


# Monitoring Bioaerosole 2009-2010

 Messungen an Abfallverwertungsanlagen




Baden-Württemberg



# Monitoring Bioaerosole

## 2009-2010

 Messungen an Abfallverwertungsanlagen

<b>BEARBEITUNG</b>	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Postfach 100163, 76231 Karlsruhe Referat 23 – Medienübergreifende Umweltbeobachtung, Klimawandel Dr. Irene Tesseraux
<b>AUFTRAGGEBER</b>	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM), Referat 43
<b>QUALITÄTS- SICHERUNG</b>	Das Mikrobiologische Labor für Bioaerosolanalytik 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
<b>STAND</b>	April 2011

Nachdruck - auch auszugsweise - ist nur mit Zustimmung der LUBW unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

<b>0</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>DURCHFÜHRUNG DER MESSUNGEN</b>	<b>8</b>
2.1	Messobjekte – Anlagen	8
2.2	Probenahme Schimmelpilze 6-Stundenmessungen	9
2.3	Probenahme Bioaerosole Kurzzeitmessungen	11
2.4	Aufarbeitung und Auswertung der Proben	14
<b>3</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>17</b>
3.1	KÜHL RECYCLING – ALTPAPIER: Bioaerosol-Konzentrationen in der Luft	17
3.2	VOLLMER HOLZRECYCLING: Bioaerosol-Konzentrationen in der Luft	22
3.3	GFA KUNSTSTOFF - ENTLADUNG: Bioaerosol-Konzentrationen in der Luft	28
<b>4</b>	<b>BEWERTUNG DER ERGEBNISSE</b>	<b>33</b>
4.1	Bewertungsgrundlagen	33
4.2	Diskussion und Bewertung der Messergebnisse	34
<b>5</b>	<b>QUELLENVERZEICHNIS</b>	<b>38</b>
<b>6</b>	<b>ANHANG</b>	<b>40</b>

# 0 Zusammenfassung

Die Expositionen gegenüber Bioaerosolen – luftgetragene Teilchen biologischer Herkunft – sowohl im Innenraum als auch im Außenbereich und deren Bewertung wird schon seit längerer Zeit als ein relevantes umweltmedizinisches aber auch methodisches Problem angesehen. Die im Sinne der Umwelt- und Ressourcenschonung erwünschten neuen Technologien im Bereich der Nutzung erneuerbarer Energien, der Abfallverwertung, Kompostierung und des Recycling, haben zu einer Vielzahl von betrieblichen Anlagen geführt, die Bioaerosole emittieren und nicht nur den Arbeitsplatz sondern auch die Umgebung belasten können. Voraussetzung zur Beurteilung von möglichen gesundheitlichen Risiken sind standardisierte Verfahren zur Erfassung von Bioaerosolen in der Luft. Daten und Informationen zu den Belastungen mit Bioaerosolen an solchen Anlagen liegen nur sehr wenige vor und konnten bislang auch nicht mit vergleichbaren standardisierten Verfahren durchgeführt werden.

Mit Messungen von Bioaerosolen in der Umgebungsluft von ausgewählten Abfallverwertungs-, bzw. Recyclinganlagen sollten erste Erkenntnisse über die Bioaerosolkonzentrationen außerhalb dieser Anlagen gewonnen werden. Insbesondere sollten Schimmelpilze erfasst und differenziert werden, um anlagenspezifische „Leitkeime“ und gesundheitlich relevante „Spezies“ ausfindig zu machen.

Es wurden drei unterschiedliche Messobjekte – Anlagen aus der Abfall- und Recyclingwirtschaft – ausgewählt (Altpapier Recycling, Holzrecycling, Kunststoff- Entladung). An allen drei Messstandorten wurden jeweils drei Messpunkte ausgewählt. Messpunkt 1 (MP1) wurde in kurzer Entfernung von der Anlage und in Windrichtung gelegt. Ein zweiter Messpunkt (MP2) wurde etwas weiter entfernt in Windrichtung gewählt. Ein dritter Messpunkt war jeweils eine Hintergrundmessung. An allen drei Messpunkten wurden sowohl Langzeitmessungen als auch Kurzzeitmessungen möglichst während staubintensiver Aktivitäten auf dem Anlagengelände durchgeführt.

Bewertet werden sollte, ob außerhalb der Anlagen ein spezifischer Umwelteinfluss, erkennbar an gegenüber dem Hintergrund erhöhten Konzentrationen an Gesamtschimmelpilzen, festzustellen ist. Insbesondere sollte darüber hinaus geprüft werden, ob anlagenspezifische, im Hintergrund nicht erhöht vorkommende „Leitkeime“ zu identifizieren sind.

Eine Belastung der Umgebungsluft des **Papierrecycling-Betriebes** war bei der hier durchgeführten Untersuchung und den dabei herrschenden Bedingungen nicht feststellbar. Mögliche Erklärungen könnten die Witterungsverhältnisse bei den Probenahmen wie schwacher Wind sein, aber auch, ein geringes Staubaufkommen bei den hier durchgeführten Tätigkeiten und die meist fast ganz geschlossenen Hallen. **Spezifische Leitkeime konnten an dieser Anlage nicht erkannt werden.**

Bei dem hier untersuchten **Holzrecycling-Betrieb** wurde festgestellt, dass bei geeigneten Windverhältnissen auch in größerer Entfernung (ca. 150 m) von diesem erhöhte Schimmelpilzbelastungen der Luft auftreten können, die deutlich über den Hintergrundkonzentrationen liegen, d. h. ein anlagenspezifischer Umwelteinfluss vorliegt. Gleiches zeigt sich für Feinstaub (PM10), der an diesem Messobjekt mit erfasst wurde. Die Feinstaubmessungen wurden vorgenommen, da es Beschwerden

von benachbarten Betrieben über starke Staubbelastungen und Ablagerungen von Staub gegeben hatte. Für den hier untersuchten Holzrecycling-Betrieb mit Abladen, Lagern und Schreddern von Altholz können als anlagentypische **Leitparameter Schimmelpilze der Gattung Penicillium** benannt werden. Etliche Spezies der Gattung Penicillium haben ein gesundheitsgefährdendes Potenzial. Somit ist die Gattung Penicillium ein gesundheitlich relevanter Leitparameter.

Die Untersuchungen an einem **Betrieb für Kunststoffentladung und -sortierung** ergaben, dass hier außerhalb des Anlagengeländes, aber in unmittelbarer Nähe, Schimmelpilzbelastungen der Luft auftreten können, d. h. ein anlagenspezifischer Umwelteinfluss vorliegt. Anwohner sind hier auch im weiteren Umkreis der Hauptwindrichtung nicht vorhanden. Weiterhin können für diesen Betrieb zur Kunststoffentladung und -sortierung als anlagentypische **Leitparameter Schimmelpilze der Gattung Penicillium und auch Aspergillus** benannt werden. Spezies der Gattungen Penicillium und auch Aspergillus haben ein gesundheitsgefährdendes Potenzial. Somit ist die Gattung Penicillium ein gesundheitlich relevanter Leitparameter. Auch bei Innenraumuntersuchungen gilt die Summe der Konzentrationen an Penicillium- und Aspergillusarten als Bewertungskriterium für eine Schimmelpilzquelle im Innenraum.

Für die zusätzlich bei den Kurzzeitmessungen erfassten Konzentrationen an **Gesamtbakterien bei 20°C und 36°C** ergaben sich nur für den **Betrieb für Kunststoffentladung und -sortierung** Hinweise, dass diese Parameter einen anlagenspezifischen Einfluss auf die Umwelt durch diesen Betrieb anzeigen können.

Die Untersuchungen an drei ausgewählten Anlagen aus der Branche der Abfall- und Recyclingwirtschaft zeigen, dass hier für zwei anlagenspezifische Leitparameter identifiziert werden konnten. Damit wird einerseits eine gezieltere Bewertung eines Anlageneinflusses möglich. Zum anderen können die Konzentrationen der Parameter Penicillium und Aspergillus auch unabhängig vom jeweils gemessenen Hintergrund bewertet werden, da die Konzentrationen dieser Schimmelpilze im Hintergrund jahreszeitlich kaum variieren. Angesichts der wachsenden Zahl unterschiedlichster Betriebe in der Abfallverwertung und des Recycling sowie im Bereich der Nutzung erneuerbarer Energien stellen diese Untersuchungen einen Anfang dar, um Bioaerosole in der Umgebung besser bewerten zu können.

# 1 Einleitung

## Hintergrund

Die Expositionen gegenüber Bioaerosolen – luftgetragene Teilchen biologischer Herkunft – sowohl im Innenraum als auch im Außenbereich und deren Bewertung wird schon seit längerer Zeit als ein relevantes umweltmedizinisches aber auch methodisches Problem angesehen. Schimmelpilze, Bakterien und ihre Bestandteile haben ein Größenspektrum von kleiner 1 µm bis ca. 10 µm im Durchmesser und sind damit Teil des Feinstaubes (PM10) und somit atembar. Durch arbeitsmedizinische Untersuchungen ist gut belegt, dass eine berufsbedingte Exposition gegenüber z. T. hohen Konzentrationen an Bioaerosolen (Bakterien, Pilze, Endotoxine) zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen wie Atemwegserkrankungen und Allergien führen kann.

Voraussetzung zur Beurteilung von möglichen gesundheitlichen Risiken sind standardisierte Verfahren zur Erfassung von Bioaerosolen in der Luft. Schimmelpilze und auch Bakterien sind daher, nunmehr schon seit einigen Jahren Gegenstand der Entwicklung und Standardisierung von Messtechnik im VDI. Das standardisierte Probenahmeverfahren für Schimmelpilze (VDI 4252 Blatt 2, 2004) basiert auf der Filtersammel-Technik, die auch beim Feinstaub angewendet wird.

Die im Sinne der Umwelt- und Ressourcenschonung erwünschten neuen Technologien im Bereich der Nutzung erneuerbarer Energien, der Abfallverwertung, Kompostierung und des Recycling, haben zu einer Vielzahl von betrieblichen Anlagen geführt, die Bioaerosole emittieren und nicht nur den Arbeitsplatz sondern auch die Umgebung belasten können. Bisher wurden nur an Kompostierungsanlagen einige wenige Messdaten zu Bioaerosolen und anlagentypischen Messparametern wie *Asperillus fumigatus* und deren Reichweite in der Umgebungsluft erhoben, die in Einzelfällen über 500 m betragen konnte (Tesseraux, 2006).

Bei verschiedenen Bioaerosol emittierenden Anlagen hat es Anwohnerbeschwerden vor allem auf Grund von Gerüchen, aber auch wegen Befürchtungen bezüglich gesundheitlicher Beeinträchtigungen, insbesondere Allergien gegeben. Beispielsweise gab es Ende des Jahres 2008 eine Anfrage zu Bioaerosolmessungen aus dem Grünflächen- und Umweltamt der Stadt Aalen wegen derartiger Beschwerden im Einflussbereich eines Holzrecycling und Holzhackschnitzel-hersteller-Betriebes.

Daten und Informationen zu den Belastungen mit Bioaerosolen an solchen Anlagen liegen bislang nur sehr wenige vor und konnten bis zum Vorliegen der VDI-Verfahren auch nicht mit vergleichbaren standardisierten Verfahren durchgeführt werden. Solche Verfahren liegen nun (durch maßgebliche Beteiligung der LUBW) vor. Insbesondere sind dies Richtlinien zur Probenahme und Analyse von Schimmelpilzen (VDI 4252 Blatt 2 und 4253 Blatt 2 von 2004) und Probenahme- und Analyseverfahren für die Messung der Bakterienkonzentration in der Immission (VDI-Richtlinien 4252 Blatt 3 und 4253 Blatt 3 von 2008) sowie zur Planung von anlagenbezogenen Messungen (VDI 4251 Blatt 1 von 2007).

## Ziel der Untersuchung

Mit Messungen von Bioaerosolen in der Umgebungsluft von ausgewählten Abfallverwertungs-, bzw. Recyclinganlagen sollten erste Erkenntnisse über die Bioaerosolkonzentrationen außerhalb dieser Anlagen gewonnen werden. Insbesondere sollten Schimmelpilze erfasst und differenziert werden, um anlagenspezifische „Leitkeime“ und gesundheitlich relevante „Spezies“ ausfindig zu machen. In einigen VDI-Richtlinien – so z.B. in der VDI 4251 Blatt 1 wird im Anhang A eine Übersicht über Anlagenarten und Messparameter gegeben. Als obligate Messparameter, die gemes-



sen werden müssen, werden für alle Anlagenarten die Gesamtbakterienzahl und die Gesamtpilzzahl genannt. Für einige wenige Anlagenarten werden zusätzlich obligate Leitparameter genannt wie z. B. für Kompostierungsanlagen thermophile Actinomyceten, thermophile Pilze und *Aspergillus fumigatus*. Solche Leitparameter erleichtern die Bewertung eines Anlageneinflusses (VDI 4250, 2009-E), da es sich hier um Spezies, Gattungen oder Gruppen handelt, die in der Außenluft geringen jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen sind und damit ein Vergleich der anlagenbeeinflussten Werte mit einem allgemeinen Hintergrund möglich ist.

Die hier durchgeführten Messungen dienten zum einen der Erprobung und Validierung der VDI - Verfahren und sollten darüber hinaus konkrete Hinweise und Hilfestellungen für die Genehmigung und Überwachung solcher Bioaerosol emittierenden Anlagen liefern.

### **Messobjekte**

In der Pilotphase (im ersten Jahr – Beginn 2009) sollten Anlagenstandorte in Nahbereich von Karlsruhe gesucht werden. Die Auswahl der Standorte sollte sich an der Logistik wie Energieversorgung für die Messgeräte, Erreichbarkeit etc. orientieren. Ein entscheidender Faktor war auch die Kooperationsbereitschaft der Anlagenbetreiber. So konnten drei Anlagen ausgewählt werden, eine aus dem Bereich Altpapierverwertung, eine zweite aus der Holzverwertung und eine dritte aus dem Bereich Kunststoff-Entladung und Sortierung.

### **Planung und Zeitumfang der Messungen**

Die Messplanungen zur Ausbreitung der Bioaerosole von der Quelle wurden in Anlehnung an VDI 4251 Blatt 1, 2007 mit Messdauern über mehrere Stunden (4 - 6 Stunden nach VDI 4252 Blatt 2, 2004) durchgeführt. Diese Messungen werden im Folgenden als „6-Stundenmessungen“ (Langzeitmessungen) bezeichnet. An jedem Messobjekt sollten an vier bis fünf Tagen mit 6-Stundenmessungen an allen 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) der Anlage (Hintergrund) zeitgleich durchgeführt. Die Auswahl der Messpunkte erfolgte im Vorfeld vor Ort und nach räumlichen Gegebenheiten, Stromversorgung, und unter Berücksichtigung der Hauptwindrichtung. Die Messstage wurden nach aktuellem Wetterbericht und Vorhersage der Windrichtung kurzfristig festgelegt.

Außerdem sollten an jedem Messstandort Kurzzeitmessungen (1-Minuten-Messungen) möglichst während stauberzeugender Aktivitäten an allen Messpunkten aufeinanderfolgend durchgeführt werden.

### **Messparameter**

Messparameter waren Gesamtschimmelpilze bei 25°C, Differenzierung nach wesentlichen Gattungen und Spezies (insbesondere *Aspergillus*, *Penicillium*) und Quantifizierung. Ergebnisangaben erfolgten jeweils in KBE/m<sup>3</sup> (Koloniebildende Einheiten). Bei den Kurzzeitmessungen wurden außerdem Gesamtbakterien bei 22 ± 2°C und bei 36 ± 2°C gemessen.

Zusätzlich wurde an einer Anlage die Feinstaubkonzentration (PM10/m<sup>3</sup>) parallel zu den Langzeitmessungen über 4 - 6 Stunden erfasst.

Zu Beginn und am Ende jeder Probenahme wurden die Temperatur und die relative Luftfeuchte gemessen und die Witterungsverhältnisse dokumentiert.

# 2 Durchführung der Messungen

## 2.1 MESSOBJEKTE – ANLAGEN

Es wurden drei unterschiedliche Messobjekte, Anlagen aus der Abfall- und Recyclingwirtschaft, ausgewählt.

In Anlehnung an VDI 4251 Blatt 1, 2007 wurden an allen drei Messstandorten jeweils drei Messpunkte ausgewählt. Messpunkt 1 (MP1) wurde in kurzer Entfernung von der Anlage und in Windrichtung gelegt. Ein zweiter Messpunkt (MP2) wurde etwas weiter entfernt in Windrichtung gewählt. Ein dritter Messpunkt war jeweils eine Hintergrundmessung (HG) in Luv zur Anlage, möglichst ohne Beeinträchtigung z.B. durch Vegetation, frei von Luft anströmbar und ohne Einfluss von anderen Bioaerosolquellen. Die Positionierung der Messpunkte musste dabei im Einzelfall an die aktuellen Windverhältnisse angepasst werden.

An allen drei Messpunkten wurden sowohl Langzeitmessungen als auch Kurzzeitmessungen möglichst während staubintensiver Aktivitäten auf dem Anlagengelände durchgeführt.

### Messobjekte - Anlagen

1. KÜHL RECYCLING – ALTPAPIER. Fa. Kühl Entsorgung und Recycling – Papierrecycling, Zeppelinstraße 14, 76185 Karlsruhe
2. VOLLMER HOLZRECYCLING. Fa. Vollmer Entsorgung – Holzrecycling, Mergelgrube 21, 766646 Bruchsal
3. GFA KUNSTSTOFF – ENTLADUNG. GfA, Gesellschaft für Abfallwirtschaft – Kunststoffentladung /-sortierung, Lußhardtstraße 11, 76646 Bruchsal

Am Messobjekt KÜHL RECYCLING – ALTPAPIER lag der Messpunkt 1 (nah) ca. 40 – 70 m, der Messpunkt 2 (fern) ca. 100 – 130 m von der Quelle/den Quellen entfernt. Der Hintergrundmesspunkt lag ca. 150 m im Luv der Anlage getrennt durch Bahnschienen auf einem Rasenstück am Rande der Straße.

Am Messobjekt VOLLMER HOLZRECYCLING lag der Messpunkt 1 (nah) ca. 10 m entfernt von der Anlage. Wegen des hohen Bretterzaunes der Anlage auf dieser Seite wurden die Messgeräte auf einem Container in etwa 3 m Höhe (Höhe der Probenahmeköpfe) aufgestellt. Der 2. Messpunkt wurde in ca. 150 m Entfernung in Hauptwindrichtung gewählt. Sowohl am Messpunkt 1 (Bettenhaus) als auch am Messpunkt 2 (Autohaus) wurde über starke Staubbelastung geklagt. Der Hintergrundmesspunkt lag in ca. 40 m Entfernung an einem Privathaus. Am 4. Messtag (21.10.2010) wurde wegen geänderter Windrichtung der Messpunkt 2 zum Hintergrundmesspunkt, als neuer Messpunkt 2 wurde an diesem Tag der Rand eines Parkplatzes auf der der Anlage gegenüberliegenden Straßenseite in ca. 20 m Entfernung gewählt.

Am Messobjekt GFA KUNSTSTOFF – ENTLADUNG wurde der Messpunkt 1 direkt am Zaun der Anlage in Höhe der LKW-Einfahrt zur Entladung und der Messpunkt 2 in ca. 10 m Entfernung auf der Anlage gegenüberliegenden Straßenseite auf dem Parkstreifen gewählt. Der Hintergrundmesspunkt hier lag in Luv der Anlage am rückwärtigen geschlossenen Tor an dem keine LKW-

Anlieferungen erfolgen. Der Messpunkt war von der Anlage abgeschirmt durch ein teilweise abgebranntes Gebäude auf dem Gelände.

Abbildungen zu den Messpunkten an allen drei Messobjekten finden sich im Anhang.

## 2.2 PROBENAHE SCHIMMELPILZE 6-STUNDENMESSUNGEN

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 ca. 4 - 6 Stunden gewählt. Eine Hintergrundprobe wurde an jedem Messstandort und an allen 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 Messobjekte wiedergegeben.

**Tabelle 1: Probenbeschreibung der 6-Stundenmessungen und Bedingungen während der Probenahme KÜHL RECYCLING – ALTPAPIER.** Temp. = Temperatur; Rel. F. = relative Luftfeuchtigkeit; MP = Messpunkt

Mess-tag	Probe-nahmeort	Proben-nummer	Mess-beginn	Temp. [°C]	Rel. F. [%]	Wind*/ Wetter	Bemerkungen
30.09.09							
	Hintergrund	90082, 90087	ca. 9:00	16-19	71	0,4-1,1 m/s SW über SO bis SW / bewölkt	
	MP 1, nah	90084, 90086					
	MP 2, fern	90083, 90085					
07.10.09							
	Hintergrund	90099, 90100	ca. 9:00	18-27	47-79	0,8-1,8 m/s aus SW / Nacht zuvor Regen	Am MP1 Be- und Entladeverkehr vor den Probenahmege-räten
	MP 1, nah	90103, 90104					
	MP 2, fern	90101, 90102					
21.10.09							
	Hintergrund	90125, 90126	ca. 9:00	6,5-9,0	59-72	2,0-3,6 m/s aus NO / stark bewölkt	
	MP 1, nah	90129, 90130					
	MP 2, fern	90127, 90128					
28.10.09							
	Hintergrund	90143, 90144	ca. 9:00	6,5-8,3	76-87	1,0-1,5 m/s über-wiegend SW / neblig, wolkig mit Aufheiterungen	
	MP 1, nah	90147, 90148					
	MP 2, fern	90145, 90146					

\* Windgeschwindigkeit und -richtung nach Messstation Karlsruhe-Nordwest

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

Mess-tag	Probenahmeort	Probennummer	Messbeginn	Temp. [°C]	Rel. F. [%]	Wind* / Wetter	Bemerkungen
08.06.10							
	Hintergrund	10073,10074	ca. 10:30	25-27	42-46	1,6-5,2 m/s aus SW / schwach windig bis böig	
	Hintergrund-PM10	MKB 3					
	MP 1, nah	10075,10076					
	MP 1, nah-PM10	MKB 1					
	MP 2, fern	10077,10078					
	MP 2, fern-PM10	MKB 2					
09.06.10							
	Hintergrund	10087,10088	ca. 10:00	27-28	50-51	1,7-2,6 m/s aus NO / bewölkt, gelegentlich Sonne, schwül	
	Hintergrund-PM10	MKB 4					
	MP 1, nah	10089, 10090					
	MP 1, nah-PM10	MKB 5					
	MP 2, fern	10091, 10092					
	MP 2, fern-PM10	MKB 6					
10.06.10							
	Hintergrund	10101, 10102	ca. 10:00	24-26	58-68	2,6-4,0 m/s aus NO / schwül, leicht bewölkt bis sonnig	
	Hintergrund-PM10	MKB 7					
	MP 1, nah	10103, 10104					
	MP 1, nah-PM10	MKB 8					
	MP 2, fern	10105, 10106					
	MP 2, fern-PM10	MKB 9					
21.06.10							
	Hintergrund	10119, 10120	ca. 10:00	14-18	53-66	2,4-3,8 m/s aus NW bis N / trocken, leicht bewölkt	Geänderter Hintergrundmesspunkt wegen Nordwind (am Autohaus) Geänderter Messpunkt 2 wegen Nordwind (Parkplatz Aldi)
	Hintergrund-PM10	MKB 12					
	MP 1, nah	10117, 10118					
	MP 1, nah-PM10	MKB 11					
	MP 2, fern	10115, 10116					
	MP 2, fern-PM10	MKB 10					
01.07.10							
	Hintergrund	10131, 10132	ca. 9:00	25-29	42-57	1,0-2,6 m/s aus SW bis W / trocken	
	Hintergrund-PM10	-**					
	MP 1, nah	10133, 10134					
	MP 1, nah-PM10	MKB 14					
	MP 2, fern	10129, 10130					
	MP 2, fern-PM10	MKB 13					

\* Windgeschwindigkeit und -richtung nach Messstation Karlsruhe-Eggenstein; \*\* kein Messwert

**Tabelle 3: Probenbeschreibung der 6-Stundenmessungen und Bedingungen während der Probenahme GFA KUNSTSTOFF – ENTLADUNG .** Temp. = Temperatur; Rel. F. = relative Luftfeuchtigkeit; MP = Messpunkt; HG = Hintergrund

Mess-tag	Probe-nahmeort	Proben-nummer	Mess-beginn	Temp. [°C]	Rel. F. [%]	Wind* / Wetter	Bemerkungen
20.09.10							
	Hintergrund	10165, 10166	ca. 10:00	14	66	1,6-3,1 m/s aus SW / trocken	Am HG-Messpunkt gegen Messende Abbrissarbeiten in der Nähe
	MP 1, nah	10163, 10164					
	MP 2, fern	10161, 10162					
23.09.10							
	Hintergrund	10172, 10173	ca. 9:30	16-26	47-74	0,7-2,2 m/s aus SW / trocken	HG-Messpunkt auf gegenüberliegende Straßenseite verlegt wegen Abbrucharbeiten. Am Morgen vor der Messung laut GfA-Mitarbeiter starker Güllegeruch, am Nachmittag deutlicher Geruch aus der Anlage
	MP 1, nah	10174, 10175					
	MP 2, fern	10176, 10177					
19.10.10							
	Hintergrund	10188, 10189	ca. 9:30	7	71	3,9-8,3 m/s aus SSW / stark bewölkt	
	MP 1, nah	10190, 10191					
	MP 2, fern	10192, 10193					
03.11.10							
	Hintergrund	10232, 10233	ca. 10:00	14-17	57-66	5,4-7,0 m/s aus SW / leicht bewölkt, mild	
	MP 1, nah	10228, 10229					
	MP 2, fern	10230, 10231					

\* Windgeschwindigkeit und -richtung nach Messstation Karlsruhe-Eggenstein

### 2.3 PROBENAHEME BIOAEROSOLE KURZZEITMESSUNGEN

Die Kurzzeitmessungen 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 Kurzzeitmessungen wurden an allen drei Messobjekten an allen Messtagen, möglichst während stauberzeugender Tätigkeiten auf der Anlage, meist zweimal vorgenommen. Je Nährboden wurden 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 Gesamtbakterien (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 Probennahme für die drei Messobjekte wiedergegeben.

**Tabelle 4: Probenbeschreibung der Kurzzeitmessungen und Bedingungen während der Probenahme. KÜHL RECYCLING – ALTPAPIER.** Temp. = Temperatur; Rel. F. = relative Luftfeuchtigkeit; MP = Messpunkt

Messtag	Probenahmeort	Probennummer	Messzeit	Temp. [°C]	Rel. F. [%]	Wetter / Bemerkungen*
30.09.09						
	Hintergrund	90089	10:00	17	71	Schwacher Wind (0,5 m/s aus SW**); LKW-Verkehr
	MP 1, nah	90091	10:45	17	71	
	MP 2, fern	90090	10:30	17	71	
	Hintergrund	90092	14:30	19	68	Windstill, bewölkt (0,9 m/s aus NW**); LKW-Verkehr
	MP 1, nah	90094	14:00	20	60	
	MP 2, fern	90093	13:40	20	60	
07.10.09						
	Hintergrund	90106	9:30	18	79	Windstill, trocken (1,5 m/s aus SW**); LKW-Verkehr
	MP 1, nah	90110	9:00	19	78	
	MP 2, fern	90108	9:45	19	78	
	Hintergrund	90107	15:00	27	47	Leichter Wind (1,6 m/s aus SW**), sonnig; LKW-Verkehr
	MP 1, nah	90111	14:45	27	47	
	MP 2, fern	90109	14:15	27	47	
21.10.09						
	Hintergrund	90132	10:10	6,5	72	Schwach windig (2,6 m/s aus NO**); LKW-Verkehr
	MP 1, nah	90136	9:30	7,5	65	
	MP 2, fern	90134	9:15	9	59	
	Hintergrund	90133	14:25	14	52	leicht windig (3,0 m/s aus NO**), sonnig, LKW-Verkehr; LKW-Verkehr
	MP 1, nah	90137	14:00	16	44	
	MP 2, fern	90135	13:45	15	45	
28.10.09						
	Hintergrund	90150	10:20	8	87	Fast windstill (1,5 m/s aus SW**), neblig; LKW-Verkehr
	MP 1, nah	90154	9:30	7	76	
	MP 2, fern	90152	9:00	6	76	
	Hintergrund	90151	15:40	14	70	Fast windstill (1,0 m/s aus NW**), bewölkt zwischendurch sonnig; LKW-Verkehr
	MP 1, nah	90155	15:10	13	65	
	MP 2, fern	90153	14:45	13	64	

\*Staub erzeugende Aktivitäten konnten von außerhalb der oft nur wenig geöffneten Hallen nicht beobachtet werden; \*\* Windgeschwindigkeit und -richtung nach Messstation Karlsruhe-Nordwest

**Tabelle 5: Probenbeschreibung der Kurzzeitmessungen und Bedingungen während der Probenahme VOLLMER HOLZRECYCLING.** Temp. = Temperatur; Rel. F. = relative Luftfeuchtigkeit; MP = Messpunkt

Messtag	Probenahmeort	Probennummer	Messzeit	Temp. [°C]	Rel. F. [%]	Wetter / Bemerkungen
08.06.10						
	Hintergrund	10082	13:00	26	43	Leicht windig, böig (3,8 m/s aus SW*); Schredderaktivität nicht erkennbar
	MP 1, nah	10081	12:30	28	37	
	MP 2, fern	10080	11:45	25	46	
	Hintergrund	10083	16:20	27,5	42	Bewölkt (Wind 1,9 m/s aus SW*); Nur Hintergrundmessung
	MP 1, nah	-				
	MP 2, fern	-				
09.06.10						
	Hintergrund	10096	11:45	32	40	Wind leicht bis mäßig (2,6 m/s aus NO*); Pappelfollenflug; Bagger auf dem Gelände nicht in Betrieb, keine Maschinen Geräusche
	MP 1, nah	10095	11:15	30	42	
	MP 2, fern	10094	10:45	28	49	
	Hintergrund	10097	14:30	29	44	Leichter Wind (2,5 m/s aus NO*), bewölkt, Sonne kommt ab und zu durch; Messung am MP1 unten nicht auf Container
	MP 1, nah	10098	15:00	29	40	
	MP 2, fern	10099	15:40	32	40	
10.06.10						
	Hintergrund	10110	11:30	33	39	Wind wechselhaft (3,0 m/s NO*); Messung MP1 Polypgreifer in Betrieb, keine Aktivität bei Messung MP2
	MP 1, nah	10109	11:10	27	57	
	MP 2, fern	10108	10:40	25	69	
	Hintergrund	10113	14:00	34	33	Wind aus Richtung Quelle (4,0 m/s aus NO*); während Messung MP1 Polypgreifer in Betrieb
	MP 1, nah	10111	13:00	34	30	
	MP 2, fern	10112	13:30	29	60	
21.06.10						
	Hintergrund	10122	10:50	14-16	60-66	Leichter Wind (2,5 m/s aus NW*) daher HG am Autohaus und MP2 auf Aldi-Parkplatz; an MP1 Geruch nach Spanplatten
	MP 1, nah	10124	12:00	17	54	
	MP 2, fern	10123	11:30	18	53,5	
	Hintergrund	10125	13:45	17	53	Wegen Wind aus N bis NO (2,5 m/s aus N*) HG am Autohaus und MP2 Aldi-Parkplatz; keine hörbare Aktivität bei MP1-Messung
	MP 1, nah	10127	14:40	18	50	
	MP 2, fern	10126	14:10	19	50	
01.07.10						
	Hintergrund	10138	12:20	32	34	Sonnig, sehr heiß, schwachwindig (2,0 m/s aus W*); Messung MP1 Schredder nicht in Betrieb, aber Verladetätigkeit
	MP 1, nah	10136	11:00	30	42	
	MP 2, fern	10137	11:45	32	34	
	Hintergrund	10141	15:30	33	29	Wind schwach bis windstill (2,2 m/s aus W*), sonnig; bei MP1 Messung Schredder in Betrieb
	MP 1, nah	10140	14:30	33	29	
	MP 2, fern	10139	13:50	32	33	

\* Windgeschwindigkeit und -richtung nach Messstation Karlsruhe-Eggenstein

**Tabelle 6: Probenbeschreibung der Kurzzeitmessungen und Bedingungen während der Probenahme - GFA KUNSTSTOFF – ENTLADUNG:** Temp. = Temperatur; Rel. F. = relative Luftfeuchtigkeit; MP = Messpunkt

Messtag	Probenahmeort	Probennummer	Messzeit	Temp. [°C]	Rel. F. [%]	Wetter / Bemerkungen
20.09.10						
	Hintergrund	10170	11:10	20	45	Wind (2,5 m/s aus SW*); HG: in der Sonne, MP1 und MP2 durch mehrere LKW abgedeckt, Entladung, kleine Partikel in der Luft
	MP 1, nah	10168	10:30	16	56	
	MP 2, fern	10169	10:50	20	49	
23.09.10						
	Hintergrund	10181	11:10	20	62	Wind dreht vorübergehend von SW auf NO (1,7 m/s aus SW*); HG: Gülle-/Kompostgeruch,; MP1 und MP2: einige LKW-Entladungen, Geruch kommt auf aus der Anlage
	MP 1, nah	10179	10:30	18	67	
	MP 2, fern	10180	10:50	23	56	
19.10.10						
	Hintergrund	10197	11:25	8	72	windig (6,0 m/s aus SW*), stark bewölkt, trocken; HG: riecht nach Kläranlage; MP1: Anlieferungen, leichtes Nieseln während der Messung
	MP 1, nah	10196	10:50	8	72	
	MP 2, fern	10195	9:45	7	68	
03.11.10						
	Hintergrund	10235	10:15	14	68	Wind z.T. böig (6,1 m/s aus SW*), Wolken mit Sonne; HG: kein Geruch aus Klärgrube; MP1 LKW-Anlieferung häufig, deutlicher Geruch, vor der Anlage geparkte Autos haben Staubbelag
	MP 1, nah	10236	10:40	15	67	
	MP 2, fern	10237	11:05	17	59	

\* Windgeschwindigkeit und -richtung nach Messstation Karlsruhe-Eggenstein

## 2.4 AUFARBEITUNG UND AUSWERTUNG DER PROBEN

Die Proben wurden unmittelbar nach Beendigung der Probenahme an jedem Tag gekühlt ins Labor transportiert. Dort erfolgte am nächsten Tag 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-Agar und MEA (Malzextrakt-Agar) verwendet. Die Bebrü-



tungstemperatur betrug 25°C für mesophile Schimmelpilze. Die Auszählung und Überprüfung der Kulturen erfolgt erstmalig nach 48 Stunden und letztmalig nach 7 Tagen Bebrütungsdauer.

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-Agar (DG18-Agar) wachsen, werden die Zählungen auf Malzextrakt-Agar (MEA) für die Auswertung nach bestimmten Gattungen oder Spezies verwendet. Die Berechnung der KBE/m<sup>3</sup> für einzelne Gattungen geschieht in gleicher Weise wie für die Gesamtschimmelpilz KBE/m<sup>3</sup>. 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 Anhang 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 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 10 ml Extraktionslösung) – Konzentrationen von 6 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 mindestens 7 bis 10 KBE auf einer Platte vorhanden sein, um eine sinnvolle quantitative Auswertung vorzunehmen. Daraus ergibt sich eine Bestimmungsgrenze (Angabenschwellenwert) von 40 KBE/m<sup>3</sup> bis 60 KBE/m<sup>3</sup> bei der hier gewählten Probenahmezeit.

### **6-Stunden-Probenahme auf Filtern – PM10-Bestimmung**

Die beaufschlagten Filter für die gravimetrische PM10-Bestimmung wurden ins Staublabor der LUBW gebracht und dort gemessen nach den Verfahren für diskontinuierliche gravimetrische Staubmessungen mit Kleinfiltergeräten (VDI 2463 Blätter 7 und 8, 1982).

### **Kurzzeitmessungen 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 m<sup>3</sup> Luft beaufschlagt wurden. Die gezählten Kolonien wurden addiert und auf m<sup>3</sup> umgerechnet. Die Berechnung der KBE/m<sup>3</sup> (KBE = koloniebildende Einheit) für einzelne Gattungen geschieht in gleicher Weise wie für die Gesamtschimmelpilz KBE/m<sup>3</sup>, ebenso die Auswertung für Gesamtbakterien.

### **Bestimmungsgrenze**

Bei Probenahme mit einem Luftvolumen von 0,1 m<sup>3</sup> ergibt sich eine theoretische Bestimmungsgrenze von 10 KBE/m<sup>3</sup> (1 KBE/Platte) bis  $1 \times 10^2$  KBE/m<sup>3</sup> (10 KBE/Platte). Als Angabenschwellenwert wird hier für 5 pro Platte gezählte KBE  $0,5 \times 10^2$  KBE/m<sup>3</sup> angegeben. Eine obere Bestimmungsgrenze ist dadurch gegeben, dass keine Aufarbeitung der Proben erfolgt und damit keine Verdünnungsmöglichkeit gegeben ist. Maximal können ca. 2 bis  $5 \times 10^3$  KBE/m<sup>3</sup> (bis 500 KBE/Platte, wenn überwiegend kleine Kolonien wie Hefen) nachgewiesen werden.

# 3 Ergebnisse

## 3.1 KÜHL RECYCLING – ALTPAPIER: BIOAEROSOL-KONZENTRATIONEN IN DER LUFT

In der Tabelle 7 sind die Ergebnisse der Schimmelpilzmessungen über 6 Stunden am Messobjekt KÜHL RECYCLING – ALTPAPIER zusammengefasst – Gesamtschimmelpilzkonzentrationen sowie der Konzentrationen der wichtigsten Gattungen *Aspergillus*, *Cladosporium* und *Penicillium* sowie einiger weiterer Gattungen, sofern sie über der Bestimmungsgrenze lagen. Die Auswertungen wurden auf beiden Nährböden (DG18 und MEA) vorgenommen. 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 hier gemessenen Werte zeigen, dass es eine gute Übereinstimmung bei Konzentrationen auf beiden Nährböden gab, insbesondere für die hier besonders relevanten Gattungen wie *Aspergillus* und *Penicillium* sowie für die hintergrundtypischen Cladosporien. Für die Darstellung der Ergebnisse werden daher nur die Konzentrationsberechnungen auf dem Zähl-Agar DG18 gezeigt (siehe Kap. Diskussion und Bewertung). Messausfälle gab es keine, alle Proben konnten ausgewertet werden. Die während der Messungen an jedem Messtag genommenen Blindwerte ergaben keine KBE in 0,1 ml der unbeaufschlagten Filter-Extraktionslösung.

Die Ergebnisse der Kurzzeitmessungen für Schimmelpilze und Bakterien sowie auch der Langzeitmessungen sind tabellarisch im Anhang aufgeführt.

Am Messobjekt KÜHL RECYCLING – ALTPAPIER wurden an den Messtagen 30.09.09 und 07.10.09 an den Hintergrundmessorten höhere Gesamtschimmelpilzkonzentrationen gemessen als an den Messpunkten 1 und 2. Es konnten aber an den Messpunkten 1 und 2 keine gegenüber dem Hintergrund erhöhten Konzentrationen an Schimmelpilzen der Gattungen *Aspergillus* oder *Penicillium* festgestellt werden. Auch bei den Kurzzeitmessungen war dies nicht der Fall. Es herrschte an allen Messtagen nur schwacher Wind (siehe Tabelle 1).

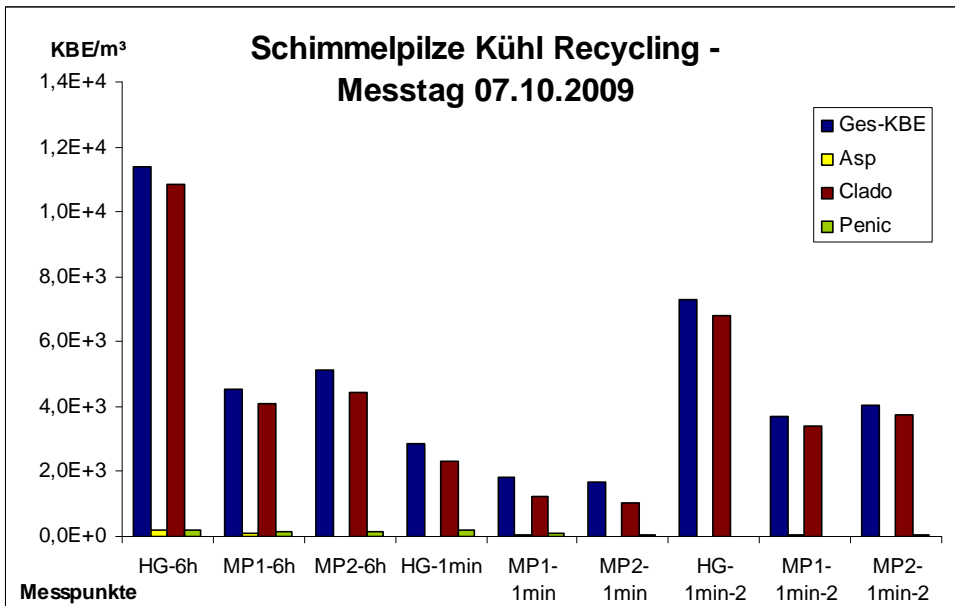
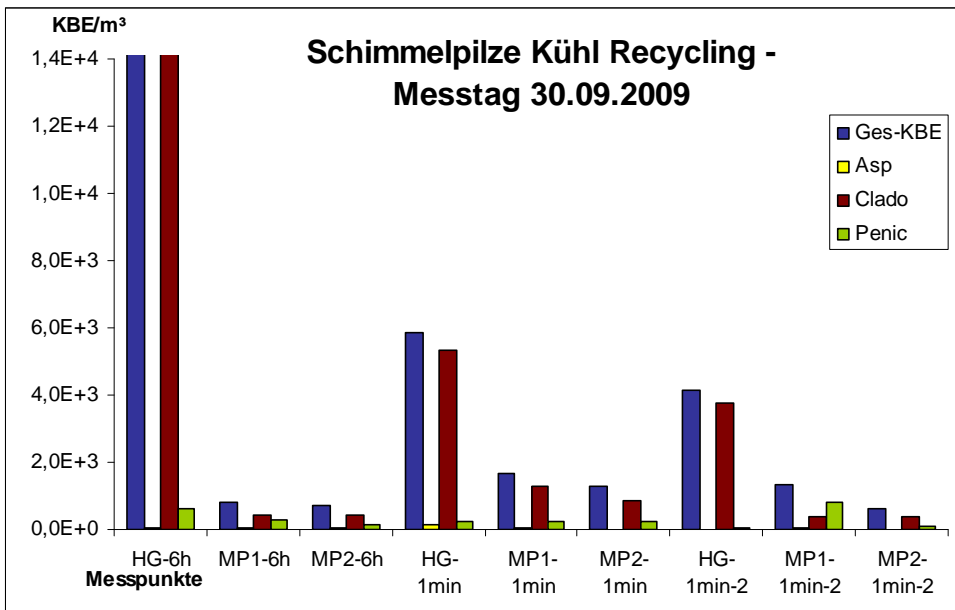
Allerdings war es bei diesem Messobjekt nicht möglich Phasen mit besonderer stauberzeugender Aktivität festzustellen, da die Hallentüren nur teilweise geöffnet waren und Aktivitäten von außen nicht erkennbar waren.

In der Abbildungen 1 und 2 sind die Ergebnisse der Schimmelpilzmessungen an den 4 Messtagen an der Papierrecyclinganlage sowohl der 6-Stunden- als auch der Kurzzeitmessungen grafisch dargestellt.

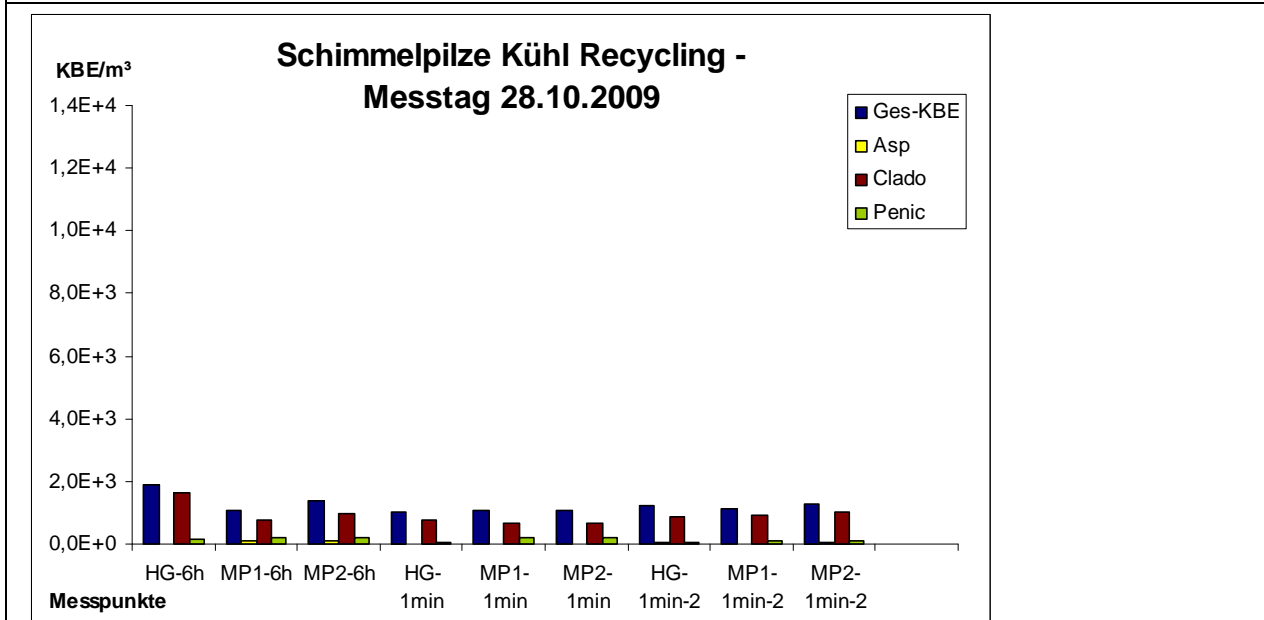
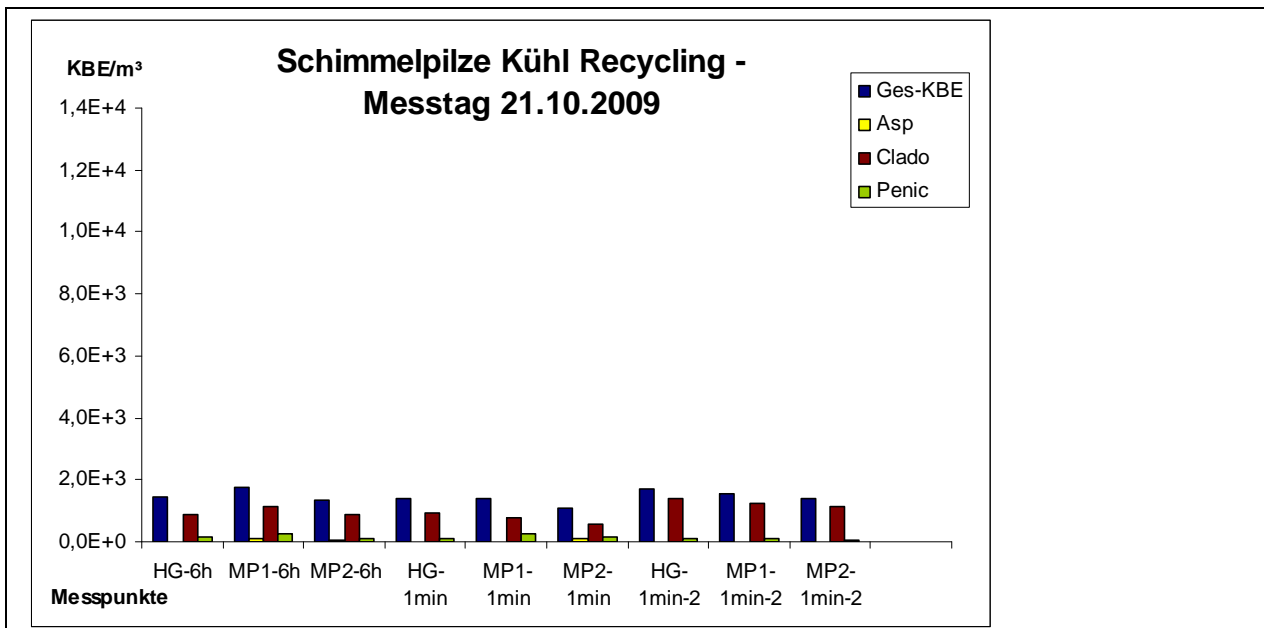
**Tabelle 7: Messobjekt KÜHL RECYCLING – ALTPAPIER. 6-Stundenmessungen. Gesamtschimmelpilze bei 25°C (KBE pro m<sup>3</sup> Luft), sowie KBE/m<sup>3</sup> der wichtigsten Schimmelpilzgattungen.** Die angegebenen Werte sind Mittelwerte aus je zwei Proben an einem Messpunkt. Fettgedruckt die Konzentrationen auf DG18-Agar. Abkürzungen: MEA = Malzextrakt-Agar; DG18 = Dichloran-18% Glycerin-Agar; Asp = Aspergillus; Clado = Cladosporium; Eurot = Eurotium; Penic = Penicillium; Sonst = Sonstige (nicht zu diesen Gattungen gehörige oder nicht differenzierbare Kolonien). HG = Hintergrund, MP = Messpunkt

Mess tag	Probe-nahme-ort	Agar	KBE <sub>ges</sub> /m <sup>3</sup>	Asp/m <sup>3</sup>	Clado/m <sup>3</sup>	Eurot/m <sup>3</sup>	Hefen/m <sup>3</sup>	Penic/m <sup>3</sup>	Sonst/m <sup>3</sup>
<b>30.09.2009</b>	HG	MEA	4,6x10 <sup>4</sup>	1,2x10 <sup>2</sup>	4,3x10 <sup>4</sup>		6,3x10 <sup>1</sup>	3,7x10 <sup>2</sup>	5,7x10 <sup>2</sup>
	HG	<b>DG18</b>	<b>4,9x10<sup>4</sup></b>	<b>4,7x10<sup>1</sup></b>	<b>4,7x10<sup>4</sup></b>	<b>1,2x10<sup>2</sup></b>		<b>6,4x10<sup>2</sup></b>	<b>5,4x10<sup>2</sup></b>
	MP 1	MEA	6,5x10 <sup>2</sup>	7,8x10 <sup>1</sup>	2,1x10 <sup>2</sup>			1,2x10 <sup>2</sup>	4,3x10 <sup>2</sup>
	MP 1	<b>DG18</b>	<b>8,0x10<sup>2</sup></b>	<b>2,6x10<sup>1</sup></b>	<b>4,4x10<sup>2</sup></b>	<b>&lt;BG</b>		<b>3,1x10<sup>2</sup></b>	<b>5,3x10<sup>1</sup></b>
	MP 2	MEA	7,2x10 <sup>2</sup>		2,7x10 <sup>2</sup>		3,9x10 <sup>1</sup>	8,7x10 <sup>1</sup>	2,3x10 <sup>2</sup>
	MP 2	<b>DG18</b>	<b>6,9x10<sup>2</sup></b>	<b>4,1x10<sup>1</sup></b>	<b>4,4x10<sup>2</sup></b>	<b>&lt;BG</b>		<b>1,5x10<sup>2</sup></b>	<b>6,2x10<sup>1</sup></b>
<b>07.10.2009</b>	HG	MEA	1,4x10 <sup>4</sup>	8,1x10 <sup>2</sup>	1,2x10 <sup>4</sup>		3,4x10 <sup>2</sup>	3,7x10 <sup>2</sup>	4,4x10 <sup>2</sup>
	HG	<b>DG18</b>	<b>1,1x10<sup>4</sup></b>	<b>1,9x10<sup>2</sup></b>	<b>1,1x10<sup>4</sup></b>			<b>1,8x10<sup>2</sup></b>	<b>5,4x10<sup>2</sup></b>
	MP 1	MEA	7,9x10 <sup>3</sup>	7,1x10 <sup>1</sup>	2,4x10 <sup>3</sup>			1,0x10 <sup>2</sup>	2,6x10 <sup>2</sup>
	MP 1	<b>DG18</b>	<b>4,6x10<sup>3</sup></b>	<b>9,1x10<sup>1</sup></b>	<b>4,1x10<sup>3</sup></b>		<b>4,1x10<sup>1</sup></b>	<b>1,7x10<sup>2</sup></b>	<b>1,6x10<sup>2</sup></b>
	MP 2	MEA	3,6x10 <sup>3</sup>	5,0x10 <sup>1</sup>	3,0x10 <sup>3</sup>			7,1x10 <sup>1</sup>	3,1x10 <sup>2</sup>
	MP 2	<b>DG18</b>	<b>5,1x10<sup>3</sup></b>	<b>1,6x10<sup>1</sup></b>	<b>4,4x10<sup>3</sup></b>			<b>1,6x10<sup>2</sup></b>	<b>4,7x10<sup>2</sup></b>
<b>21.10.2009</b>	HG	MEA	1,4x10 <sup>3</sup>	3,4x10 <sup>1</sup>	6,9x10 <sup>2</sup>		5,1x10 <sup>1</sup>	1,9x10 <sup>2</sup>	5,8x10 <sup>2</sup>
	HG	<b>DG18</b>	<b>1,5x10<sup>3</sup></b>	<b>1,7x10<sup>1</sup></b>	<b>8,7x10<sup>2</sup></b>			<b>1,8x10<sup>2</sup></b>	<b>4,1x10<sup>2</sup></b>
	MP 1	MEA	1,4x10 <sup>3</sup>	1,0x10 <sup>2</sup>	5,8x10 <sup>2</sup>		4,7x10 <sup>1</sup>	2,0x10 <sup>2</sup>	4,3x10 <sup>2</sup>
	MP 1	<b>DG18</b>	<b>1,8x10<sup>3</sup></b>	<b>1,1x10<sup>2</sup></b>	<b>1,1x10<sup>3</sup></b>	<b>1,9x10<sup>1</sup></b>		<b>2,4x10<sup>2</sup></b>	<b>2,6x10<sup>2</sup></b>
	MP 2	MEA	1,4x10 <sup>3</sup>	8,0x10 <sup>1</sup>	6,3x10 <sup>2</sup>		1,1x10 <sup>2</sup>	1,7x10 <sup>2</sup>	3,4x10 <sup>2</sup>
	MP 2	<b>DG18</b>	<b>1,3x10<sup>3</sup></b>	<b>4,0x10<sup>1</sup></b>	<b>8,9x10<sup>2</sup></b>	<b>2,0x10<sup>1</sup></b>		<b>1,2x10<sup>2</sup></b>	<b>2,3x10<sup>2</sup></b>
<b>28.10.2009</b>	HG	MEA	1,7x10 <sup>3</sup>	6,8x10 <sup>1</sup>	1,4x10 <sup>3</sup>		3,0x10 <sup>1</sup>	3,1x10 <sup>1</sup>	1,6x10 <sup>2</sup>
	HG	<b>DG18</b>	<b>1,9x10<sup>3</sup></b>	<b>2,1x10<sup>1</sup></b>	<b>1,6x10<sup>3</sup></b>	<b>3,1x10<sup>1</sup></b>		<b>1,3x10<sup>2</sup></b>	<b>9,3x10<sup>1</sup></b>
	MP 1	MEA	1,4x10 <sup>3</sup>	9,5x10 <sup>1</sup>	8,5x10 <sup>2</sup>		1,9x10 <sup>1</sup>	2,2x10 <sup>2</sup>	2,4x10 <sup>2</sup>
	MP 1	<b>DG18</b>	<b>1,1x10<sup>3</sup></b>	<b>8,6x10<sup>1</sup></b>	<b>7,5x10<sup>2</sup></b>			<b>1,8x10<sup>2</sup></b>	<b>7,7x10<sup>1</sup></b>
	MP 2	MEA	1,6x10 <sup>3</sup>	5,8x10 <sup>1</sup>	9,5x10 <sup>2</sup>		3,9x10 <sup>1</sup>	8,7x10 <sup>1</sup>	4,1x10 <sup>2</sup>
	MP 2	<b>DG18</b>	<b>1,4x10<sup>3</sup></b>	<b>8,7x10<sup>1</sup></b>	<b>9,7x10<sup>2</sup></b>	<b>3,9x10<sup>1</sup></b>		<b>1,9x10<sup>2</sup></b>	<b>1,1x10<sup>2</sup></b>

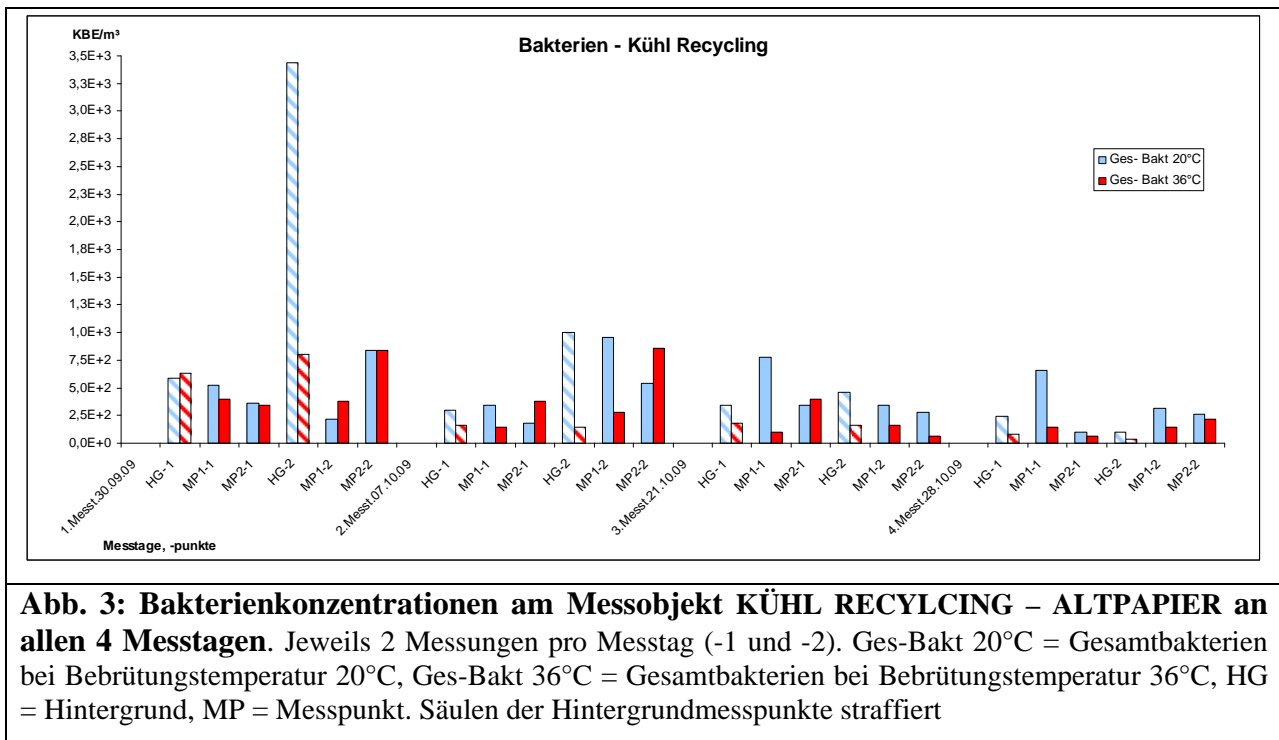
BG = Bestimmungsgrenze (Angabenschwellenwert): 40 KBE/m<sup>3</sup>



**Abb. 1: Schimmelpilzkonzentrationen am Messobjekt KÜHL RECYLCING – ALTPAPIER. 1. und 2. Messtag.** Auswertung auf DG18-Agar. Links 6-Stundenmessungen (6h), rechts Kurzzeitmessungen (1min). Abkürzungen: Ges-KBE = Gesamtschimmelpilzkonzentrationen, Asp = Aspergillus, Clado = Cladosporium, Penic = Penicillium, HG = Hintergrund, MP = Messpunkt



**Abb. 2: Schimmelpilzkonzentrationen am Messobjekt KÜHL RECYLCING - ALTPAPIER. 3. und 4. Messtag.** Auswertung auf DG18-Agar. Links 6-Stundenmessungen (6h), rechts Kurzzeitmessungen (1min). Abkürzungen: Ges-KBE = Gesamtschimmelpilzkonzentrationen, Asp= Aspergillus, Clado = Cladosporium, Penic = Penicillium, HG = Hintergrund, MP = Messpunkt



**Abb. 3: Bakterienkonzentrationen am Messobjekt KÜHL RECYLCING – ALTPAPIER an allen 4 Messtagen.** Jeweils 2 Messungen pro Messtag (-1 und -2). Ges-Bakt 20°C = Gesamtbakterien bei Bebrütungstemperatur 20°C, Ges-Bakt 36°C = Gesamtbakterien bei Bebrütungstemperatur 36°C, HG = Hintergrund, MP = Messpunkt. Säulen der Hintergrundmesspunkte straffiert

In der Abbildungen 3 sind die Ergebnisse der Bakterienmessungen, die nur bei den Kurzzeitmessungen erfasst wurden, an den 4 Messtagen grafisch dargestellt.

Die gemessenen Konzentrationen der Gesamtbakterien sowohl bei 20°C als auch bei 36°C variierten in einem Konzentrationsbereich von ca.  $1 \times 10^2$  bis  $1 \times 10^3$  KBE/m<sup>3</sup>, dabei waren die Konzentrationen für die Bakterien bei 20°C meist etwas höher als die der bei höherer Bebrütungstemperatur von 36°C. Die höchste Konzentration wurde am Hintergrundmesspunkt am 1. Messtag gemessen ( $3,4 \times 10^3$  KBE/m<sup>3</sup>).

### 3.2 VOLLMER HOLZRECYCLING: BIOAEROSOL-KONZENTRATIONEN IN DER LUFT

In der Tabelle 8 sind die Ergebnisse der Schimmelpilzmessungen über 6-Stunden am Messobjekt VOLLMER HOLZRECYCLING zusammengefasst – Gesamtschimmelpilzkonzentrationen sowie Konzentrationen der wichtigsten Gattungen *Aspergillus*, *Cladosporium* und *Penicillium* und einiger weiterer Gattungen, sofern sie über der Bestimmungsgrenze lagen. Die Auswertungen wurden auf beiden Nährböden (DG18 und MEA) vorgenommen. 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 Werte zeigen, dass es eine gute Übereinstimmung bei Konzentrationen auf beiden Nährböden gab. Für die Darstellung der Ergebnisse werden daher nur die Konzentrationsberechnungen auf dem Zähl-Agar DG18 gezeigt (siehe Kap. Diskussion und Bewertung). Messausfälle gab es keine, alle Proben konnten ausgewertet werden. Die während der Messungen an jedem Messtag genommenen Blindwerte ergaben keine KBE in 0,1 ml der unbeaufschlagten Filter-Extraktionslösung.

Die Ergebnisse der Kurzzeitmessungen für Schimmelpilze und Bakterien sowie auch der der Langzeitmessungen sind tabellarisch im Anhang aufgeführt.

In der Abbildungen 3, 4 und 5 sind dazu die die Ergebnisse der Schimmelpilzmessungen an den 5 Messtagen an der Holzrecycling-Anlage sowohl der 6-Stunden- als auch der Kurzzeitmessungen grafisch dargestellt.

Wegen drehender Windrichtung musste am Messtag 21.06.2010 die Lage des Hintergrundmesspunktes und des Messpunktes 2 verlegt werden. Der Messpunkt 2 war damit nur ca. 20 m vom Messpunkt 1 entfernt und damit näher an der Anlage als der Messpunkt 2 an den anderen Messtagen. Wegen der ungünstigen Windverhältnisse und veränderter Messpunktanordnung an diesem Tag wurde an einem weiteren Tag an diesem Messobjekt und somit an insgesamt 5 Tagen gemessen.



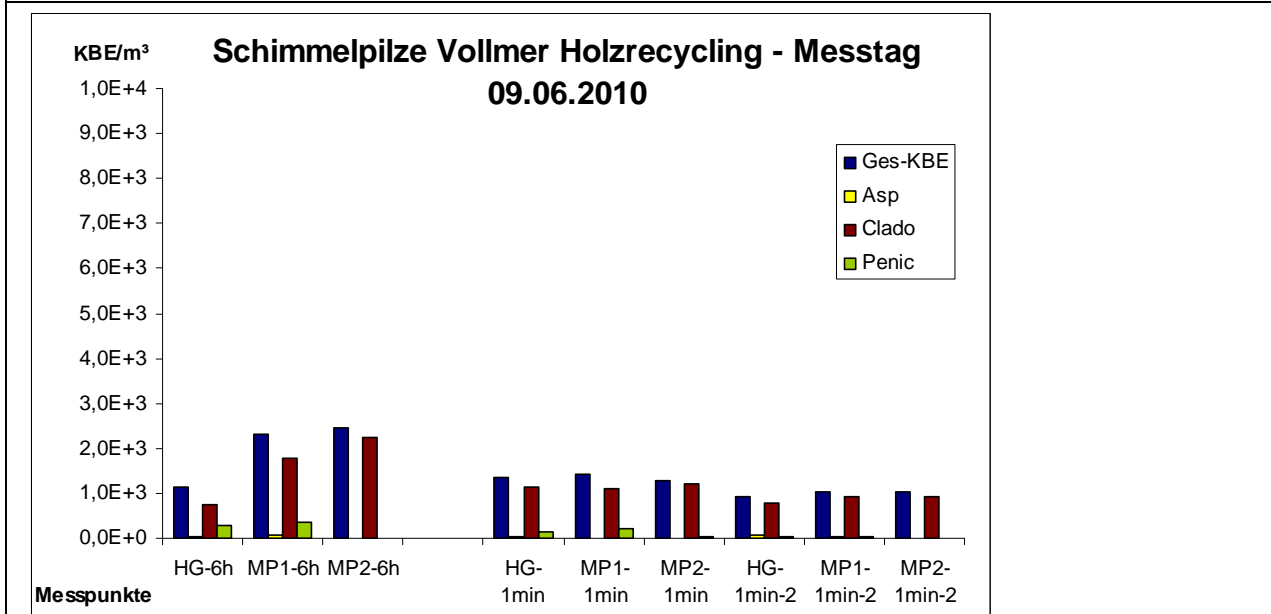
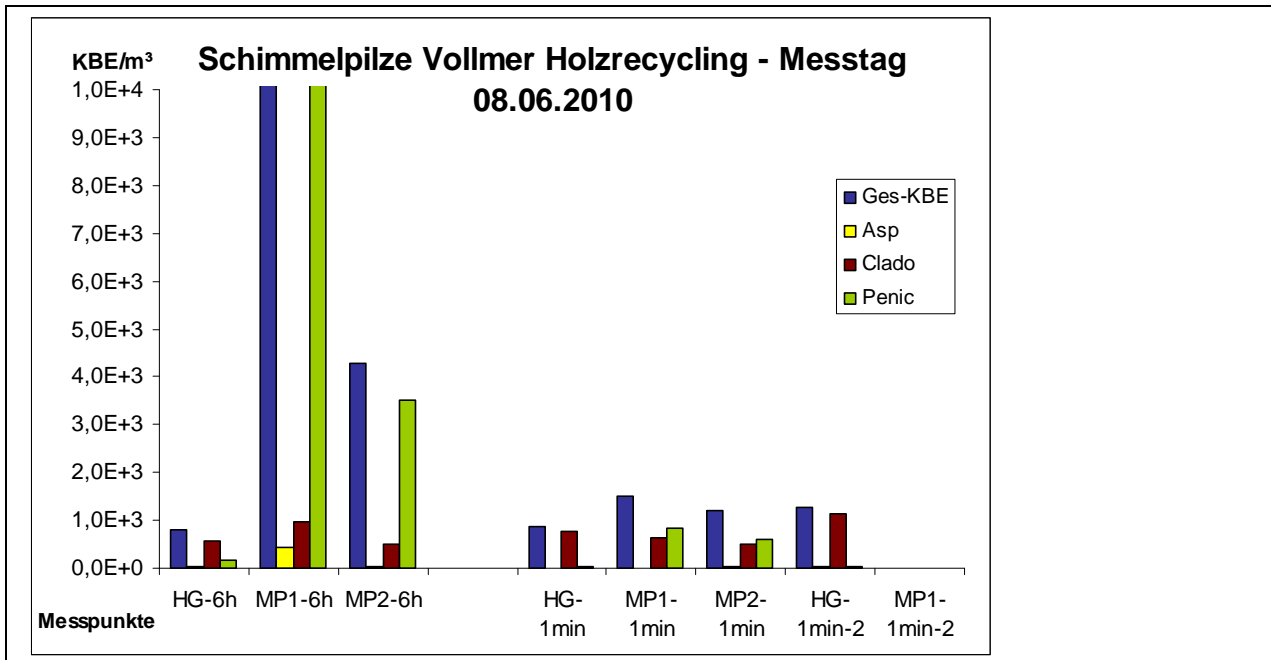
**Tabelle 8: Messobjekt VOLLMER HOLZRECYCLING. 6-Stundenmessungen. Gesamtschimmelpilze bei 25°C (KBE pro m<sup>3</sup> Luft), sowie KBE/m<sup>3</sup> der wichtigsten Schimmelpilzgattungen.** Die angegebenen Werte sind Mittelwerte aus je zwei Proben an einem Messpunkt. Fettgedruckt die Konzentrationen auf DG18-Agar. Abkürzungen: MEA = Malzextrakt-Agar; DG18 = Dichloran-18% Glycerin-Agar; Asp = Aspergillus; Clado = Cladosporium; Eurot = Eurotium; Penic = Penicillium; Sonst = Sonstige (nicht zu diesen Gattungen gehörige oder nicht differenzierbare Kolonien). HG = Hintergrund, MP = Messpunkt

- Messtag-	Probe- nahme ort	Agar-	KBE <sub>ges</sub> / m <sup>3</sup>	Asp/ m <sup>3</sup>	Clado/ m <sup>3</sup>	Eurot/ m <sup>3</sup>	Hefen/ m <sup>3</sup>	Penic/ m <sup>3</sup>	Sonst/ m <sup>3</sup>
<b>08.06.2010</b>	HG	MEA	2,4x10 <sup>2</sup>	<BG	<BG		-	6,6x10 <sup>1</sup>	1,2x10 <sup>2</sup>
	HG	<b>DG18</b>	<b>7,9x10<sup>2</sup></b>	<BG	<b>5,5x10<sup>2</sup></b>	<BG	-	<b>1,5x10<sup>2</sup></b>	<BG
	MP 1	MEA	4,1x10 <sup>4</sup>	<BG	5,3x10 <sup>2</sup>		2,1x10 <sup>2</sup>	3,4x10 <sup>4</sup>	6,5x10 <sup>3</sup>
	MP 1	<b>DG18</b>	<b>7,2x10<sup>4</sup></b>	<b>4,3x10<sup>2</sup></b>	<b>9,6x10<sup>2</sup></b>	<BG	<b>4,2x10<sup>2</sup></b>	<b>6,6x10<sup>4</sup></b>	<b>4,7x10<sup>3</sup></b>
	MP 2	MEA	9,7x10 <sup>3</sup>	5,5x10 <sup>1</sup>	6,6x10 <sup>1</sup>		-	1,4x10 <sup>3</sup>	8,1x10 <sup>3</sup>
	MP 2	<b>DG18</b>	<b>4,3x10<sup>3</sup></b>	<b>4,4x10<sup>1</sup></b>	<b>5,2x10<sup>2</sup></b>	-	<b>4,4x10<sup>1</sup></b>	<b>3,5x10<sup>3</sup></b>	<b>1,7x10<sup>2</sup></b>
<b>09.06.2010</b>	HG	MEA	3,2x10 <sup>2</sup>	4,5x10 <sup>1</sup>	6,0x10 <sup>1</sup>		<BG	1,5x10 <sup>2</sup>	4,7x10 <sup>1</sup>
	HG	<b>DG18</b>	<b>1,1x10<sup>3</sup></b>	<b>4,6x10<sup>1</sup></b>	<b>7,4x10<sup>2</sup></b>	<BG	<BG	<b>2,9x10<sup>2</sup></b>	<BG
	MP 1	MEA	4,8x10 <sup>2</sup>	6,3x10 <sup>1</sup>	1,4x10 <sup>2</sup>		<BG	6,2x10 <sup>1</sup>	1,6x10 <sup>2</sup>
	MP 1	<b>DG18</b>	<b>2,3x10<sup>3</sup></b>	<b>7,5x10<sup>1</sup></b>	<b>1,8x10<sup>3</sup></b>	-	<BG	<b>3,5x10<sup>2</sup></b>	<b>7,5x10<sup>1</sup></b>
	MP 2	MEA	2,9x10 <sup>2</sup>	4,9x10 <sup>1</sup>	1,1x10 <sup>2</sup>		-	<BG	1,1x10 <sup>1</sup>
	MP 2	<b>DG18</b>	<b>2,5x10<sup>3</sup></b>	<BG	<b>2,2x10<sup>3</sup></b>	-	<b>7,3x10<sup>1</sup></b>	<BG	<b>1,1x10<sup>2</sup></b>
<b>10.06.2010</b>	HG	MEA	1,9x10 <sup>3</sup>	1,0x10 <sup>3</sup>	6,6x10 <sup>1</sup>		-	6,2x10 <sup>2</sup>	2,2x10 <sup>2</sup>
	HG	<b>DG18</b>	<b>4,9x10<sup>3</sup></b>	<b>1,2x10<sup>3</sup></b>	<b>2x10<sup>3</sup></b>	<BG	<BG	<b>1,5x10<sup>3</sup></b>	<b>1,6x10<sup>2</sup></b>
	MP 1	MEA	2,1x10 <sup>3</sup>	<BG	1,7x10 <sup>2</sup>		-	1,3x10 <sup>2</sup>	1,8x10 <sup>3</sup>
	MP 1	<b>DG18</b>	<b>4,6x10<sup>3</sup></b>	<b>2,0x10<sup>2</sup></b>	<b>3,1x10<sup>3</sup></b>	<BG	<BG	<b>4,7x10<sup>2</sup></b>	<b>7,5x10<sup>2</sup></b>
	MP 2	MEA	5,5x10 <sup>2</sup>	<BG	2,2x10 <sup>2</sup>		-	-	3,0x10 <sup>2</sup>
	MP 2	<b>DG18</b>	<b>3,7x10<sup>3</sup></b>	-	<b>3,6x10<sup>3</sup></b>	-	-	<BG	<b>6,9x10<sup>1</sup></b>
<b>21.06.2010</b>	HG	MEA	4,1x10 <sup>2</sup>	<BG	2,9x10 <sup>2</sup>		<BG	<BG	<BG
	HG	<b>DG18</b>	<b>4,2x10<sup>2</sup></b>	<BG	<b>3,6x10<sup>2</sup></b>	<BG	<BG	<BG	<BG
	MP 1	MEA	2,3x10 <sup>3</sup>	7,4x10 <sup>1</sup>	1,5x10 <sup>2</sup>		<BG	1,9x10 <sup>3</sup>	1,1x10 <sup>2</sup>
	MP 1	<b>DG18</b>	<b>2,9x10<sup>3</sup></b>	<b>9,9x10<sup>1</sup></b>	<b>4,5x10<sup>2</sup></b>	-	<BG	<b>2,3x10<sup>3</sup></b>	<b>4,9x10<sup>1</sup></b>
	MP 2	MEA	6,2x10 <sup>3</sup>	1,4x10 <sup>2</sup>	2,7x10 <sup>2</sup>		1,4x10 <sup>2</sup>	5,2x10 <sup>3</sup>	3,7x10 <sup>2</sup>
	MP 2	<b>DG18</b>	<b>6,1x10<sup>3</sup></b>	<b>2,2x10<sup>2</sup></b>	<b>3,8x10<sup>2</sup></b>	<b>8,8x10<sup>1</sup></b>	<b>4,3x10<sup>1</sup></b>	<b>5,2x10<sup>3</sup></b>	<b>1,2x10<sup>2</sup></b>
<b>01.07.2010</b>	HG	MEA	8,6x10 <sup>1</sup>	4,6x10 <sup>1</sup>	<BG		-	<BG	<BG
	HG	<b>DG18</b>	<b>2,3x10<sup>2</sup></b>	<BG	<b>1,3x10<sup>2</sup></b>	<BG	-	<BG	<BG
	MP 1	MEA	3,5x10 <sup>3</sup>	7,6x10 <sup>2</sup>	-		<BG	1,4x10 <sup>3</sup>	1,3x10 <sup>3</sup>
	MP 1	<b>DG18</b>	<b>5x10<sup>3</sup></b>	<b>1x10<sup>3</sup></b>	<b>4x10<sup>1</sup></b>	<BG	-	<b>3x10<sup>3</sup></b>	<b>6,1x10<sup>2</sup></b>
	MP 2	MEA	1,5x10 <sup>2</sup>	4,6x10 <sup>1</sup>	<BG		<BG	<BG	5,2x10 <sup>1</sup>
	MP 2	<b>DG18</b>	<b>4x10<sup>2</sup></b>	<b>8x10<sup>1</sup></b>	<b>1x10<sup>2</sup></b>	<BG	-	<b>1x10<sup>2</sup></b>	<BG

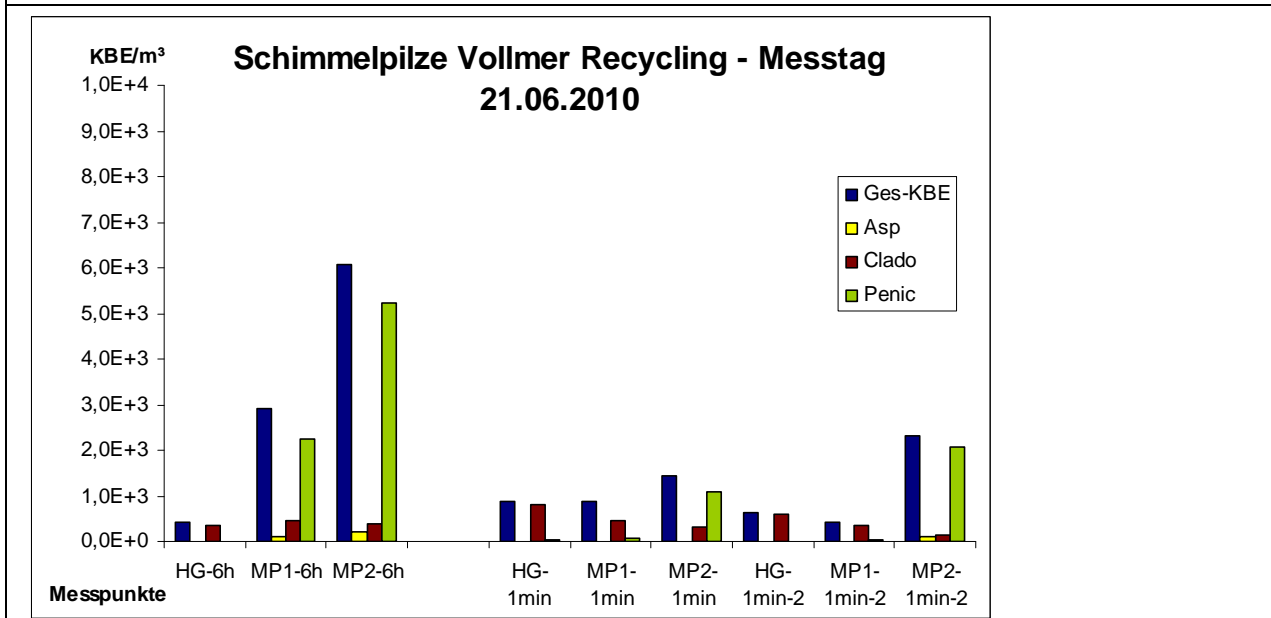
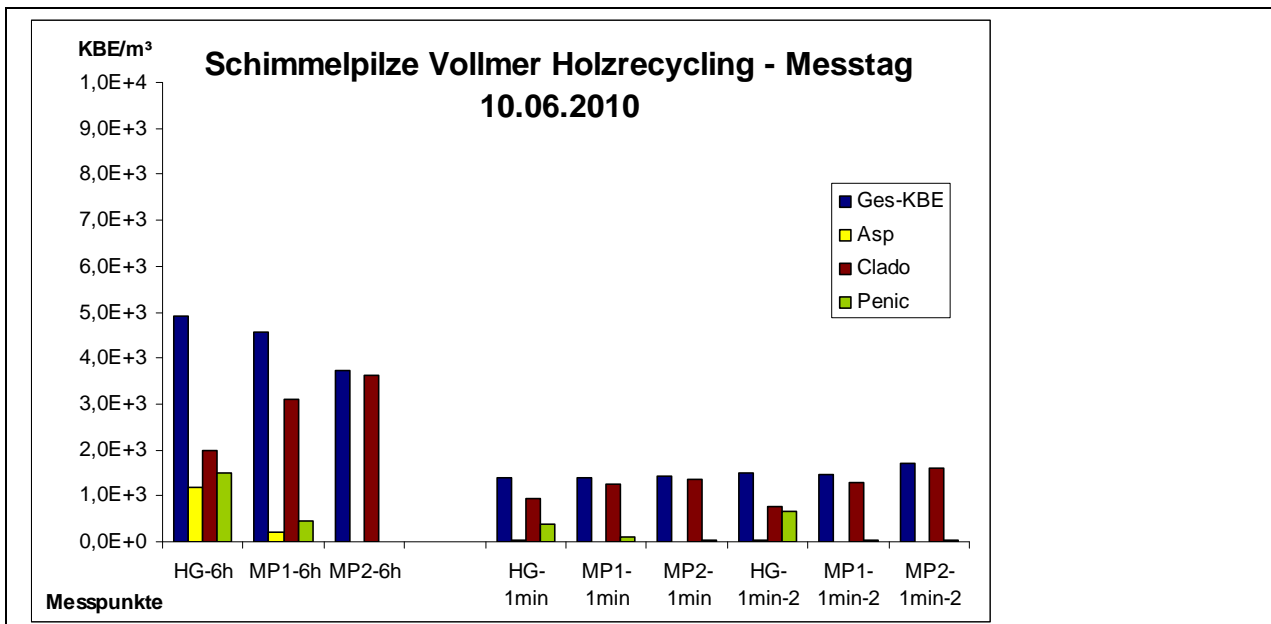
BG=Bestimmungsgrenze (Angabenschwellenwert): 40 KBE/m<sup>3</sup>

Die Ergebnisse der Kurzzeitmessungen für Schimmelpilze und Bakterien sowie auch der der Langzeitmessungen sind tabellarisch im Anhang aufgeführt.

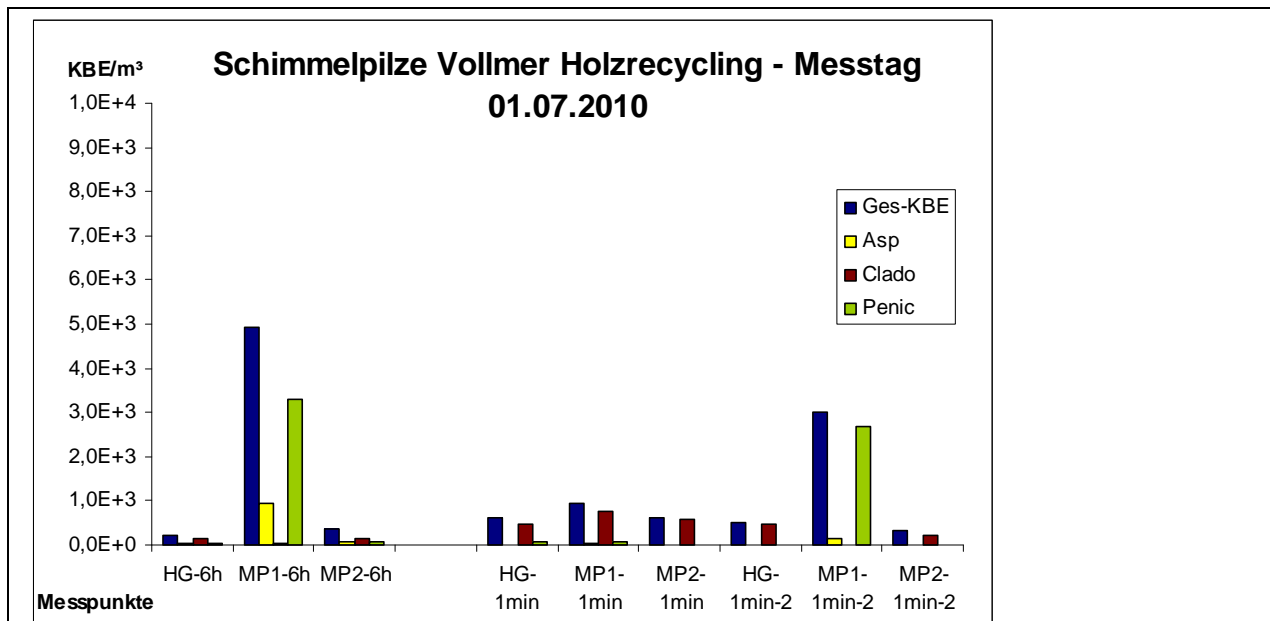
Die Abbildungen 4, 5 und 6 zeigen die Ergebnisse der Schimmelpilzmessungen an den 5 Messtagen an der Holzrecycling-Anlage sowohl der 6-Stunden- als auch der Kurzzeitmessungen.



**Abb. 4: Schimmelpilzkonzentrationen am Messobjekt VOLLMER HOLZRECYCLING. 1. und 2. Messtag.** Auswertung auf DG18-Agar. Links 6-Stundenmessungen (6h), rechts Kurzzeitmessungen (1min). Abkürzungen: Ges-KBE = Gesamtschimmelpilzkonzentrationen, Asp = Aspergillus, Clado = Cladosporium, Penic = Penicillium, HG = Hintergrund, MP = Messpunkt



**Abb. 5: Schimmelpilzkonzentrationen am Messobjekt VOLLMER HOLZRECYCLING. 3. und 4. Messtag.** Auswertung auf DG18-Agar. Links 6-Stundenmessungen (6h), rechts Kurzzeitmessungen (1min). Abkürzungen: Ges-KBE = Gesamtschimmelpilzkonzentrationen, Asp = Aspergillus, Clado = Cladosporium, Penic = Penicillium, HG = Hintergrund, MP = Messpunkt

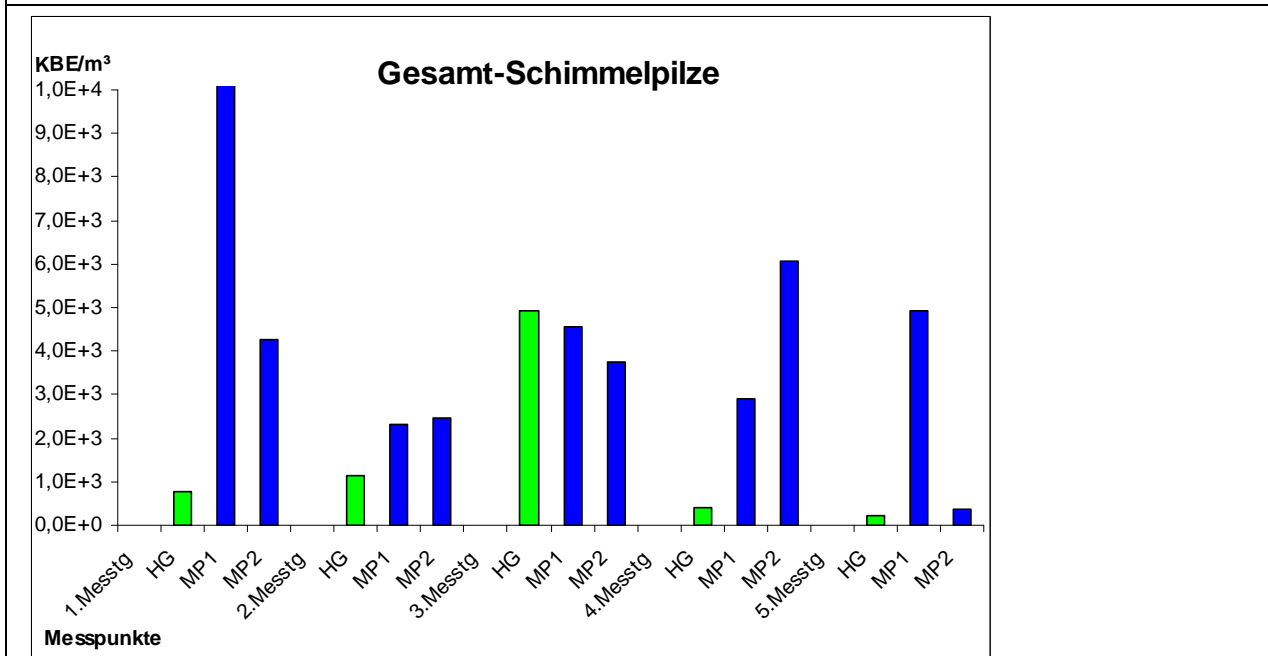
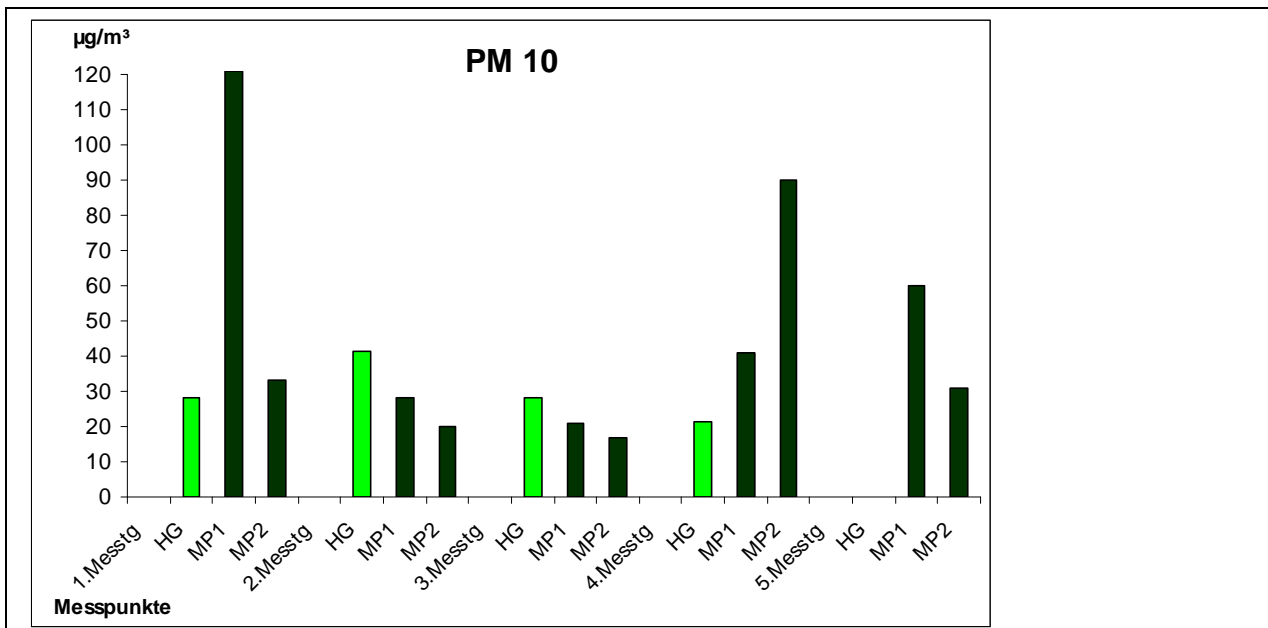


**Abb. 6: Schimmelpilzkonzentrationen am Messobjekt VOLLMER HOLZRECYCLING. 5. Messtag.** Auswertung auf DG18-Agar. Links 6-Stundenmessungen (6h), rechts Kurzzeitmessungen (1min). Abkürzungen: Ges-KBE = Gesamtschimmelpilzkonzentrationen, Asp = Aspergillus, Clado = Cladosporium, Penic = Penicillium, HG = Hintergrund, MP = Messpunkt

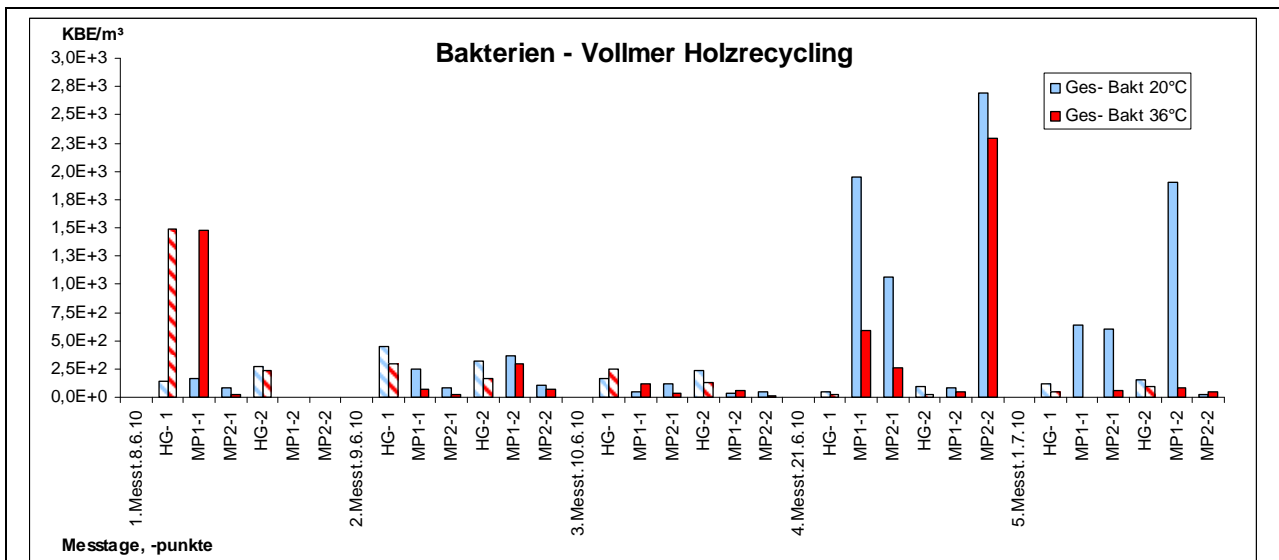
Am Messobjekt VOLLMER HOLZRECYCLING wurden an den Messtagen 8.06., 21.06. und 01.07. 2010 am Messpunkt 1 und am 08.06. und 21.06.2010 auch am Messpunkt 2 verglichen mit dem Hintergrund deutlich höhere Gesamtschimmelpilzkonzentrationen gemessen, sowohl bei den 6-Stundenmessungen als auch bei den Kurzzeitmessungen. Dabei war insbesondere die Konzentration an Penicilliumarten, in geringerem Maße auch an Aspergillusarten erhöht.

Am 3. Messtag (10.06.2010) waren die Schimmelpilzkonzentrationen am Hintergrundmesspunkt am höchsten, auffällig dabei waren die ebenfalls erhöhten Konzentrationen an Schimmelpilzen der Gattungen Aspergillus und Penicillium. Die Konzentrationen dieser Gattungen lagen über den üblichen natürlichen Außenluftkonzentrationen, die im Gegensatz zu Schwärzepilzen wie Cladosporien kaum jahreszeitlich variieren. Bei den Kurzzeitmessungen an diesem Tag war das nicht zu beobachten. An diesem 3. Messtag waren auch die zeitgleich mit den 6-Stunden-Schimmelpilzmessungen ermittelten PM10-Konzentrationen (siehe unten) im Hintergrund höher als an den Messpunkten 1 und 2.

Am Messobjekt VOLLMER HOLZRECYCLING wurden parallel zu den 6-Stunden-Schimmelpilzmessungen auch die Konzentrationen an PM10 erfasst. Die Ergebnisse sind in der Abb. 7 im Vergleich zur Konzentration an Gesamtschimmelpilzen dargestellt. Die höchste PM10-Konzentration mit  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wurde am Messpunkt 1 am 1. Messtag ermittelt, dort wurde an diesem Tag auch die höchste Konzentration an Gesamtschimmelpilzen gemessen. Auch an den anderen Messtagen zeigte sich an allen Messpunkten eine relativ gute Übereinstimmung in der Höhe der PM10- und der Gesamtschimmelpilzkonzentrationen. Am 5. Messtag wurde allerdings im Hintergrund kein PM10-Messwert erhoben. Am 1., 4. und 5. Messtag lagen die PM-10-Konzentrationen am Messpunkt 1 mit  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  oberhalb des 24-Stunden-Grenzwertes von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM10. Hier wurde allerdings nur über einen Zeitraum von knapp 6 Stunden gemessen.



**Abb. 7: PM10-Konzentrationen und Gesamtschimmelpilzkonzentrationen am Messobjekt VOLLMER HOLZRECYCLING an allen 5 Messtagen.** 6-Stundenmessungen, Abkürzungen: HG = Hintergrund, MP = Messpunkt. (Am 5. Messtag keine HG-Messung PM10).



**Abb. 8: Bakterienkonzentrationen am Messobjekt VOLLMER HOLZRECYCLING an allen 5 Messtagen.** Jeweils 2 Messungen pro Messtag (-1 und -2). Ges-Bakt 20°C = Gesamtbakterien bei Bebrütungstemperatur 20°C, Ges-Bakt 36°C = Gesamtbakterien bei Bebrütungstemperatur 36°C, HG = Hintergrund, MP = Messpunkt. Säulen der Hintergrundmesspunkte straffiert

In der Abbildung 8 sind die Ergebnisse der Bakterienmessungen, die nur bei den Kurzzeitmessungen erfasst wurden, an den 5 Messtagen grafisch dargestellt.

Die gemessenen Konzentrationen der Gesamtbakterien sowohl bei 20°C als auch bei 36°C variierten in einem Konzentrationsbereich von  $< 0,5 \times 10^2$  bis  $1 \times 10^3$  KBE/m<sup>3</sup>. Die höchsten Konzentrationen wurden am 4. Messtag am Messpunkt 2 bei der zweiten Messung ( $2,7 \times 10^3$  KBE/m<sup>3</sup> bei 20°C,  $2,3 \times 10^3$  KBE/m<sup>3</sup> bei 36°C) und am Messpunkt 1 bei der ersten Messung ( $1,9 \times 10^3$  KBE/m<sup>3</sup> bei 20°C,  $5,9 \times 10^2$  KBE/m<sup>3</sup> bei 36°C) gemessen. Zu beachten ist, dass an diesem Messtag (21.06.2010) die Anordnung der Messpunkte wegen Wechsel der Windrichtung anders war als an den anderen Messtagen (der Messpunkt 2 lag sehr viel näher an der Anlage). Gegenüber dem Hintergrund erhöht waren die Bakterienkonzentrationen bei 20°C und bei 36°C am 4. Messtag bei der ersten und bei der zweiten Messung an den Messpunkten 1 und 2. Am 5. Messtag lagen die Bakterienkonzentrationen bei 20°C am Messpunkt 1 bei beiden Messungen, am Messpunkt 2 nur bei der ersten Messung über der Hintergrundkonzentration.

### 3.3 GFA KUNSTSTOFF - ENTLADUNG: BIOAEROSOL-KONZENTRATIONEN IN DER LUFT

In der Tabelle 9 sind die Ergebnisse der Schimmelpilzmessungen über 6-Stunden am Messobjekt GFA KUNSTSTOFF – ENTLADUNG zusammengefasst – Gesamtschimmelpilzkonzentrationen sowie der Konzentrationen der wichtigsten Gattungen Aspergillus, Cladosporium und Penicillium und einiger weiterer Gattungen, sofern sie über der Bestimmungsgrenze lagen. Die Auswertungen wurden auf beiden Nährböden (DG18 und MEA) vorgenommen. 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 Werte zeigen, dass es eine gute Übereinstimmung bei Konzentrationen auf beiden Nährböden gab. Für die Darstellung der Ergebnisse werden daher nur die Konzentrationberechnungen auf dem Zähl-Agar DG18 gezeigt (siehe Kap. Diskussion und Bewertung). Messausfälle gab es keine, alle Proben

konnten ausgewertet werden. Die während der Messungen an jedem Messtag genommenen Blindwerte ergaben keine KBE in 0,1 ml der unbeaufschlagten Filter-Extraktionslösung.

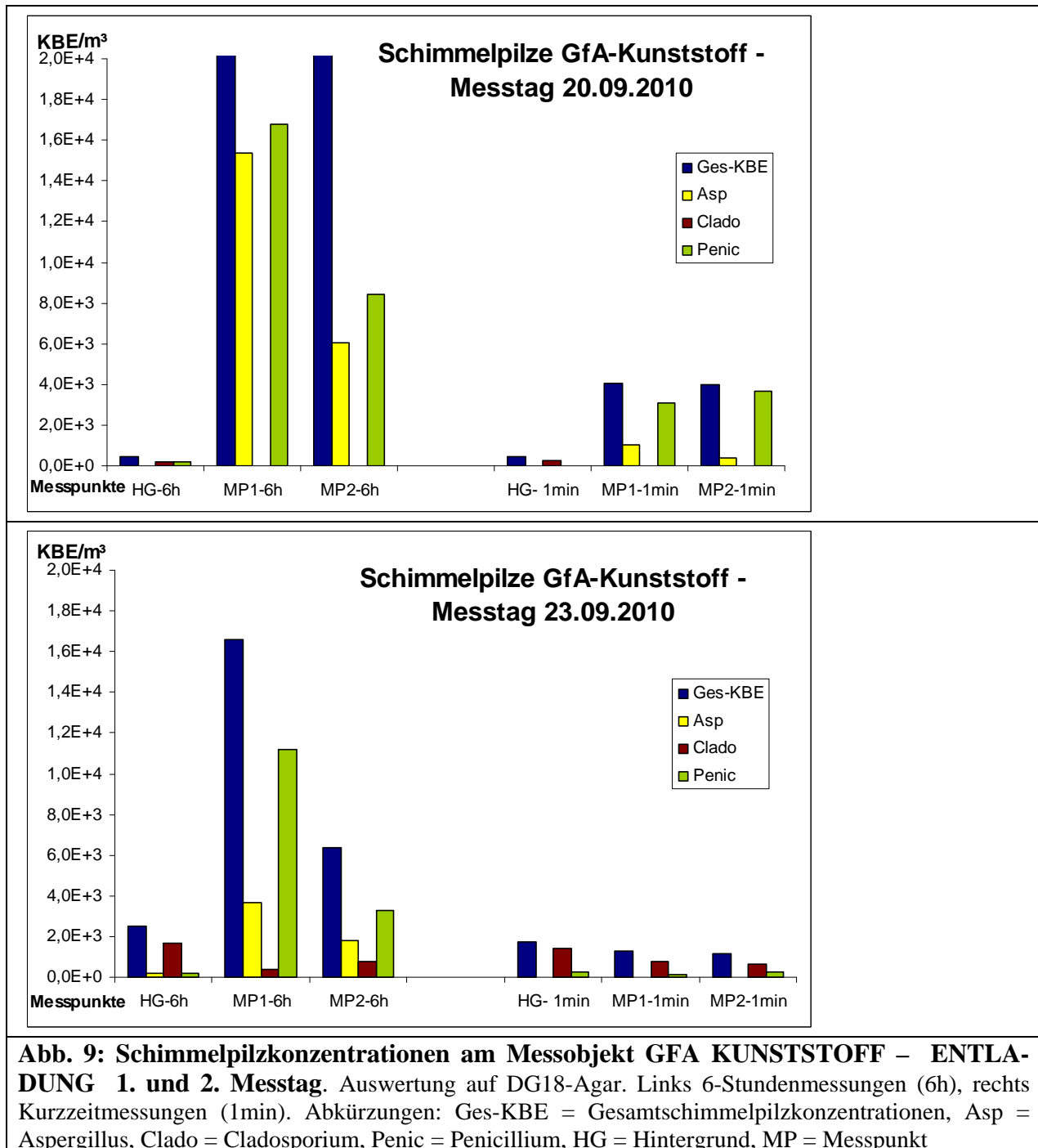
**Tabelle 9: GFA KUNSTSTOFF – ENTLADUNG: 6-Stundenmessungen. Gesamtschimmelpilze bei 25°C (KBE pro m<sup>3</sup> Luft), sowie KBE/m<sup>3</sup> der wichtigsten Schimmelpilzgattungen.** Die angegebenen Werte sind Mittelwerte aus je zwei Proben an einem Messpunkt. Fettgedruckt die Konzentrationen auf DG18-Agar. Abkürzungen: MEA = Malzextrakt-Agar; DG18 = Dichloran-18%Glyzerin-Agar; Asp = Aspergillus; Clado = Cladosporium; Eurot = Eurotium; Penic = Penicillium; Sonst = Sonstige (nicht zu diesen Gattungen gehörige oder nicht differenzierbare Kolonien). HG = Hintergrund, MP = Messpunkt

Messtag	Probe-Nahmeort	Agar	KBE <sub>ges</sub> /m <sup>3</sup>	Asp/m <sup>3</sup>	Clado/m <sup>3</sup>	Eurot/m <sup>3</sup>	Hefen/m <sup>3</sup>	Penic/m <sup>3</sup>	Sonst/m <sup>3</sup>
<b>20.09.2010</b>	HG	MEA	3,7x10 <sup>2</sup>	<BG	8,9x10 <sup>1</sup>		<BG	9,7x10 <sup>1</sup>	3,7x10 <sup>2</sup>
	HG	<b>DG18</b>	<b>4,7x10<sup>2</sup></b>	<b>&lt;BG</b>	<b>1,7x10<sup>2</sup></b>			<b>2,1x10<sup>2</sup></b>	<b>5,4x10<sup>1</sup></b>
	MP 1	MEA	5,4x10 <sup>4</sup>	1,3x10 <sup>4</sup>			1,1x10 <sup>2</sup>	2,8x10 <sup>4</sup>	1,2x10 <sup>4</sup>
	MP 1	<b>DG18</b>	<b>5,4x10<sup>4</sup></b>	<b>1,5x10<sup>4</sup></b>				<b>1,7x10<sup>4</sup></b>	<b>2,2x10<sup>4</sup></b>
	MP 2	MEA	2,4x10 <sup>4</sup>	6,0x10 <sup>3</sup>	2,4x10 <sup>2</sup>		1,2x10 <sup>2</sup>	1,1x10	6,0x10 <sup>3</sup>
	MP 2	<b>DG18</b>	<b>2,5x10<sup>4</sup></b>	<b>6,1x10<sup>3</sup></b>	<b>&lt;BG</b>		<b>&lt;BG</b>	<b>8,4x10<sup>3</sup></b>	<b>1,0x10<sup>4</sup></b>
<b>23.09.2010</b>	HG	MEA	1,9x10 <sup>3</sup>	1,0x10 <sup>2</sup>	1,3x10 <sup>3</sup>		5,2x10 <sup>1</sup>	1,3x10 <sup>2</sup>	3,0x10 <sup>2</sup>
	HG	<b>DG18</b>	<b>2,5x10<sup>3</sup></b>	<b>2,1x10<sup>2</sup></b>	<b>1,7x10<sup>3</sup></b>		<b>&lt;BG</b>	<b>1,1x10<sup>2</sup></b>	<b>3,7x10<sup>3</sup></b>
	MP 1	MEA	1,7x10 <sup>4</sup>	5,3x10 <sup>3</sup>	7,9x10 <sup>2</sup>			8,9x10 <sup>3</sup>	2,0x10 <sup>3</sup>
	MP 1	<b>DG18</b>	<b>1,7x10<sup>4</sup></b>	<b>3,7x10<sup>3</sup></b>	<b>4,0x10<sup>2</sup></b>	<b>5,2x10<sup>2</sup></b>		<b>1,1x10<sup>4</sup></b>	<b>7,9x10<sup>2</sup></b>
	MP 2	MEA	8,7x10 <sup>3</sup>	3,4x10 <sup>3</sup>	6,5x10 <sup>2</sup>			4,2x10 <sup>3</sup>	3,9x10 <sup>2</sup>
	MP 2	<b>DG18</b>	<b>6,4x10<sup>3</sup></b>	<b>1,8x10<sup>3</sup></b>	<b>7,8x10<sup>2</sup></b>		<b>1,3x10<sup>2</sup></b>	<b>3,3x10<sup>3</sup></b>	<b>3,9x10<sup>2</sup></b>
<b>19.10.2010</b>	HG	MEA	5,2x10 <sup>3</sup>	7,9x10 <sup>1</sup>	4,4x10 <sup>3</sup>		7,9x10 <sup>1</sup>	2,6x10 <sup>2</sup>	3,3x10 <sup>2</sup>
	HG	<b>DG18</b>	<b>5,0x10<sup>3</sup></b>	<b>&lt;BG</b>	<b>4,4x10<sup>3</sup></b>	<b>&lt;BG</b>	<b>&lt;BG</b>	<b>2,1x10<sup>2</sup></b>	<b>2,8x10<sup>2</sup></b>
	MP 1	MEA	1,1x10 <sup>4</sup>	1,2x10 <sup>3</sup>	9,8x10 <sup>2</sup>			7,9x10 <sup>3</sup>	6,3x10 <sup>2</sup>
	MP 1	<b>DG18</b>	<b>1,7x10<sup>4</sup></b>	<b>1,8x10<sup>3</sup></b>	<b>3,2x10<sup>3</sup></b>	<b>2,1x10<sup>2</sup></b>	<b>&lt;BG</b>	<b>1,1x10<sup>4</sup></b>	<b>2,0x10<sup>2</sup></b>
	MP 2	MEA	8,2x10 <sup>3</sup>	6,7x10 <sup>2</sup>	2,7x10 <sup>3</sup>		<BG	4,5x10 <sup>3</sup>	2,8x10 <sup>2</sup>
	MP 2	<b>DG18</b>	<b>1,1x10<sup>4</sup></b>	<b>9,0x10<sup>2</sup></b>	<b>3,9x10<sup>3</sup></b>	<b>1,2x10<sup>2</sup></b>		<b>6,0x10<sup>3</sup></b>	<b>1,1x10<sup>2</sup></b>
<b>03.11.2010</b>	HG	MEA	3,3x10 <sup>3</sup>	<BG	2,6x10 <sup>3</sup>		2,9x10 <sup>2</sup>	1,2x10 <sup>2</sup>	2,9x10 <sup>2</sup>
	HG	<b>DG18</b>	<b>3,4x10<sup>3</sup></b>		<b>3,0x10<sup>3</sup></b>	<b>&lt;BG</b>	<b>&lt;BG</b>	<b>1,2x10<sup>2</sup></b>	<b>2,7x10<sup>2</sup></b>
	MP 1	MEA	2,7x10 <sup>4</sup>	2,9x10 <sup>3</sup>	1,2x10 <sup>3</sup>		2,4x10 <sup>2</sup>	2,1x10 <sup>4</sup>	9,6x10 <sup>2</sup>
	MP 1	<b>DG18</b>	<b>1,6x10<sup>4</sup></b>	<b>1,0x10<sup>3</sup></b>	<b>1,2x10<sup>3</sup></b>	<b>6,0x10<sup>1</sup></b>		<b>1,4x10</b>	<b>2,4x10<sup>2</sup></b>
	MP 2	MEA	6,5x10 <sup>3</sup>	4,8x10 <sup>2</sup>	8,9x10 <sup>2</sup>		4,9x10 <sup>1</sup>	4,9x10 <sup>3</sup>	1,3x10 <sup>2</sup>
	MP 2	<b>DG18</b>	<b>8,3x10<sup>3</sup></b>	<b>5,1x10<sup>2</sup></b>	<b>1,6x10<sup>3</sup></b>	<b>8,5x10<sup>1</sup></b>	<b>4,9x10<sup>1</sup></b>	<b>5,9x10<sup>3</sup></b>	<b>2,3x10<sup>2</sup></b>

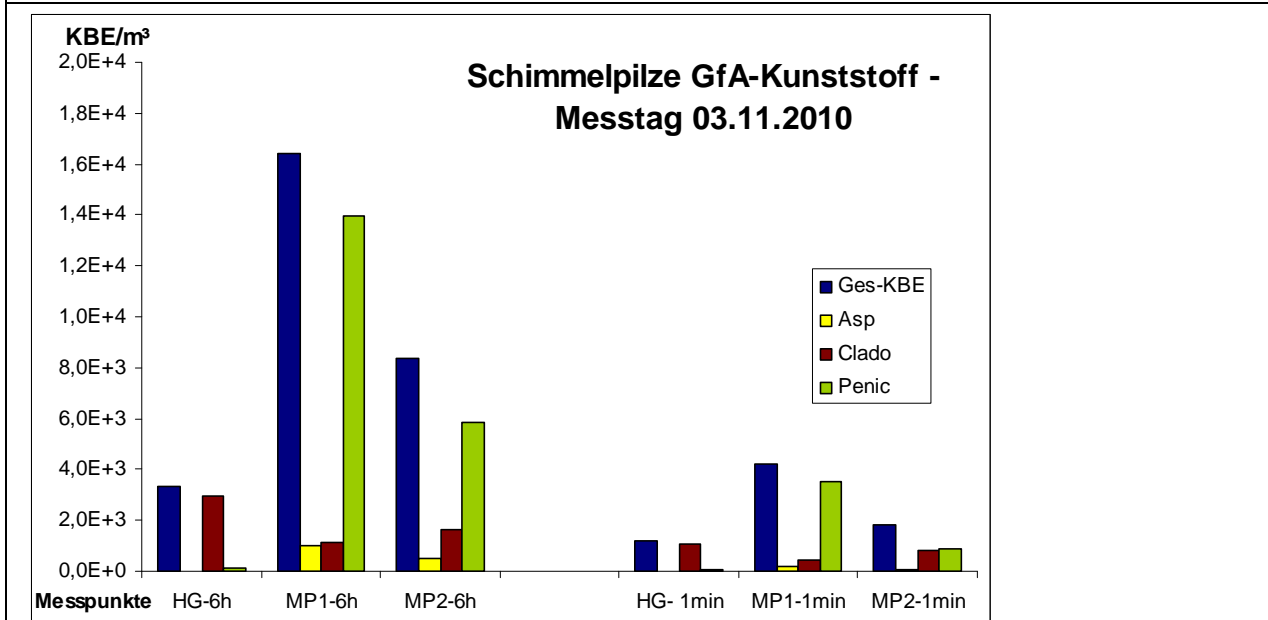
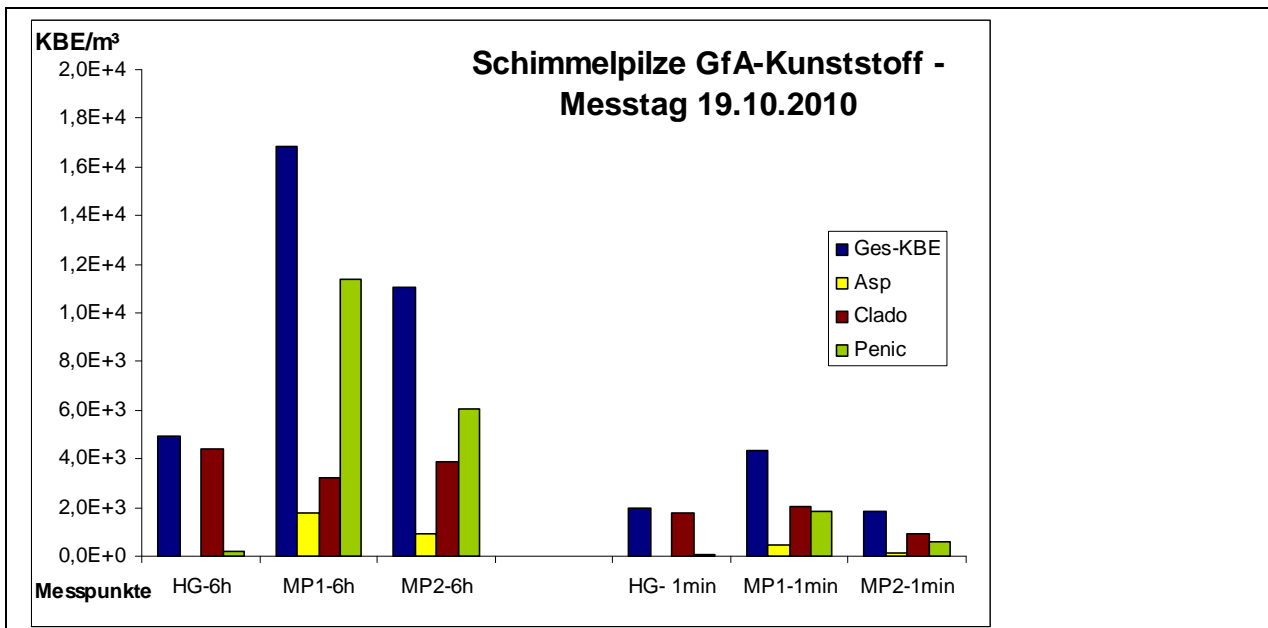
BG=Bestimmungsgrenze (Angabenschwellenwert): 40 KBE/m<sup>3</sup>

Die Ergebnisse der Kurzzeitmessungen für Schimmelpilze und Bakterien sowie auch die Ergebnisse der Langzeitmessungen sind tabellarisch im Anhang aufgeführt.

Die Abbildungen 9 und 10 zeigen die Ergebnisse der Schimmelpilzmessungen an den 4 Messtagen an der GFA KUNSTSTOFF – ENTLADUNG sowohl der 6-Stunden- als auch der Kurzzeitmessungen. An diesem Messobjekt wurden an jedem Messtag nur einmal Kurzzeitmessungen durchgeführt.





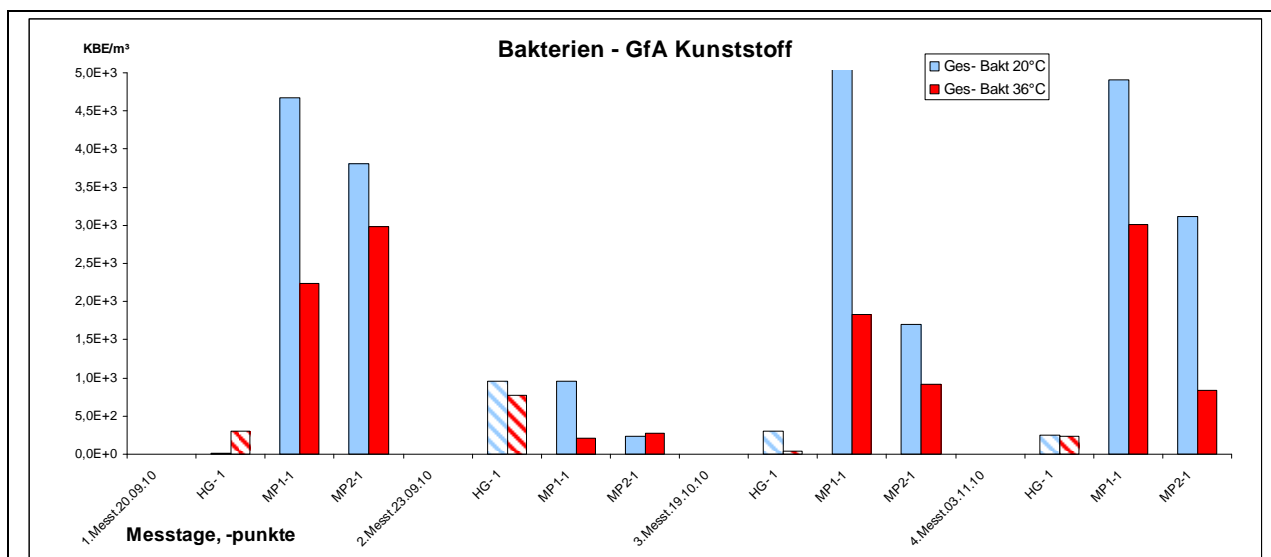


**Abb. 10: Schimmelpilzkonzentrationen am Messobjekt GFA KUNSTSTOFF – ENTLADUNG. 3. und 4. Messtag.** Auswertung auf DG18-Agar. Links 6-Stundenmessungen (6h), rechts Kurzzeitmessungen (1min). Abkürzungen: Ges-KBE = Gesamtschimmelpilzkonzentrationen, Asp = Aspergillus, Clado = Cladosporium, Penic = Penicillium, HG = Hintergrund, MP = Messpunkt

Am Messobjekt **GFA KUNSTSTOFF – ENTLADUNG** wurden an allen Messtagen am Messpunkt 1 und auch an Messpunkt 2 verglichen mit dem Hintergrund deutlich höhere Gesamtschimmelpilzkonzentrationen gemessen sowohl bei den 6-Stundenmessungen als auch etwas weniger deutlich bei den Kurzzeitmessungen hier mit Ausnahme der Messungen am 2. Messtag (23.09.10). Dabei war insbesondere die Konzentration an Penicilliumarten, in geringerem Maße auch an Aspergillusarten erhöht. Am 1. Messtag (20.09.10) trugen an den Messpunkten 1 und 2 die Konzentrationen an Aspergillusarten ( $1,5 \times 10^4$  und  $6,1 \times 10^3$  KBE/m<sup>3</sup>) fast in gleichem Maße wie die der Penicilliumarten ( $1,7 \times 10^4$  und  $8,4 \times 10^3$  KBE/m<sup>3</sup>) zur Gesamtschimmelpilzkonzentration bei ( $5,4 \times 10^4$  und  $2,5 \times 10^4$  KBE/m<sup>3</sup>).

Die höchsten Hintergrundkonzentrationen an Gesamtschimmelpilzen fanden sich am 19.10. mit  $5 \times 10^3$  KBE/m<sup>3</sup>, die niedrigsten am 20.09.10 mit  $1,5 \times 10^3$  KBE/m<sup>3</sup>.

In der Abbildung 11 sind die Ergebnisse der Bakterienmessungen, die nur bei den Kurzzeitmessungen erfasst wurden, an den 4 Messtagen grafisch dargestellt.



**Abb. 11: Bakterienkonzentrationen am Messobjekt GfA KUNSTSTOFF – ENTLADUNG an allen 4 Messtagen.** Jeweils 1 Messung pro Messtag (-1 und -2). Ges-Bakt 20°C = Gesamtbakterien bei Bebrütungstemperatur 20°C, Ges-Bakt 36°C = Gesamtbakterien bei Bebrütungstemperatur 36°C, HG = Hintergrund, MP = Messpunkt. Säulen der Hintergrundmesspunkte straffiert

Die am Messobjekt **GfA KUNSTSTOFF – ENTLADUNG** gemessenen Konzentrationen der Gesamtbakterien sowohl bei 20°C als auch bei 36°C variierten am Hintergrundmesspunkt in einem Konzentrationsbereich von  $< 0,5 \times 10^2$  bis  $1 \times 10^3$  KBE/m<sup>3</sup>. Mit Ausnahme des zweiten Messtages (23.09.10) wurden an den Messpunkten 1 und 2 höhere Konzentrationen gemessen als im Hintergrund sowohl für den Parameter Bakterien bei 20°C als auch bei 36°C. Dabei waren die Konzentrationen der Gesamtbakterien bei 20°C (bis  $5 \times 10^3$  KBE/m<sup>3</sup>) höher als die bei 36°C ( $3 \times 10^3$  KBE/m<sup>3</sup>).

# 4 Bewertung der Ergebnisse

## 4.1 BEWERTUNGSGRUNDLAGEN

Die Möglichkeit der Ausbreitung von Bioaerosolen in die Umgebung sollte an drei ausgewählten Anlagen der Abfallwirtschaftsbranche bewertet werden.

Eine allgemein gültige Grundlage oder rechtliche Vorgaben für die Bewertung von Immissionskonzentrationen von Bioaerosolen gibt es derzeit nicht. Im VDI wurde seit etlichen Jahren ein 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.

Aktuell im November 2009 wurde ein Richtlinienentwurf (VDI 4250 Blatt 1) „Umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosol-Immissionen“ vorgelegt. Danach steht fest, dass die Frage, ob eine Belastung durch eine Quelle vorliegt, nicht allein aus der Höhe der Gesamtschimmelpilz- oder Bakterienkonzentration bewertet 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 sein können. Ob eine Belastung für Anwohner vorliegt kann daher nur im Vergleich der quellennah ermittelten Konzentrationen zur jeweiligen Hintergrundkonzentration vorgenommen werden.

Dabei kann für die Parameter „Gesamtschimmelpilze“ oder „Gesamtbakterien“ grundsätzlich keine Aussage über eine gesundheitliche Gefährdung getroffen werden, da dies Summenparameter sind und nur für wenige einzelne Spezies eine gesundheitliche Wirkung bekannt ist. Jedoch auch für solche spezifischen Parameter fehlen Dosis-Wirkungsbeziehungen und Kenntnisse über Wirkungsschwellen, sodass eine qualitative Aussage über Gesundheitsgefährdungen möglich ist, eine Quantifizierung eines Gesundheitsrisikos jedoch nicht.

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 Bioaerosolkonzentrationen 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 Aktinomyzeten (Kompostierungsanlagen) im Bereich der Bestimmungsgrenzen (der bisher standardisierten Nachweisverfahren). Für diese Einzelspezies reicht der Nachweis (Immissionskonzentrationen > doppelte Bestimmungsgrenze) in Lee einer Anlage aus, um von einem relevanten Umwelteinfluss zu sprechen. Zwingend erforderlich ist dabei immer die Angabe der entsprechenden Bestimmungsgrenze. Werden diese anlagenspezifischen Einzelspezies nachgewiesen, liegt ein entsprechender Handlungsbedarf zur Minderung der Belastungssituation vor.

Auch wenn die Ergebnisse der Messungen nach diesen Vorgaben beurteilt werden sollen, ist zu betonen, dass die hier an drei Anlagen durchgeführten Untersuchungen jedoch nicht genehmigungs-

rechtlichen Fragestellungen galten und daher eine Bewertung auch nicht im Hinblick auf einen Handlungsbedarf vorgenommen wird.

Vielmehr sollten mit den hier durchgeführten Untersuchungen für ausgewählte Anlagentypen „anlagenspezifische Leitparameter“, d. h. Schimmelpilzgattungen oder -spezies, ermittelt werden, um damit eine gezieltere Bewertungshilfe zu finden.

## 4.2 DISKUSSION UND BEWERTUNG DER MESSERGEBNISSE

Die Hintergrundkonzentrationen an Gesamtschimmelpilzen werden stark von der Jahreszeit und aktuellen Wetterlagen beeinflusst. Die hier an einem Tag im September und 3 Tagen im Oktober 2009, an 4 Tagen im Juni und einem Tag im Juli 2010 sowie an 2 Tagen im September, einem Tag im Oktober und einem Tag im November 2010 gemessenen Konzentrationen liegen in Variationsbereichen ( $4 \times 10^2$  bis  $5 \times 10^4$  KBE/m<sup>3</sup>), wie dies auch in anderen Messprogrammen mit den hier verwendeten Methoden ermittelt wurde (Tesseraux et al. 2004). Die variierende Konzentrationshöhe an Gesamtschimmelpilzen im Hintergrund ist wesentlich bedingt durch die Höhe der Konzentration an Schwärzepilzen wie z.B. Pilze der Gattung *Cladosporium*.

Die Hintergrundkonzentrationen einzelner Gattungen wie *Aspergillus* und *Penicillium* (jeweils: < Bestimmungsgrenze bis ca.  $4 \times 10^2$  KBE/m<sup>3</sup>), die jahreszeitlich wenig unterschiedlich sind (Tesseraux, 2006) liegen bei den hier durchgeführten Messungen für Schimmelpilze der Gattung *Aspergillus* zwischen < Bestimmungsgrenze bis  $2 \times 10^2$  KBE/m<sup>3</sup> und für *Penicillium* < Bestimmungsgrenze bis  $6 \times 10^2$  KBE/m<sup>3</sup>.

Am Messtag 10.06.10 lagen die Konzentrationen der Gattungen *Aspergillus* ( $1,2 \times 10^3$  KBE/m<sup>3</sup>) und *Penicillium* ( $1,5 \times 10^3$  KBE/m<sup>3</sup>) über den üblichen natürlichen Außenluftkonzentrationen. Bei den Kurzzeitmessungen an diesem Tag war das nicht zu beobachten. Mögliche Erklärungen könnten ein Drehen der Windrichtung sein, sodass der Hintergrund direkt beaufschlagt wurde oder ein Einfluss durch die Vogelhaltung am Wohnhaus in nur wenigen Metern Entfernung hinter der Hintergrund-Probenahmestelle. Auch eine in einigen Metern nördlich gelegene Halle, in der unter anderem Futtermittel gelagert werden, könnte einen Einfluss gehabt haben.

Für die Hintergrundkonzentrationen von Gesamtbakterien liegen kaum Vergleichsdaten vor. Hier wurde bei den Kurzzeitmessungen mit dem Impaktionsverfahren die Bakterien-Konzentration bei 20°C und bei 36°C bestimmt. Die Werte lagen zwischen <Bestimmungsgrenze und  $3,4 \times 10^3$  KBE/m<sup>3</sup> für Gesamtbakterien bei 20°C und zwischen Bestimmungsgrenze und  $1,5 \times 10^3$  KBE/m<sup>3</sup> für Gesamtbakterien bei 36°C.

Mit diesem Verfahren gibt es Vergleichswerte an einzelnen Messtagen von April bis Oktober 2007 (allerdings für den Parameter Gesamtbakterien bei 25°C), die zwischen <Bestimmungsgrenze und  $2 \times 10^3$  KBE/m<sup>3</sup> liegen (Tesseraux & Dezentner, 2008). Die hier gemessenen Hintergrundkonzentrationen für Gesamtbakterien zeigen einen ähnlichen Variationsbereich. Bei Kurzzeitmessungen können grundsätzlich größere Schwankungen durch aktuelle Einflüsse entstehen.

Im Folgenden werden die Messergebnisse der drei verschiedenen Anlagen nacheinander betrachtet und diskutiert.

### Schimmelpilze

Am Messobjekt KÜHL RECYLCING-ALTPAPIER wurden weder bei den 6-Stundenmessungen noch bei den Kurzzeitmessungen gegenüber dem Hintergrund erhöhte Konzentrationen an Gesamtschimmelpilzen oder bestimmten Schimmelpilzen wie Aspergillus- oder Penicilliumspezies gemessen. Anlagentypische Leitparameter konnten nicht identifiziert werden. An den Messtagen war es meist nur schwach windig, damit repräsentieren die Messungen nicht unbedingt den ungünstigsten Fall. Eine Belastung der Umgebungsluft des Papierrecycling-Betriebes war bei der hier durchgeführten Untersuchung und den dabei herrschenden Bedingungen nicht feststellbar.

Am Messobjekt VOLLMER HOLZRECYCLING wurden bei den 6-Stundenmessungen am 1., am 4. und am 5. Messtag an den Messpunkten 1 und 2 gegenüber dem Hintergrund erhöhte Konzentrationen an Gesamtschimmelpilzen gemessen. Dies zeigte sich etwas weniger deutlich auch bei den Kurzzeitmessungen. Am 4. Messtag wurde wegen geänderter Windrichtung ein anderer Messpunkt 2 gewählt, dieser lag näher an der Anlage als der Messpunkt 2 an den anderen Messtagen. Er lag auf der Einfahrt zur Anlage gegenüberliegenden Straßenseite und damit in Windrichtung. Dies kann erklären, dass an diesem Messtag die Konzentrationen an Gesamtschimmelpilzen und an Penicilliumspezies am Messpunkt 2 höher waren als am Messpunkt 1. An den Messtagen 2 und 3 wechselte die Windrichtung während der Probenahme von Süd/Südwest auf Nord/Nordost, sodass die Messpunkte nicht von der Anlage beaufschlagt wurden. Solche Witterungsänderungen sind nicht einplanbar und ein Umstellen der Geräte während der Probenahme nicht möglich, daher sind diese Messwerte für die Fragestellung nicht verwertbar. Infolgedessen wurde ein 5. Messtag mit geeigneten Windverhältnissen hinzugenommen. Außerdem waren am 3. Messtag die Schimmelpilzkonzentrationen am Hintergrundmesspunkt höher als an den Messpunkten 1 und 2. Auffällig dabei waren die ebenfalls erhöhten Konzentrationen an Schimmelpilzen der Gattungen Aspergillus und Penicillium. Die Konzentrationen dieser Gattungen lagen über den üblichen natürlichen Außenluftkonzentrationen, die im Gegensatz zu Schwärzepilzen wie Cladosporien kaum jahreszeitlich variieren. Mögliche Erklärungen könnten zum einen das Drehen der Windrichtung sein, sodass der Hintergrund direkt beaufschlagt wurde oder ein Einfluss durch die Vogelhaltung am Wohnhaus in nur wenigen Metern Entfernung von der Hintergrund-Probenahmestelle. Auch eine in einigen Metern nördlich gelegene Halle, in der unter anderem Futtermittel gelagert wurde, könnte bei geänderter Windrichtung einen Einfluss gehabt haben.

Am 1., am 4. und am 5. Messtag waren die erhöhten Gesamtschimmelpilzkonzentrationen an den Messpunkten 1 und 2 ganz überwiegend durch hohe Konzentrationen an Schimmelpilzen der Gattung Penicillium geprägt. Die Penicillium-Konzentrationen an den Messpunkten 1 und 2 lagen zwischen  $1 \times 10^2$  KBE/m<sup>3</sup> (Gesamtschimmelpilze  $3,7 \times 10^2$  KBE/m<sup>3</sup>) und  $6,6 \times 10^4$  KBE/m<sup>3</sup> (Gesamtschimmelpilze  $7,3 \times 10^4$  KBE/m<sup>3</sup>). Am 5. Messtag trat am Messpunkt 1 auch eine gegenüber dem Hintergrund etwas erhöhte Konzentration an Pilzen der Gattung Aspergillus ( $1 \times 10^3$  KBE/m<sup>3</sup>) auf.

Für den hier untersuchten Holzrecycling-Betrieb mit Abladen, Lagern und Schreddern von Altholz können nach dieser Untersuchung als anlagentypische Leitparameter Schimmelpilze der Gattung Penicillium benannt werden.

Die an diesem Messobjekt parallel zu den 6-Stundenmessungen für Schimmelpilze durchgeführten Messungen von Feinstaub (PM<sub>10</sub>) zeigten ebenfalls an den Messtagen 1 und 4 an den Messpunkten 1 und 2 gegenüber dem Hintergrund höhere Konzentrationen. Am 5. Messtag wurde kein Hintergrund bestimmt, die Konzentrationen lagen hier aber an den Messpunkten 1 und 2 höher als die an

den anderen Tagen gemessenen Hintergrundkonzentrationen. Die höchste PM10-Konzentration mit  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wurde am Messtag 1 am Messpunkt 1 festgestellt, dort wurde auch die höchste Konzentration an Schimmelpilzen gemessen. Ebenfalls übereinstimmend wurde am 4. Messtag am Messpunkt 2 eine höhere PM10-Konzentration ermittelt als am Messpunkt 1. Schimmelpilzsporen und -bruchstücke sind Partikel die überwiegend Korngrößen von 1 bis  $10 \mu\text{m}$  haben. Dies ist aus den parallel durchgeführten Feinstaubmessungen gut ersichtlich. Eine Bewertung der PM10-Messwerte anhand des Grenzwertes kann hier nicht vorgenommen werden, da dieser mit  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als Tagesmittel definiert ist. Dennoch zeigt diese Untersuchung, dass Mikroorganismen wie Schimmelpilze zur Höhe der Feinstaubkonzentration beitragen können. Feinstaubmessungen könnten an Bioaerosol emittierenden Anlagen gegebenenfalls ein guter zusätzlicher Parameter neben der Erfassung von Bioaerosolen sein.

Festzustellen ist, dass bei süd/südwestlicher Windrichtung auch in größerer Entfernung (ca. 150 m) von diesem Holzrecycling-Betrieb erhöhte Schimmelpilzbelastungen der Luft auftreten können, die deutlich über den Hintergrundkonzentrationen liegen, d. h. dass ein anlagenspezifischer Umwelteinfluss vorliegt. Gleiches zeigt sich für Feinstaub (PM10). Diese Befunde verifizieren auch Beschwerden von benachbarten Betrieben (Bettenhaus, Autohaus) über starke Staubbelastungen und Ablagerungen von Staub auf dem Dach, auf Ausstellungsware sowie auf Ausstellungsfahrzeugen.

Am Messobjekt GfA-KUNSTSTOFF-ENTLADUNG wurden bei den 6-Stundenmessungen an allen Messtagen am Messpunkt 1 und auch an Messpunkt 2 verglichen mit dem Hintergrund deutlich höhere Gesamtschimmelpilzkonzentrationen gemessen. Mit Ausnahme des 2. Messtages (23.09.10) war dies auch bei den Kurzzeitmessungen der Fall. Dabei war insbesondere die Konzentration an Penicilliumarten, in geringerem Maße auch an Aspergillusarten erhöht. Am 1. Messtag (20.09.10) trugen an den Messpunkten 1 und 2 die Konzentrationen an Aspergillusarten ( $1,5 \times 10^4$  und  $6,1 \times 10^3$  KBE/ $\text{m}^3$ ) fast in gleichem Maße wie die der Penicilliumarten ( $1,7 \times 10^4$  und  $8,4 \times 10^3$  KBE/ $\text{m}^3$ ) zur Gesamtschimmelpilzkonzentration ( $5,4 \times 10^4$  und  $2,5 \times 10^4$  KBE/ $\text{m}^3$ ) bei. Die Konzentrationsunterschiede zwischen Messpunkt 1 und Messpunkt 2 waren nicht sehr groß, aber deutlich. Der Abstand zwischen beiden Messpunkten war gering, nur etwas mehr als Straßenbreite (ca. 10 m).

Nach diesen Untersuchungen ist festzustellen, dass hier außerhalb des Anlagengeländes, aber in unmittelbarer Nähe, Schimmelpilzbelastungen der Luft auftreten können, d. h. ein anlagenspezifischer Umwelteinfluss vorliegt. Anwohner sind auch im weiteren Umkreis der Hauptwindrichtung nicht vorhanden.

Weiterhin kann nach diesen Untersuchungen für den hier untersuchten Betrieb zur Kunststoffentladung und -sortierung als anlagentypische Leitparameter Schimmelpilze der Gattung Penicillium und auch Aspergillus benannt werden.

### **Gesamtbakterien**

Gesamtbakterien können aus methodischen Gründen nicht in 6-Stundenmessungen erfasst werden und waren auch nicht Gegenstand der hier durchgeführten Untersuchung. Sie wurden jedoch bei den Kurzzeitmessungen durch Beprobung eines zusätzlichen bakterienspezifischen Nährbodens (CASO mit Natamycin) mit erfasst und dabei die Gesamtbakterienzahl bei zwei Bebrütungstemperaturen ( $20^\circ\text{C}$  und  $36^\circ\text{C}$ ) ermittelt. Die Bakterienmessungen wurden hier nicht mit einem für Immissionsmessungen standardisierten Verfahren durchgeführt, sondern dienten einer ersten Orientierung zu diesem Messparameter. Eine Bewertung im Sinne „anlagenspezifischen Umwelteinflusses“ ist daher nicht möglich.

Am Messobjekt KÜHL RECYLCING-ALTPAPIER variierten sowohl die Bakterienkonzentrationen bei 20°C als auch bei 36°C an allen Messtagen und an allen Messpunkten einschließlich des Hintergrundes von ca.  $1 \times 10^2$  bis  $1 \times 10^3$  KBE/m<sup>3</sup>. Dabei waren die Konzentrationen für die Bakterien bei 20°C meist etwas höher als die der bei höherer Bebrütungstemperatur von 36°C. Die höchste Konzentration wurde am Hintergrundmesspunkt am 1. Messtag gemessen ( $3,4 \times 10^3$  KBE/m<sup>3</sup>). Nach diesen Untersuchungen ist für die Gesamtbakterienkonzentrationen bei 20°C und auch bei 36°C kein Einfluss durch den Papierrecyclingbetrieb zu erkennen. Wie auch bei den Schimmelpilzmessungen angemerkt, konnten an dieser Anlage die Kurzzeitmessungen nicht auf besondere, stauberzeugende Aktivitäten im Betrieb abgestimmt werden, da Einblicke in die Hallen nur begrenzt möglich waren.

Am Messobjekt VOLLMER HOLZRECYCLING ergaben sich für die an den Messtagen 1, 2 und 3 keine gegenüber dem Hintergrund erhöhten Konzentrationen. Am Messtag 4 wurden bei beiden Messungen an diesem Tag deutlich höhere Konzentrationen für Gesamtbakterien bei 20°C und 36°C an beiden Messpunkten festgestellt. Eine Ausnahme war der Messpunkt 1, der bei der 2. Messung etwa Hintergrundkonzentrationen aufwies. Am 5. Messtag traten nur für Gesamtbakterien bei 20°C an den Messpunkten 1 und 2 gegenüber dem Hintergrund erhöhte Konzentrationen auf. Eine Erklärung für die Variation der Bakterienkonzentrationen kann nicht gegeben werden, es ist jedoch zu berücksichtigen, dass es sich bei diesen Kurzzeitmessungen über 1 Minute um „Momentaufnahmen“ handelt, bei denen es viele Einflussfaktoren geben kann. Ein kurzfristiger Einfluss der Anlage z. B. während besonderer Aktivitäten wie Schreddern des Altholzes ist allerdings aus diesen Messergebnissen nicht zu abzuleiten. Auch können die Parameter Gesamtbakterien bei 20°C und 36°C nicht als typisch für den Betrieb dieser Anlage benannt werden. Dazu müssten weitergehende Untersuchungen mit einem anderen Messverfahren, das längere Probenahmezeiten erlaubt durchgeführt werden.

Am Messobjekt GfA-KUNSTSTOFF-ENTLADUNG waren an allen Messtagen mit Ausnahme des 2. die Bakterienkonzentrationen sowohl bei 20°C als auch bei 36°C an den Messpunkten 1 und 2 erhöht gegenüber dem Hintergrund. Stärker ausgeprägt war dieser Befund für die Gesamtbakterien bei 20°C. Auch waren die Konzentrationen am Messpunkt 1 höher als am etwas weiter entfernten Messpunkt 2. Die an den Messpunkten 1 und 2 erreichten Bakterien-Konzentrationen ( $1,8 \times 10^2$  bis  $5,3 \times 10^3$  KBE/m<sup>3</sup>) lagen in ähnlicher Höhe wie die der gleichzeitig gemessenen Gesamtschimmelpilze ( $1,8 \times 10^3$  bis  $4,3 \times 10^3$  KBE/m<sup>3</sup>).

Mit der Einschränkung dass hier nur Kurzzeitmessungen durchgeführt wurden, können diese Ergebnisse doch als Hinweis darauf gewertet werden, dass die Parameter Gesamtbakterien bei 20°C und auch bei 36°C als spezifisch für den Einfluss dieses Kunststoffsammlungs- und Sortierbetriebes gewertet werden können.

# 5 Quellenverzeichnis

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

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

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

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

Tesseraux I., 2006: Bioaerosole – jahreszeitlicher Gang. 41. Messtechnisches Kolloquium 22.-24-Mai 2006 in Mainz, Veranstalter Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen

Tesseraux, I., Dezenter, S., 2008: Bakterien in der Außenluft – Vergleich von Messverfahren für die Immission. Immissionsschutz 3, 122-125

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

VDI 4250-Entwurf, Nov. 2009 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.

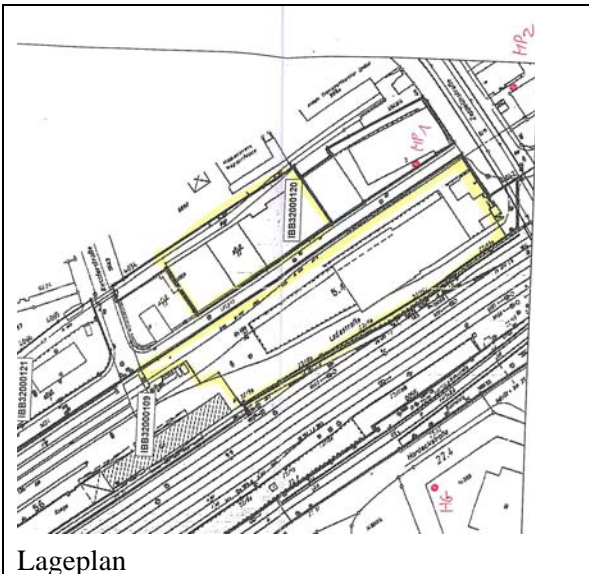
VDI 4252 Blatt 3, 2008: Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Luft – Aktive Probenahme von Bioaerosolen – Abscheidung von luftgetragenen Bakterien mit Impingern nach dem Prinzip der kritischen Düse.

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



VDI 2463 Blatt 7 und 8, 1982: Messen von Partikeln; Messen der Massenkonzentration (Immission); Blatt 7: Filterverfahren; Kleinfiltergerät GS050; Blatt 8: Basisverfahren für den Vergleich von nichtfraktionierenden Verfahren

# 6 Anhang



Lageplan



„Quellen“



Hintergrund-Messpunkt (HG)



Messpunkt 1 „nah“ (MP1)



Messpunkt „fern“ (MP2)



Halle Eingangstor offen

**Messobjekt KÜHL-ENTLADUNG**





Lageplan



„Quellen“



Hintergrund-Messpunkt (HG)



Messpunkt 1 „nah“ (MP1)



Messpunkt „fern“ (MP2)



Messpunkt „fern“ (MP2) am 21.06.2010



Auf dem Dach des Bettenhauses



Belag auf Fahrzeug vor Autohaus

**Messobjekt VOLLMER HOLZRECYCLING**



Lageplan



Quelle



Hintergrund-Messpunkt (HG)



Messpunkt 1 „nah“ (MP1)D



Messpunkt „fern“  
(MP2)



LKW-Entladestelle

**Messobjekt GfA-KUNSTSTOFFRECYCLING**



## Messwerte Tabellen

KÜHL ALTPAPIER-RECYCLING: Gesamtschimmelpilze (Ges-KBE) 6-Stundenmessungen (6h) Mittelwerte aus zwei Probenahmen; Kurzzeitmessungen (1min; -2 = 2. Messung) (auch Bakterien). Mittelwerte aus 3 beprobten Schalen. [KBE/m<sup>3</sup>]. Asp = Aspergillus, Asp fumi = A HG = Hintergrund, MP1 = Messpunkt nah, MP2 = Messpunkt fern Aspergillus fumigatus, Eurot = Eurotium, Clado = Cladosporium, Penic = Penicillium, Sonst = Sonstige,

1. Messtag, 30.09.2009 Schimmelpilze (DG18)									Bakterien (CASO)	
	Ges-KBE	Asp	Asp fumi	Eurot	Clado	Hefen	Penic	Sonst	20°C	36°C
HG-6h	49160	47		115	47436		641	542		
MP1-6h	801	<40			413		304	53		
MP2-6h	694	41		<40	439		150	62		
HG- 1min	5840	160		80	5320		220	60	590	630
MP1-1min	1660	40		40	1300		220	60	520	400
MP2-1min	1280	20			880		240	80	360	340
HG-1min-2	4140				3760		40	320	3440	800
MP1-1min-2	1340	40		40	380		800	100	220	380
MP2-1min-2	600	20			400		100	0	840	840
2. Messtag, 07.10.2009 Schimmelpilze (DG18)									Bakterien (CASO)	
	Ges-KBE	Asp	Asp fumi	Eurot	Clado	Hefen	Penic	Sonst	20°C	36°C
HG-6h	11381	191			10832		178	539		
MP1-6h	4559	91	<40		4106	41	172	161		
MP2-6h	5115	<40			4419		161	474		
HG-1min	2840	20		20	2300	200	200	100	300	160
MP1-1min	1800	40		20	1240	380	80	40	340	140
MP2-1min	1680	20		40	1040	460	60	60	180	380
HG-1min-2	7280	20			6780		20	380	1000	140
MP1-1min-2	3720	40			3400		20	260	960	280
MP2-1min-2	4020				3740		40	220	540	860
3. Messtag, 21.10.2009 Schimmelpilze (DG18)									Bakterien (CASO)	
	Ges-KBE	Asp	Asp fumi	Eurot	Clado	Hefen	Penic	Sonst	20°C	36°C
HG-6h	1465	17			899		179	412		
MP1-6h	1756	113		<40	1117		244	263		
MP2-6h	1325	40	<40	<40	886		119	229		
HG-1min	1380				940	20	80	340	340	180
MP1-1min	1400	20			800		240	340	780	100
MP2-1min	1080	80	20	40	560	40	160	180	340	400
HG-1min-2	1720				1400	20	120	80	460	160
MP1-1min-2	1540	20			1260	40	100	40	340	160
MP2-1min-2	1420			20	1140	20	40	160	280	60
4. Messtag, 28.10.2009 Schimmelpilze (DG18)									Bakterien (CASO)	
	Ges-KBE	Asp	Asp fumi	Eurot	Clado	Hefen	Penic	Sonst	20°C	36°C
HG-6h	1916	<40	<40	<40	1619		131	93		
MP1-6h	1091	86	48		747		181	77		
MP2-6h	1396	87	49	<40	969		194	107		
HG-1min	1020			20	780	100	60	60	240	80
MP1-1min	1060	20	20		640	40	220	140	660	140
MP2-1min	1060				660	60	180	160	100	60
HG-1min-2	1220	60		120	880	60	60	40	100	40
MP1-1min-2	1120	20		20	920		80	80	320	140
MP2-1min-2	1280	60			1020		80	120	260	220

VOLLMER HOLZRECYCLING: Gesamtschimmelpilze (Ges-KBE) 6-Stundenmessungen (6h) Mittelwerte aus zwei Probenahmen; Kurzzeitmessungen (1min; -2 = 2. Messung) (auch Bakterien). Mittelwerte aus 3 beprobten Schalen. [KBE/m<sup>3</sup>]. Asp = Aspergillus, Asp fumi = Aspergillus fumigatus, Eurot = Eurotium, Clado = Cladosporium, Penic = Penicillium, Sonst = Sonstige, HG = Hintergrund, MP1 = Messpunkt nah, MP2 = Messpunkt fern, kM = keine Messung

1. Messtag, 08.06.2010 Schimmelpilze (DG18)									Bakterien (CASO)	
	Ges-KBE	Asp	Asp fumi	Eurot	Clado	Hefen	Penic	Sonst	20°C	36°C
HG-6h	787	<40	<40	<40	563		151	<40		
MP1-6h	72793	427		746	964	422	65528	4702		
MP2-6h	4281	44			518	44	3498	165		
HG- 1min	877	<10			760		50	60	137	1487
MP1-1min	1517	10	<10		643	<10	823	33	167	1480
MP2-1min	1197	37	13	<10	503		617	37	87	20
HG-1min-2	1268	47	30		1130	10	20	40	273	233
MP1-1min-2	kM									
MP2-1min-2	kM									
2. Messtag, 09.06.2010 Schimmelpilze (DG18)									Bakterien (CASO)	
	Ges-KBE	Asp	Asp fumi	Eurot	Clado	Hefen	Penic	Sonst	20°C	36°C
HG-6h	1144	46	<40	<40	743	<40	292	<40		
MP1-6h	2302	75	75		1764	<40	350	75		
MP2-6h	2454				2234	73	<40	110		
HG- 1min	1357	20			1147	7	160	20	453	300
MP1-1min	1430				1117	13	207	83	253	75
MP2-1min	1293			13	1193	30	37	17	77	23
HG-1min-2	930	73	50		783	<10	30	30	317	160
MP1-1min-2	1030	27	23		923		30	43	367	290
MP2-1min-2	1033	10	10		927	<10	17	60	110	67
3. Messtag, 10.06.2010 Schimmelpilze (DG18)									Bakterien (CASO)	
	Ges-KBE	Asp	Asp fumi	Eurot	Clado	Hefen	Penic	Sonst	20°C	36°C
HG-6h	4916	1173	880	<40	1992	<40	1510	162		
MP1-6h	4562	200		<40	3117	<40	468	750		
MP2-6h	3735				3639		<40	69		
HG- 1min	1403	23		10	947	<10	390	20	160	247
MP1-1min	1410	10	<10	<10	1243	13	93	30	53	120
MP2-1min	1443	10	<10	<10	1347	20	30	27	123	33
HG-1min-2	1510	40		<10	757	<10	663	33	240	127
MP1-1min-2	1453	<10	<10	<10	1300	23	50	63	30	63
MP2-1min-2	1717				1607	20	20	50	47	13
4. Messtag, 21.06.2010 Schimmelpilze (DG18)									Bakterien (CASO)	
	Ges-KBE	Asp	Asp fumi	Eurot	Clado	Hefen	Penic	Sonst	20°C	36°C
HG-6h	417	<40		<40	359	<40	<40	<40		
MP1-6h	2903	99			448	<40	2258	49		
MP2-6h	6072	224		88	380	43	5217	120		
HG- 1min	887	<10	<10		810	10	27	37	53	27
MP1-1min	870	13	<10		440	10	77	320	1943	590
MP2-1min	1433			<10	323	<10	1077	23	1063	260
HG-1min-2	643	<10			583	27	<10	23	97	27
MP1-1min-2	433	<10	<10		347	17	20	37	80	53
MP2-1min-2	2313	113		10	130	<10	2053		2690	2297

VOLLMER HOLZRECYCLING: Gesamtschimmelpilze (Ges-KBE) 6-Stundenmessungen (6h) Mittelwerte aus zwei Probenahmen; Kurzzeitmessungen (1min; -2 = 2. Messung) (auch Bakterien). Mittelwerte aus 3 beprobten Schalen. [KBE/m<sup>3</sup>]. Asp = Aspergillus, Asp fumi = Aspergillus fumigatus, Eurot =

Eurotium, Clado = Cladosporium, Penic = Penicillium, Sonst = Sonstige, HG = Hintergrund, MP1 = Messpunkt nah, MP2 = Messpunkt fern

5. Messtag, 01.07.2010 Schimmelpilze (DG18)									Bakterien (CASO)	
	Ges-KBE	Asp	Asp fumi	Eurot	Clado	Hefen	Penic	Sonst	20°C	36°C
HG-6h	229	<40	<40	<40	131		<40	<40		
MP1-6h	4930	945	297	<40	41		3310	614		
MP2-6h	367	84	43	<40	139		89	<40		
HG- 1min	610	<10		<10	467		77	50	117	43
MP1-1min	940	23	20		773	17	77	33	643	
MP2-1min	617	10			570			13	603	63
HG-1min-2	510				463		10	13	157	93
MP1-1min-2	3020	150		113	13		2697	47	1897	87
MP2-1min-2	320				230	<10	<10	70	23	47

GfA-KUNSTSTOFF: Gesamtschimmelpilze (Ges-KBE) 6-Stundenmessungen (6h) Mittelwerte aus zwei Probenahmen, Kurzzeitmessungen (1min) (auch Bakterien). Mittelwerte aus 3 beprobten Schalen. [KBE/m<sup>3</sup>]. Asp = Aspergillus, Asp fumi = Aspergillus fumigatus, Eurot = Eurotium, Penic = Penicillium, Sonst = Sonstige, HG = Hintergrund, MP1 = Messpunkt nah, MP2 = Messpunkt fern

1. Messtag, 20.09.2010 Schimmelpilze (DG18)									Bakterien (CASO)	
	Ges-KBE	Asp	Asp fumi	Eurot	Clado	Hefen	Penic	Sonst	20°C	36°C
HG-6h	468	<40			171		210	54		
MP1-6h	54136	15338					16806	21989		
MP2-6h	24596	6046			<40	<40	8412	10134		
HG- 1min	460	<10			280		27	143	<10	307
MP1-1min	4067	1000					3067		4667	2240
MP2-1min	4000	363					3637		3810	2980
2. Messtag, 23.09.2010 Schimmelpilze (DG18)									Bakterien (CASO)	
	Ges-KBE	Asp	Asp fumi	Eurot	Clado	Hefen	Penic	Sonst	20°C	36°C
HG-6h	2478	210			1676	<40	206	373		
MP1-6h	16605	3687	1047	523	398		11203	792		
MP2-6h	6389	1827	246		782	128	3260	392		
HG- 1min	1737	23			1383	40	247	43	957	770
MP1-1min	1270	23			753	193	100	200	957	210
MP2-1min	1130	30			630	180	250	40	240	273
3. Messtag, 19.10.2010 Schimmelpilze (DG18)									Bakterien (CASO)	
	Ges-KBE	Asp	Asp fumi	Eurot	Clado	Hefen	Penic	Sonst	20°C	36°C
HG-6h	4956	<40	<40	<40	4419	<40	209	275		
MP1-6h	16836	1747	<40	210	3244	<40	11398	197		
MP2-6h	11045	893		120	3904		6021	106		
HG- 1min	1977	<10		<10	1770	20	60	120	307	43
MP1-1min	4310	457			2043		1810		5273	1837
MP2-1min	1850	147		40	917	<10	600	140	1703	917
4. Messtag, 03.11.2010 Schimmelpilze (DG18)									Bakterien (CASO)	
	Ges-KBE	Asp	Asp fumi	Eurot	Clado	Hefen	Penic	Sonst	20°C	36°C
HG-6h	3364			<40	2955	<40	117	269		
MP1-6h	16387	977		60	1159		13949	242		
MP2-6h	8339	512		85	1609	49	5852	232		
HG- 1min	1223	10	<10	17	1060	10	47	70	243	233
MP1-1min	4200	207		53	430		3510		4907	3017
MP2-1min	1820	43		23	797	10	863	83	3113	837



