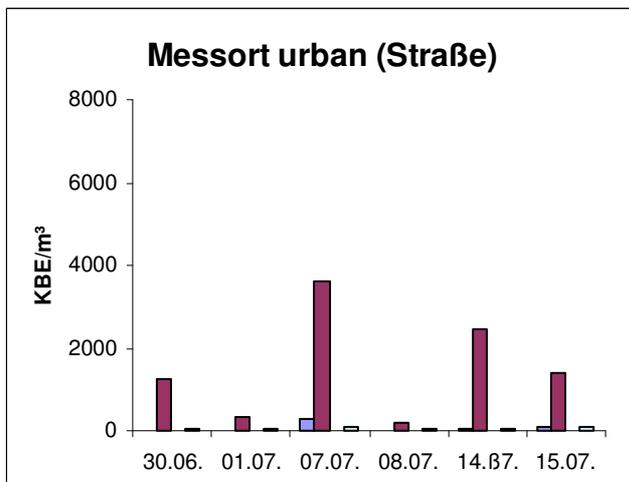
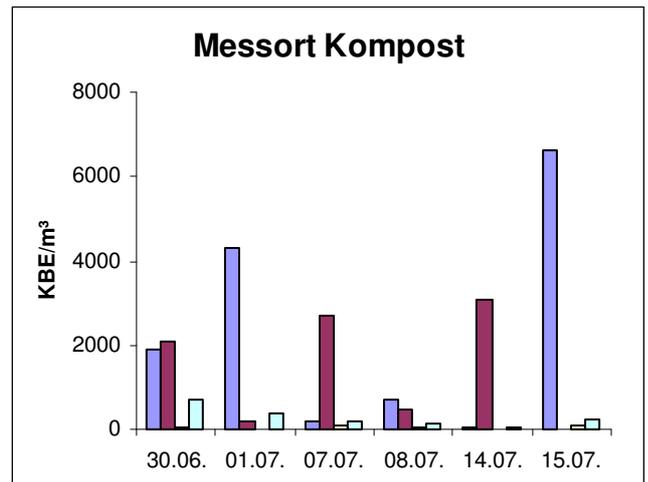
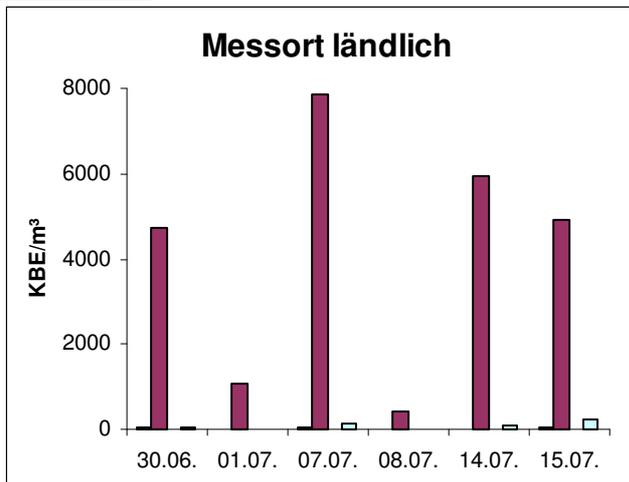


Abb. 3-4: Schimmelpilzkonzentrationen, differenziert nach Gattungen (auf DG18-Nährböden) an den verschiedenen Standorten, Sommermessungen (Juli, 2003). Asp = Aspergillus, Clado = Cladosporium, Eurot =Eurotium, Pen = Penicillium

Herbst

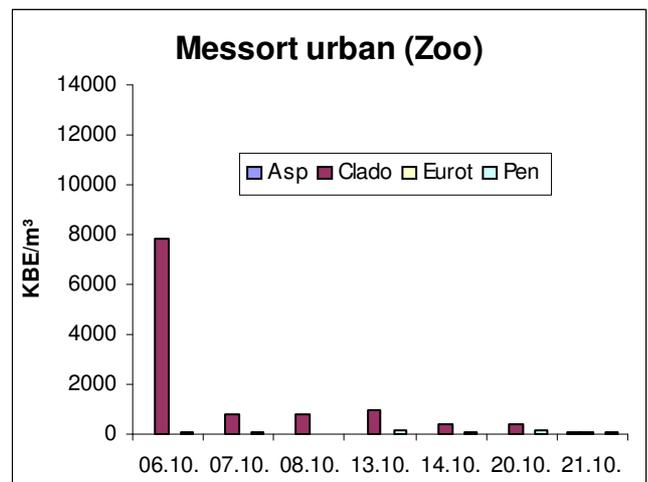
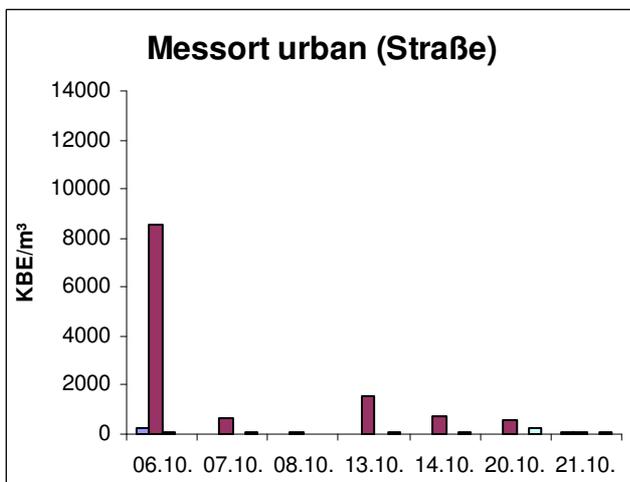
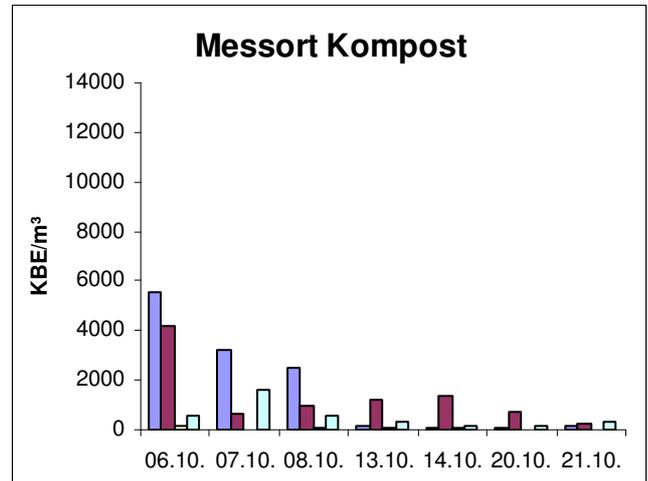
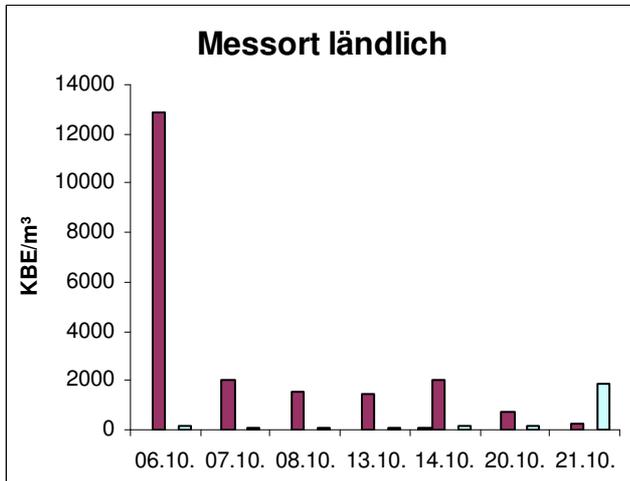


Abb. 3-5: Schimmelpilzkonzentrationen, differenziert nach Gattungen (auf DG18-Nährböden) an den verschiedenen Standorten, Herbstmessungen (Oktober, 2003). Asp = Aspergillus, Clado = Cladosporium, Eurot =Eurotium, Pen = Penicillium

An den Messorten ländlich, urban Straße und urban Zoo dominiert während aller drei Messzeiträume, aber besonders deutlich während der Sommermessungen, die Gattung *Cladosporium* (Clado). Bei den Messungen am Kompostplatz ist *Aspergillus* (Asp.) fast immer am häufigsten vertreten (Abb. 3-3 –Abb. 3-5). Insgesamt sind die unterschiedlichen Verteilungen der Gattungen bei den Frühjahrmessungen – bei einem niedrigeren Niveau der Gesamtschimmelpilzkonzentrationen in der Luft – am deutlichsten.

Eurotium (Eurot.) war am Messtag 17.03.03 nur am ländlichen Messort nachweisbar. Die Gattung *Penicillium* (Pen) ist an allen Messorten und während aller Messtage im Frühjahr relativ gleichmäßig verteilt. Die größten Schwankungen in der Verteilung der verschiedenen Gattungen sind am Messort urban Straße zu beobachten; insbesondere am Messtag 18.03.03 ergaben sich auffallend hohe Werte für *Aspergillus* und *Penicillium*. Am Messstandort Zoo war das Gattungsspektrum am gleichmäßigsten.

Bei den Sommer- (Abb. 3-4) und Herbstmessungen (Abb. 3-5) ist die vorherrschende Gattung an allen Messorten mit Ausnahme des Kompostplatzes *Cladosporium*. Am Kompostplatz dominieren bei allen drei Messreihen an fast allen Messtagen die *Aspergillen*.

Hier nicht dargestellt finden sich bei den Sommer- und Herbstmessungen verglichen mit dem Frühjahr aber auch häufiger und in deutlich höheren Konzentrationen die Gattungen *Alternaria* und *Fusarium* und an fast allen Messtagen an allen Messorten auch Hefen.

3.2.1 Differenzierung nach Gattung *Aspergillus* und Spezies *Aspergillus fumigatus*

In allen Proben wurde auf Malzextraktagar (MEA) bei 37 °C als sicher zu bestimmende Art *Aspergillus fumigatus* quantitativ erfasst. Zum Vergleich der „Ausbeute“ an *Aspergillus fumigatus* bei 37 °C sind in der folgenden Tabelle 3-4 die Konzentrationen von *Aspergillus fumigatus* auf MEA bei 37 °C und die der Gattung *Aspergillus* auf DG18 und MEA bei 28 °C für alle vier Messorte während der Frühjahrmessungen dargestellt. Die Frühjahrmessungen wurden zur Darstellung gewählt, da hier zum einen die Gesamt-KBE-Konzentrationen am niedrigsten waren und die Variation der Gattungen am größten. Das heißt, dass auch an den emittententfernen Standorten mit deutlichen sich abhebenden Konzentrationen an *Aspergillus* zu rechnen war. Die Werte in der Tabelle 3-4 zeigen, dass Konzentrationen für eine einzelne Gattung und insbesondere für eine Spezies an mehreren Messtagen unterhalb der „sicheren“ Nachweisgrenze von 10 KBE/m³ (vergl. Kap. 2.5) liegen. Entsprechend ist die Streuung der Werte zwischen den 2 Parallelproben insbesondere bei der Differenzierung von *Aspergillus fumigatus* bei den relativ niedrigen Konzentrationen – im Bereich der Nachweisgrenze, aber auch bei höheren Werten – teilweise recht hoch.

Tabelle 3-4: Konzentrationen (KBE/m³) der Gattung Aspergillus auf DG18-Agar (DG18 28) und Malzextraktagar (MEA28) bei 28 °C und Aspergillus fumigatus auf MEA bei 37 °C (MEA37, „fett“) für alle Messorteorte. Frühjahrsmessungen, 2003; Stabw = Standardabweichung, rel. Stabw. = relative Standardabweichung,

Datum	Agar	Messort ländlich (Jöhlingen)		Messort Emittent (Kompost)		Messort urban (Straße)		Messort urban (Zoo)	
		KBE/m ³	Stabw. (rel. Stabw.)	KBE/m ³	Stabw. (rel. Stabw.)	KBE/m ³	Stabw. (rel. Stabw.)	KBE/m ³	Stabw. (rel. Stabw.)
Frühjahr 2003									
17.03.	DG18 28	5	2 (36)	229	1 Wert	6	1 Wert	8	1 Wert
	MEA28	6	1 (12)	161	1 Wert	12	1 Wert	8	1 Wert
	MEA37	8	4 (53)	209	1 Wert	9	1 Wert	1	1 Wert
18.03.	DG18 28	15	2 (17)	100	1 Wert	34	1 Wert	11	1 Wert
	MEA28	14	1 (8)	143	1 Wert	36	1 Wert	24	1 Wert
	MEA37	17	1 (7)	29	1 Wert	27	1 Wert	12	1 Wert
24.03.	DG18 28	10	10 (98)	63	55 (87)	7	4 (54)	4	
	MEA28	13	8 (58)	140	0,4 (0)	35	19 (55)	16	2 (14)
	MEA37	23	30(129)	137	4 (3)	14	10 (69)	13	6 (49)
25.03.	DG18 28	9	0 (5)	106	14 (13)	26	1 (4)	11	6 (57)
	MEA28	21	10 (49)	94	4 (4)	42	2 (5)	11	0 (1)
	MEA37	21	23(109)	89	11 (13)	40	6 (15)	11	0 (1)
31.03.	DG18 28	3	0 (7)	196	15 (8)	12	3 (28)	17	13 (75)
	MEA28	11	7 (61)	496	341(69)	16	7 (46)	11	1 (10)
	MEA37	14	5 (37)	122	37 (30)	15	0 (6)	6	1 (25)
01.04.	DG18 28	20	1 Wert	-		20	10 (51)	19	1 (3)
	MEA28	10	1 Wert	-		25	15 (62)	11	1 (13)
	MEA37	11	1 Wert	-		6	0 (2)	11	2 (20)

- nicht auswertbar (zu hohe Plattenbelegung bei der höchsten Verdünnung)

Frühjahr

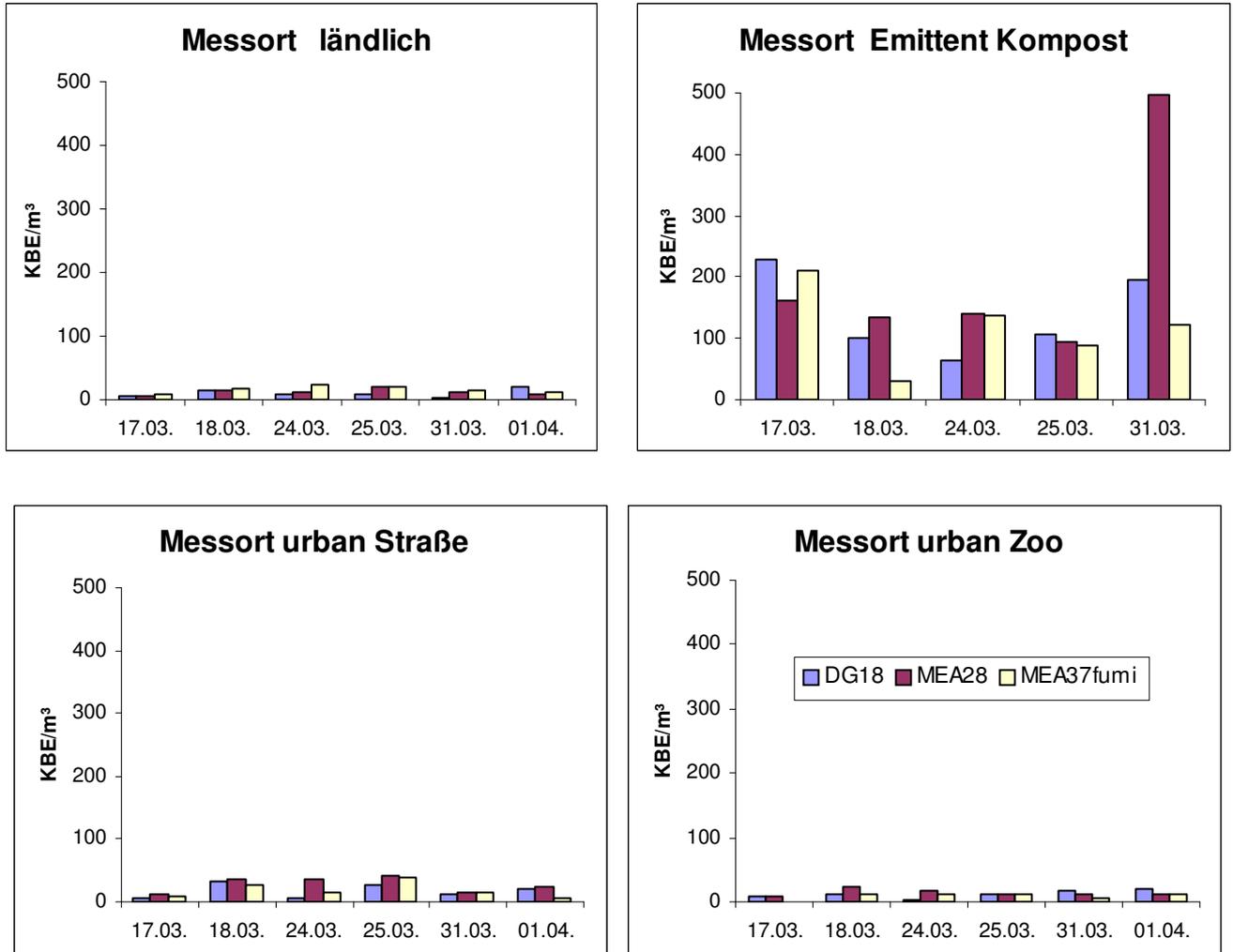


Abb. 3-6: Konzentrationen (KBE/m³) für Aspergillus auf DG18-Agar (DG18) und Malz-extraktagar (MEA28) bei 28°C und Aspergillus fumigatus auf MEA bei 37°C (MEA37fumi) für alle Standorte, Frühjahrsmessungen, 2003

In der Abb. 3-6 sind die Ergebnisse aus Tabelle 3-4 grafisch dargestellt. Es zeigt sich, dass sich bei Kultivierung auf DG18- und Malzextraktnährböden (bei 28 °C Bebrütungstemperatur) unterschiedliche Konzentrationen an Schimmelpilzen der Gattung *Aspergillus* ergeben. Besonders deutlich wird dies bei den höheren Konzentrationen am emittentennahen Messort. Insgesamt sind die Konzentrationen meistens bei Auswertung der Malzextraktkulturen höher als die der DG18-Kulturen. Am Messort urban Straße trifft dies bei allen Messungen zu.

Die quantitative Auswertung der Spezies *Aspergillus fumigatus* bei Kultivierung auf MEA bei einer Bebrütungstemperatur von 37 °C ergab an allen Messtagen des Frühjahrs für die beiden urbanen Messpunkte jeweils geringere Konzentrationen als für die Gattung *Aspergillus*. Am ländlichen Messort wurde hingegen an fast allen Messtagen auf Malzextraktagar bei 37 °C mehr *Aspergillus fumigatus* als *Aspergillus* gesamt bei 28 °C auf MEA- und DG18-Agar bestimmt.

Die Luftkonzentrationen der Schimmelpilzgattung *Aspergillus* und der Spezies *Aspergillus fumigatus* sind bei allen drei kulturellen Nachweismethoden am emittentennahen Messort am höchsten, variieren dort aber ebenfalls stark je nach Kultivierungsverfahren. Ungeachtet der Nachweismethode ist jedoch am Messort Emittent Kompostplatz klar eine Höherbelastung mit Schimmelpilzen der Gattung *Aspergillus* und der Spezies *Aspergillus fumigatus* nachweisbar.

4 ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Bei den hier vorgelegten Messreihen zur Schimmelpilzkonzentration in der Außenluft an verschiedene Messorten und zu verschiedenen Jahreszeiten wurden alle Probenahmen und Messungen nach den zu dieser Fragestellung neu entwickelten VDI-Richtlinien 4252, Bl. 2 (VDI, 2003) und VDI 4253, Bl. 2 (VDI, 2003) durchgeführt. Mit diesen Messreihen sollte zum einen das Verfahren unter realen Bedingungen erprobt werden und darüber hinaus Hinweise über Hintergrundkonzentrationen sowie Konzentrationen an Schimmelpilzen in der Nähe möglicher Emittenten gewonnen werden. Eine Zusammenfassung dieser Untersuchungen enthält der UMEG-Jahresbericht 2003 (UMEG, 2003).

- Bei den Bedingungen dieses Verfahrens bezüglich der Probenahmedauer, des beprobten Luftvolumens und der notwendigen Verdünnungen beim kulturellen Nachweis der Schimmelpilze können Konzentrationen von ca. 10 KBE/m³ sicher nachgewiesen werden.
- Die relative Standardabweichung zwischen den Parallelproben an einem Messort betrug zwischen 0 und fast 80% und war tendenziell während der Sommermessungen geringer. Sie lag jedoch im Mittel bei den Frühjahrs- und Herbstmessungen zwischen ca. 20 % und 30 %, bei den Sommermessungen etwas niedriger mit ca. 10 % bis 20 %. Dies ist für ein Verfahren, mit dem lebende Organismen nachgewiesen werden – wobei naturgemäß eine größere Streuung auftritt - durchaus annehmbar.

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 städtischer Messort im Zoo in Karlsruhe.

- Der Vergleich der Messorte ergibt für den emittentennahen Messort im Frühjahr und im Herbst die höchsten Werte, bei den Sommermessungen treten die höchsten Konzentrationen an Gesamtschimmelpilzen in der Luft häufiger am ländlichen Messort auf. Unter dem Gesichtspunkt der Ermittlung einer erhöhten Luftkonzentration durch eine Quelle - wie ein Kompostplatz – erscheint es daher sinnvoller im Frühjahr oder im Herbst zu messen, wenn lediglich die Gesamtschimmelpilzkonzentration bestimmt wird. In jedem Fall muss der unbeaufschlagte Hintergrund gleichzeitig bestimmt werden.

Die Messungen wurden im Jahr 2003 im Frühjahr (vom 17. 03. 01.04.), im Sommer (30.06.-15.07.), sowie im Herbst (06.10.-21.10.), jeweils an zwei, bzw. drei Tagen in der Woche durchgeführt.

- Der jahreszeitliche Vergleich der Ergebnisse der Gesamt-KBE (koloniebildenden Einheiten) pro m³ Luft zeigt, dass die gemessenen Konzentrationen (50 KBE/m³ bis 500 KBE/m³) im Frühjahr am niedrigsten waren. Im Sommer lagen die gemessenen Konzentrationen zwischen 400 KBE/m³ und 8.000 KBE/m³, im Herbst in einem Bereich von 200 KBE/m³ bis knapp 14.000 KBE/m³. Bei den Herbstmessungen finden sich die höchsten Werte am ersten Messstag (06.10.), die an den folgenden Tagen einsetzende nasse und kalte Witterung mit starken Regenfällen führte zu einer Abnahme der Konzentrationen auf ein Niveau von 200 KBE/m³ bis 6.000 KBE/m³.
- Die Höhe der Schimmelpilzkonzentration in der Außenluft ist stark von der Jahreszeit bedingt, mit den niedrigsten Konzentrationen im Winter, vor allem bei Frost. Dies zeigen eigene Voruntersuchungen mit dem gleichen Messverfahren (UMEG, 2002). Im Frühjahr sind die Konzentrationen ebenfalls noch niedrig, sie sind im Sommer am höchsten und fallen im Herbst wieder ab. Möglicherweise kommen noch höhere Konzentrationen als die, der hier im Juli durchgeführten Messungen, im Spätsommer oder Frühherbst vor. Ein Hinweis darauf mögen die höchsten gemessenen Werte am ersten Tag der Herbstmessungen sein.
- Unabhängig von der Jahreszeit ist der Einfluss der gemessenen Temperatur und der relativen Luftfeuchte auf die Höhe der Messwerte ist nicht erkennbar. Vielmehr spielen generelle Wetterlagen wie starker anhaltender Regen – mit damit verbunden Effekten wie „Auswaschen der Luft“ - eine größere Rolle. Der Einfluss der Windgeschwindigkeit wurde hier nicht systematisch untersucht, scheint aber bei einer aktiven Probenahme über 24 Stunden eher von geringerer Bedeutung zu sein. Die Ergebnisse des jahreszeitlichen Verlaufs der Konzentration der Schimmelpilze in der Außenluft stimmen gut mit Messdaten aus der Literatur überein, die allerdings mit anderen Verfahren ermittelt wurden (Jager & Eckrich, 1997).
- Die Differenzierung der Gesamt-KBE nach Gattungen weist vor allem Vertreter der Gattung *Aspergillus* (*Aspergillus fumigatus*) als typisch für den Emittenten-nahen Messort am Kompostplatz aus. Dies trifft für die Ergebnisse aller Messzeiträume zu: Für die Frühjahrsmessungen, bei denen das Spektrum der Konzentrationen der differenzierten Gattungen am größten ist und insbesondere für die Sommermessungen, bei denen die Gesamt-KBE/m³ am ländlichen Messort teilweise höher waren als am emittentennahen Messort. Nach diesen vergleichenden Messungen kann die Gattung *Aspergillus* als „Leitkeim“ für den emittentennahen Messort bezeichnet werden, wie dies auch in anderen Untersuchungen gezeigt wurde (Heller & Rabe, 2001).
- Bei allen Messungen im Sommer und Herbst dominiert an allen Messorten – mit Ausnahme des Kompostplatzes - die Gattung *Cladosporium*, in einem Maße, dass die gemessenen Gesamt-KBE fast ausschließlich *Cladosporien* sind. Diese Befunde stimmen mit Angaben aus der Literatur überein (Hryhorczuk et al., 2001, Mullins, 2001)

- Je nach Fragestellung einer Messung kann nach diesen Ergebnissen, der Grad der Differenzierung von einzelnen Gattungen gewählt werden. Für Messungen im Umfeld von Kompostieranlagen bestätigt sich die Empfehlung, *Aspergillus fumigatus* als Leitkeim zu wählen.
- Beim Nachweis der Gattung *Aspergillus* bringt die Kultivierung auf einem zweiten Nährboden (Malzextraktagar) bei einer Bebrütungstemperatur von 28 °C keine zusätzliche Information für die quantitative Auswertung.
- Auch die differenzierte Auswertung der Spezies *Aspergillus fumigatus* auf Malzextraktagar bei einer Bebrütungstemperatur von 37 °C ergibt nach diesen ersten Untersuchungen keine zusätzliche Information über Messortunterschiede gegenüber der Differenzierung auf DG18-Agar. Bereits auf diesem Nährboden fand sich eine deutliche Höherbelastung mit *Aspergillus* am Messort Kompostplatz. Grundsätzlich wird jedoch gezeigt, dass es möglich ist mit selektiven Kulturmethoden (Nährböden und Temperatur) bestimmte Schimmelpilze in den Luftproben gesondert zu betrachten.

5 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

Hryhorczuk et al., 2001: Bioaerosol emissions from a suburban yard waste composting facility. Ann Agric Environ Med 8, 177-185

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

Mullins, J., 2001: Microorganisms in outdoor air. In Microorganisms in home and indoor work environments (Hrsg. Flannigan, B., Samson, R.A., Miller, J.D.),

Samson et al., 2002 : Introduction to food- and airborne fungi, 6th edition, Centraalbureau voor Schimmelcultures - Utrecht

UMEG, 2002: Jahresbericht 2002

UMEG, 2003: Jahresbericht 2003

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

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

6 ANHANG

6.1 Beschreibung der Probenahme

Bei der Probenahme nach dem Verfahren der VDI-Richtlinie 4252, Blatt 2 wird ein definiertes Luftvolumen mittels einer Pumpe direkt ohne gröbenselektierenden Einlass durch einen Schwebstofffilter gesaugt. Verwendet wurde eine Probenahmeeinrichtung GS050 (oder Leckel). Der Luftvolumenstrom lag je nach Gerät zwischen 2,0 – 3,0 m³/h. Die Probenahme erfolgte jeweils über ca. 24 h, die exakten Zeiten wurden dokumentiert und das tatsächlich beprobte Luftvolumen berechnet.

Die Probenahmeköpfe wurden am Probenahmeort mit einem sterilen Polycarbonatfilter, Durchmesser 8 cm, Porengröße 0,8 µm und einem sterilen Gelatinefilter, Durchmesser 8 cm, Porengröße 3 µm bestückt. Die beprobten Filter wurden in sterilen Plastikbeuteln ins Labor gebracht und bis zur Aufarbeitung im Kühlschrank (24 bis 48 h) aufbewahrt.

Über die Probenahme einschließlich Besonderheiten während der Messungen wurde ein Protokoll geführt.

An jedem Messort wurden Blindwertfilter an einem weiteren Probenahmekopf befestigt, der nicht mit der Vakuumpumpe verbunden war und während der gesamten Probenahmedauer dort belassen. Diese Blindprobenahme entspricht nicht den Vorgaben der VDI-Richtlinie 4252, Blatt 2, und ist weitreichender als diese, die lediglich eine kurzfristige Exposition des Filters vorsieht, um im wesentlichen mögliche Kontaminationen durch das „handling“ zu kontrollieren.

6.2 Darstellung der Probenahmeorte



Messstandort: „ländlich“ in Jöhlingen



Messstandort: „Emittent“, Kompostplatz in Karlsruhe – Neureut



Messtandort: „urban – Zoo“, Zoo Karlsruhe, Garten Baden-Baden

6.3 Kultureller Nachweis der Schimmelpilzkonzentration in der Luft

Nach dem Verfahren der VDI-Richtlinie 4253, Blatt 2 werden die beprobten Filter mit 10 ml Kochsalzlösung extrahiert und aus dieser Lösung Dezimalverdünnungen angesetzt, aus denen jeweils 0,1 ml auf die Kulturschalen ausgestrichen werden. Als Nährböden zur quantitativen Auswertung wird der DG-18-Agar (kommerziell erhältlicher Dichloran-Glyzerin-Agar mit 0,1 g/l Chloramphenicol), auf dem ein breites Spektrum von xerophilen (=Trockenheit bevorzugender) Schimmelpilze nachgewiesen werden kann, verwendet. Die Bebrütungstemperatur beträgt 28°C. Für bessere Differenzierung bestimmter Schimmelpilzgattungen und -arten wurden außerdem Kulturschalen mit Malzextrakt-Agar (MEA) mitgeführt, die bei 28°C und 37°C bebrütet wurden. Bei 37°C wachsen insbesondere thermotolerante Schimmelpilze wie *Aspergillus fumigatus* und andere *Aspergillus*-arten. Für jede Verdünnung, jeden Nährboden und jede Bebrütungstemperatur werden jeweils drei Parallelschalen angelegt.

6.4 Auswertung

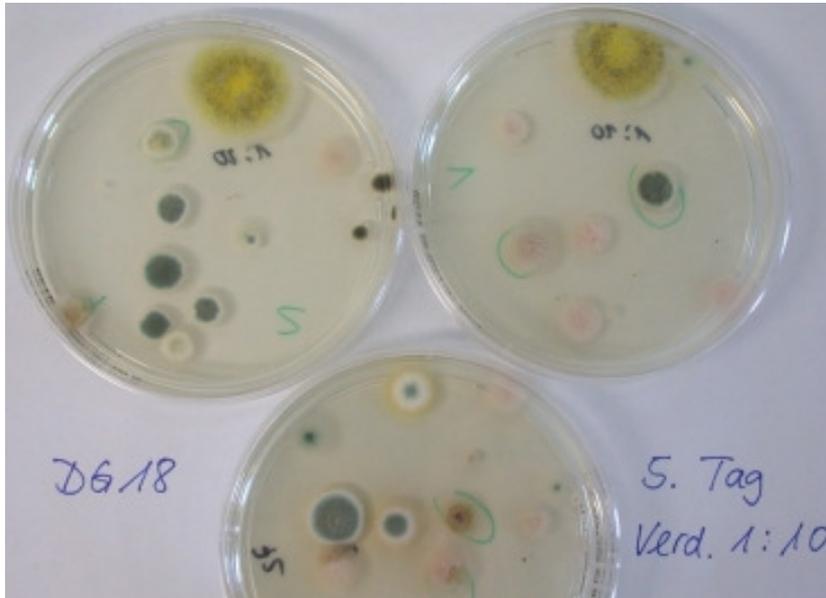
Nach der VDI-Richtlinie 4253 Blatt 2 werden die Kolonien visuell ausgezählt. Der optimale Auswertebereich einer üblichen Nährbodenplatte mit 85 mm Durchmesser beträgt 20 bis 100 Schimmelpilzkolonien. Entsprechend wurden die jeweiligen Verdünnungen zur Auszählung verwendet. Aus den Zählergebnissen der 3 Parallelschalen wird der Mittelwert \bar{x} gebildet. Dieser Mittelwert wird mit der Verdünnungsstufe d und dem Faktor D , der sich daraus ergibt, dass nur ein Teil der Suspension auf dem Nährboden ausgestrichen wird, multipliziert. Aus diesem Wert wird unter Bezug auf das beprobte Luftvolumen V (in m^3) die Schimmelpilzkonzentration in der Luft (als KBE/ m^3 , KBE = Koloniebildende Einheit) berechnet.

$$KBE / m^3 = \frac{\bar{x} \cdot d \cdot D}{V}$$

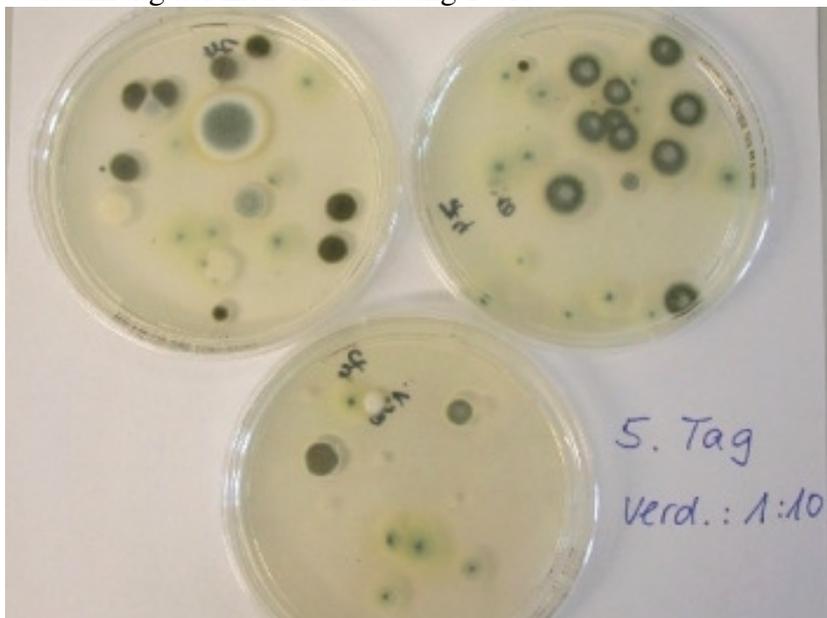
Die Probenserie wird nur ausgewertet, wenn nach Aufarbeitung der parallel genommenen Blindwertproben maximal zwei Kolonien bezogen auf 0,1 ml der Ausgangslösung auf einer der drei Platten nachgewiesen wurden.

Außer der rein quantitativen Auswertung werden die Koloniezahlen 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 (DG18) wachsen, werden die Zählungen auf Malzextraktagar für die Auswertung nach bestimmten Gattungen oder Spezies verwendet. Die Berechnung der KBE / m^3 für einzelne Gattungen geschieht in gleicher Weise wie für die Gesamt-Schimmelpilz-KBE / m^3 .

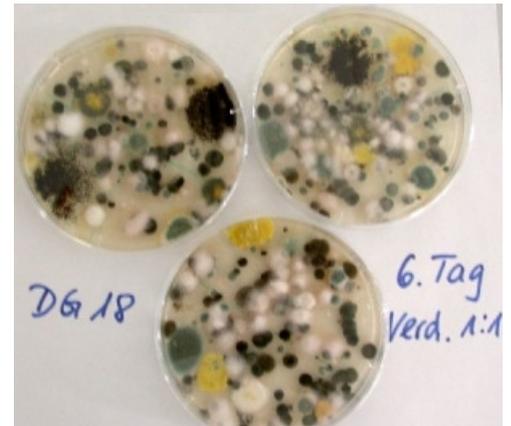
6.5 Darstellungen zum Schimmelpilzwachstum auf Kultur Nährböden



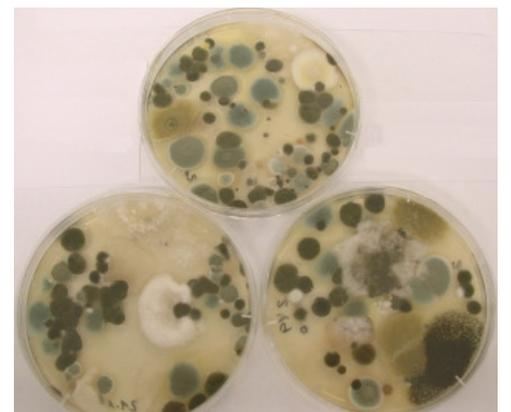
Kulturen auf DG18-Agar nach 5 Tagen Bebrütung bei 28 °C
 Probe vom Messort ländlich Jöhlingen, Frühjahrsmessungen
 Verdünnung der Extraktionslösung 1 : 10



Kulturen auf DG18-Agar nach 5 Tagen Bebrütung bei 28 °C
 Probe vom Messort Emittent Kompost, Frühjahrsmessungen
 Verdünnung der Extraktionslösung 1 : 10



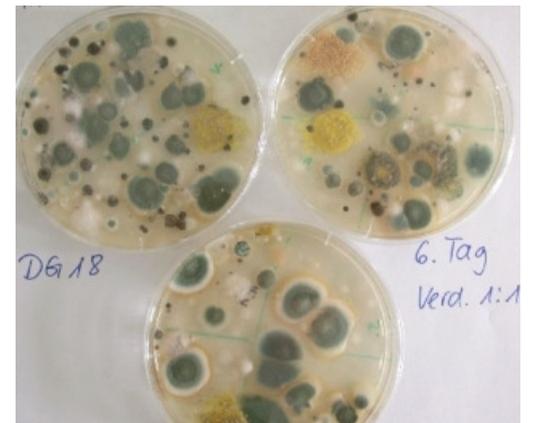
Verdünnung der
 Extraktionslösung 1 : 1



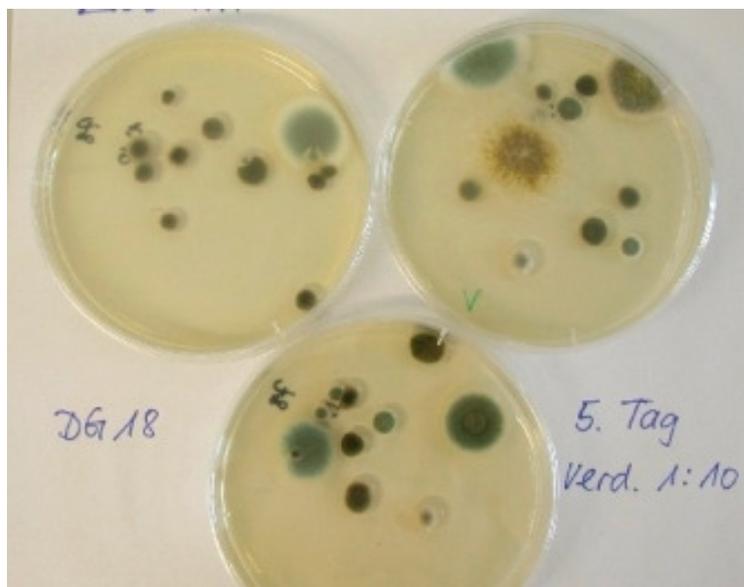
Verdünnung der
 Extraktionslösung 1 : 1



Kulturen auf DG18-Agar nach 5 Tagen Bebrütung bei 28 °C
 Probe vom Messort urban Straße,
 Frühjahrsmessungen. Verdünnung der Extraktionslösung 1 : 10



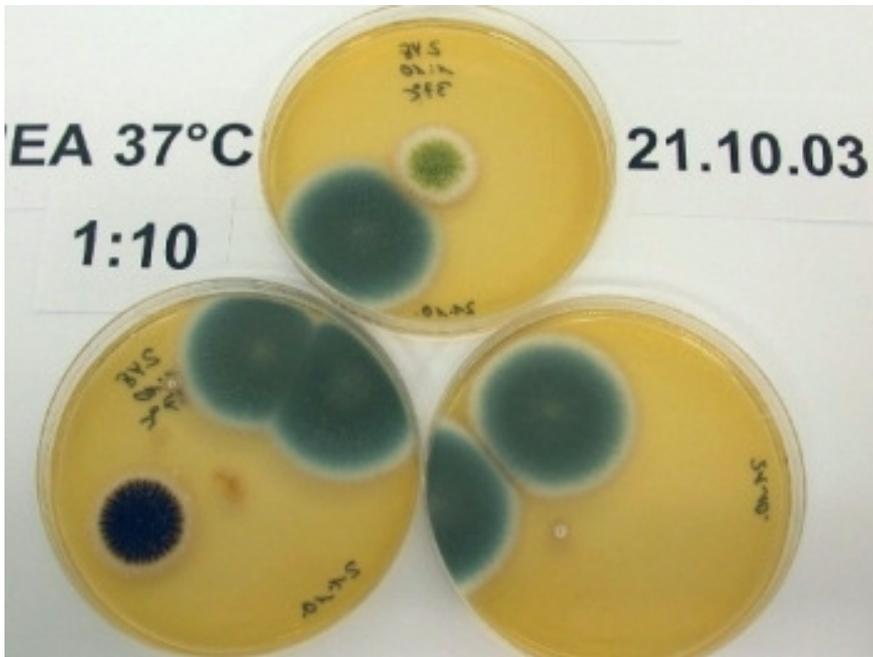
Verdünnung der
 Extraktionslösung 1 : 1



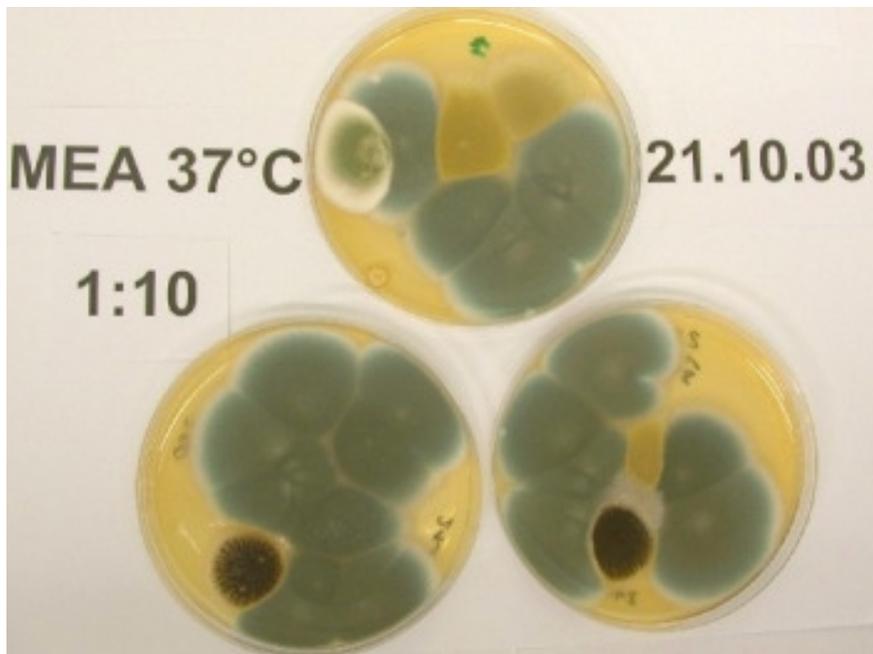
Kulturen auf DG18-Agar nach 5 Tagen Bebrütung bei 28 °C
 Probe vom Messort urban Zoo, Frühjahrsmessungen.
 Verdünnung der Extraktionslösung 1 : 10



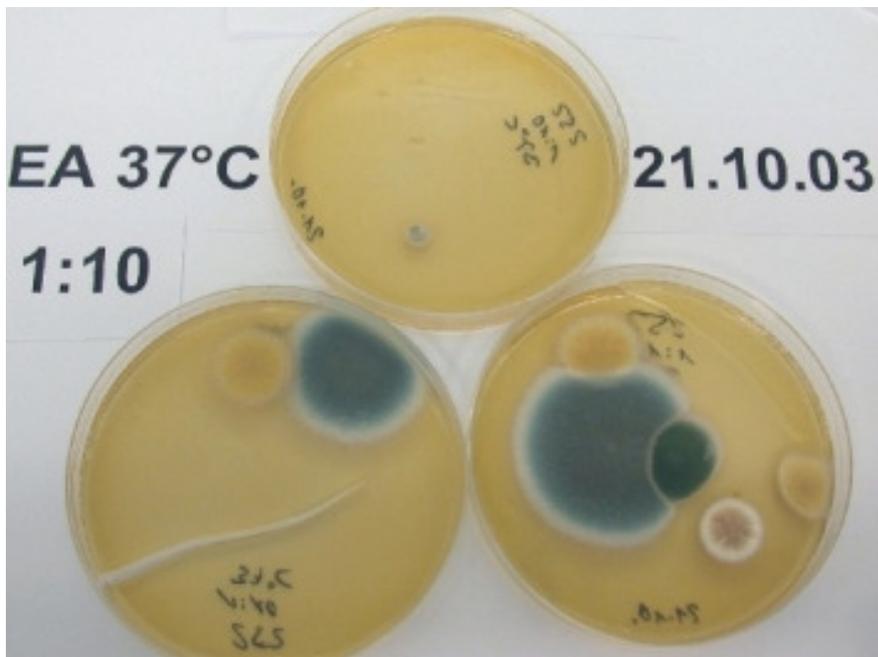
Verdünnung der
 Extraktionslösung 1 : 1



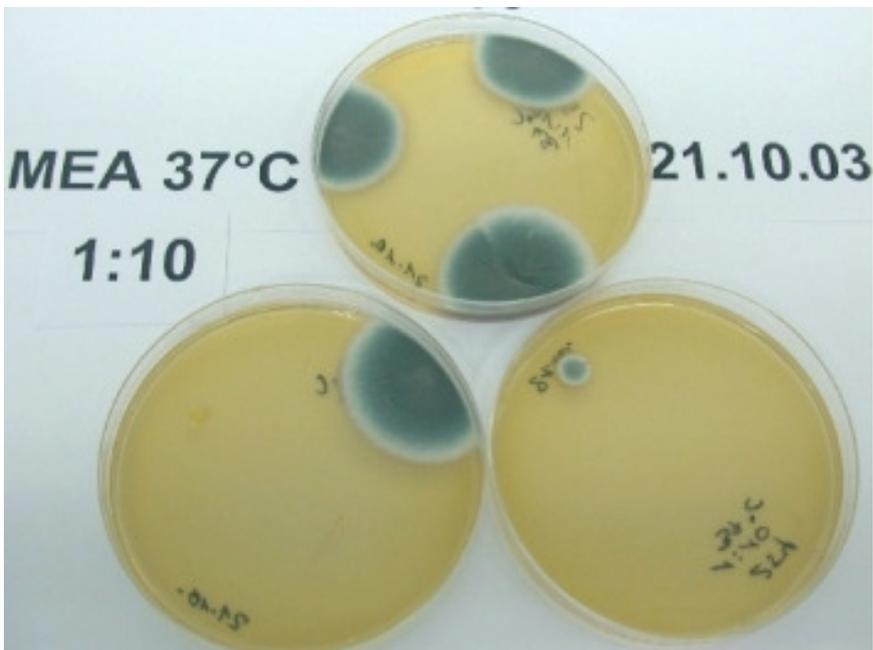
Kulturen auf Malzextrakt-Agar, Bebrütung bei 37 °C,
Messort ländlich, Herbstmessungen



Kulturen auf Malzextrakt-Agar, Bebrütung bei 37 °C,
Messort Emittent Kompost, Herbstmessungen



Kulturen auf Malzextrakt-Agar, Bebrütung bei 37 °C,
Messort urban Straße, Herbstmessungen



Kulturen auf Malzextrakt-Agar, Bebrütung bei 37 °C,
Messort urban Zoo, Herbstmessungen