

**ecovio-Bioabfalltüten zur hygienischen
Erfassung von Bioabfällen**

bifa-Studie



INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	1
2	Hygienestatus bei der Bioabfallsammlung in Haushalten.....	2
2.1	Untersuchungsparameter und Herstellung definierter Bioabfälle.....	2
2.2	Bioabfallsammelbehälter und Bioabfalltüten.....	4
2.3	Lebendkeimzahlen von Bioabfällen	5
2.4	Lebendkeimzahlen von Oberflächen mit Bioabfall-Kontakt	7
3	Hygienestatus bei der Bioabfallsammlung in Biotonnen	15
3.1	Untersuchungsgang	15
3.2	Untersuchungsergebnisse	15
4	Fazit	19

1 Einleitung

Nahrungsmittelabfälle verderben bei Raumtemperaturen sehr schnell. Bei der Handhabung gelangen auch Infektionserreger von erkrankten Personen in die Bioabfälle und können sich dort bei typischen Wohnraumtemperaturen rasch vermehren. Demzufolge gelten die in Bioabfallbehandlungsanlagen angelieferten Bioabfälle als seuchen- und phyto-hygienisch bedenklich. Die Einhaltung von verfahrenstechnischen Mindestanforderungen bei der Bioabfallbehandlung (Kompostierung, Vergärung) stellt sicher, dass hygienisch bedenkliche Bioabfälle zu seuchen- und phytohygienisch unbedenklichen Produkten verwertet werden können¹.

Restabfälle, Bioabfälle, DSD-Wertstoffe sowie Altpapier und -glas haben zum Zeitpunkt der Anlieferung in Abfallbehandlungsanlagen bereits sehr hohe Gehalte an Bakterien und Pilzen, darunter auch diverse humanpathogene Erreger². Die in der Abfallwirtschaft tätigen Personen werden im Rahmen von arbeitsplatzbezogenen Einweisungen über Hygienrisiken und geeignete Schutzmaßnahmen informiert.

In den Privathaushalten sind die Bewohner selbst für die Einhaltung hygienischer Vorsorgemaßnahmen verantwortlich. Daten des Robert Koch-Institutes (RKI) deuten jedoch auf erhebliche Kenntnislücken hin, da Privathaushalte Ausgangspunkt für mehr als 64 % der Nahrungsmittel-bedingten Infektionen sein sollen³. Dementsprechend könnten hygienische Optimierungseffekte vor allem beim Umgang von Privatpersonen mit Abfällen erzielbar sein.

Es war jedoch unbekannt, ob die in Haushalten anfallenden Abfälle bereits bei Lagerzeiten von wenigen Tagen eine entsprechend hohe Verkeimung mit Bakterien und Pilzen entwickeln. In diesem Fall wären Abfälle bereits zum Zeitpunkt der Sammlung in den Wohnräumen hygienisch bedenklich. Beim Umgang mit Abfällen sollten dann - in Analogie zu den an Arbeitsplätzen der Abfallwirtschaft zu beachtenden Arbeitsschutzmaßnahmen - hygienische Vorsorgemaßnahmen Anwendung finden. In erster Linie sollten ein direkter Hautkontakt mit Abfällen und die Einatmung von Aerosolen vermieden werden.

Diese Fragestellung wurde im Auftrag der BASF SE in einem Untersuchungsprogramm am Beispiel der haushaltsnahen Sammlung von Bioabfällen aufgegriffen. Hierzu wurde untersucht, wie stark sich Bakterien und Pilze in frischen Bioabfällen während einer bis zu 5 Tage andauernden Lagerung bei Temperaturen von 25 °C vermehren. Weiterhin wurde die Verkeimung von Oberflächen untersucht, mit denen Nutzer bei der Handhabung der Bioabfälle in Kontakt kommen können. Hierbei wurde die Sammlung der Bioabfälle ohne Abfalltüten mit Sammlungen in Papier-, PE- und ecovio-Biokunststoff-Tüten verglichen. Ergänzend wurde untersucht, ob sich bei der Sammlung der Bioabfälle ohne Tüten bzw. in ecovio-Biokunststoff-Tüten Unterschiede hinsichtlich der Luftkeimbelastung beim Einwurf der Bioabfälle in kommunale Biotonnen ergeben.

¹ Hoppenheidt, K. (2012): Hygieneaspekte bei der getrennten Erfassung und Behandlung von Bioabfällen. 6. Biomasseforum, 21./22. November 2012, Bad Hersfeld

² Krist, H.; Hoppenheidt, K.; Mücke, W. (2005): Hygiene der Abfallentsorgung im Gesundheitswesen. München

³ Bernard, H.; Stark, K. (2011): Lebensmittelbedingte Infektionen und Ausbrüche in Deutschland, RKI, Präsentation, Rostock, 21.9.2011; www.lallf.de/fileadmin/media/PDF/Veroeffentlichungen/Veranstaltungen/BELA3.pdf

2 Hygienestatus bei der Bioabfallsammlung in Haushalten

2.1 Untersuchungsparameter und Herstellung definierter Bioabfälle

Das Ausmaß der Verkeimung der in den Haushalten gesammelten Bioabfälle hängt maßgeblich von folgenden Einflussfaktoren ab:

- Ausgangsverkeimung der Bioabfälle
- Aufenthaltszeit im Bioabfallbehälter
- Lagertemperatur
- Wassergehalt der Bioabfälle

Für Bayern wurde ein mittleres Aufkommen von Bioabfällen von ca. 460 Gramm pro Haushalt und Tag abgeschätzt. Hieraus ergibt sich bei einer Schüttdichte von 0,7 kg/L eine Menge von 0,65 Liter Bioabfall pro Haushalt und Tag. Häufig im Einsatz befindliche Gefäße für die Sammlung von Bioabfällen in Haushalten haben maximale Füllvolumina von 5-10 Litern. Damit wäre eine Maximalfüllung der Gefäße nach spätestens 10 Tagen erreicht. Geht man von einem gleichbleibenden täglichen Aufkommen von Bioabfällen aus, liegt die mittlere Verweilzeit der Bioabfälle bei einer bis zu 10-tägigen Nutzung eines Behältervolumens bei 5 Tagen. Die zuletzt eingefüllten Abfälle würden nur einen Tag im Abfallbehälter lagern; Anteile von 10 % würden bis zu 10 Tage im Abfallbehälter vorhanden sein. Auch wenn in der Praxis zu erwarten ist, dass eine Gefäßleerung oft vor dem Erreichen der Maximalfüllung erfolgt, bot die Abschätzung hilfreiche Rahmendaten für die Konzeption der durchzuführenden Prüfungen. Als Aufenthaltszeit der Bioabfälle in den Haushalten wurden somit bis zu 5 Tage in 7 L-Haushaltssammelbehältern angenommen und über diesen Zeitraum wurde die Keimvermehrung beobachtet. Hierzu kam eine definierte Bioabfallmischung zum Einsatz.

Während viele Nahrungsmittel gekühlt aufbewahrt werden, lagern Bioabfälle bei vergleichsweise hohen Temperaturen. Für Küchen kann ganzjährig eine Mindesttemperatur von 20 °C angenommen werden. In Küchenzeilen befinden sich Abfallbehälter oft neben Geschirrspülern oder Kochherden, sodass zumindest über Stunden Temperaturen auftreten, die deutlich über der Raumtemperatur liegen. Im Sommer kann die Raumtemperatur über weite Tageszeiträume deutlich über der 20 °C-Marke liegen. Dem worst-case-Ansatz folgend wurde die Keimentwicklung bei 25 °C geprüft. Bei dieser Temperatur vermehren sich die in Umweltproben vorkommenden Bakterien und Pilze bereits sehr schnell.

Abfälle konservierter und gekochter Nahrungsmittel haben anfangs niedrige Ausgangskeimgehalte. Abfälle gekochter Nahrungsmittel verkeimen jedoch schnell, da das Kochen einen Aufschluss vieler Nahrungsbestandteile eingeleitet hat. Abfälle von kühl oder gekühlt gelagerten, naturbelassenen Nahrungsmitteln weisen bereits hohe, natürliche Keimgehalte auf (z. B. die Besiedler der Oberfläche von Salatblättern oder die Keime in den Erdanhaftungen bei Kartoffeln, Möhren, etc.). Oft gelangen auch mikrobiell verdorbene Nahrungsmittel in die Bioabfallsammelbehälter (z. B. verschimmelter Brot, Obst und Gemüse). Für die aktuelle Untersuchung sind neue Behälter und noch genusstaugliche Bioabfallbestandteile verwendet worden. Für länger in Haushalten benutzte Behälter ist eine erhöhte Grundverkeimung anzunehmen. Außerdem werden in Haushalten auch überlagerte, bereits verdorbene Nahrungsmittel im Rahmen der Bioabfallsammlung erfasst. Um diese erhöhte Ausgangsverkeimung bei der Untersuchung nachstellen zu können, wurden einige Bioabfallmischungen mit

kommunalem Bioabfall angeimpft. Hierzu wurden 20 Gramm von frisch angeliefertem, kommunalen Bioabfall (Kompostierungsanlage Augsburg) in 200 mL Reinstwasser suspendiert. 25 mL der Suspension wurden dann zu einem Ansatz mit 2,7 kg frisch hergestelltem Bioabfall dosiert. Somit wurde der hergestellte Bioabfall mit einem Promille der in kommunalen Bioabfällen vorhandenen Mikroorganismen angereichert.⁴

Die hygienischen Untersuchungen umfassten Bestimmungen der Lebendkeimzahlen an Bakterien und Pilzen (Tabelle 1); Aliquote der Proben wurden für ergänzende Untersuchungen tiefgefroren konserviert.

Tabelle 1: Hygienische Untersuchungsparameter

Parameter	Medium, Kulturbedingungen	Anwendungsbereich
Lebendkeimzahl Bakterien	CASO-Agarplatten (mit 50 mg/L Nystatin- und 25 mg/L Actidionzusatz), 37 °C	Nachweis anspruchsvoller heterotropher Bakterien (TRBA 9430)
Lebendkeimzahl Schimmelpilze	DG-18-Agarplatten (mit 100 mg/L Chloramphenicolzusatz), 25 °C	Nachweis xerophiler Schimmelpilze (TRBA 9420)

Für die Füllung der 7-L-Bioabfallsammelgefäße wurde eine Mischung der in Tabelle 2 aufgeführten Komponenten hergestellt.

Tabelle 2: Komponenten für Herstellung definierter Bioabfälle

Bestandteil	Einwaage in g/Ansatz	Herkunft und Vorbereitung
Blattsalat	550	Aldi, Eisbergsalat, vorzerkleinert
Weißkohl	275	Fegro, Weißkohl, vorzerkleinert
Tomaten	275	Aldi, Tomaten , vorzerkleinert
Gurken	275	Aldi, Salatgurken , vorzerkleinert
Kartoffeln (roh)	275	Fegro, Kartoffeln , vorzerkleinert
Kartoffeln (gekocht)	275	Fegro, Kartoffeln, vorzerkleinert
Sojaschrot	275	Baywa; Marke Sojagold; unverändert
Vollkornschrot	140	Landwirt; Mischung aus Weizen und Gerste
Gemüsemais	275	Fegro, Mais-Konserve, abgegossen
Gekochtes Fleisch	140	Fegro, „JA“-Hundefutter (Geflügel mit Reis)
Gesamt	2.755	

Die auf < 5 cm vorzerkleinerten, lose aufgeschütteten Bioabfälle hatten eine Lagerdichte von 0,4 kg/Liter. Der definierte Bioabfall hatte zum Zeitpunkt der Befüllung der Abfallbehälter einen Wassergehalt von 76,7 %; der Gehalt an organischer Substanz oTS lag bei 94,6 %.

⁴ Im Rahmen der Untersuchung zeigte sich, dass die Ausgangskeimzahl der Bioabfälle durch die Animpfung nur gering verändert wurde. Deshalb wurden die Bioabfälle für weitere Untersuchungen (3) nicht mehr zusätzlich beimpft.

Diese Werte liegen in einem typischen Wertebereich für die in Haushalten anfallenden Bioabfälle⁵.

2.2 Bioabfallsammelbehälter und Bioabfalltüten

Als Sammelbehälter dienten die in Abbildung 1 dargestellten neuwertigen Gefäße. Die Kunststoffbox (Fegro) wurde ohne Sammeltüte genutzt; da der Deckel nicht perforiert war, wurde er zur Gewährleistung eines Luftaustausches nach der Befüllung mit Bioabfall nur locker aufgelegt.








			
Ohne Tüte	Papier-Tüte	PE-Tüte	ecovio-Tüte
			

Abbildung 1: Benutzte Varianten an Abfallbehältern und Bioabfalltüten

Die mit Belüftungsschlitzen ausgestatteten Bioabfallsammelbehälter (Stelo - Bio-Abfalleimer; Biomasse GmbH) wurden mit einem der nachfolgend genannten Bioabfalltüten bestückt:

- Papiertüte: dm Profissimo Bio-Kompostbeutel 10 L
- PE-Tüte: 10 L-Beutel, geschwärzt⁶
- ecovio-Tüte: in Bad Dürkheim eingesetzte 10 L-Biobeutel

⁵ Die in Bioabfallbehandlungsanlagen angelieferten Abfälle enthalten größere Anteile an Grüngut; dieses enthält holzige Bestandteile sowie Erd- und Sandanhaftungen. Dementsprechend haben kommunale Bioabfälle niedrigere Wassergehalte (60 – 70 %) und Anteile an organischer Trockensubstanz (60 – 80 %).

⁶ Untersuchungen der BASF SE zeigten, dass die PE-Tüte eine Dicke von 5-6 µm hatte und aus Recycling-Kunststoff bestand. Einschlüsse von kleinen Fremdstoffpartikeln können bei Recycling-Kunststoffen die Durchlässigkeit erhöhen. Im Unterschied dazu haben die ecovio-Beutel eine Dicke von ca. 25 µm und sind aus einer neuen, homogenen Polymermischung hergestellt worden.

2.3 Lebendkeimzahlen von Bioabfällen

Die frisch hergestellten Bioabfälle wurden vor und nach dem Beimpfen mit Bioabfalleluat auf vermehrungsfähige Bakterien und Pilze untersucht. Die in die verschiedenen Abfallbehälter gefüllten Bioabfälle wurden 5 Tage bei 25 °C gelagert. Anschließend wurden die Inhalte der Abfallbehälter bzw. Bioabfalltüten auf die Gehalte an vermehrungsfähigen Bakterien und Pilzen untersucht. Die Bioabfallproben wurden in saubere, bei 70 °C entkeimend vorbehandelte Kunststoffeimer gefüllt. Anschließend wurden 2 Liter sterile, 0,01-molare Natriumpyrophosphat-Lösung (pH 7,0) hinzugefügt. Die Eimer wurden mit einem dicht schließenden Deckel versehen und 60 Minuten bei 25 °C auf einem Horizontalschüttler mit 70 Umdrehungen pro Minute inkubiert.

Die in Abbildung 2 zusammengestellten Fotos der frischen und der 5 Tage bei 25 °C gelagerten Bioabfälle verdeutlichen die visuell erkennbaren Veränderungen: Die Bioabfälle waren nach 5 Tagen stärker verdichtet, da einzelne Bioabfallbestandteile einen Strukturverlust zeigten. Auffällig war - neben dem intensiven Geruch - die bereits deutliche Ausprägung eines Pilzmyzels auf der Oberfläche der Bioabfälle.








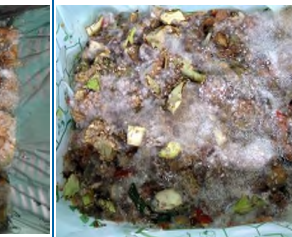
			
Ohne Tüte	Papier-Tüte	PE-Tüte	ecovio-Tüte
			
Intensiver Geruch, Schimmelbewuchs gering ausgeprägt	Intensiver Geruch, Schimmelbewuchs sehr stark ausgeprägt	Intensiver Geruch; Schimmelbewuchs stark ausgeprägt	Intensiver Geruch; Schimmelbewuchs stark ausgeprägt

Abbildung 2: Visuelle Beurteilung der frisch eingefüllten (oben) und 5 Tage bei 25 °C gelagerten Bioabfälle

Die Eluate der Bioabfälle wurden in Verdünnungsreihen mit bis zu 9 dekadischen Stufen verdünnt und aus jeder Verdünnung wurden je 2 Nähragarschalen der beiden in Tabelle 1 aufgeführten Nährmedien beimpft. Rückstellproben der Abfalleluate wurden bei -70 °C zwischengelagert.

Nach Abschluss der Bebrütung wurden Kulturschalen mit auswertbaren Koloniezahlen (Grenzverdünnungen, vergl. Abbildung 3) ausgewählt und die Anzahlen der Koloniebildenden Einheiten (KBE) ermittelt. Unter Berücksichtigung der Einwaagen an Bioabfällen

und der Volumina an Elutionsmedien wurden die Anzahlen an Kolonie-bildenden Einheiten pro Gramm Bioabfall-Frischmasse bestimmt.

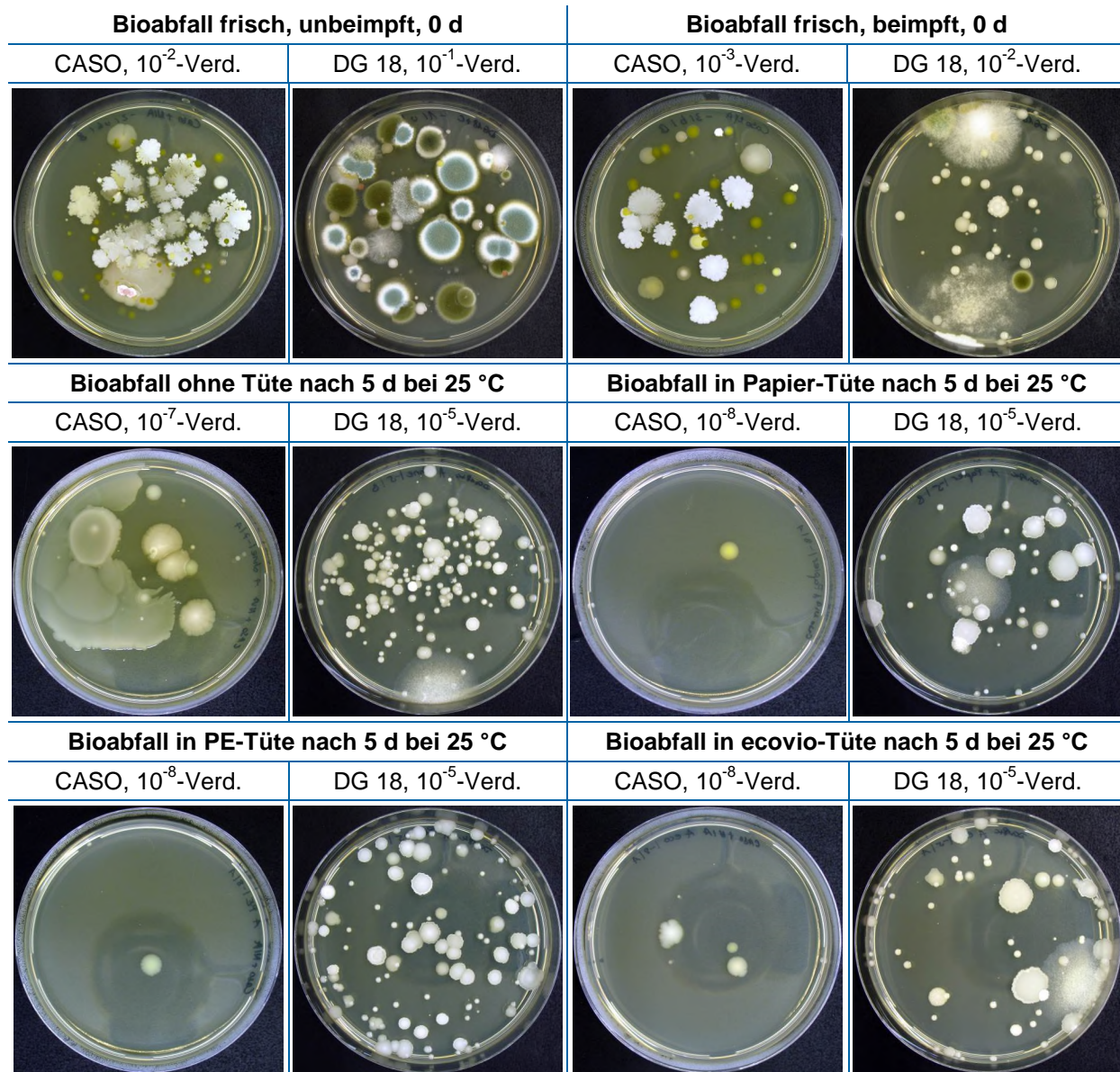


Abbildung 3: Koloniebilder auf Grenzverdünnungen mit auswertbaren Koloniezahlen

Hinweis: Platten mit wenigen Kolonien waren die einzigen, die nicht völlig überwachsen waren.

Die Koloniebilder zeigen, dass in den Bioabfällen ein breites Spektrum an Bakterien, Hefen und Schimmelpilzen vorhanden waren. Die 5 d bei 25 °C gelagerten Bioabfälle mussten aufgrund der massiv erhöhten Keimzahlen um Faktor 1.000 (Pilze) bzw. um Faktor 10.000 bis 100.000 stärker verdünnt werden, bevor auf den Kulturschalen auswertbare, einzeln stehende Kolonien der Bakterien und Pilze vorlagen.

In Abbildung 4 sind die Mittelwerte der quantitativen Auswertungen für die untersuchten Bioabfälle grafisch dargestellt. Die frisch hergestellten Bioabfälle enthielten pro Gramm $7,1 \times 10^4$

Kolonie-bildende Einheiten (KBE) an Bakterien und $7,2 \times 10^3$ KBE an Pilzen. Durch die Beimpfung erhöhten sich die Ausgangsgehalte nur um jeweils Faktor 5.

Die 5 d bei 25 °C gelagerten Bioabfälle enthielten $5,7 \times 10^8$ – $1,1 \times 10^9$ KBE an Bakterien bzw. $8,3 \times 10^7$ – $1,4 \times 10^8$ KBE Pilze pro Gramm. Diese Ergebnisse belegen die Ausgangshypothese, dass Bioabfälle bereits während der wenige Tage dauernden Lagerung im Haushalt stark erhöhte, hygienisch bedenkliche Keimgehalte entwickeln.

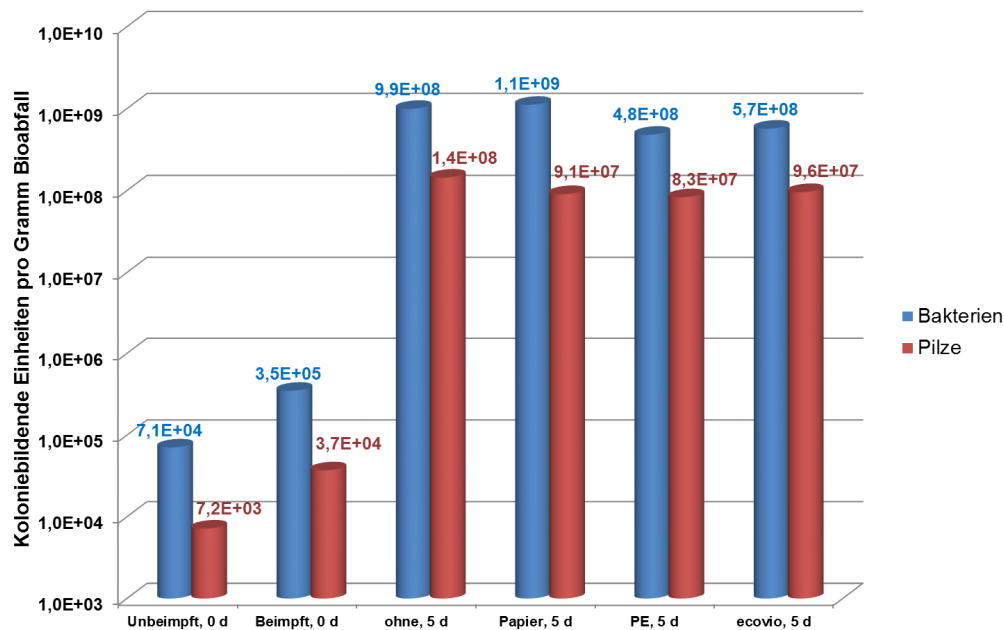


Abbildung 4: Resultate der Lebendkeimzahl-Bestimmungen bezogen auf ein Gramm Bioabfall (ohne: ohne Tüte, Papier: Papier-Tüte, PE: PE-Tüte, ecovio: ecovio-Tüte)

Bezogen auf die anfangs in den beimpften, frischen Bioabfällen vorhandenen Anzahlen an Keimen enthielten die 5 d bei 25 °C gelagerten Bioabfälle um Faktor 1.268 bis 2.902 erhöhte Anzahlen an Bakterien und um Faktor 2.065 bis 3.552 erhöhte Anzahlen an Pilzen.

2.4 Lebendkeimzahlen von Oberflächen mit Bioabfall-Kontakt

Neue Bioabfall-Tüten sowie eine neue Abfallbox, in der Bioabfälle ohne Tüten gelagert werden sollten, sind hinsichtlich der Ausgangskeimgehalte untersucht worden. In die Abfallbox wurden 100 mL sterile, 0,01-molare Natriumpyrophosphat-Lösung (pH 7,0) gefüllt; anschließend wurde die Box verschlossen und durch intensives Schütteln wurden sämtliche inneren Oberflächen benetzt. Die Öffnung der Bioabfalltüten wurde mehrfach gefalzt und anschließend wurde der Falz geheftet. Die Tüten wurden mit 100 mL steriler, 0,01-molare Natriumpyrophosphat-Lösung (pH 7,0) in neue PP-Kunststoffbeutel (Autoklavierbeutel) gegeben. Der PP-Kunststoffbeutel wurde verschlossen kräftig geschüttelt, damit die Oberflächen der zu untersuchenden Beutel benetzt und vorhandene Keime in die Elutionsflüssigkeit eingetragen wurden. Die Eluate wurden für Lebendkeimzahlbestimmungen mit den in Tabelle 1 aufgeführten Nährmedien genutzt.

Um auch niedrige Ausgangsgehalte erfassen zu können, sind 10 mL der Eluate auf sterilen Membranfiltern abgeschieden und die Filter anschließend auf den Agaroberflächen abgelegt worden. Trotz dieser starken Anreicherung wurden maximal 1 bzw. 2 Kolonie-bildende Einheiten an Bakterien auf den Filtern gefunden. Auf DG 18-Agar aufgelegte Filter blieben unbewachsen. Deshalb wurde für die untersuchten Oberflächen der Abfallbox und der Bioabfalltüten eine Ausgangsverkeimung von < 15 Koloniebildende Einheiten bezogen auf die jeweilige Gesamtoberfläche⁷ abgeleitet. Damit waren auf den Oberflächen rechnerisch weniger als 0,003 bis 0,006 KBE/cm² an Bakterien und Pilzen vorhanden.

Abbildung 5 bis Abbildung 9 enthalten die Fotodokumentationen der 5 d bei 25 °C gelagerten Bioabfall-Behälter. Die Zusammenstellungen enthalten zudem ergänzende Hinweise auf besondere Beobachtungen.



Intensiver Geruch.

Bioabfall hat innerhalb von 5 Tagen stark Struktur verloren und war deutlich verdichtet. Im Bodenbereich hatte er fast eine breiige Konsistenz. Auf der Oberfläche waren vereinzelt Schimmelpilze sichtbar.

Nach der Entleerung blieben geringe Mengen Bioabfall auf der inneren Oberfläche zurück. Vor dem nächsten Einsatz wäre somit eine Reinigung der Innenflächen notwendig.

Abbildung 5: Fotodokumentation des ohne Tüten 5 d bei 25 °C gelagerten Bioabfalls

Nach dem Entleeren der Bioabfälle wies die ohne Tüten genutzte Abfallbox eine intensiv riechende Verschmutzung an den inneren Oberflächen auf. Da diese Verschmutzung vor der weiteren Nutzung zu entfernen war, wurde die innere Oberfläche als mögliche Kontaktfläche eingestuft. In Analogie zur Untersuchung der Ausgangsverkeimung wurden deshalb 100 mL sterile, 0,01-molare Natriumpyrophosphat-Lösung (pH 7,0) in die Abfallbox gefüllt. Die ver-

⁷ Abfallbox: ~ 2.500 cm²; Papier-Tüte: ~ 2.500 cm²; PE-Tüte: ~ 5.400 cm²; ecovio-Tüte: ~ 4.000 cm²

geschlossene Box wurde zum Schutz vor austretendem Spritzwasser in eine PP-Kunststofftüte gegeben. Zur Elution der auf der Innenseite der Abfallbox anhaftenden Keime wurde die Box auf einem Horizontalschüttler intensiv 60 Minuten geschüttelt.



Intensiver Geruch.

Sehr starker Schimmelbefall auf der Oberfläche; Flüssigkeitsaustritt im Bodenbereich; Papiertüte im Bodenbereich außen bewachsen und Papier völlig aufgeweicht; bereits beim Anheben trat Bioabfall aus.

Für Elution der Kontaktflächen wurden Risse mit Paketklebeband verklebt, doch das Papier löste sich teilweise auf.

Handhabung problematischer als bei Sammlung ohne Tüten.

Abbildung 6: Fotodokumentation des in Papier-Tüten 5 d bei 25 °C gelagerten Bioabfalls

Die mit Bioabfällen gefüllte Papier-Tüte zeigte nach der Lagerung über 5 d bei 25 °C an den Seitenflächen keine erkennbare Durchnässung. Beim Anheben der Tüte wurde allerdings ein massiver mikrobieller Bewuchs auf der Außenfläche des Tütenbodens entdeckt. Es war zudem bräunlich verfärbte Flüssigkeit ausgetreten und hatte den Bodenbereich des Abfallbehälters verunreinigt. Bei einem Vorversuch war eine Papiertüte nach 10 Tagen Lagerung in Reinstwasser noch strukturstabil (Abbildung 7). Die mit Bioabfall befüllte Papiertüte war im Bodenbereich jedoch bereits sehr instabil. Beim Entleeren des Bioabfalls riss der Bodenbereich ein und musste für die anschließende Elution der Außenflächen mit einem Klebeband stabilisiert werden. In Analogie zur Vorgehensweise bei der Bestimmung der Ausgangsverkeimung wurde die Tütenöffnung wiederum mehrfach gefalzt und der Falz geheftet. Anschließend wurde die Tüte mit 100 mL steriler, 0,01-molare Natriumpyrophosphat-Lösung (pH 7,0) in eine neue PP-Tüte gegeben. Die verschlossene PP-Tüte wurde liegend auf einem Horizontalschüttler 60 Minuten geschüttelt.

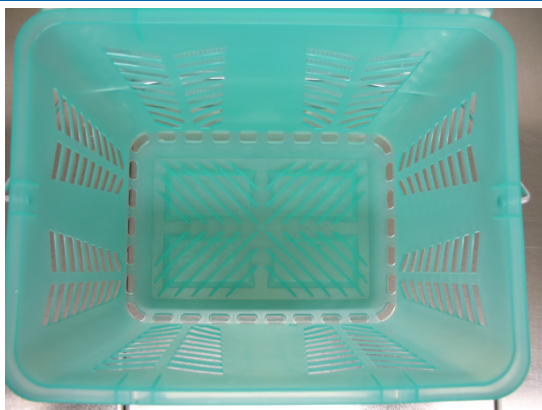


In einem Vorversuch wurde die Nass-Stabilität der Bioabfallsammeltüte aus Papier überprüft. Nach einer Lagerung über 10 Tage in Leitungswasser war sie zwar durchweicht, aber noch immer intakt.



Die 5 Tage mit Bioabfall gefüllte Tüte war im Bodenbereich aufgeweicht und instabil. Die Oberfläche war von einem weißen Belag aus Mikroorganismen überzogen. Dementsprechend war das Eluat der äußeren Tütenoberfläche massiv getrübt.

Abbildung 7: Foto einer 10 Tage in Leitungswasser gelagerten Bioabfalltüte aus Papier (links) und einer 5 Tage mit Bioabfallfüllung gelagerten Bioabfalltüte aus Papier (rechts)



Intensiver Geruch.

Starker Schimmelbewuchs auf der Oberfläche. Tüte dicht und außen trocken. Der Sammelbehälter war unverschmutzt.

Abbildung 8: Fotodokumentation des in PE-Tüten 5 d bei 25 °C gelagerten Bioabfalls



Intensiver Geruch.

Starker Schimmelbewuchs auf der Oberfläche. Tüte dicht und außen trocken. Der Sammelbehälter war unverschmutzt.

Abbildung 9: Fotodokumentation des in ecovio-Tüten 5 d bei 25 °C gelagerten Bioabfalls

Nach 5 d bei 25 °C waren die PE-Tüte und die ecovio-Tüte auf den Außenflächen unverschmutzt und trocken. Im Abfallsammelgefäß war kein Austritt von Bioabfallflüssigkeit vorhanden. In Analogie zur Ermittlung der Ausgangsverkeimung wurden die Öffnungen der Tüten nach dem Entleeren gefalzt und der Falz geheftet. Die Bioabfalltüten wurden mit 100 mL steriler, 0,01-molare Natriumpyrophosphat-Lösung (pH 7,0) in eine neue PP-Tüte gegeben. Die verschlossene PP-Tüte wurde liegend auf einem Horizontalschüttler 60 Minuten geschüttelt.

Die Eluate der Innenfläche der Abfallbox und der Außenfläche der Papiertüte waren intensiv getrübt und gelb-bräunlich verfärbt. Die Eluate der Außenflächen der PE-Tüte und der ecovio-Tüte waren ungetrübt und nicht verfärbt (Abbildung 10).

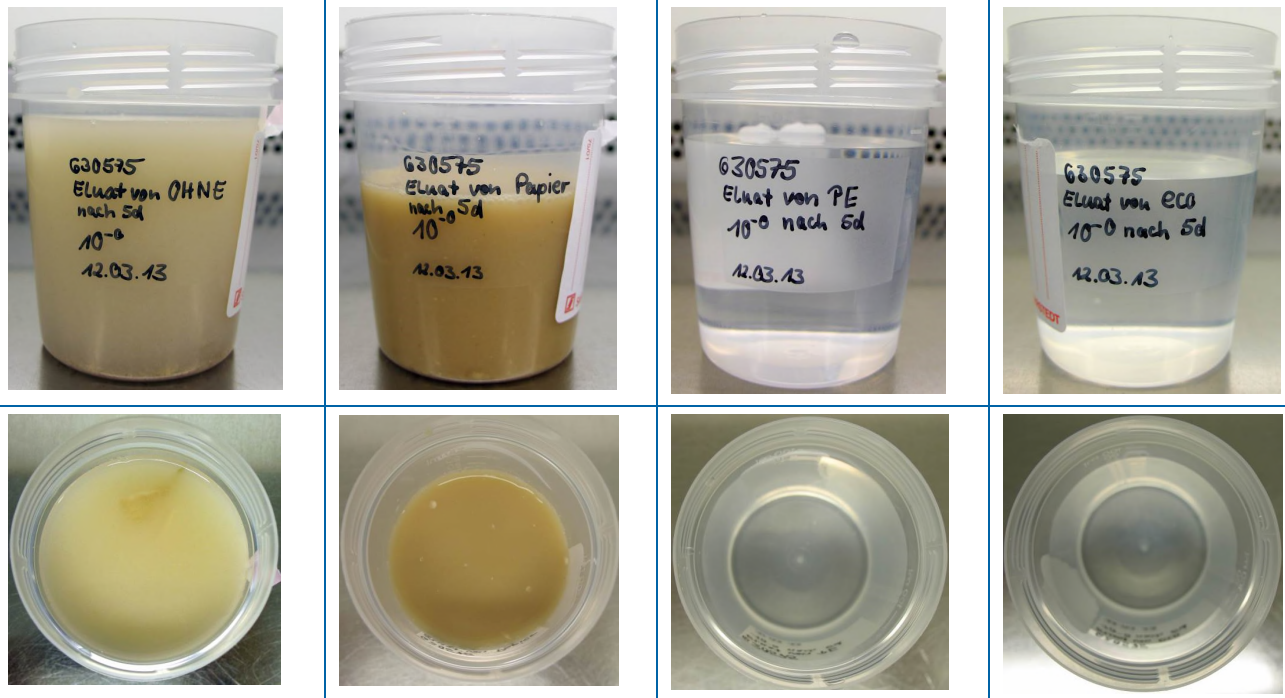


Abbildung 10: Fotodokumentation der Kontaktflächen-Eluate

Dem optischen Eindruck entsprechend ergaben die Bestimmungen der Lebendkeimzahlen stark erhöhte Befunde für die Eluate des Ansatzes ohne Tüte und des Ansatzes mit Papiertüte (Abbildung 11).

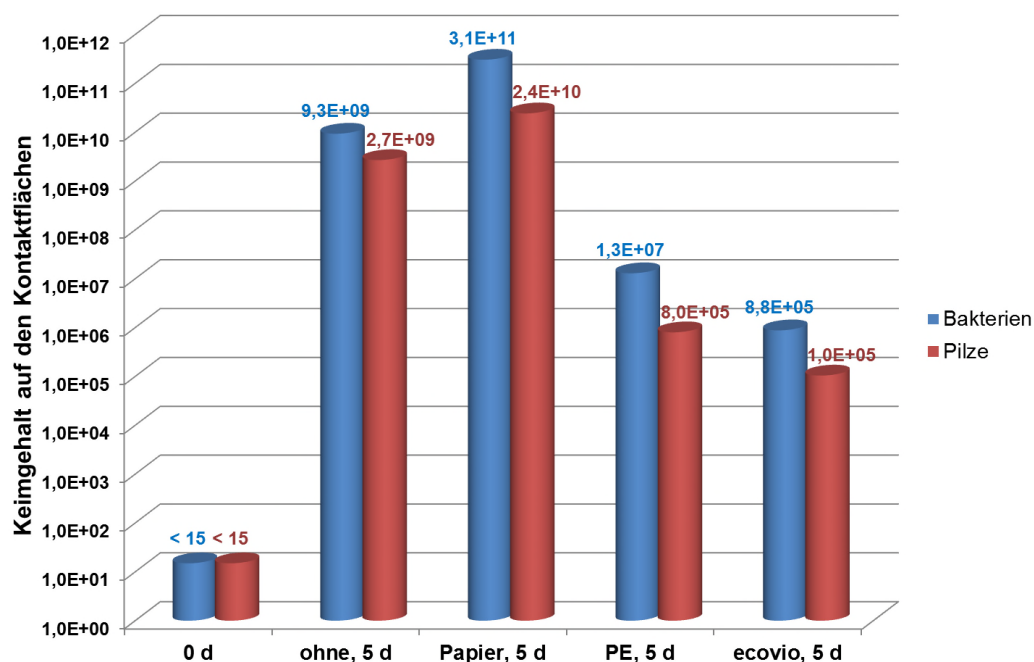


Abbildung 11: Resultate der Lebendkeimzahl-Bestimmungen für die Eluate der Kontaktflächen

Vor der Nutzung wiesen die untersuchten Oberflächen lediglich Lebendkeimzahlen unterhalb der Nachweisgrenze von 15 Kolonie-bildenden Einheiten (KBE) auf. Nach der Nutzung wurden auf der Innenfläche der Abfallbox ohne Tüte $9,3 \times 10^9$ KBE an Bakterien und $2,7 \times 10^9$ KBE an Pilzen erfasst. Die Nutzung erhöhte die mikrobielle Verschmutzung somit um mehr als Faktor $6,2 \times 10^8$ (Bakterien) bzw. $1,8 \times 10^8$ (Pilze). Bezogen auf einen Quadratzentimeter der untersuchten Oberfläche wurden $3,7 \times 10^6$ KBE an Bakterien und $1,1 \times 10^6$ KBE an Pilzen gefunden.

Bei der Papiertüte wurden nach der Nutzung auf den Oberflächen noch höhere mikrobielle Verunreinigungen ermittelt: Insgesamt wurden $3,1 \times 10^{11}$ KBE Bakterien und $2,4 \times 10^{10}$ KBE Pilze ermittelt. Durch die Nutzung erhöhte sich die mikrobielle Verschmutzung somit um mehr als Faktor $2,0 \times 10^{10}$ (Bakterien) bzw. $1,6 \times 10^9$ (Pilze). Bezogen auf einen Quadratzentimeter der untersuchten Oberfläche wurden $1,2 \times 10^8$ KBE an Bakterien und $9,7 \times 10^6$ KBE an Pilzen gefunden (Anmerkung: Der Tütenboden war sichtbar bewachsen und sein Flächenanteil wird eine deutlich höhere Besiedlungsdichte gehabt haben).

Auf den untersuchten Flächen der PE- und der ecovio-Tüten wurden nur gering erhöhte Gehalte an vermehrungsfähigen Bakterien und Pilzen gefunden. Die Oberfläche der PE-Tüte wies nach der Nutzung $1,3 \times 10^7$ KBE an Bakterien und $8,0 \times 10^5$ KBE an Pilzen auf. Durch die Nutzung erhöhte sich die mikrobielle Verschmutzung der Außenfläche der PE-Tüte damit zwar um mehr als Faktor $8,7 \times 10^5$ (Bakterien) bzw. $5,4 \times 10^4$ (Pilze). Auf der PE-Tütenoberfläche wurden jedoch nur $2,4 \times 10^3$ KBE Bakterien und $1,5 \times 10^2$ KBE Pilze pro cm^2 erfasst. Diese Werte sind niedriger als die auf normalen Handoberflächen vorhandene Keimzahl⁸ von $> 10^4/\text{cm}^2$ (Abbildung 12).

Die Oberfläche der ecovio-Tüte wies nach der Nutzung die geringste mikrobielle Beladung auf: Es wurden $8,8 \times 10^5$ KBE an Bakterien und $1,0 \times 10^5$ KBE an Pilzen erfasst. Durch die Nutzung erhöhte sich die mikrobielle Verschmutzung der Außenfläche der ecovio-Tüte damit zwar um mehr als Faktor $5,9 \times 10^4$ (Bakterien) bzw. $7,0 \times 10^3$ (Pilze). Auf der ecovio-Tütenoberfläche wurden jedoch nur $2,2 \times 10^2$ KBE Bakterien und $2,6 \times 10^1$ KBE Pilze pro cm^2 erfasst. Diese Werte sind deutlich niedriger als die auf normalen Handoberflächen vorhandene Keimzahl⁸ von $> 10^4/\text{cm}^2$.

⁸ Spradlin, C. T. (1980): Bacterial abundance on hands and its implications for clinical trials of surgical scrubs. In: Journal of Clinical Microbiology 11 (4), S. 389–393.

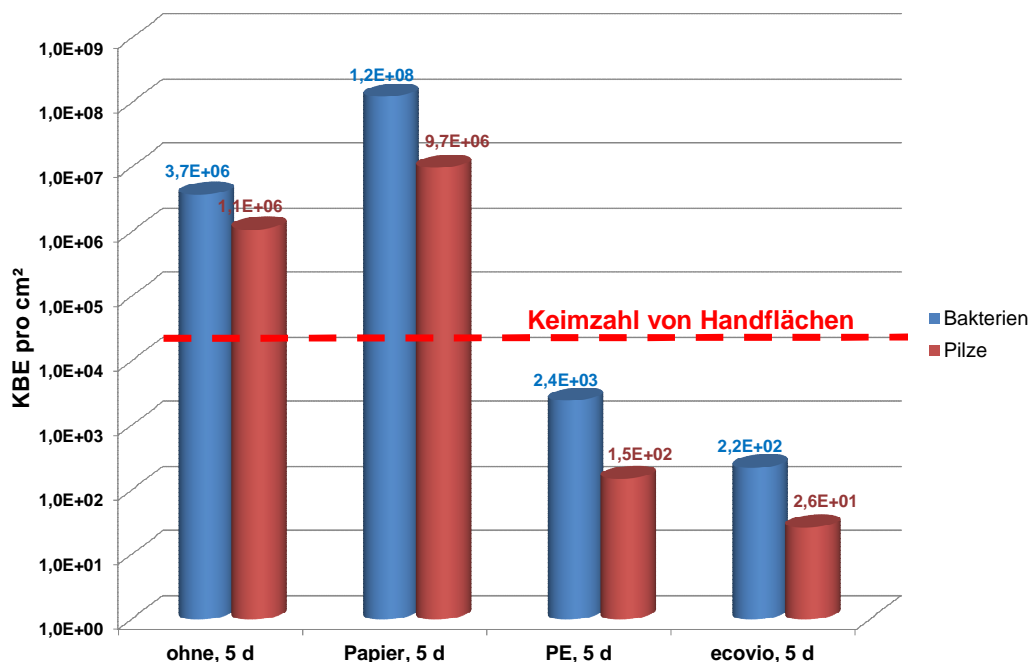


Abbildung 12: Resultate der Lebendkeimzahl-Bestimmungen für Kontaktflächen

Ein weiterer Vergleich verdeutlicht, dass die Nutzung von hinreichend beständigen Tütenmaterialien den Kontakt zu den in den Bioabfällen entstandenen hohen Keimgehalten sehr stark einschränken kann (Tabelle 3). Hierzu wurden die Keimgehalte der untersuchten Kontaktflächen in Relation zu den Keimgehalten der 5 Tage gelagerten Bioabfälle betrachtet. Die auf den PE-Tüten gefundenen Anzahlen an vermehrungsfähigen Bakterien und Pilzen repräsentieren nur 0,0011 bzw. 0,0004 % der im Bioabfall vorhandenen Bakterien und Pilze. Noch ausgeprägter war die Rückhaltewirkung bei der ecovio-Tüte: Die auf der Tütenoberfläche gefundenen Anzahlen an vermehrungsfähigen Bakterien und Pilzen repräsentieren nur 0,00006 bzw. 0,00004 % der im Bioabfall vorhandenen Bakterien und Pilze.

Tabelle 3: Anteil der auf den Kontaktflächen vorhandenen Keime in Relation zum Gesamtkeimgehalte des Bioabfalls

	Ohne Tüten	Papier-Tüte	PE-Tüte	ecovio-Tüte
LKZ _{Bakterien}	0,37 %	10,9 %	0,0011 %	0,00006 %
LKZ _{Pilze}	0,74 %	10,7 %	0,0004 %	0,00004 %

3 Hygienestatus bei der Bioabfallsammlung in Biotonnen

3.1 Untersuchungsgang

Ergänzend zu den unter 2 beschriebenen Untersuchungen wurde überprüft, ob sich die Art der Bioabfallsammlung im Haushalt auf die Luftkeimbelastung während des Einwurfs in die kommunalen Bioabfallbehälter auswirkt. Untersucht wurden die Sammelvarianten in der Abfallbox ohne Tüte und die Bioabfallsammlung mit ecovio-Tüte. Es wurde auf eine zusätzliche Animpfung der Bioabfälle verzichtet, da sich bereits bei den 7-tägigen Standzeiten sehr hohe Keimgehalte in den Bioabfallsammelbehältern einstellten.

Über einen Zeitraum von 14 Tagen wurden arbeitstäglich frische Bioabfälle (vergl. Tabelle 2) hergestellt und zunächst für 7 Tage in je 2 Haushaltssammelbehältern bei 25 °C vorinkubiert, damit die typische Ausgangsverkeimung der Abfälle vorhanden war. Je 2 in Abfallboxen ohne Tüte und 2 in ecovio-Tüten gesammelte und vorinkubierte Bioabfall-Chargen wurden arbeitstäglich in saubere 120 – Liter-Biotonnen eingeworfen. Die Biotonnen wurden bei 20 °C aufgestellt; diese Temperatur liegt im Bereich der mittleren Sommertemperatur in Deutschland.

Nach einer Sammelzeit von 7 und 14 Tagen wurden vergleichende Messungen der Luftkeimbelastungen beim Einwurf der Bioabfalltüten durchgeführt.

An jedem Probenahme-Standort wurden zeitparallel zwei Luftkeimproben gewonnen. Insgesamt wurden an beiden Probenahmetagen folgende Probenahmen durchgeführt:

- **Hintergrundkonzentration** der Raumluft: 2 Filter
- Biotonne mit Bioabfällen in **ecovio-Tüten vor dem Einwurf**: 2 Filter
- Biotonne mit Bioabfällen in **ecovio-Tüten nach dem Einwurf**: 2 Filter
- Biotonne mit Bioabfällen **ohne Tüten vor dem Einwurf**: 2 Filter
- Biotonne mit Bioabfällen **ohne Tüten nach dem Einwurf**: 2 Filter

Die Luftkeimsammler wurden in Höhe des Tonnendeckels positioniert. Vor der Öffnung der Biotonnen wurden Hintergrundwerte bestimmt. Danach wurde zunächst die mit ecovio-Beuteln gefüllte Biotonne geöffnet und sofort die Luftkeimprobenahme durchgeführt. Damit wurde der Luftkeimgehalt ohne Aufwirbelung durch den Einwurf erfasst. Anschließend wurden die beiden ecovio-Bioabfall-Tüten eingeworfen und die Biotonne wurde mit geschlossenem Deckel mehrfach einige Zentimeter angehoben und fallen gelassen. Durch die Turbulenzen sollte eine Situation geschaffen werden, wie sie eine Person vorfindet, die kurze Zeit nach dem ersten Einwurf (oder dem Biotonnentransport) die Biotonne öffnet. Direkt anschließend wurde der Biotonnendeckel geöffnet und erneut eine Luftkeimprobenahme durchgeführt. Im Anschluss wurde die Biotonne mit den ohne Tüten gesammelten Bioabfällen bearbeitet.

3.2 Untersuchungsergebnisse

Insgesamt sind 20 Bioabfälle ohne Tüten und 20 Bioabfälle in ecovio-Tüten in die jeweilige Biotonne eingeworfen worden. Die über 7 Tage bei 25 °C vorinkubierten Bioabfälle waren

bereits stark mikrobiell besiedelt. Durch Strukturverlust waren die Bioabfälle deutlich verdichtet und im Bodenbereich war Flüssigkeit angesammelt. Bei vier der 20 in ecovio-Beuteln gesammelten Bioabfälle wurde ein Flüssigkeitsaustritt aus dem Beutel beobachtet. Dadurch war der Bodenbereich des Sammelgefäßes verunreinigt worden. Die ecovio-Beutel waren optisch jedoch unbeschädigt. Offenbar ist die Flüssigkeit durch undichte Nähte oder winzige Löcher in der Folie ausgetreten. Bei 16 der 20 Bioabfallsammlungen war das mit ecovio-Beuteln genutzte Sammelgefäß jedoch nicht verschmutzt. Dagegen waren alle 20 ohne Tüten genutzten Abfallboxen nach dem Entleeren durch anhaftende Bioabfälle stark verunreinigt.

In Tabelle 4 und Tabelle 5 sind Fotos jener Kulturschalen zusammengestellt, die mit einem Milliliter der Filter-Suspensionen beimpft worden sind. Dabei sind die aus 0,1 m³ Luft abgetriebenen Mikroorganismen auf die Kulturschalen geimpft worden. Der optische Vergleich zeigt, dass sowohl nach einer Standzeit von 7 Tagen als auch nach 14 Tagen nur sehr geringe Luftkeimgehalte vor dem Einwurf der Bioabfälle ermittelt wurden. Die Werte unterschieden sich nicht wesentlich von den sehr niedrigen Ausgangswerten (Hintergrund). Dieser Befund ist plausibel: Die Bioabfälle waren sehr feucht und hatten eine fast breiartige Konsistenz. Dadurch waren die Staubentwicklung und die damit verbundene Anreicherung luftgetragener Keime nur gering ausgeprägt. Erst nach dem Einwurf der Bioabfälle – jeweils mit mechanischer Erschütterung der Biotonne – waren erhöhte Luftkeimgehalte nachweisbar. Die Fotos der Koloniebilder und die quantitativen Auswertungen in Tabelle 6 zeigen deutlich, dass beim Einwurf der in ecovio-Tüten verpackten Bioabfälle nur eine gering ausgeprägte Anreicherung luftgetragener Keime beobachtet wurde. Es wurden 578 bzw. 238 KBE/m³ an Bakterien und 210 bzw. 150 KBE/m³ an Pilzen nachgewiesen.

Als Vergleichsbasis steht eine Auswertung des Institutes für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) zur Verfügung. Das IFA hat einen größeren Datenbestand über in der Außenluft vorkommende Gehalte an Bakterien, Pilzen und Endotoxinen ausgewertet und veröffentlicht⁹. Die Außenluftwerte für Bakterien (Mittel: 285 KBE/m³; Min./Max.: 22 – 2.190 KBE/m³; Messwerte: 216) und Endotoxine (Mittel: 6,7 EU/m³; Min./Max.: 0,3 – 77,7 EU/m³; Messwerte: 191) schwankten im Jahresverlauf nur wenig. Die Gehalte der Außenluft an Schimmelpilzen (Mittel: 1.584 KBE/m³; Min./Max.: 96 – 15.200 KBE/m³; Messwerte: 665) erreichten in den Monaten Mai bis Oktober zumeist Werte deutlich über 1.000 KBE/m³; in den kalten Jahreszeiten wurden weniger Schimmelpilze in der Luft beobachtet.

Auf dieser Vergleichsbasis können die beim Einwurf der in ecovio-Tüten verpackten Bioabfälle auftretenden Luftkeimgehalte typischen Außenluftkonzentrationen zugeordnet werden.

Beim Einwurf der ohne Tüten gesammelten Bioabfälle in die Biotonne traten dagegen im Vergleich zu typischer Außenluft als deutlich erhöht einzustufende Luftkeimgehalte auf: Es wurden 26.500 bzw. 11.000 luftgetragene Bakterien und 6.500 bzw. 30.250 luftgetragene Pilze nachgewiesen. Diese Werte sind um Faktor 46 (Bakterien) bzw. um Faktor 31 – 202 (Pilze) höher als die Werte, die beim Einwurf der in ecovio-Beuteln verpackten Bioabfälle beobachtet wurden.

⁹ Kolk, A.; Van Gelder, R.; Schneider, G.; Gabriel, S. (2009): Mikrobiologische Hintergrundwerte in der Außenluft – Auswertungen der BGIA-Expositionsdatenbank MEGA. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, 69, 4, 130-136

Tabelle 4: Koloniebilder der mit 1 mL Filtersuspension beimpften Kulturschalen – Luftkeimprobenahme nach 7-tägiger Standzeit der Biotonnen

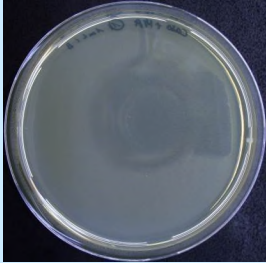
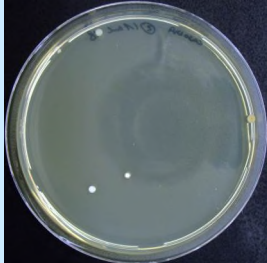
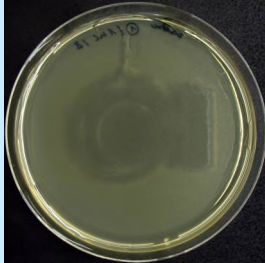
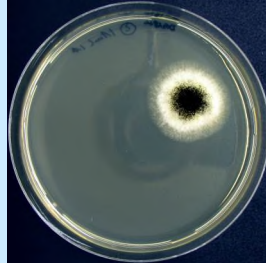
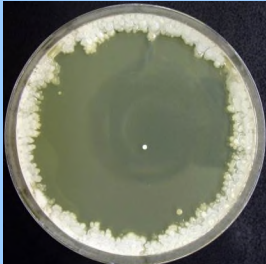
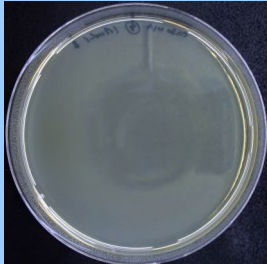
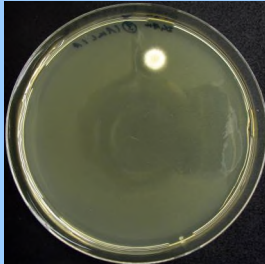
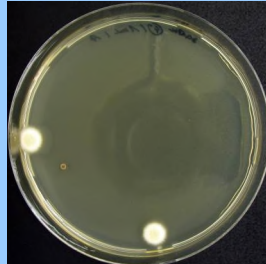


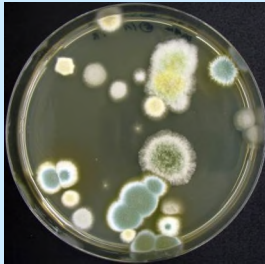
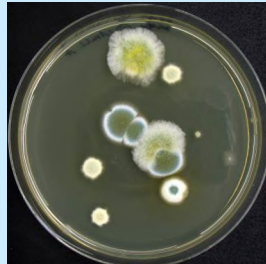
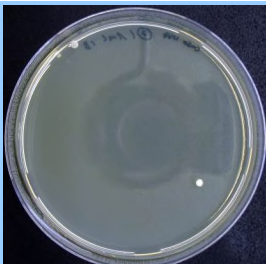
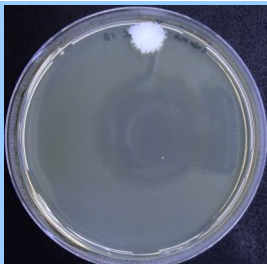
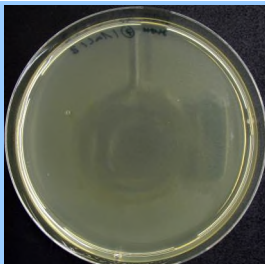
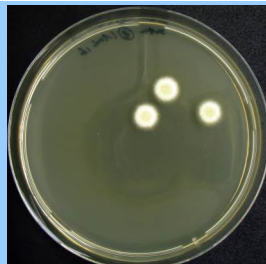


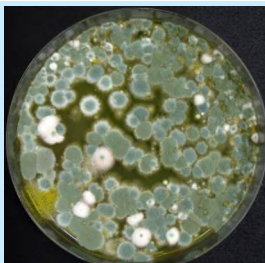
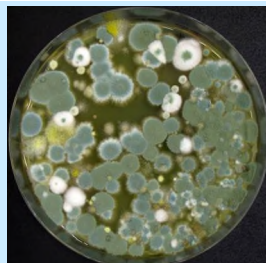
Probe	LKZ Bakterien		LKZ Pilze	
	Filter A	Filter B	Filter A	Filter B
Hintergrund				
ecovio vor dem Einwurf				
ecovio nach dem Einwurf				
Ohne Tüte vor dem Einwurf				
Ohne Tüte nach dem Einwurf				

Tabelle 5: Koloniebilder der mit 1 mL Filtersuspension beimpften Kulturschalen – Luftkeimprobenahme nach 14-tägiger Standzeit der Biotonnen

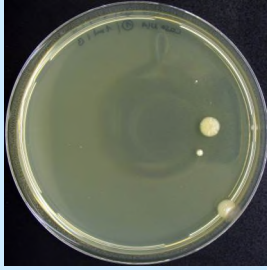
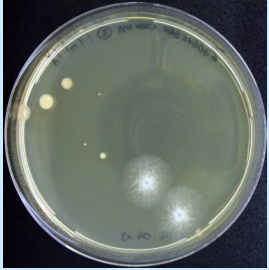
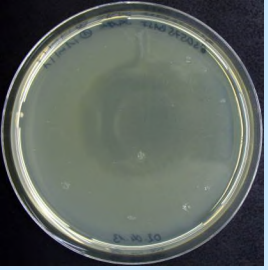
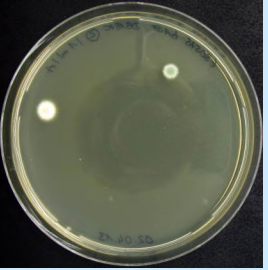
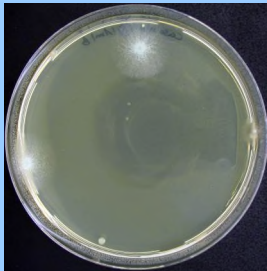
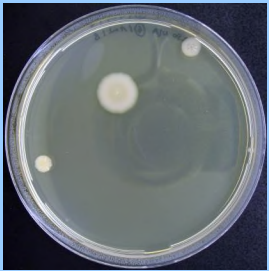
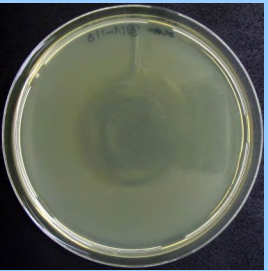
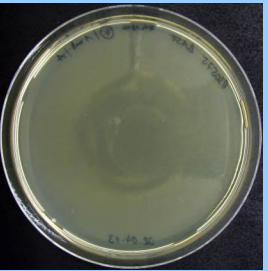


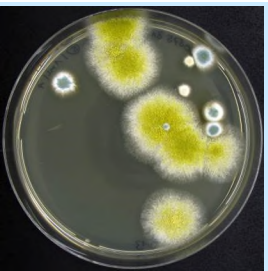
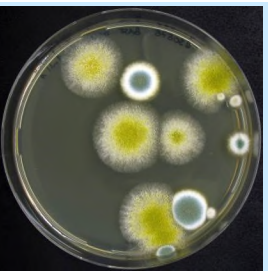

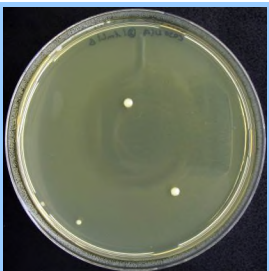
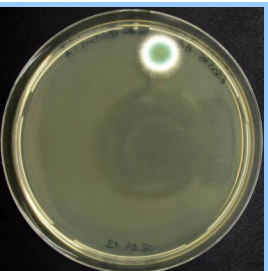
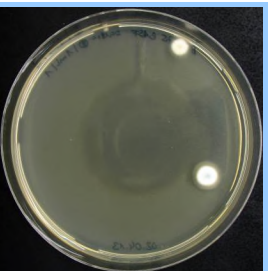


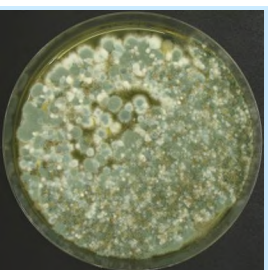
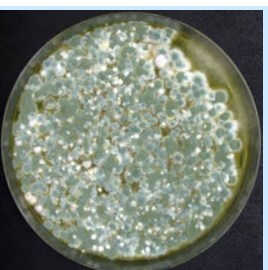
Probe	LKZ Bakterien		LKZ Pilze	
	Filter A	Filter B	Filter A	Filter B
Hintergrund				
ecovio vor dem Einwurf				
ecovio nach dem Einwurf				
Ohne Tüte vor dem Einwurf				
Ohne Tüte nach dem Einwurf				

Tabelle 6: Konzentrationen luftgetragener Bakterien und Pilze

KBE/m ³	LKZ Bakterien			LKZ Pilze		
Hintergrund	Filter A	Filter B	MW	Filter A	Filter B	MW
07 d	< 10	40	< 25	< 10	< 10	< 10
14 d	30	60	45	< 10	60	< 35
ecovio vor Einwurf	Filter A	Filter B	MW	Filter A	Filter B	MW
07 d	< 25	< 10	< 18	< 10	20	< 15
14 d	35	25	30	< 10	< 10	< 10
ecovio nach Einwurf	Filter A	Filter B	MW	Filter A	Filter B	MW
07 d	650	505	578	250	170	210
14 d	355	120	238	170	130	150
ohne Tüte vor Einwurf	Filter A	Filter B	MW	Filter A	Filter B	MW
07 d	< 25	10	< 18	< 15	20	< 18
14 d	25	25	25	< 10	< 15	< 13
ohne Tüte nach Einwurf	Filter A	Filter B	MW	Filter A	Filter B	MW
07 d	36.500	16.500	26.500	9.500	3.500	6.500
14 d	14.500	7.500	11.000	44.500	16.000	30.250

4 Fazit

Das Untersuchungsprogramm deckte zwei hygienische Fragestellungen bei der haushaltsnahen Sammlung von Bioabfällen ab. Zunächst wurde untersucht, wie stark sich Bakterien und Pilze in frischen Bioabfällen während einer bis zu 5 Tage andauernden Lagerung bei Temperaturen von 25 °C vermehren. Vergleichbare Bedingungen liegen in Haushalten bei sommerlicher Witterung vor. Neben der Keimvermehrung in den Bioabfällen wurde die Verkeimung von Oberflächen untersucht, mit denen Nutzer bei der Handhabung der Bioabfälle in Kontakt kommen können. Hierbei wurde die Sammlung der Bioabfälle ohne Abfalltüten mit Sammlungen in Papier-, PE- und ecovio-Biokunststoff-Tüten verglichen. Ergänzend wurde untersucht, ob sich bei der Sammlung der Bioabfälle ohne Tüten bzw. in ecovio-Biokunststoff-Tüten Unterschiede hinsichtlich der Luftkeimbelastung beim Einwurf der in Haushalten gesammelten Bioabfälle in kommunale Biotonnen ergeben.

Die im frischen Bioabfall vorhandenen Bakterien ($3,5 \times 10^5/\text{g}$) und Pilze ($3,7 \times 10^4/\text{g}$) vermehrten sich innerhalb von 5 Tagen sehr stark. Die Konzentrationen an Bakterien ($5,7 \times 10^8/\text{g}$ bis $1,1 \times 10^9/\text{g}$) und Pilzen ($8,3 \times 10^7/\text{g}$ bis $1,4 \times 10^8/\text{g}$) erreichten Größenordnungen, die mit den als hygienisch bedenklich eingestuften Gehalten von Rest- und Bioabfällen bei der Anlieferung in Abfallverwertungsanlagen vergleichbar sind¹⁰. Diese Resultate be-

¹⁰ Krist, H.; Hoppenheidt, K.; Mücke W.: Hygiene der Abfallentsorgung im Gesundheitswesen. München, 2005

stätigen, dass bereits für den Umgang mit den in Haushalten gesammelten Bioabfällen hygienische Vorsorgemaßnahmen beachtet werden sollten.

Werden Bioabfälle im Haushalt in Behältern ohne Tüten gesammelt, müssen die verschmutzten Oberflächen gereinigt werden. Für die untersuchten Oberflächen wurden mit $3,7 \times 10^6$ Bakterien/cm² und $1,1 \times 10^6$ Pilzen/cm² sehr hohe Verkeimungen gefunden. Da sich im Bioabfall auch viele humanpathogene Keime vermehren können, sollte ein direkter Hautkontakt aus Gründen des Infektionsschutzes vermieden werden.

Auch bei der untersuchten Sammlung der Bioabfälle in Papiertüten wurden sehr hohe Verkeimungen der Kontaktflächen mit $1,2 \times 10^8$ Bakterien/cm² und $9,7 \times 10^6$ Pilzen/cm² beobachtet. Im Bodenbereich der Papiertüte hatte sich durch austretende Abfallsuspension ein massiver mikrobieller Bewuchs der Außenfläche entwickelt und den Tütenboden destabilisiert. Dadurch waren die Hygienierisiken beim Umgang mit den in Papiertüten gesammelten Bioabfällen noch ungünstiger als bei der Sammlung ohne Tüten.

Bei den in PE- und ecovio-Biokunststoffbeuteln gesammelten Bioabfällen waren auf den äußeren Kontaktflächen nur sehr geringe mikrobielle Verunreinigungen nachweisbar. Auf der Außenfläche der PE-Tüte wurden $2,4 \times 10^3$ Bakterien/cm² und $1,5 \times 10^2$ Pilze/cm² gefunden. Am niedrigsten war die Verkeimung der Außenfläche der ecovio-Biokunststoffbeutel. Es wurden $2,2 \times 10^2$ Bakterien/cm² und $2,6 \times 10^1$ Pilze/cm² gefunden. Diese Werte liegen deutlich unter den Keimgehalten auf der Haut von unverschmutzten Handflächen ($> 10^4$ /cm²).

Die unterschiedliche mikrobielle Verunreinigung der Oberflächen der zum Sammeln von Bioabfällen in Haushalten genutzten Hilfsmittel wirkte sich auch auf die Luftkeimbelastung beim Einwurf der Bioabfälle in 120 L-Biotonnen aus. Verglichen wurden die Luftkeimgehalte im Öffnungsbereich der Biotonnen, in denen über 7 und 14 Tage Bioabfälle gesammelt wurden. In einer Biotonne wurden Bioabfälle eingefüllt, die ohne Tüten gesammelt worden sind. In die zweite Biotonne wurden in ecovio-Biokunststoff-Tüten gesammelte Bioabfälle gefüllt.

Aufgrund der hohen Wassergehalte der Bioabfälle wurde nur eine geringe Staubentwicklung beobachtet. Deshalb wirkte sich das Öffnen der Biotonnen allein nicht auf die Luftkeimgehalte aus. Erst nach dem Einwurf von Bioabfällen und mechanischer Erschütterung der Biotonnen wurden beim erneuten Öffnen der Biotonnen erhöhte Luftkeimgehalte ermittelt.

Die Luft der Biotonne, in die in ecovio-Biokunststoff-Tüten gesammelte Bioabfälle eingeworfen wurden, wies nur leicht erhöhte Luftkeimgehalte auf: Die Werte lagen im mittleren Bereich der Keimgehalte von normaler Außenluft. Die Barrierefunktion der ecovio-Biokunststoff-Tüten hat auch nach der 14-tägigen Lagerung der Bioabfälle in der Biotonne eine massive Freisetzung der in den Beuteln eingeschlossenen Bakterien und Pilze verhindert.

Im Unterschied wurden in der Luft der Biotonne, in der Bioabfälle ohne Tüten gesammelt wurden, nach dem Einwurf und mechanischer Erschütterung deutlich erhöhte Gehalte an Bakterien und Pilzen gefunden. Die Luftkeimgehalte waren um Faktor 46 (Bakterien) bzw. um Faktor 31 – 202 (Pilze) höher als die Werte, die beim Einwurf der in ecovio-Beuteln verpackten Bioabfälle beobachtet wurden.

Impressum

Herausgeber: bifa Umweltinstitut GmbH
Am Mittleren Moos 46
86167 Augsburg
Internet: www.bifa.de
E-Mail: marketing@bifa.de
Stand: Juli 2014

bifa 
Umweltinstitut

© bifa Umweltinstitut GmbH, alle Rechte vorbehalten

Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – Angabe der Quelle und Übersendung eines Belegexemplars erbeten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Publikation wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt.

Der Inhalt wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.