

feln auf Krebsanfälligkeit und ihre Bedeutung für den Handel und die Züchtung. *Die Kartoffel* **6**, 63–66.

STACHEWICZ, H., 1996: Die Krebsresistenzprüfung von Kartoffelzuchtstämmen und -sorten in der Bundesrepublik Deutschland. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* **48**, 181–186.

STENZ, G., 1962: Über die Verwendbarkeit von Zoosporensuspensionen als Infektionsmaterial für Resistenzprüfungen gegen den Kartoffelkrebs (*Synchytrium endobioticum* [Schilb.] Perc.). *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Berlin) N. F.* **16**, 206–211.

STENZ, G., 1963: Beiträge zur Ökologie des Kartoffelkrebses (*Synchytrium endobioticum* [Schilb.] Perc.). *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Berlin) N. F.* **17**, 116–123.

THIEDE, H., 1964: Zum Auftreten von *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. in Westfalen-Lippe. *Gesunde Pfl.* **16**, 132–134.

THIEDE, H., F. WIERLING, 1960: Zur Methodik der Krebsresistenzprüfung im Laboratorium. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig)* **12**, 171–172.

ULLRICH, J., 1959: Die Prüfungen von Kartoffelsorten und Kartoffelzuchtstämmen auf Resistenz gegenüber den Biotypen des Kartoffelkrebses (*Synchytrium endobioticum*). *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig)* **11**, 10–12.

WEISS, F. E., 1925: The conditions of infection in potato wart. *Amer. J. Bot.* **12**, 413–443.

WENZL, H., 1958: Beitrag zur Kenntnis der ökologischen Bedingungen des Auftretens von Kartoffelkrebs, *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. *Pflanzenschutzberichte* **21**, 1–11.

WENZL, H., 1959: Ökologische Grundlagen des Kartoffelkrebs-Vorkommens in Österreich. *Rostlinna vyroba (Praha)* **5**, 79–90.

WENZL, H., 1966: Aktuelles über den Kartoffelkrebs. *Der Förderdienst* **14**, 305–307.

VEIT, U., B. PETZOLD, H.-D. PIEHL, 1987: Klimadaten der Deutschen Demokratischen Republik – Ein Handbuch für die Praxis. Reihe B, 14, 111 S.

ZAKOPAL, J., B. SPITZOVA, 1959: Einfluß der Temperatur auf den Verlauf der durch Sommerzoosporen des Kartoffelkrebses (*Synchytrium endobioticum* [Schilb.] Perc.) hervorgerufenen Infektion (tschech.). *Rostlinna vyroba (Praha)* **5**, 97–106.

*Kontaktanschrift: Dr. Hans Stachewicz, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Außenstelle Kleinmachnow, Stahnsdorfer Damm 81, D-14532 Kleinmachnow*

*Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.*, **50** (5), S. 111–117, 1998, ISSN 0027-7479.  
© Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Mikrobiologie, Berlin-Dahlem

## Phytosanitäre Qualitätsbeurteilung von gewerblich hergestellten Komposten anhand ihres Pilzspektrums

Assessment of the phytosanitary quality of organic household waste composted in various commercial processes using the fungal community spectrum

Von Edda Breitenbach, Helgard I. Nirenberg, K.-D. Hentschel, Günther Deml und Helmut Bochow

### Zusammenfassung

Das Pilzspektrum von Biomüllkomposten aus zwei verschiedenen Kompostierungsverfahren (offene Mietenrotte bzw. Rottebox) wurde sukzessive im Verlauf des Rotteprozesses erfaßt und anschließend das antagonistische Potential der dominierenden Pilzflora durch Plattentests abgeschätzt. Die Untersuchungen wollen einen Beitrag zu einem nach phytosanitären und hygienischen Kriterien unbedenklichen Einsatz von Komposterden leisten.

**Stichwörter:** Kompost, organischer Haushaltsmüll, phytosanitäre Qualität, Pilzspektrum, gewerblicher Kompostierungsprozeß

### Abstract

The fungal species community of commercially composted organic household waste was assessed. Two different composting methods (as a heap or rotted in a box) were monitored during the decomposition process. Antagonistic properties of the dominant fungal species were checked by the biotic series method. The study is a contribution to the antiphytopathogenic properties of biogenic waste compost used in gardening and agriculture.

**Key words:** Compost, organic household waste, fungal community spectrum, phytosanitary quality, commercial composting process

### 1 Einleitung und Zielsetzung

Der organische Anteil des Hausmülls (ca. 30–60 %) wird im Bundesgebiet vielerorts bereits getrennt und in großgewerblichen Anlagen kompostiert (FRICKE, 1991). Bislang gibt es keine verbindlichen Gütekriterien für Komposterden, der Entwurf einer Kompostverordnung liegt aber bereits vor (LAGA, 1994).

Das Pilzspektrum von Biomüllkomposten aus zwei verschiedenen Kompostierungsverfahren (offene Mietenrotte bzw. Rottebox) wurde im Verlauf der Rotte erfaßt und deren Bedeutung für die Anwendung der Komposte im gärtnerischen und landwirtschaftlichen Bereich beurteilt.

Die dominierende Pilzflora (15 Arten) und ein Isolat von *Pythium oligandrum* wurde auf ihr antagonistisches Potential gegenüber den vier phytopathogenen Pilzen *Pythium ultimum*, *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*, *Rhizoctonia solani* und *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* durch Plattentests überprüft.

## 2 Versuchsaufbau und -durchführung

### 2.1 Analyse der Pilzflora aus gewerblich hergestellten Komposten

Das Probenmaterial wurde in beiden Herstellungsverfahren nach der Vor- und der Nachrottephase entnommen. Von Rand-, Hauptrotte- und Kernzone der Kompostmieten wurden stichprobenartig an mehreren Stellen insgesamt jeweils 4–5 kg Probenmaterial pro Rottezone entnommen und in Plastikmüllbeuteln verpackt. Die Proben der Randzone wurden aus der äußersten Mietenschicht (0–30 cm vom Mietenrand bzw. von der Boxenwand), die Proben der Hauptrottezone aus dem Mietenmittelpunkt und die Proben der Kernzone in 10 cm Abstand vom Mietengrund bzw. dem Boden der Rottebox entnommen. Zur Untersuchung der Pilzflora wurde das Probenmaterial unter der Sterilbank getrocknet, im Überkopfschüttler homogenisiert und die Kompostpartikel auf eine Größe von 0,5–0,63 mm gesiebt (SAUTHOFF et al., 1994).

Jeweils 20 Kompostpartikel pro Rottezone (1 Kompostpartikel pro Petrischale, Gewicht ca. 0,3 mg) wurden auf SNA-Agar mit Antibiotika (Penicillin, Streptomycin und Chlortetracycline) ausgelegt und zuerst eine Woche bei 17 °C (im Dunkeln) und anschließend eine Woche bei 20 °C unter UV-Licht inkubiert. Danach wurden die Petrischalen unter Laborbedingungen (ca. 20 °C, Tag-Nacht-Rhythmus) aufbewahrt. Die Bonitur der Pilzflora erfolgte nach zwei, vier und sechs Wochen.

Um ein möglichst breites Artenspektrum zu erfassen, kam zusätzlich 5%iger Möhrensaftagar mit Antibiotika bzw. Möhrenschnitzelagar zur Untersuchung der Oomyceten zum Einsatz. Hierzu wurde der Frisch- bzw. Fertigungskompost mit sterilem Leitungswasser angefeuchtet, die Probenmenge um den Faktor 100 auf jeweils 28–32 mg vergrößert und mittels einer Amalgamspritze geformt. Das Probenmaterial wurde anschließend auf Petrischalen mit 5%-Möhrensaftagar mit Antibiotika (Enoxacin, Solacol) aufgebracht und 48 Stunden bei 25 °C inkubiert. 20 Einzelproben pro Rottezone wurden angesetzt und die Petrischalen danach unter Laborbedingungen aufbewahrt. Die Bonitur der Oomyceten erfolgte nach zwei und sieben Tagen.

### 2.2 Überprüfung der Pflanzenverträglichkeit der untersuchten Komposte als Kultursubstrat für Jungpflanzen

Als Kultursubstrat wurde eine Mischung aus gedämpfter Landerde (Versuchsstandort Blumenberg der Humboldt-Universität zu Berlin) und Kompost im Verhältnis 1:1 gewählt. Jeweils 10 Erbsen- (Sorte BÖRDI, ungebeizt) bzw. 20 Weizensamen (Sorte APOLLO, ungebeizt) wurden in mit der Substratmischung befüllten Plastikschalen (8×12 cm) im Gewächshaus (20–25 °C, 80 % rel. Feuchte) angezogen. Jeder Ansatz wurde fünfmal wiederholt. Folgende Ansätze wurden untersucht:

- I Kompost der Mietenrandzone gemischt mit gedämpfter Landerde 1 zu 1
- II Kompost der Hauptrottezone gemischt mit gedämpfter Landerde 1 zu 1
- III Kompost der Mietenkernzone gemischt mit gedämpfter Landerde 1 zu 1
- IV Mischung der Rottezonen I–III mit gedämpfter Landerde 1 zu 1
- V 100 % gedämpfte Landerde = Kontrolle

Nach 14 Tagen wurden die Pflanzen optisch beurteilt und das Frischgewicht bestimmt. Die Ergebnisse wurden statistisch ausgewertet (ANOVA-Test).

### 2.3 Überprüfung des antiphytopathogenen Potentials der dominierenden Pilzflora anhand von Plattentests

Nach dem Abschluß der Pilzanalysen wurden die 15 häufigsten Pilzarten aus allen Kompostproben ermittelt und als repräsentativer

Querschnitt auf ihr antiphytopathogenes Potential gegenüber den vier ausgewählten, phytopathogenen Pilzen *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani*, *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* und *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* hin untersucht.

Die ausgewählten Pilze wurden vorher auf PDA (potato dextrose agar) 2–10 Tage unter Laborbedingungen (ca. 20 °C, Tag-Nacht-Rhythmus) angezogen. Die Dauer der Kultivierung war abhängig von der Wachstums- bzw. Sporulationsgeschwindigkeit der verschiedenen Pilze. Agarscheiben von 5 mm Durchmesser wurden aus gut bewachsenen Petrischalen steril ausgestanzt und in 2 cm Entfernung auf PDA-Petrischalen umgekehrt aufgesetzt. Ein pathogener Pilz und der zu testende Pilz aus Komposterde wurden jeweils auf einer Petrischale einander gegenübergestellt und parallel bei 10 °C und 20 °C in Temperaturschränken bebrütet. Die Bonitur der Petrischalen fand nach 3, 7, 10, 20 und 30 Tagen statt. Jeder Ansatz wurde sechsmal wiederholt. Zur Auswertung wurde das Boniturschema nach MÁNKA (1991) herangezogen. Es berücksichtigt folgende Parameter:

**a. Umschließen der Kolonie** des Antagonisten durch das Pathogen

#### Bewertungsskala:

gerade Linie		= 0
$< \frac{1}{3}$	umwachsen	= 1
$\geq \frac{1}{3} < \frac{1}{2}$	"	= 2
$\geq \frac{1}{2} < \frac{2}{3}$	"	= 3
$\geq \frac{2}{3}$	"	= 4

**b. Hemmzone** = Zwischenraum zwischen den Kolonien; pro mm Zwischenraum = 1

**c. Reduktion der Koloniegröße** im Vergleich zur Kontrolle (Reinkulturen der Pilze)

#### Bewertungsskala:

$\geq \frac{1}{3} < \frac{1}{2}$	= 1
$\geq \frac{1}{2} < \frac{2}{3}$	= 2
$\geq \frac{2}{3}$	= 3
völlig unentwickelt	= 4

Die Summe der Bewertungen aus a, b und c ergibt einen rechnerischen Wert, den sogenannten IBE (individual biotic effect), der als Vergleichsgrundlage dient. Als praxisorientierte Bewertung kann gelten:

$ \text{IBE}  = 0$	kein gegenseitiger Einfluß
$0 <  \text{IBE}  \leq 2$	schwache Hemmung
$2 <  \text{IBE}  \leq 4$	mittelstarke Hemmung
$ \text{IBE}  > 4$	starke Hemmung

Positive Vorzeichen bedeuten eine Förderung des pathogenen Pilzes (= Hemmung des Antagonisten), negative Vorzeichen bedeuten eine Hemmung des pathogenen Pilzes (= Antagonist besitzt antiphytopathogenes Potential).

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Analyse der Pilzflora aus gewerblich hergestellten Komposten

14 der 15 am häufigsten isolierten Pilze aus beiden Kompostierungsverfahren (mit Ausnahme der nicht bestimmbareren Art *Acremonium spec.*) sowie ein Isolat der Art *Pythium oligandrum* wurden für spätere Antagonistentests herangezogen:

<i>Acremonium strictum</i>	BBA 68720
<i>Aspergillus fumigatus</i>	BBA 68771
<i>Botryotrichum piluliferum</i>	BBA 68774
<i>Geomyces pannorum</i>	BBA 68682
<i>Geotrichum candidum</i>	BBA 68727
<i>Mortierella stylospora</i>	BBA 68725
<i>Mucor circinelloides</i>	BBA 68626
<i>Mucor hiemalis</i>	BBA 68681
<i>Penicillium cyclopium</i>	BBA 68761

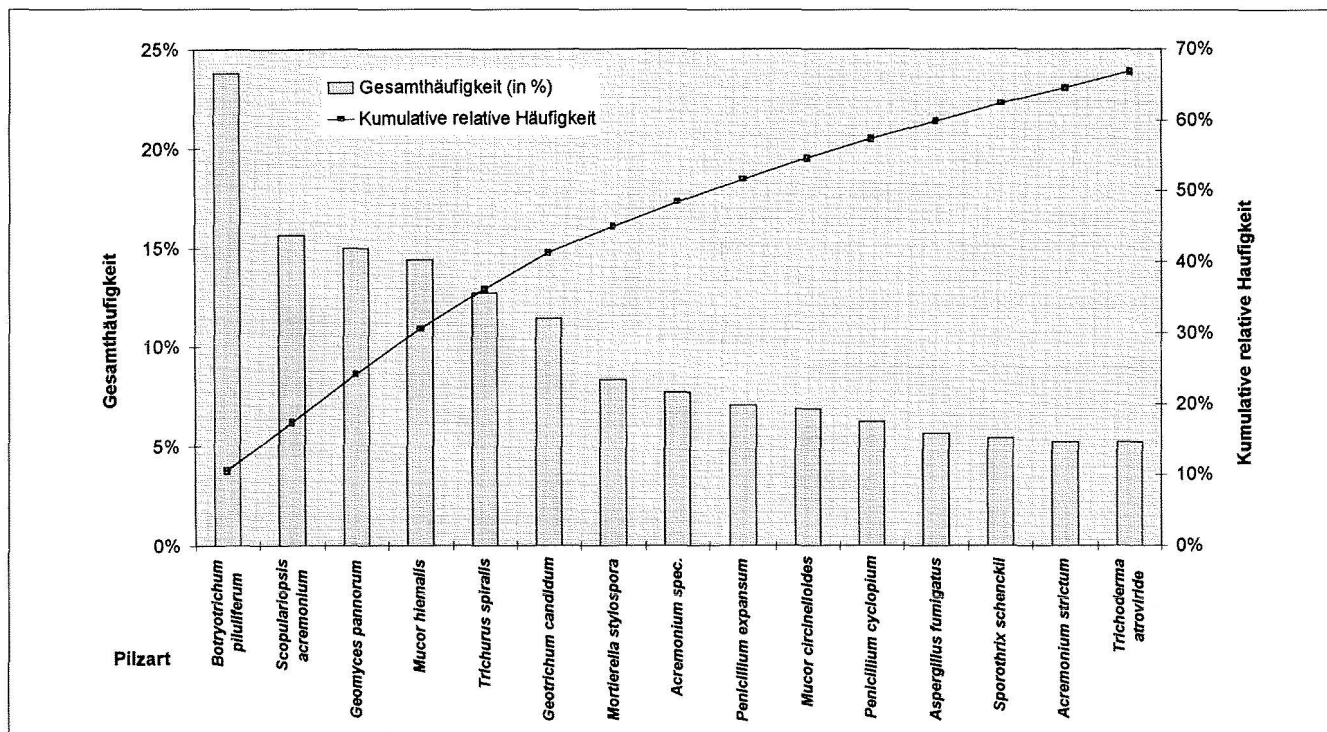


Abb. 1. Kumulative relative Häufigkeit der dominanten Pilzflora aus Komposterde.

Legende: Gesamthäufigkeit (in %) = Auftreten der Art in 480 Proben; kumulative, relative Häufigkeit = aufsummierter Anteil der dominierenden 15 Arten an insgesamt 1081 Isolat.

<i>Penicillium expansum</i>	BBA 68648
<i>Pythium oligandrum</i>	BBA 68733
<i>Scopulariopsis acremonium</i>	BBA 68702
<i>Sporothrix schenckii</i>	BBA 68775
<i>Trichoderma atroviride</i>	BBA 68768
<i>Trichurus spiralis</i>	BBA 68620

Wie die folgende Abbildung 1 verdeutlicht, traten die dominierenden 15 Arten mit einer kumulativen, relativen Häufigkeit von annähernd 70 % auf.

Es handelt sich hierbei um mesothermophile, pflanzensaprophytische Pilze (DOMSCH, 1993), von denen zum Teil schon antiphytopathogene Wirkungen bekannt sind. Beispielsweise von verschiedenen *Trichoderma*-Arten (u. a. KOCH, 1996; MUKHERJEE et al., 1993) bzw. *Pythium oligandrum* (COOKE et al., 1983). *Sporothrix schenckii* gilt als humanpathogen (DE HOOG, 1995). Der Artenumfang und die -verteilung der Pilze differierten in den verschiedenen Kompostmieten und den einzelnen Zonen jeder Miete stark.

### 3.1.1 Analyse der Pilzflora einer offenen Kompostmiete im Rotteverlauf

#### Versuchsreihe 1

Insgesamt war der Kompost dieser Miete auffallend gering mit Pilzen besiedelt. Nach der Vorrotte umfaßte das Pilzspektrum 5 verschiedene Arten. Bei einer Kompostpartikelgröße von 0,5–0,63 mm waren weniger als 50 % aller Petrischalen mit Pilzen bewachsen. Pro Kompostpartikel konnten 0–1 Pilze isoliert werden. Am häufigsten war in allen drei Rottezonen *Scopulariopsis acremonium* zu finden. Außerdem traten zwei verschiedene *Mucor*-Arten und Hefen auf.

Im Verlauf der Nachrotte erhöhte sich die Anzahl der isolierten Pilzarten aus allen drei Rottezonen auf 11. Aus jedem Kom-

postpartikel wuchsen durchschnittlich 1–2 Pilzarten aus. Zu den häufig isolierten Arten gehörten *Scopulariopsis acremonium*, *Botryotrichum piluliferum* und *Geomyces pannorum*. In der Mietenrandzone war im Verlauf der gesamten Rotte das Artenspektrum am größten, in der Hauptrottezone dagegen am geringsten. Der Artenumfang und die -verteilung der Pilzflora nach der Vorrotte und der Nachrotte werden nochmals in der folgenden Abbildung zusammengefaßt:

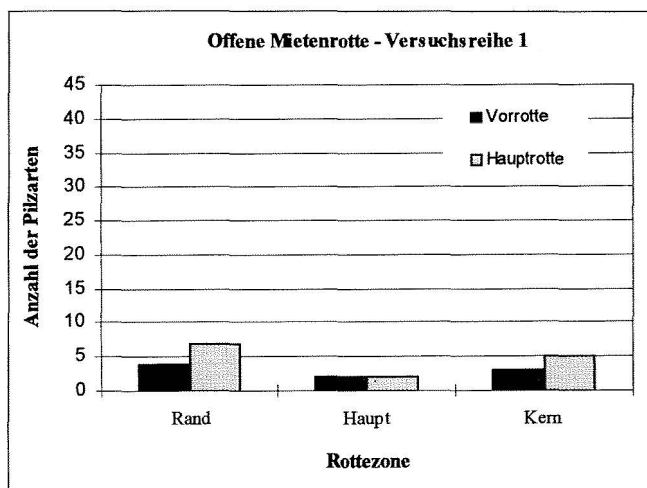


Abb. 2. Artenumfang und -verteilung der Pilzflora einer offenen Kompostmiete im Rotteverlauf (Versuchsreihe 1).

#### Versuchsreihe 2

Die Wiederholung des Versuches an einer zweiten Kompostmiete führte zu folgenden Ergebnissen: Der Artenumfang nach der Vorrotte war mit 25 verschiedenen Arten fünfmal größer als in der Versuchsreihe 1. Im Durchschnitt konnten aus jedem Kompostpartikel 3–5 Pilze isoliert werden. Dominant in allen drei Rottezonen waren *Botryotrichum piluliferum*, *Trichurus spiralis*,

*Acremonium strictum* und verschiedene *Mucor*- und *Penicillium*-Arten.

Im Verlauf der Nachrotte verringerte sich der Artenumfang auf insgesamt 15 verschiedene Pilze, wobei sich der Hauptanteil in der Mietenrandzone konzentrierte. In der Hauptrottezone der Miete konnte nur noch eine Art (*Scopulariopsis chartarum*), in der Kernzone der Miete 1–2 und in der Randzone 3–4 Pilzarten pro Kompostpartikel isoliert werden. Die Gattungen *Acremonium*, *Botryotrichum*, *Scopulariopsis*, *Mucor* und *Penicillium* waren ebenso wie in der Vorrotte stark vertreten. Als Zusammenfassung soll die folgende Abbildung 3 dienen:

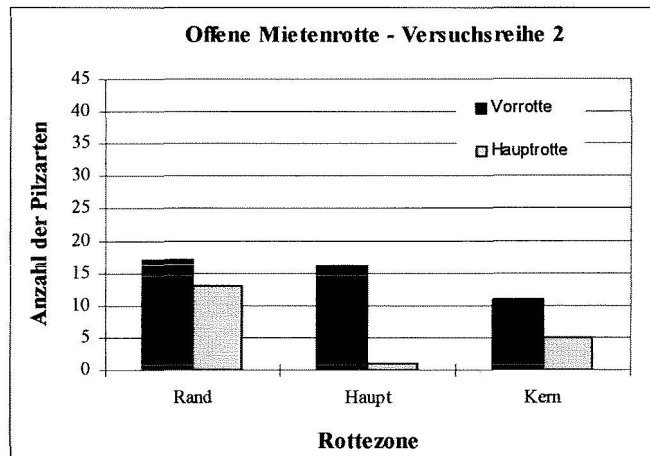


Abb. 3. Artenumfang und -verteilung der Pilzflora einer offenen Kompostmiete im Rotteverlauf (Versuchsreihe 2).

### 3.1.2 Analyse der Pilzflora einer Kompostmiete nach Herhoff-Rotteboxbehandlung im Rotteverlauf

#### Versuchsreihe 1

Nach der achttägigen Vorrotte konnten 21 verschiedene Pilzarten aus der Kompostmiete isoliert werden. Durchschnittlich 1–2 Arten wuchsen aus einem Kompostpartikel aus. Häufig traten auf: *Geotrichum candidum*, *Geomyces pannorum* und *Mucor hiemalis*. Der Umfang des Pilzspektrums vergrößerte sich leicht von der Rand- über die Hauptrotte- bis zur Kernzone der Miete.

Am Ende der Nachrotte konnten 53, also über doppelt so viele verschiedene Arten von Pilzen aus der Miete isoliert werden. Die durchschnittliche Besiedelung eines Kompostpartikels mit Pilzen betrug 7–8 verschiedene Arten. Aus der Hauptrottezone der Miete konnten circa 20 % mehr Pilzarten (42) isoliert werden als aus der Rand- (34) bzw. der Kernzone (32). Trotz der vorhandenen Unterschiede im Artenspektrum traten *Botryotrichum piluliferum*, *Geomyces pannorum*, *Mucor hiemalis* und *Scopulariopsis acremonium* besonders häufig auf. Außerdem konnten *Pythium irregulare* und *Pythium oligandrum* isoliert werden. Deren absolute Häufigkeit kann aufgrund der abweichenden Isolationsmethode (Probenmenge 100mal größer) aber nicht direkt mit den restlichen Ergebnissen verglichen werden. *Pythium irregulare* ist als phytopathogen bekannt (KRÖBER, 1985), *Pythium oligandrum* gilt dagegen als Antagonist (COOKE et al., 1983).

Die Abbildung 4 faßt Artenumfang und -verteilung der Pilzflora dieser Miete im Rotteverlauf zusammen:

#### Versuchsreihe 2

15 verschiedene Pilzarten konnten nach der Vorrotte in der Box aus dem Frischkompost isoliert werden. Durchschnittlich 1–2 Arten waren auf den einzelnen Kompostpartikeln zu finden. Die

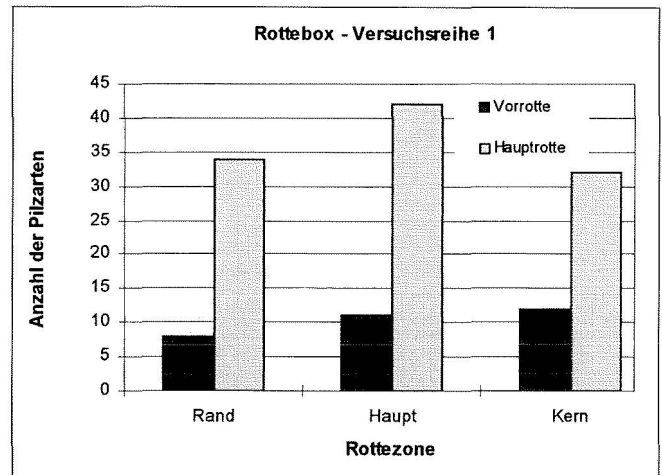


Abb. 4. Artenumfang und -verteilung der Pilzflora einer Kompostmiete nach Herhoff-Rotteboxbehandlung im Rotteverlauf (Versuchsreihe 1).

dominierende Pilzflora bestand aus der Art *Geotrichum candidum* und verschiedenen *Mucor*- und *Penicillium*arten. Der Artenumfang in der Hauptrottezone (9) war größer als in der Rand- (7) und der Kernzone (6) der Box.

Am Ende der Nachrotte hatte sich das Pilzspektrum mit insgesamt 32 verschiedenen Arten mehr als verdoppelt. Besonders stark besiedelt war die Randzone der Miete mit 24 verschiedenen Arten, gefolgt von der Kernzone (15) und der Hauptrottezone (6). Pro Kompostpartikel konnten in der Randzone der Miete zwischen 7 und 8, in der Kernzone zwischen 4 und 5 und in der Hauptrottezone zwischen 0 und 1 Arten isoliert werden. Häufig konnten *Botryotrichum piluliferum*, *Mortierella stylospora* und *Trichurus spiralis* isoliert werden. Außerdem traten *Trichoderma atroviride* und *Sporothrix schenckii* häufig auf.

Eine Zusammenfassung des Artenumfanges und der -verteilung in der Miete liegt in der Abbildung 5 vor.

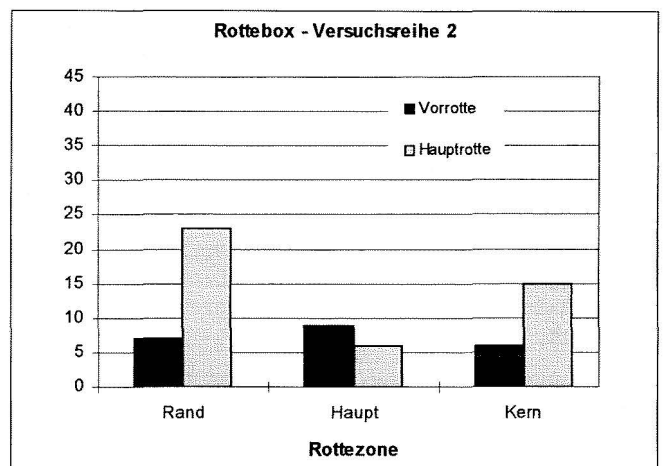


Abb. 5. Artenumfang und -verteilung der Pilzflora einer Kompostmiete nach Herhoff-Rotteboxbehandlung im Rotteverlauf (Versuchsreihe 2).

### 3.2 Überprüfung der Pflanzenverträglichkeit der untersuchten Komposte als Kultursubstrat für Jungpflanzen

Vor der Durchführung der Pflanzenversuche wurden Proben der gedämpften Landerde und die verwendeten Erbsen- und Weizensamen auf SNA-Antibiotikaagar ausgelegt und das vorhan-



dene Pilzspektrum untersucht. So konnte im Vorfeld das Einschleppen phytopathogener Pilze verhindert werden.

Anhand der Frischgewichtsbestimmung von Erbsen- und Weizenpflanzen nach 14 Tagen Wachstum konnten statistisch signifikante Unterschiede der Komposte zwischen den verschiedenen Kompostierungsverfahren (offene Mietenrotte bzw. Rottebox) (ANOVA,  $p = 0,001$ ) und zwischen Vor- und Hauptrotte (ANOVA,  $p = 0,0077$ ) festgestellt werden. Komposte aus der Vorrottephase lieferten durchweg schlechtere Wachstumsergebnisse als Komposte aus der Nachrottephase. Komposte aus der offenen Mietenrotte waren zur Pflanzenanzucht besser geeignet als Komposte aus der Rottebox. Direkte Zusammenhänge mit der pilzlichen Mikroflora in Form von vorhandenen phytopathogenen Pilzen ließen sich nicht erkennen. Zu vermuten sind Einflüsse von Stoffwechselprodukten aus dem mikrobiellen Stoffumsatz (GRABBE, 1996) bzw. die Anwesenheit anorganischer oder organischer Schadstoffe im Kompost (REINHARDT, 1996).

### 3.3 Überprüfung des antiphytopathogenen Potentials der dominierenden Pilzflora anhand von Plattentests

Die Versuchsergebnisse werden in Abhängigkeit von der Temperatur für 10 °C und 20 °C getrennt in den beiden folgenden Tabellen 1 und 2 besprochen. Die vorliegenden IBE-Werte stellen die Endergebnisse nach 30 Tagen dar. Sie sind jeweils Durchschnittswerte aus 6 Wiederholungen.

Bei einer Temperatur von 10 °C wirkten 9 der 15 ausgewählten Pilze aus Komposterde auf mindestens einen der phytopathogenen Pilze wachstumshemmend. Eine Erhöhung der Temperatur auf 20 °C verringerte die Anzahl der antagonistisch wirkenden Arten auf sechs.

## 4 Vergleichende Diskussion der Ergebnisse

Nach der Vorrotte war das Pilzspektrum der Biomüllkomposte bei beiden Kompostierungsmethoden auffallend gering, im Probenmaterial der offenen Kompostmiete allerdings noch erheblich deutlicher als im rotteboxbehandelten Material. Dafür ist sicherlich die länger anhaltende Selbsterhitzung des Biomüllkompostes auf Temperaturen über 65 °C verantwortlich. Das Artenspektrum der beiden Frischkomposte umfaßt in allen Rottezonen vor allem ubiquitär verbreitete, saprophytische Pilzarten, die beim Abbau des organischen Materials von großer Bedeutung sind (DOMSCH und GAMS, 1982).

In beiden Komposten waren die Gattungen *Acremonium*, *Mucor*, *Geomyces*, *Geotrichum* und verschiedene *Penicillium*-Arten häufig zu finden. Auch Hefen, die sich bevorzugt auf Substraten mit einem hohen Gehalt an leicht verfügbaren Nährstoffen ansiedeln (BARNETT et al., 1990), waren in beiden Proben vorhanden. Ebenfalls häufig traten die Gattungen *Scopulariopsis* und *Botryotrichum* in der offen kompostierten Miete auf, während in der Haupt- und Kernzone der Miete nach der Rotteboxbehandlung des öfteren *Pythium oligandrum* zu finden war. *Pythium oligandrum* ist bekannt als Antagonist pathogener Pythiumarten (u. a. *Pythium ultimum*, COOKE und BAKER, 1983). Das Auftreten verschiedener Arten der Gattung *Trichoderma* in beiden Biomüllkomposten ist unter phytosanitären Gesichtspunkten ebenfalls positiv zu bewerten, da sie als Antagonisten das Wachstum phytopathogener Pilze hemmen können (AGRIOS, 1988). Insgesamt kann die Pilzflora der untersuchten Frischkomposte als in phytopathogener Hinsicht unbedenklich eingestuft werden.

Am Ende der Nachrotte veränderte sich das Pilzspektrum der untersuchten Komposte sowohl qualitativ als auch quantitativ er-

**Tab. 1. Antiphytopathogenes Potential der dominierenden Pilzflora aus Komposterde gegenüber phytopathogenen Pilzen bei 10 °C (PDA, 30 Tage)**

Antagonisten aus Komposterde	<i>Pythium ultimum</i>	Phytopathogene Pilze		
		<i>Gaeumannomyces graminis</i>	<i>Fusarium oxysp. f. sp. pisi</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>
		IBE (individual biotic effect)		
<i>Botryotrichum pilulifer</i>	3,5	0	0	-1
<i>Geotrichum candidum</i>	7	3	-4	-3
<i>Mortierella stylospora</i>	5	2	-5	-4
<i>Mucor circinelloides</i>	5	-7	-6	-6
<i>Mucor hiemalis</i>	4	-7	-6	-6
<i>Penicillium cyclospium</i>	4	0	-2	-3
<i>Penicillium expansum</i>	3	-7	-6	-7
<i>Pythium oligandrum</i>	?	-6	-4	-4
<i>Trichoderma atroviride</i>	-3	-7	-7	-7

**Tab. 2. Antiphytopathogenes Potential der dominierenden Pilzflora aus Komposterde gegenüber phytopathischen Pilzen bei 20 °C (PDA, 30 Tage)**

Antagonisten aus Komposterde	<i>Pythium ultimum</i>	Phytopathogene Pilze		
		<i>Gaeumannomyces graminis</i>	<i>Fusarium oxysp. f. sp. pisi</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>
		IBE (individual biotic effect)		
<i>Mortierella stylospora</i>	7	0	-1	7
<i>Mucor circinelloides</i>	5	-5	-6	0
<i>Mucor hiemalis</i>	4	-7	-6	0
<i>Penicillium expansum</i>	3	-3	-1	7
<i>Pythium oligandrum</i>	?	-6	-7	0
<i>Trichoderma atroviride</i>	0	-7	-7	-5

Legende:

- = Hemmung des pathogenen Pilzes
- + = Hemmung des Antagonisten aus Komposterde
- 0 = kein gegenseitiger Einfluß
- ? = keine morphologische Abgrenzung möglich

heblich. Während die Artenhäufigkeit in Proben des offen kompostierten Rottegutes noch leicht zurückging, nahm sie im rotteboxbehandelten Probenmaterial um das Zwei- bis Dreifache an Umfang zu. Für diesen Effekt dürfte hauptsächlich die unterschiedliche Rotteführung verantwortlich sein. Das offen kompostierte Rottegut wurde während der Vorrotte circa zehnmal umgesetzt. Dadurch konnte das gesamte Material gut durchmischt und gleichmäßig hoch erhitzt werden. Nach Ablauf der Vorrotte kam es nur noch zu geringen Mietenbewegungen. Im Mieteninneren trat eine Abkühlung des Kompostmaterials langsam ein, wobei die Pilzflora weiter dezimiert wurde. Die Mietenrandzone kühlte schneller aus, so daß sich eine größere Artenvielfalt – wahrscheinlich unterstützt durch eine Kontamination mit Pilzsporen aus der umgebenden Luft – erhalten bzw. ausbilden konnte. Dadurch entstand auch eine ausgeprägtere Zonierung innerhalb der Miete als nach der Vorrotte. Die auftretenden Arten der Gattungen *Clonostachys* und *Trichoderma* sind als Antagonisten gegenüber phytopathogenen Vertretern der Gattungen *Rhizoctonia* bzw. *Pythium* bekannt (COOKE und BAKER, 1983). Die Gesamtpilzflora läßt sich als in phytopathogener Hinsicht unbedenklich einstufen. Die Verschiebung innerhalb der Pilzflora beruht vermutlich auf den sich verändernden Umweltbedingungen (Nährstoffe, Temperatur). Nach der Vorrotte basiert die Nährstoffgrundlage nicht mehr hauptsächlich auf niedermolekularen organischen Stoffen (Zucker, organ. Säuren etc.), sondern auf schwerer abbaubaren Verbindungen (Cellulose, Lignin) (GRABBE, 1996). Im Gegensatz dazu wurde das rotteboxbehandelte Material während der Vorrotte nicht bewegt, aber im Verlauf der Nachrotte als offene Miete regelmäßig mit dem Radlader umgesetzt. Man kann davon ausgehen, daß der starke Anstieg der Pilzflora im Verlauf der Nachrottephase nicht nur durch die Luft, sondern auch durch eine Kontamination mit an der Radladerschaufel anhaftenden Pilzsporen entstanden ist, die das Rohmaterial (Biomüll) ebenso wie den Kompost in allen Rottestufen transportiert hat.

Eine eindeutige Zonierung innerhalb der Miete konnte nicht festgestellt werden. Während in der Versuchsreihe 1 die meisten Arten in der Hauptrottezone zu finden waren (42), war bei der Wiederholung des Versuches in derselben Rottezone die geringste Anzahl verschiedener Pilzarten zu finden (6). Ausschlaggebend dafür ist vermutlich die Mietenbehandlung. Während der 11–12wöchigen Nachrotte wurde die Miete der Versuchsreihe 1 15mal, die Miete der Versuchsreihe 2 nur 10mal umgesetzt. Zudem traten in der Miete der Versuchsreihe 2 im Verlauf der Nachrotte konstant höhere Temperaturen auf (ca. 60 °C in der Hauptrottezone) als in der Miete der Versuchsreihe 1. Das bedeutet: ebenso wie im Falle der offenen Mietenrotte führten konstant höhere Temperaturen im Mieteninneren bei geringer Rottegutbewegung zu einer deutlichen Reduzierung des Pilzspektrums in der Hauptrottezone. Nur 6 verschiedene Pilzarten konnten aus dieser Rottezone isoliert werden. Im Vergleich dazu waren es in der Mietenrandzone 23 verschiedene Arten und in der Kernzone 15.

Die Gesamtpilzflora läßt sich bis auf das Auftreten von *Pythium irregulare* (Versuchsreihe 1) als phytopathogen unbedenklich einstufen. *Pythium irregulare* ist als Verursacher von Wurzel- und Stengelfäule verschiedener Wirtspflanzen (KRÖBER, 1985) bekannt. Stark vertreten waren die Pilzgattungen *Acremonium*, *Mucor*, *Penicillium* und *Trichoderma* in der Versuchsreihe 1 und *Botryotrichum*, *Mortierella*, *Trichurus* und *Trichoderma* in der Versuchsreihe 2.

15 Pilzgattungen wurden als dominante Pilzflora aus allen Kompostmieten ermittelt. Deren antiphytopathogenes Potential (mit Ausnahme der nicht bestimmbareren Art *Acremonium spec.*) und ein Isolat von *Pythium oligandrum* wurde gegenüber den

phytopathogenen Pilzen *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani*, *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* und *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisii* mit Hilfe von Plattentests (abgewandelt nach MÁNKA, 1991) überprüft.

9 der 15 ausgewählten Pilze aus Komposterde wirkten bei 10 °C und 6 bei 20 °C antagonistisch gegenüber den Pathogenen. Starke antagonistische Effekte traten bei *Mucor circinelloides*, *Mucor hiemalis*, *Pythium oligandrum*, *Trichoderma atroviride* und zum Teil bei *Penicillium expansum* (10 °C) auf. *Trichoderma atroviride* konnte als einzige Art alle phytopathogenen Pilze, einschließlich *Pythium ultimum*, bei 10 °C und 20 °C im Wachstum hemmen. Schwach antagonistisch wirkten bei 10 °C: *Geotrichum candidum*, *Mortierella stylospora*, *Botryotrichum piluliferum*, *Geomyces pannorum* und *Penicillium cyclopium*. Bei 20 °C konnten diese Arten bis auf *Geotrichum candidum* nicht mehr antagonistisch wirksam werden.

Die Erhöhung der Temperatur auf 20 °C bewirkte, daß die bei 10 °C nicht antagonistisch wirkenden Pilze in der Regel stärker gehemmt wurden (z. B. *Acremonium strictum*, *Scopulariopsis acremonium*, *Sporothrix schenckii*). Diese Pilze sind im Vergleich zu den Pathogenen langsamwüchsig und deshalb bei wachstumsoptimalen Temperaturen (20–25 °C) noch stärker benachteiligt als bei 10 °C. Auffallend war die starke Temperaturabhängigkeit von *Rhizoctonia solani*. *Rhizoctonia solani* wurde bei einer Temperatur von 10 °C von allen antagonistisch wirkenden Pilzen aus Komposterde in mehr oder weniger starkem Umfang gehemmt. Bei einer Temperatur von 20 °C konnte nur noch *Trichoderma atroviride* *Rhizoctonia solani* hemmen. Die übrigen, antagonistisch wirkenden Pilzarten hatten auf *Rhizoctonia solani* entweder keinen Einfluß mehr (*Mucor circinelloides*, *Mucor hiemalis*, *Pythium oligandrum*) oder wurden von diesem selbst gehemmt (*Penicillium cyclopium*, *Geotrichum candidum*, *Mortierella stylospora*, *Penicillium expansum*, *Botryotrichum piluliferum*). Die Pilzgattungen *Botryotrichum piluliferum*, *Geomyces pannorum*, *Penicillium expansum*, *Penicillium cyclopium* und *Trichoderma atroviride* bildeten gegenüber den phytopathogenen Pilzen deutliche Hemmzonen aus, die auf die Bildung biostatischer Substanzen hinweisen.

Bei der Auswertung der Plattentests traten Schwierigkeiten durch Sporenstreuung v. a. bei den Gattungen *Penicillium*, *Geomyces* und *Trichurus* auf. Durch die Streuung der Pilzsporen bilden sich gleichzeitig an verschiedenen Stellen der Petrischale Kolonien aus. Dadurch wird das Wachstum des konkurrierenden Pilzes unnatürlich eingeschränkt und die Meßwerte der Koloniedurchmesser beider Testpilze verfälscht. Als schwierig stellte sich außerdem die optische Trennung von Pilzen mit ähnlicher Mycel- und Hyphenstruktur heraus. Die Kolonien von *Pythium oligandrum* und *Pythium ultimum* waren sich beispielsweise makro- und mikroskopisch so ähnlich, daß – noch dazu ohne das Auftreten typischer Sporangien und Oogonien (KRÖBER, 1985) – eine Abgrenzung nicht möglich war. Um die Streuung von Pilzsporen weitestgehend zu verhindern, ist zu empfehlen, noch nicht sporulierendes Mycel zu übertragen und die Petrischalen vor Erschütterungen zu schützen.

Generell handelt es sich bei diesen Plattentests um die Beobachtung konkurrierender Pilze unter stark standardisierten Laborbedingungen. Daraus ergibt sich die interessante Frage, ob und inwieweit sich diese In-vitro-Ergebnisse auch in der Anwendung (z. B. bei Jungpflanzenversuchen) bestätigen. Entsprechende Biotests sind geplant.

## 5 Schlußfolgerungen und Ausblick

Nach der Durchführung der beschriebenen Versuche sind folgende Aussagen möglich:

- Am Ende der Vorrotte war das Pilzspektrum der Frischkomposte aus beiden Herstellungsverfahren auffallend gering, im Probenmaterial aus der offenen Mietenkompostierung noch deutlicher als im rotteboxbehandelten Material. Ursache ist sicher die länger andauernde Erhitzung des Rottegutes auf Temperaturen über 65 °C (Hygienisierungseffekt).
- Die Pilzflora der Frischkomposte umfaßte durchweg saprophytische und unter phytosanitären Gesichtspunkten unbedenkliche bzw. sogar antagonistisch wirkende Pilzarten (z. B. *Clonostachys*, *Trichoderma*).
- Nach Ablauf der Nachrottephase waren qualitative und quantitative Veränderungen der Pilzflora in verschiedenen starkem Umfang erkennbar.
- Im Falle des durch offene Mietenkompostierung hergestellten Kompostes ging das Artenspektrum während der Nachrotte zurück. Es traten leichte Verschiebungen in der Zusammensetzung der Pilzflora auf. Die isolierten Pilzarten sind als phytopathogen unbedenklich einzustufen. Es bildeten sich ausgeprägte Artenhäufigkeiten in den verschiedenen Mietenzonen aus. Die größte Anzahl verschiedener Arten trat in der Mietenrandzone auf, die geringste Anzahl in der Hauptrottezone der Miete.
- In dem mittels Rottebox hergestellten Fertigkompost erweiterte sich das Pilzspektrum während der Nachrotte um das Zwei- bis Dreifache. Die Pilzflora setzt sich zum Großteil aus saprophytischen, phytopathogen unbedenklichen bzw. gegenüber Phytopathogenen antagonistischen Arten zusammen. Das Auftreten von *Pythium irregulare* in einer Charge ist unter phytosanitären Gesichtspunkten als bedenklich anzusehen.
- 15 Pilze wurden als dominierende Pilzflora aller untersuchten Kompostmieten ermittelt. 14 der 15 am häufigsten isolierten Pilze aus beiden Kompostierungsverfahren (mit Ausnahme der nicht bestimmbar Art *Acremonium spec.*) sowie ein Isolat der Art *Pythium oligandrum* wurden auf ihr antiphytopathogenes Potential anhand von Plattentests (abgewandelt nach MÁNKA, 1991) überprüft.
- Die Plattentests wurden parallel bei 10 °C und 20 °C durchgeführt.
- 9 der 15 dominanten Pilze aus Komposterde (= 60 %) hatten bei einer Temperatur von 10 °C und 6 bei einer Temperatur von 20 °C (= 40 %) einen antagonistischen Effekt auf einen oder mehr der folgenden vier Pathogene: *Pythium ultimum*, *Gaeumannomyces graminis*, *Fusarium oxysporum f. sp. pisi* und *Rhizoctonia solani*.
- Die Arten *Trichoderma atroviride*, *Mucor hiemalis*, *Mucor circinelloides*, *Pythium oligandrum* und *Penicillium expansum* wirkten bei Temperaturen von 10 °C und 20 °C mittelstark antagonistisch. Die bei 10 °C schwach antagonistisch wirkenden Arten *Geotrichum candidum*, *Geomyces pannorum*, *Mortierella stylospora* und *Penicillium cyclopium* verloren diesen Effekt bei einer Temperaturerhöhung auf 20 °C.
- Nur *Trichoderma atroviride* hatte bei 10 °C und 20 °C auf alle vier phytopathogenen Pilzarten einen antagonistischen Effekt.
- Die Pilzarten *Botryotrichum piluliferum*, *Geomyces pannorum*, *Penicillium expansum*, *Penicillium cyclopium* und *Trichoderma atroviride* bildeten gegenüber den Phytopathogenen deutliche Hemmzonen aus, die auf die Bildung biostatischer Substanzen hinweisen.
- Bei der Auswertung der Plattentests traten z. T. Schwierigkeiten durch Sporenstreuung (v. a. *Penicillien*) und große makro- und mikroskopische Ähnlichkeiten der Kulturen auf (z. B. *Pythium oligandrum* und *Pythium ultimum*). Dadurch wurde eine genaue Abgrenzung der Pilzkulturen voneinander stark erschwert.

- Inwieweit sich die Ergebnisse der Plattentests auch in der Praxis bewähren können, sollen umfangreiche Biotests (Jungpflanzenversuche) zeigen.

## Literatur

- AGRIOS, G. N., 1988: Plant Pathology. Third edition. Academic Press, San Diego.
- BARNETT, J. A., R. W. PAYNE, D. YARROW, 1990: Yeasts: Characteristics and Identification. Second Edition. Cambridge University Press, Cambridge.
- BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST E. V., 1993: Temperaturprotokoll Eigenuntersuchung von Kompost. Statusdatum März 1993.
- COOKE, R. J., K. F. BAKER, 1983: The nature and practice of biological control of plant pathogens. The American phytopathological society. APS Press. St. Paul, Minnesota.
- DOMSCH, K. H., W. GAMS, T.-H. ANDERSON, 1993: Compendium of soil fungi. Vol. 1 Reprint. IHW-Verlag, Eching.
- FRICKE, K., T. TURK, 1991: Stand und Stellenwert der Kompostierung in der Abfallwirtschaft. In: WIEMER, K. (Hrsg.), 1991: Abfallwirtschaft Bd. 6: Bioabfallkompostierung – flächendeckende Einführung. M.I.C. Baeza-Verlag, Witzenhausen, 13–94.
- GRABBE, K., 1996: Grundlagen der Bioprozeßführung bei der Kompostierung biogener Reststoffe und ihre Relevanz zur Herstellung reproduzierbarer Kompostqualitäten. In: Wiemer, K., Kern, M. (Hrsg.): Abfall-Wirtschaft. Biologische Abfallbehandlung III. M.I.C. Baeza-Verlag, Witzenhausen, 171–214.
- HOFMANN, H., 1991: Die erweiterte Boxenkompostierung der Firma Herhof. In: Wiemer, K., Kern, M. (Hrsg.): Bioabfallkompostierung – flächendeckende Einführung. Abfall-Wirtschaft, Band 6. M.I.C. Baeza-Verlag, Witzenhausen, 295–308.
- DE HOOG, G. S., J. GUARRO, 1995: Atlas of clinical fungi. Centraalbureau voor Schimmelcultures / Universitat Rovira i Virgili. 720 pp.
- KOCH, E., 1996: Wirkungsweise und Anwendungsmöglichkeiten mikrobieller Antagonisten von Pflanzenkrankheiten. Gesunde Pflanzen, 48. Jahrg., Heft 1.
- KRÖBER, H., 1985: Erfahrungen mit Phytophthora de Bary und Pythium Pfringsheim. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 225. Kommissionsverlag Paul Parey, Berlin, Hamburg.
- LAGA (Landesarbeitsgemeinschaft Abfall) Entwurf 1994, Merkblatt 10: Qualitätskriterien und Anwendungsempfehlungen für Kompost hinsichtlich hygienischer Anforderungen. Abfallwirtschaftsjournal 6 (7–8) 477–479.
- MÁNKA, K., et al., 1991: Biotic resistance of soil to plant pathogens. Ed. by: BEEMSTER, G. J., et al.: Biotic interactions and soil-borne Diseases. Developments in agricultural and managed forest ecology. 23, 311–315.
- MUKHERJEE, P. K. et al., 1995: Comparative antagonistic properties of *Glocladium virens* and *Trichoderma harzianum* on *Sclerotium rolfsii* and *Rhizoctonia solani* – its relevance to understanding the mechanisms of biocontrol. J. Phytopathol. 143, 275–279.
- NIRENBERG, H., 1976: Untersuchungen über die morphologische und biologische Differenzierung in der Fusarien-Sektion Liseola. Dissertation am Institut für Mykologie der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem.
- NORDHAUS, R., 1992: Das Herhoffverfahren zur Bioabfallkompostierung. Abfall-Wirtschaft, Band 10. M.I.C. Baeza-Verlag, Witzenhausen.
- PETRIK, C., 1993: Bioabfallkompostierung in Hessen. Erfahrungen über Stand, Qualitätssicherung und Vermarktung. Diplomarbeit an der FH Gießen-Friedberg, Fachbereich Technisches Gesundheitswesen.
- REINHARDT, T., J. JAGER, 1996: Schadstoffbelastung der Abluft bei der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung und anschließender Deponierung. In: WIEMER, K., KERN, M. (Hrsg.): Abfall-Wirtschaft. Biologische Abfallbehandlung III. M.I.C. Baeza-Verlag, Witzenhausen: 845–906.
- SAUTHOFF, W., H. NIRENBERG, B. METZLER, U. GRUHN, 1994: Untersuchungen über den Einfluß einer intensiven Pflanzenproduktion auf die Zusammensetzung der Bodenpilzflora. In: BARTELS und KAMPMANN (Hrsg.): Auswirkungen eines langjährigen Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln bei unterschiedlichen Intensitätsstufen und Entwicklung von Bewertungskriterien. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 295. Kommissionsverlag Blackwell Wissenschafts-Verlag GmbH, Berlin Wien, 143–155.

Kontaktanschrift: Edda Breitenbach, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Mikrobiologie, Königin-Luise-Straße 19, D-14195 Berlin