

# **QUALITÄT VON KOMPOSTEN AUS DER GETRENNTEN SAMMLUNG**

MONOGRAPHIEN

Band 133

M-133

Wien, 2000

**Projektleitung**

Gerhard Zethner (Umweltbundesamt)

**Autoren**

Gerhard Zethner (Umweltbundesamt)

Bettina Götz (Umweltbundesamt)

Florian Amlinger (Ludwig Boltzmann-Institut für biologischen Landbau und angewandte Ökologie)

**Wissenschaftliche Mitarbeit**

Alarich Riss (Umweltbundesamt)

**Statistische Auswertungen**

Wilfried Grossmann und Esther Steiner (Institut für Statistik, Operations Research und Computerverfahren der Universität Wien)

**Übersetzung**

Robert Goodchild (Umweltbundesamt)

**Lektorat**

Elfriede Kasparowski

**Laborkoordination**

Gundi Lorbeer (Umweltbundesamt), Eduard Frank (Umweltbundesamt)

**Analytik**

Labor des Umweltbundesamtes

**Satz/Layout**

Brigitte Nerger, Elisabeth Lössl (Umweltbundesamt)

**Titelgraphik**

aus AMLINGER, F. (1996): Anforderungen an die Qualität von Kompost unter Berücksichtigung der Ausgangsmaterialien. In: Österr. Normungsinstitut (Hrsg.): Kompostgütesicherung in Österreich, Wien, S.67-93.

Dank ist allen Anlagenbetreibern und Eigenkompostierern abzustatten, die sich mit sehr viel Interesse an der Untersuchung beteiligten, sowie allen Mitarbeitern in den chemischen Labors des Umweltbundesamtes und des Ludwig Boltzmann Institutes für biologischen Landbau und angewandte Ökologie.

**Impressum**

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt (Federal Environment Agency)  
Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien (Vienna), Austria

Druck: Riegelnik, Wien

© Umweltbundesamt, Wien, 2000  
Alle Rechte vorbehalten (all rights reserved)  
ISBN 3-85457-567-X

## ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Studie gibt einen Überblick über die Qualität der österreichischen Komposte aus der getrennten Sammlung. Es wurden 42 Kompostanlagen beprobt und im Hinblick auf die verschiedenen Fragestellungen eine weitgehend repräsentative Auswahl an Anlagen durchgeführt. Die Auswahl erfolgte anhand einer Auswertung des Bundes-Abfallwirtschaftsplanes (1998) und der Arbeit „Sammlung und Verwertung kommunaler biogener Abfälle in Österreich“ von RANINGER (1995).

1994 wurden 321 bewilligte Anlagen mit einer Gesamtkapazität von 332.000 Tonnen Input-Material erhoben. In der folgenden Übersicht ist die Situation, aufgeschlüsselt nach Bundesländern und nach den Kapazitätsklassen größer und kleiner 1.000 t/a, zusammengefaßt.

Tab. 1 zeigt das Gesamtpotential an biogenen Abfällen für die Jahre 1994 und 1996. Die Auffächerung erfolgte in die verschiedenen Verarbeitungsschienen sowie in die organischen Abfallarten Bioabfall, Garten- und Parkabfälle, Friedhofsabfälle und Straßenbegleitgrün.

Tab. 1: Gesamtpotential und die Verarbeitungssituation von kommunalen biogenen Abfällen für 1994 und 1996: 1994 nach RANINGER (1995); 1996 nach BUNDES-ABFALLWIRTSCHAFTSPLAN (1998).

Abfallart	Gesamtpotential	Verarbeitung in Kompostierungsanlagen		Verarbeitung durch Eigenkompostierung		ohne getrennte Verarbeitung	
		(t/a)	(%)	(t/a)	(%)	(t/a)	(%)
<b>1994</b>							
Bioabfall aus Haushalten	1.094.000	229.500	21	546.000	50	318.500	29
Garten- und Parkabfälle	619.000	235.000	38	291.000	47	93.000	15
Friedhofsabfälle	200.000	40.000	20	20.000	10	140.000	70
Straßenbegleitgrün	300.000	50.000	17	20.000	7	230.000	77
<b>Summe</b>	<b>2.213.000</b>	<b>554.500</b>	<b>25</b>	<b>877.000</b>	<b>40</b>	<b>781.500</b>	<b>35</b>
<b>1996</b>							
Bioabfall aus Haushalten	1.150.000	360.000	31	550.000	48	240.000	21
Garten- und Parkabfälle	620.000	305.000	49	255.000	41	60.000	10
Friedhofsabfälle	200.000	110.000	55	40.000	20	50.000	25
Straßenbegleitgrün	300.000	100.000	33	30.000	10	170.000	57
<b>Summe</b>	<b>2.270.000</b>	<b>875.000</b>	<b>38,5</b>	<b>875.000</b>	<b>38,5</b>	<b>520.000</b>	<b>23</b>

Das Gesamtpotential für kommunale biogene Abfälle in Österreich liegt demnach bei 2,2 Mio Tonnen, von denen 1994 etwa 25 % (554.500 t) in zentralen Anlagen und 40 % (877.000 t) durch die Eigenkompostierung erfaßt werden. 35 % des Gesamtaufkommens landet noch im Restmüll ohne getrennte Erfassung.

Bei der Auswahl der beprobten Anlagen wurden die Faktoren Siedlungstyp, Anlagengröße, Einsatzmaterialien, Verteilung über das gesamte Bundesgebiet, Biotonne- und Grünschnittanlagen, Betreiberart und die Eigenkompostierung berücksichtigt. In einem begleitenden Fragebogen wurden zahlreiche Zusatzinformationen erhoben und verarbeitet. Beispielsweise wurden der Rechtsstatus, der Erfassungsmodus, die Verarbeitungsmengen, Materialströme, Kompostierungsverfahren und die Qualitätssicherung erfragt. Nach den Siedlungstypen des Einzugsgebietes wurden 11 Anlagen der Kategorie „Vorwiegend Stadt“, 15 Anlagen der Kategorie „Vorwiegend Land“ und 8 Anlagen der Mischkategorie „Stadt-Land“ beprobt (siehe Abb. 2). Zusätzlich wurde 8 Hausgartenkomposte in Wien und Salzburg (Eigenkompostierung) beprobt.

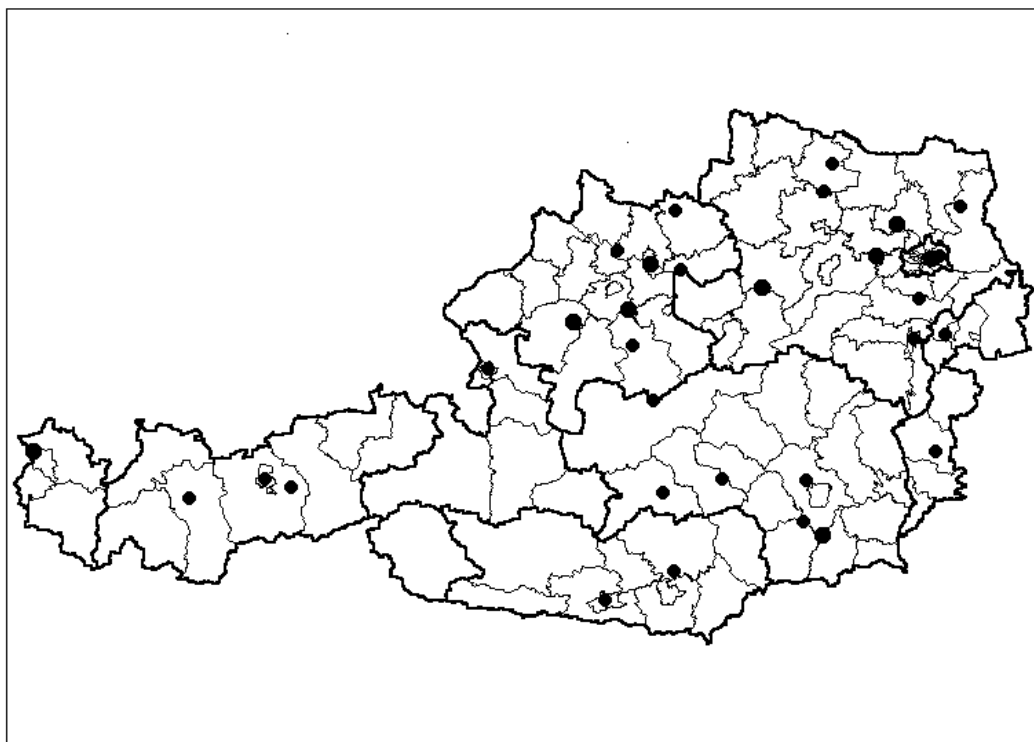


Abb. 1: Verteilung der 34 beprobten Kompostanlagen in Österreich

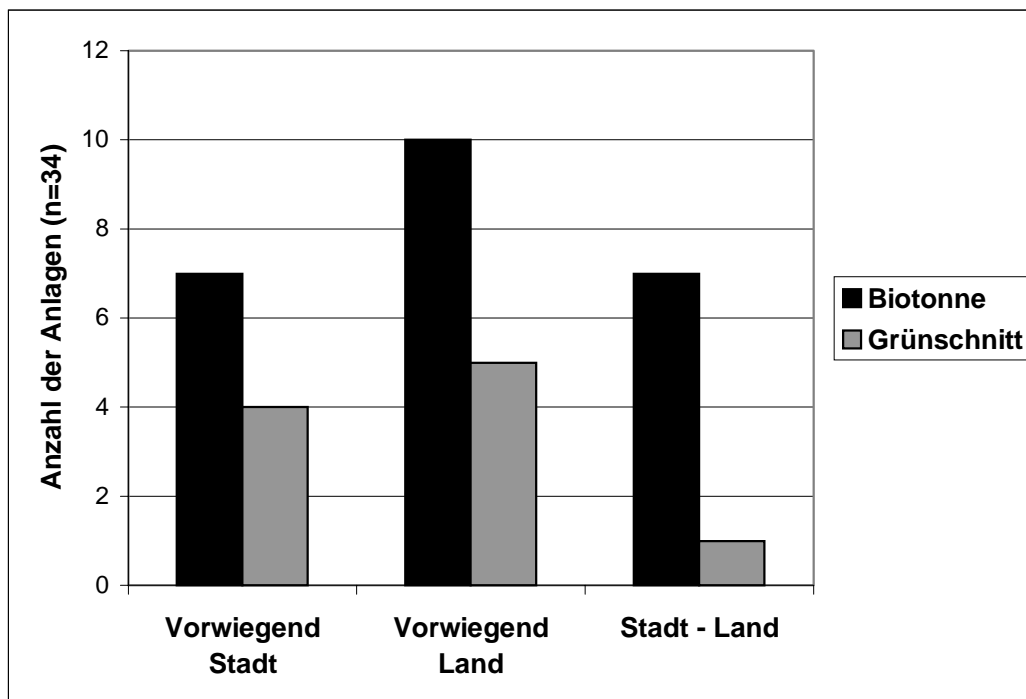


Abb. 2: Verteilung der Siedlungstypen im Einzugsgebiet der Anlagen.

- **Physikalische Parameter**

Der Wassergehalt ist für die Vermarktung von Komposten ein wichtiges Merkmal, wenn die Ware per Gewichtseinheit vermarktet wird. Zumeist wird Kompost jedoch in Volumina abgegeben. Der Median des Wassergehalts lag bei 41 %. Der Unterschied zwischen Biotonnen- und Grünschnittkomposten ist signifikant auf dem 90 %-Konfidenzniveau.

Bei der Wasserkapazität – einem wichtigen Anwendungsparameter – wiesen 3 Komposte eine Kapazität < 100 % TS auf. Eine positive Korrelation der Wasserkapazität mit dem Gehalt an organischer Substanz in % Glühverlust war feststellbar.

Der Median der organischen Substanz (Glühverlust) beträgt 39 % TS. Dieser wertgebende Parameter ist für die bodenverbessernde Wirkung von Komposten entscheidend.

Der Sollbereich Feuchtdichte (=Volumsgewicht) liegt nach ÖNORM S 2200 bei  $\leq 0,85$  kg/l. Der Median der 42 untersuchten Komposte beträgt 0,80 kg/l. Die Feuchtdichte kann als Stellvertreter für den Rottegrad herangezogen werden, da sie mit der organischen Substanz (Glühverlust) negativ korreliert ist und das Volumsgewicht mit fortschreitender Mineralisierung steigt.

Die festgestellten pH-Werte lagen im Mittel ohne besondere Abweichungen bei 7,6 (Median). Wie auch in anderen Arbeiten feststellbar, zeigten sich keine signifikanten Unterschiede des pH-Wertes zwischen städtischem und ländlichem Einzugsgebiet bzw. zwischen Biotonnen- und Grünschnittkomposten.

Die Leitfähigkeit zeigt generell den Salzgehalt der Komposte an, hauptsächlich die Gehalte an Natrium und Chlorid<sub>hwl</sub>. Biotonnen-Komposte aus ländlichem Einzugsgebiet weisen die höchsten Werte auf. Wenige Anlagen überschritten den Sollbereich von 2,0 bis 4,0 mS/cm gemäß ÖNORM S 2200.

Der Anteil des organisch gebundenen Kohlenstoffs (TOC) am Gesamt-Kohlenstoff (TC) beträgt im Mittel aller 42 untersuchten Komposte 92 %. Der Median der TOC-Werte liegt bei 20 % TS. Der anorganische Kohlenstoff (TIC) – entsprechend der Konzentration an CaCO<sub>3</sub> – ist bei städtischen Komposten signifikant höher als bei Komposten des ländlichen Einzugsgebietes und kann als Hinweis für die Staubbelastung gewertet werden.

- **Nährstoffe**

Komposte enthalten sämtliche für das Pflanzenwachstum essentiellen Makro- und Mikro-nährstoffe. Dem Kompost kommt damit v.a. in der viehlosen Landwirtschaft ein hoher Stellenwert als Düngemittel zu. Der jeweilige Düngewert hängt jedoch vom Nährstoffverhältnis des gesamten zum kurz- und mittelfristig mobilisierbaren Anteil ab. Problematisch für eine ausgewogene Pflanzenernährung kann sich ein ungünstiges Verhältnis von (geringen) löslichen N- und K<sub>2</sub>O-Anteilen zu den jeweiligen Gesamtgehalten auswirken. Dies trifft besonders auf Strauch- und Baumschnittkomposte oder bei hohem Holzhäckselanteil zu (POLETCHNY, 1993; FRICKE, 1988). Die Gesamt-Nährstoffgehalte der Komposte weisen aber generell ein für die Pflanzenbedürfnisse günstiges Verhältnis auf.

Beim Parameter Stickstoff<sub>Kjeldahl</sub> sind die Mittelwerte der Biotonnenkomposte deutlich höher als die der Grünschnittkomposte.

Der P<sub>2</sub>O<sub>5</sub><sub>gesamt</sub>-Gehalt ist ebenfalls bei den Biotonnenkomposten signifikant höher als bei den Komposten der Grünschnitt-Anlagen. Die unterschiedlichen Einzugsgebiete spiegeln sich nicht im P<sub>2</sub>O<sub>5</sub><sub>gesamt</sub>-Gehalt wider.

Beim Parameter K<sub>2</sub>O<sub>CAL</sub> zeigen die Biotonnen-Anlagen signifikant höhere Werte als die Grünschnitt-Anlagen. Die Aufteilung nach den Einzugsgebieten zeigt, daß Komposte der Kategorie "Stadt" signifikant niedrigere Werte aufweisen als Komposte der Kategorien "Land" und "Stadt-Land".

Die MgO-Gehalte der Komposte der Kategorie "Land" liegen signifikant niedrigerer, als die der Komposte der Kategorien "Stadt" und "Stadt-Land".

Hinsichtlich der Einzugsgebietstypen weisen die Komposte der Kategorie "Stadt" signifikant höhere CaO-Gehalte auf, als jene der Kategorien "Land" und "Stadt-Land".

Dagegen sind die Fe-Werte der Komposte des Einzugsgebietstyps "Land" signifikant höher gegenüber jenen des Einzugsgebietstyps "Stadt".

Tab. 2: Statistisch signifikante Unterschiede der Nährstoff- sowie der Natrium- und Chloridgehalte zwischen Biotonnen (BT)- und Grünschnitt (GS)-Anlagen bzw. zwischen den drei Einzugsgebietstypen Stadt, Land und Stadt-Land (t-Test).

Parameter	Unterschied	Konfidenzintervall
N-Kjeldahl	BT > GS	95 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> gesamt	BT > GS	95 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> CAL	Stadt < Stadt-Land	95 %
K <sub>2</sub> O gesamt	BT > GS	90 %
	Stadt < Stadt-Land	95 %
	Stadt < Land	90 %
K <sub>2</sub> O CAL	BT > GS	95 %
	Stadt < Stadt-Land	95 %
	Stadt < Land	95 %
MgO	Stadt > Land	95 %
	Stadt-Land > Land	95 %
CaO	Stadt > Land	95 %
Fe	Stadt < Land	95 %
Chlorid <sub>hwl.</sub>	BT > GS	95 %
	Stadt-Land > Stadt	95 %
	Land > Stadt	95 %
Na	BT > GS	95 %
	Stadt-Land > Stadt	90 %
	Land > Stadt	95 %

#### • **Schwermetalle**

Die ÖNORM S 2202 unterscheidet drei Qualitätsklassen, wobei Klasse III den strengsten Anwendungsbeschränkungen unterliegt. Von den 42 untersuchten Komposten sind 11 der Klasse I, 17 der Klasse II und 11 der Klasse III zuzuordnen. 3 Komposte weisen Schwermetallwerte über den Grenzwerten für Komposte der Klasse III auf.

#### **Jahreszeit:**

Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Schwermetallgehalten in Biotonnen- und Grünschnittkomposten und dem Sammelzeitraum (Frühjahr, Sommer, Herbst und Winter) konnte nicht gefunden werden.

#### **Biotonnen- und Grünschnittkomposte:**

Die österreichische Düngemittelverordnung 1994 (DMVo, BGBl. 1007/1994) unterscheidet hinsichtlich der Qualität Komposte aus reinen Garten- und Parkabfällen („Grünschnittkomposte“) und Bioabfallkomposte. Ausschließlich Komposte aus dem Garten- und Grünflächenbereich sind als Bestandteile organischer Düngemittel oder in Kultursubstraten zugelassen. Diese Unterscheidung erscheint aufgrund der Schwermetallanalysen der 42 österreichischen im Rahmen dieser Studie beprobten Kompostanlagen nicht gerechtfertigt. Es konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen Biotonnen- und Grünschnittkomposten hinsichtlich ihrer Schwermetallgehalte festgestellt werden.

Tab. 3: Grenz- und Richtwerte für Schwermetalle nach der Düngemittelverordnung (DMVo) und statistische Kennzahlen der Komposte (getrennt nach Biotonnen (BT)- und Grünschnittkomposten (GS), Angaben in mg/kg TS, normiert auf 30 % Glühverlust.

	Meßergebnisse							
	Grenzwert DMVo	Richtwert DMVo	Mittelwert BT	Mittelwert GS	Median BT	Median GS	75%-Quartil BT	75%-Quartil GS
Pb	150	-	73,4	81,3	67,5	58,0	80,3	91,0
Cd	1	-	0,72	0,69	0,74	0,71	0,82	0,77
Cr	100	-	31,3	31,9	31,0	24,0	35,3	30,5
Cu	-	100	76,0	104,1	70,0	46,0	90,0	64,8
Ni	60	-	33,3	25,0	23,0	19,0	37,8	22,3
Hg	1	-	0,22	0,25	0,20	0,20	0,30	0,30
Zn	-	300	236,7	301,7	236,5	180,5	282,5	360,0

#### Einzugsgebiet – Siedlungsstruktur:

Im Rahmen dieser Untersuchungen konnten keine statistischen Unterschiede zwischen den Komposten verschiedener Einzugsgebietstypen gezeigt werden, nur bei Mangan und Nickel zeigten sich generell höhere Gehalte in ländlichen Komposten.

Die Clusteranalyse zeigt eine Gruppe von Komposten des Einzugsgebietstyps „Land“ mit höheren Cd-, Cu-, Pb- und Zn-Gehalten. Dieses Schwermetallmuster deutet auf Fehlwürfe oder eine nicht ausreichende Sortierung der Eingangsmaterialien in kleineren, ländlichen Anlagen hin.

#### • Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)

PAH gehören zu weitverbreiteten persistenten Umweltschadstoffen. PAH entstehen hauptsächlich bei unvollständigen Verbrennungen von fossilen und organischen Energieträgern, wodurch Ballungszentren durch die PAH-Immissionssituation meist stärker belastet sind. Während niedermolekulare PAHs, wie Triphenylen in Gehalten von n.n bis zu 63,2 µg/kg TS gefunden wurden, wurden hochmolekulare PAHs wie Benzo(e)pyren bis zu immerhin 1.264,7 µg/kg TS gemessen. Einige wenige Anlagen ließen, auf Grund deutlich höherer PAH-Gehalte, Ascheanteile in den Einsatzstoffen vermuten.

Tendenziell kann anhand der Clusteranalysen der Einfluß der Einzugsgebietstypen „Stadt“ und „Stadt-Land“ abgelesen werden. In Tab. 4 ist eine Zusammenfassung der signifikanten Unterschiede zwischen Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen bzw. zwischen den drei Einzugsgebietstypen „Stadt“, „Land“ und „Stadt-Land“ bezüglich der PAH-Gehalte in Komposten dargestellt.

Tab. 4: Statistisch signifikante Unterschiede der PAH-Gehalte zwischen Biotonnen (BT)- und Grünschnitt(GS)-Anlagen bzw. zwischen den drei Einzugsgebietstypen Stadt, Land und Stadt-Land.

Parameter	Unterschied	Konfidenzintervall
Fluoren	BT > GS	90 %
Phenanthren	BT > GS	90 %
Fluoranthen	Stadt > Land	90 %
Triphenylen	Stadt > Land Stadt > Stadt-Land	95 % 90 %
Benzo(a)anthracen	Stadt > Land Stadt > Stadt-Land	95 % 95 %
Chrysen	Stadt > Land Stadt > Stadt-Land	90 % 90 %
Benzo(e)pyren	Stadt > Land Stadt > Stadt-Land	90 % 95 %
Benzo(b)fluoranthen	Stadt > Land Stadt > Stadt-Land	95 % 90 %
Benzo(k)fluoranthen	Stadt > Land Stadt > Stadt-Land	95 % 90 %
Benzo(a)pyren	Stadt > Land Stadt > Stadt-Land	95 % 95 %
Dibenzo(a,h)anthracen	Stadt > Land Stadt > Stadt-Land	95 % 90 %
Benzo(g,h,i)perylen	Stadt > Land Stadt > Stadt-Land	90 % 90 %
Indeno(1,2,3cd)pyren	Stadt > Land Stadt > Stadt-Land	95 % 95 %
Coronen	Stadt > Land	90 %

Wenn Kompost unter Umständen in großen Mengen ab 100 Tonnen pro Hektar auf den Boden gelangt oder als Hauptbestandteil von Kultursubstrat im Wohnbereich oder zur Nahrungsmittelproduktion verwendet wird, darf die PAH-Belastung nicht vernachlässigt werden. Es sollte bei zukünftigen Regelwerken, die den Einbau von Bodenaushub, Kompost, Sekundärrohstoff – Erden und sonstigen Materialien zur Rekultivierung und Wiederherstellung einer Bodenschicht normieren, darauf geachtet werden, abhängig von der Standortsituation die Fracht der darin enthaltenen PAH zu begrenzen.

- **Polychlorierte Biphenyle (PCB)**

Die gefundenen, oberhalb der Nachweisgrenze gelegenen PCB-Meßwerte sind vorwiegend auf die höherchlorierten Verbindungen (PCB 138, 153, 180) konzentriert. In der österreichischen Düngemittelverordnung (DMVo, BGBl. 1007/1994) des österreichischen Düngemittelgesetzes (DMG, BGBl. 513/1994) wurden die 6 Ballschmitter-PCB mit 0,2 mg/kg TS begrenzt. Die höchsten Gehalte wurden an PCB 138 und 153 mit 12,0 bzw. 12,7 µg/kg TS gemessen. In Tab. 5 ist eine Zusammenfassung der signifikanten Unterschiede zwischen Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen bzw. zwischen den drei Einzugsgebietstypen „Stadt“, „Land“ und „Stadt-Land“ dargestellt. Anhand dieser Differenzen von Stadt- und Landgebieten kann von einer stärkeren Belastung der Stadtgebiete ausgegangen werden. Insgesamt liegen die Werte weit unter dem Grenzwert des Düngemittelgesetzes, selbst der maximal gemessene Wert noch um den Faktor 6.



Tab. 5: Statistisch signifikante Unterschiede der PCB-Gehalte zwischen Biotonnen (BT)- und Grünschnitt (GS)-Anlagen bzw. zwischen den drei Einzugsgebietstypen Stadt, Land und Stadt-Land (t-Test).

Parameter	Unterschied	Konfidenzintervall
Summe 6 PCB	Stadt > Land	95 %
	Stadt > Stadt-Land	95 %

#### • Chlorierte Kohlenwasserstoffe

Die zusammengefaßte Gruppe der chlorierten Kohlenwasserstoffe besteht aus unterschiedlichen chemischen Verbindungen. Es zeigten sich

- das Vorkommen von Pestiziden tendenziell eher in Grünschnittkomposten sowie,
- daß einige Vertreter dieser Gruppe in beinahe allen Proben zu finden waren.

Beispielsweise wurde **Lindan ( $\gamma$ -HCH)**, ein chlorierter Kohlenwasserstoff, der in Pflanzenschutzmitteln enthalten ist und zur Insektenbekämpfung verwendet wird, häufiger festgestellt. In den Kompostproben wurden nur in wenigen Anlagen Werte bis zu 3,8  $\mu\text{g}/\text{kg}$  TS gemessen. In Österreich ist die Anwendung von Lindan seit 1992 nur mehr zur gewerblichen Saatgutbehandlung im Ackerbau zugelassen. In Tab. 6 ist eine Zusammenfassung der signifikanten Unterschiede zwischen Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen bzw. zwischen den drei Einzugsgebietstypen Stadt, Land und Stadt-Land dargestellt.

Besonders auffällig – gemessen am Median der Untersuchung von 16,8  $\mu\text{g}/\text{kg}$  TS – war ein **Pentachlorphenol**-Meßwert von 2.263,8  $\mu\text{g}/\text{kg}$  TS, der in einem Hausgartenkompost auftrat und sicher einen Sonderfall darstellt. Die Meßwerte der anderen Chlorverbindungen waren abgesehen von Einzelfällen bei Endrin und  $\beta$ -Endosulfan unauffällig.

Eine Routineuntersuchung der gesamten Palette an chlorierten Kohlenwasserstoffen scheint derzeit nicht notwendig zu sein. Der ÖNORM S 2200 folgend könnten sich Stichprobenuntersuchungen von Komposten mit hohem Holzanteil, die v.a. als Mulchmaterial zur Bodenbedeckung verwendet werden, zur Untersuchung auf PCP, AOX sowie  $\gamma$ -HCH als sinnvoll erweisen.

Tab. 6: Statistisch signifikante Unterschiede der Chlorkohlenwasserstoff-Gehalte zwischen Biotonnen (BT)- und Grünschnitt (GS)-Anlagen bzw. zwischen den drei Einzugsgebietstypen Stadt, Land und Stadt-Land sowie zwischen Hausgarten-Komposten (HG) und den restlichen Kompostanlagen.

Parameter	Unterschied	Konfidenzintervall
$\gamma$ -HCH	GS > BT	90 %
	Stadt > Land	95 %
	Stadt > Stadt-Land	90 %
	HG > restl. Anlagen	95 %
$\beta$ -Endosulfan	HG > restl. Anlagen	95 %
Pentachlorphenol	HG > restl. Anlagen	95 %
AOX	BT > GS	90 %
	Stadt > Land	95 %
	Stadt > Stadt-Land	90 %
	HG > restl. Anlagen	95 %

- **DDT und seine Abbauprodukte (DDX)**

Das Pestizid DDT wurde in früheren Jahrzehnten sehr häufig und zu vielen Indikationen verwendet. Es stellte sich alsbald die Persistenz der Verbindung heraus, sodaß der Verbrauch weltweit auf wenige Anwendungsfälle beschränkt bzw. in Österreich gänzlich verboten wurde. Dennoch sind Spuren in allen Umweltkompartimenten nachweisbar und ist eine Akkumulierung in der Biosphäre festzustellen. Die Kompostuntersuchung in 15 Anlagen zeigte durch die Summe der DDX-Werte von bis zu 21,2 µg/kg TS das latente Vorkommen dieser Verbindungen in der Umwelt. Im Vergleich dazu wurden in Grünland- und Ackerböden Oberösterreichs im Durchschnitt 0,6 bzw. 1,0 µg DDX/kg TS festgestellt (AMT DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG, 1993). Die DDX-Werte im Auflagehumus österreichischer Hintergrund-Waldstandorte betragen im Median 7,79 µg/kg TS (WEISS; 1998).

Der biologische Abbau von DDX im Boden erfolgt extrem langsam. Die Pflanzenaufnahme von DDX über die Wurzeln ist vernachlässigbar bis nicht vorhanden, die Belastung über die Luft ist für die DDX-Konzentration in den Pflanzen maßgeblich. Demnach spiegelt der Gehalt an DDX im Kompost in erster Linie die allgemeine Luftbelastung wider. In Tab. 7 ist eine Zusammenfassung der signifikanten Unterschiede zwischen Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen sowie Hausgarten- (n = 2) und Anlagenkomposten (n = 13) dargestellt.

Tab. 7: Statistisch signifikante Unterschiede der DDX-Gehalte zwischen Biotonnen (BT)- und Grünschnitt-Anlagen (GS) sowie zwischen Hausgarten-Komposten (HG) und den restlichen Kompostanlagen.

Parameter	Unterschied	Konfidenzintervall
o,p'-DDT	HG > restl. Anlagen	95 %
p,p'-DDD	BT > GS	90 %
p,p'-DDE	BT > GS	95 %
p,p'-DDT	HG > restl. Anlagen	95 %

In der österreichischen Düngemittelverordnung 1994 (DMVo, BGBl. 1007/1994) ist ein Summengrenzwert für alle Organochlorpestizide von 1 mg/kg TS vorgesehen. Diese Gruppe beinhaltet folgende Verbindungen: Aldrin, Dieldrin, Endrin Heptachlor die Summe der HCH, DDT und DDE, Chlordan und Hexachlorbenzol. Selbst wenn man alle Extremwerte dieser Untersuchung unabhängig von den dazugehörigen verschiedenen Anlagen aufsummiert, wird nur ein fiktiver Gesamtwert von 71,06 µg/kg TS erreicht. Immerhin tragen die DDX bis zu einem Drittel zu diesem Wert bei. Im Vergleich zum Grenzwert aus der DMVo kann aber abgeleitet werden, daß sich die Belastung der Komposte mit Chlorpestiziden – auch über diese Untersuchung hinaus – in Grenzen hält. Eine Untersuchung der Komposte sollte daher nur bei Materialien stattfinden müssen, bei denen ein begründeter Verdacht vorliegt.

- **Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F)**

Dioxine und Furane gehören in der toxikologischen Beurteilung zu den gefährlichsten Schadstoffen. Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine (PCDD) und polychlorierte Dibenzofurane (PCDF), kurz als Dioxine und Furane bezeichnet, entstehen vor allem bei thermischen Prozessen und Prozessen der Chlorchemie als Spurenverunreinigungen. Diese Gruppe setzt sich aus insgesamt 210 verschiedenen Kongeneren zusammen.

Ebenso wie in anderen Kompartimenten sind auch in organischen Abfällen Dioxine und Furane als anthropogene Verbindungen nachweisbar. Im Kompost konnte ein Maximalwert von 86,8 ng I-TEQ/kg und ein Median der Untersuchungen von 6,43 ng I-TEQ/kg TS festgestellt werden. Im Erlaß von Baden-Württemberg (1994) wird ein Richtwert für Komposte von

17 ng I-TEQ/kg TS (+30 %) angeführt. Dieser ist aus den Grenzwerten der deutschen Klärschlamm-Verordnung von 100 ng/kg TS unter der Annahme einer jährlichen TS-Fracht von 10 t Kompost je ha abgeleitet. Damit liegt der endgültige Richtwert bei 22 ng I-TEQ/kg TS. Würde man die österreichischen Klärschlamm-Bestimmungen zu Grunde legen, so wäre ein Richtwert von 25 ng I-TEQ/kg TS (+30 %) einzuhalten.

Die gefundenen Werte sind – mit Ausnahme zweier Anlagen – relativ weit unterhalb des Richtwerts von 17 ng I-TEQ/kg TS (+30 %). Eine dieser Ausnahmen fällt in den Bereich +30 % hinein, der Maximalwert von 86,8 ng I-TEQ/kg liegt allerdings weit über dem Richtwert, auch über dem Grenzwert der Österreichischen Düngemittelverordnung 1994 mit 50 ng I-TEQ/kg TS. Werden solcherart belastete Komposte wiederholt angewendet, so ist in absehbarer Zeit mit einer Anhebung des Bodengehaltes an Dioxinen und Furanen zu rechnen. Zur Herstellung „sauberer“ Kompostqualitäten sollten belastete Materialien wie beispielsweise behandeltes Holz, Spanplatten sowie große Mengen an Laub und Gras aus besonders belasteten Gebieten vermieden werden.

Eine generelle Empfehlung zur routinemäßigen Untersuchung von Kompost auf Dioxine und Furane kann aus den Untersuchungsergebnissen nicht abgeleitet werden. Bei Verdacht auf die Verwendung von behandeltem Holz, Staub und von mit Precursoren wie Pentachlorphenol (PCP) und polychlorierten Biphenylen (PCB) belasteten Eingangsmaterialien ist eine Untersuchung auf PCDD/PCDF jedoch angeraten.

- **Pyrethroide**

Die Pyrethroide können nach dieser Untersuchung als in Summe unauffällige Wirkstoffgruppe aus dem Pflanzenschutzmittelbereich eingestuft werden. Dennoch sind merkbare Belastungen dort zu erwarten, wo Behandlungen im Kleingartenbereich, Küchenabfall und Vorratsschutz zu Einträgen in den Kompost führen. Da es sich bei den Pyrethroiden um persistente Stoffe handelt, erfolgte eine Ausweitung der Untersuchungen auch auf in Österreich nicht zugelassene Wirkstoffe. Nach den Ergebnissen ist eine Einschränkung des Analyseprogramms auf die zugelassenen und im Inland häufig verwendeten Wirkstoffe vertretbar. Die maximal nachgewiesenen Konzentrationen bei Cyfluthrin und Deltamethrin liegen mit 68 bzw. 60 µg/kg TS weit unter den Grenzwerten der österreichischen Düngemittelverordnung 1994, sodaß nur im Verdachtsfall eine Untersuchung erfolgen sollte.

- **Thiabendazol**

Thiabendazol ist ein systemisch wirkendes Fungizid, die Aufnahme erfolgt über Blatt und Wurzel. Anwendung findet es u. a. bei Bananen, Zitrusfrüchten und Mangos sowie zur Kontrolle von Lagerkrankheiten, z. B. bei Kartoffeln gegen Fusarium-Lagerfäulen. Umweltrelevant ist vor allem seine Fischtoxizität.

Der Median der gemessenen Thiabendazol-Konzentrationen im Kompost liegt zwischen Bestimmungs- und Nachweisgrenze, bei Biotonnen-Komposten wurden höhere Gehalte gemessen (max. 32,7 µg/kg TS) als bei Grünschnittkomposten. Weitere Untersuchungen des Wirkstoffes im Kompost erscheinen derzeit nicht vordringlich.

- **Pflanzenverträglichkeit**

Bei der Pflanzenverträglichkeit von Komposten unterscheidet die ÖNORM S 2200 zwischen den Anwendungstypen A und B, wobei Komposte des Anwendungstyps A eine höhere Pflanzenverträglichkeit aufweisen. In der vorliegenden Untersuchung entsprechen 7 Komposte Anwendungstyp A und 31 Komposte Anwendungstyp B. 5 Komposte erfüllten die Anforderungen weder für Anwendungstyp A noch für B. Die Aufteilung der Anlagen auf diese drei Kategorien getrennt nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen ist *Abb. 3* zu entnehmen.

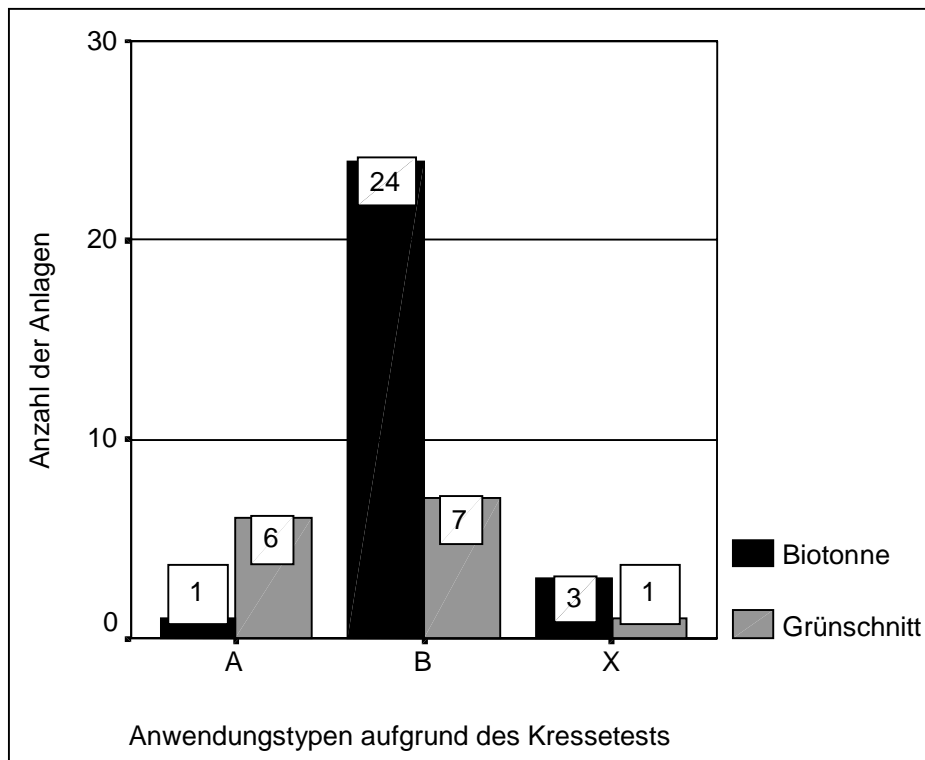


Abb. 3: Anzahl der Anlagen der einzelnen Anwendungstypen aufgrund des Pflanzenverträglichkeitstests, aufgeteilt nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen.

X = weder Anwendungstyp A, noch B.

#### • Wiederholungsproben

Um die Streuung von Untersuchungsergebnissen abschätzen zu können, wurden je drei Wiederholungsproben von vier Anlagen gewonnen. Die Analyseergebnisse dieser drei Wiederholungsproben wurden statistisch genauer untersucht, um festzustellen, ob der Mittelwert aus den Wiederholungsproben herangezogen werden kann. Dabei wurden sehr unterschiedliche Differenzen festgestellt. Unterstellt man eine tolerierbare Abweichung von  $\pm 30\%$  so zeigen sich bei Pb, AOX und Na höhere Abweichungen von bis zu 40%, in einem Fall allerdings auch 92%. Bei den insgesamt 12 Wiederholungsproben streuen die Sulfat<sub>hwl.</sub>-, Chlorid<sub>hwl.</sub>- und Bor<sub>hwl.</sub>-Werte bei 3 von 4 Anlagen um mehr als  $\pm 30\%$ . Bei 3 von 4 Anlagen streuen die Pb-Werte um mehr als  $\pm 40\%$ . Bei den Parametern Sulfat<sub>hwl.</sub>-, Pb, Chlorid<sub>hwl.</sub> und Bor<sub>hwl.</sub> war daher die Mittelwertbildung nur mit Vorbehalt möglich.

Als besondere Fehlerquelle bei der Kompostanalyse stellte sich die Probenahme in den Anlagen heraus. Es sollte daher möglichst nach einem einheitlichen Probenahmesystem vorgegangen werden, um vergleichbare Meßwerte auch bei wiederholter Beprobung zu erhalten, wobei die Homogenität der Probe besonders beachtet werden muß.

Nach der geplanten Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie zum Inverkehrbringen von Kompost und zur Kompostqualität sind Prüfmechanismen zur Sicherung der Marktqualität von Komposten vorgesehen. Verfahren, die zur Beanstandung von deklarierten Qualitäten eingeleitet werden müssen, sollten daher einen Schwankungsbereich von beispielsweise + 50% des Grenzwertes in der Verordnung tolerieren. Werden diese Toleranzgrenzen überschritten, könnten verschärfte Konsequenzen im Verfahren vorgesehen werden. Die Höhe des Toleranzbereiches muß sich im Fall der Komposte nach der realistischen Machbarkeit der Homogenisierung richten.

- **Exkurs hochbelasteter Einzelkompost**

In einer der acht Einzelkompostieranlagen (Hausgartenkomposte) traten unerwartet hohe Meßwerte von Substanzen, die beim Holzschutz zu erwarten sind, auf. Tab. 8 zeigt die deutlichen Auffälligkeiten in den Meßergebnissen dieser Einzelkompostieranlage.

Tab. 8: Übersicht über die auffälligen Meßergebnisse einer Hausgartenkompost (HG)-Probe.

Inhaltsstoff bezogen auf TM <sub>105°C</sub>	Meßwert	Mittelwert (n=42)	Mittelwert (n = 41)	Mittelwert (n=8) (HG-Komposte)	Mittelwert (n=7) (HG-Komposte)
Chrom in mg/kg TM	1.661,0	69,6	30,7	231,4	27,1
Fluorid in mg/kg TM	16,9	4,2	3,9	4,8	3,1
Pentachlorphenol in µg/kg TM	2.263,8	75,5	22,1	306,5	26,9
Dioxine und Furane in ng/kg TM TEQ	86,8	9,2	7,3	15,9	5,7

Bedenklich stimmt in diesem Zusammenhang, daß zufällig aus schätzungsweise einigen hunderttausend Einzelkompostieranlagen acht ausgewählt wurden und eine davon diese Auffälligkeit zeigt.

Es sollte daher generell größte Aufmerksamkeit darauf gelegt werden, daß kein behandeltes Holz, auch keine Sägeabfälle, in die Kompostierung gelangen. Für den Bereich der Einzelkompostierung ist dies nur durch gezielte Aufklärungsarbeit möglich.

## EXECUTIVE SUMMARY

This study provides an overview of the quality of Austrian compost from divided waste collection. The number of compost plants sampled was limited to 42 from which an extensive and representative selection were selected for different parts of the investigation. This choice was made on the basis of an evaluation of the Federal Waste Plan and the work of RANINGER (1995), "Collection and utilisation of municipal, organic waste in Austria".

321 approved plants with a total capacity of 332,000 tonnes of input material were surveyed in 1994. In the following overview the situation is summarised according to provinces and whether the plant's capacity is larger or smaller than 1,000 tonnes per year.

The table shows the potential total of organic waste in 1994 and 1996. It is divided into the different processing streams and into the types of organic waste: garden and park waste, cemetery waste and roadside verges.

Tab.1: *Total Potential Waste and the Processing situation of municipal organic waste for 1994 and 1996 (1994 according to Raninger (1995); 1996 according to the Waste Plan (1998)).*

Type of Waste	Total Potential Waste	Processing in Composting Plants		Processing through Domestic Composting		without divided processing	
		(t/a)	(t/a)	(%)	(t/a)	(%)	(t/a)
<b>1994</b>							
Domestic organic waste	1.094.000	229.500	21	546.000	50	318.500	29
Garden and Park waste	619.000	235.000	38	291.000	47	93.000	15
Cemetery Waste	200.000	40.000	20	20.000	10	140.000	70
Roadside Verges	300.000	50.000	17	20.000	7	230.000	77
<b>Total</b>	<b>2.213.000</b>	<b>554.500</b>	<b>25</b>	<b>877.000</b>	<b>40</b>	<b>781.500</b>	<b>35</b>
<b>1996</b>							
Domestic organic waste	1.150.000	360.000	31	550.000	48	240.000	21
Garden and Park waste	620.000	305.000	49	255.000	41	60.000	10
Cemetery Waste	200.000	110.000	55	40.000	20	50.000	25
Roadside Verges	300.000	100.000	33	30.000	10	170.000	57
<b>Total</b>	<b>2.270.000</b>	<b>875.000</b>	<b>38,5</b>	<b>875.000</b>	<b>38,5</b>	<b>520.000</b>	<b>23</b>

The following factors were taken into account during the selection of the plants to be sampled: type of settlement; plant capacity; inputs to be composted; distribution within the country; organic and garden plant; type of plant operator and domestic composting. Much additional information was surveyed and processed in an accompanying questionnaire. For example information on the legal status, the method of collection, the quantities processed, the input flow, composting procedures and the quality assurance was requested. On the basis of the settlements in the catchment area 11 plants categorised as "Predominantly urban" were sampled as were 15 categorised as "predominantly rural" and 8 in the mixed grouping "urban-rural" (see Fig. 2).

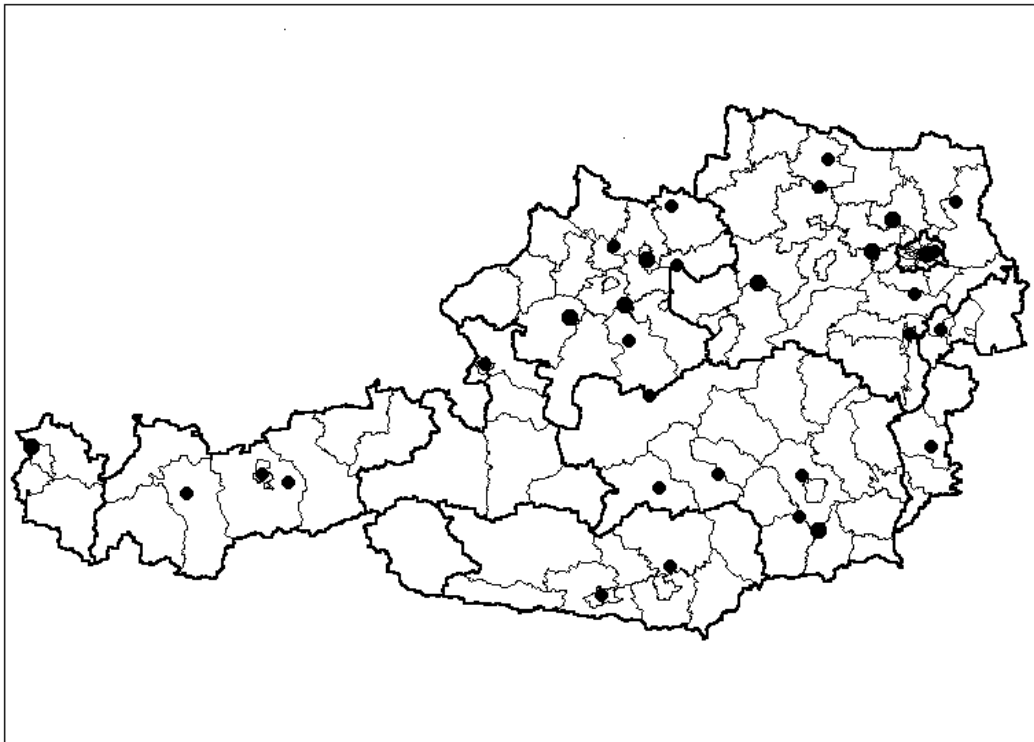


Fig. 1: Location of the 34 composting plants sampled in Austria.

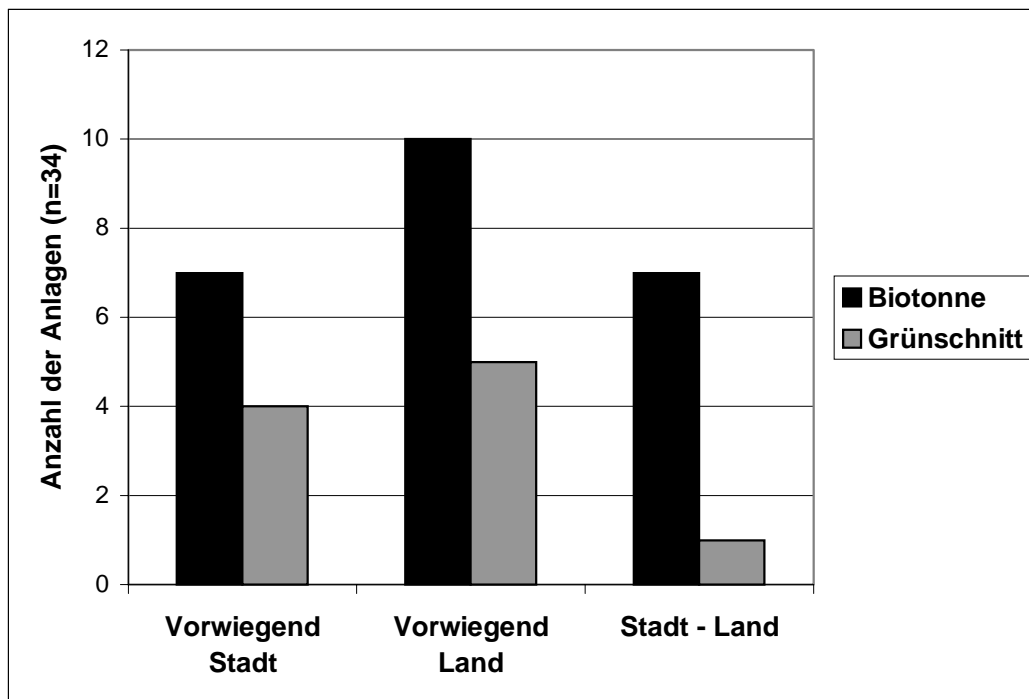


Fig 2: Distribution of the Plants according to settlement characteristics in the catchment area (total number of plants = 34).

- **Physical Parameters**

If compost is marketed by weight water content is an important feature. However compost is mainly sold by volume. The average water content was 41 %. The difference between organic and garden compost is significant at the 90 % confidence level.

Three composts show a capacity of <100 % dry matter, an important use parameter. A positive correlation between the water capacity and the organic content (in % loss on ignition) was found.

The median organic matter content (loss on ignition) was 39 % dry matter. This dominating parameter is crucial for determining the soil improving effects of composts.

The optimal range of wet density (=volumetric weight) is, according to ÖNORM S 2200  $\leq 0.85$  kg/l. The median of the 42 composts that were examined was 0.8 kg/l. The wet density may be used as a substitute for the degree of decomposition as it is negatively correlated with the organic substances (loss on ignition) and the volumetric weight increases with increasing mineralisation.

The pH values were on average around 7.6 (median) without any notable deviation. As has already been established by other studies there is no significant difference in the pH value between urban and rural catchment areas or between kitchen and garden compost.

The conductivity generally indicates the salt concentration (mainly the concentrations of sodium and chloride hot water solution (hwll)) of the compost. The highest values are to be found in kitchen compost in rural catchment areas. A few plants have values which exceed the optimal range as defined by ÖNORM S 2200 of 2 to 4 mS/cm.

On average for all the 42 plants considered the share of organically bound carbon (TOC) to total carbon (TC) is 92 %. The median TOC value is about 20 % dry matter. The inorganic carbon (TIC), the concentration of  $\text{CaCO}_3$ , is significantly higher for urban compost than for rural catchment areas and can be used as an indicator for the dust deposition.

- **Nutrients**

Compost contains both macro and micro nutrients which are essential for plant growth. For this reason the compost plays an important role as a fertiliser in non-livestock farming. The respective fertiliser value is however composed of nutrients which are organically bound and which may be mobilised in the short and medium term. An unfavourable relationship between total and mobile nitrogen and potassium oxide may be problematic for balanced plant nutrition. This concerns in particular shrub and tree compost or where there is a high proportion of wood chippings (POLETSCHNY, 1993; FRICKE, 1988). The total nutrient content of composts generally shows a relationship favourable to plant needs.

The mean for Kjeldahl nitrogen is significantly higher for kitchen compost than for garden compost.

The total phosphate concentration is also significantly higher in kitchen compost than in garden compost. Differences in catchment areas are not reflected in the total phosphate concentration.

In the kitchen waste composts the  $\text{K}_2\text{O}_{\text{CAL}}$  values are significantly higher than in the garden waste composts. The distribution according to the catchment areas shows that compost classified as “urban” has significantly lower values than that classified as “rural” or “urban-rural”.

The MgO concentrations of “rural” compost are significantly lower than those in “urban” or “urban-rural” areas.



Due to the difference in catchment area the compost from “urban” areas has a significantly higher CaO concentration than those from “rural” and “urban-rural” areas.

In contrast the Fe values of compost from “rural” areas are significantly higher than those from “urban” areas.

Tab. 2: *Statistically significant differences for nutrients, sodium and chloride between kitchen waste (BT) and garden waste plants (GS) as well as between the three types of catchment areas: “Urban”, “Rural” and “Urban-Rural”*

Parameter	Difference	Confidence Level
N-Kjeldahl	BT > GS	95 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> gesamt	BT > GS	95 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> CAL	Urban < Urban-Rural	95 %
K <sub>2</sub> O gesamt	BT > GS	90 %
	Urban < Urban-Rural	95 %
	Urban < Rural	90 %
K <sub>2</sub> O CAL	BT > GS	95 %
	Urban < Urban-Rural	95 %
	Urban < Rural	95 %
MgO	Urban > Rural	95 %
	Urban-Rural > Rural	95 %
CaO	Urban > Rural	95 %
Fe	Urban < Rural	95 %
Chlorid hwl.	BT > GS	95 %
	Urban-Rural > Urban	95 %
	Rural > Urban	95 %
Na	BT > GS	95 %
	Urban-Rural > Urban	90 %
	Rural > Urban	95 %

#### • **Heavy Metals**

ÖNORM S 2202 “Guidelines on the Use of Compost” (1997) distinguishes 3 Quality Classes of Compost. The use of “Class 3 compost” is mostly restricted. 11 of the 42 composts analysed can be assigned to Class 1, 17 to Class 2 and 11 to Class 3. Three composts contain concentrations of heavy metals which are higher than the limit value for Class 3.

#### **Season:**

A clear relationship between heavy metals in kitchen and garden compost and the time of collection (spring, summer, autumn and winter) could not be found.

#### **Kitchen and Garden Compost:**

The 1994 Fertiliser Ordinance (BGBl. 1007/1994) differentiates between garden and park waste (“garden composts”) and organic kitchen waste composts on the grounds of quality. Only composts predominantly from gardens or green areas are permitted as fertilisers or in growing media. On the basis of the heavy metal samples taken in the 42 Austrian composting plants this distinction does not appear to be justified. As far as their heavy metal concentrations are concerned no statistically significant differences could be found between kitchen and garden composts.

Tab. 3: Limit and Guide Values for Heavy Metals according to the Fertiliser Ordinance (DMVo) and the statistical values of compost (separated according to kitchen (BT) and garden compost (GS)), Figures in mg/kg dry weight, standardised at 30 % loss on ignition.

	Monitoring Results							
	Limit Value DMVo	Guide Value DMVo	Mean BT	Mean GS	Median BT	Median GS	75%-Quartile BT	75%-Quartile GS
Pb	150	-	73,4	81,3	67,5	58,0	80,3	91,0
Cd	1	-	0,72	0,69	0,74	0,71	0,82	0,77
Cr	100	-	31,3	31,9	31,0	24,0	35,3	30,5
Cu	-	100	76,0	104,1	70,0	46,0	90,0	64,8
Ni	60	-	33,3	25,0	23,0	19,0	37,8	22,3
Hg	1	-	0,22	0,25	0,20	0,20	0,30	0,30
Zn	-	300	236,7	301,7	236,5	180,5	282,5	360,0

#### Catchment Area – Settlement Structure:

No statistical difference between the composts of different catchment areas could be identified in this study. Manganese and nickel did exhibit generally higher values in rural compost.

Cluster analysis shows a group of composts in the “rural” catchment area with raised Cd, Cu, Pb and Zn values. This pattern of heavy metals indicates incorrect separation or the insufficient separation of input materials in small, rural plants.

- **Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH)**

PAH are one of the most widespread persistent environmental pollutants. Sources of PAH are mainly defective processes for the incineration of fossil and organic fuels which are responsible for the heavy loading of the metropolitan areas. The low aggregated PAHs, such as Triphenylene were found in concentrations from n.d. up to 63.2 µg/kg dry matter, highly aggregated PAHs, such as Benzo(e)pyrene, were measured with concentrations up to 1264.7 µg/kg dry matter. The presence of ash in some of the composts is suspected at a few of the plants because of the raised levels of PAHs.

The influence of the catchment areas “urban” and “urban-rural” can be seen using a cluster analysis. A summary of the significant differences in the PAH concentration of composts between kitchen and garden plants as well as between the three types of catchment areas, “urban”, “rural” and “urban-rural” are shown in *Tab. 4*.

If compost is applied to the soil in quantities greater than 100 tonnes per hectare or is used as either the main part of the growing media in residential areas or in food production, then the PAH concentration should not be neglected. Future norms for recultivation concerning the addition of compost, secondary row material and the replacement of soil following extraction should include limits the concentration of PAHs and be tailored to the local situation.

Tab. 4: Statistically significant differences in PAH concentrations between kitchen (BT) and garden (GS) compost plants as well as between the three types of catchment are: urban, rural and urban-rural.

Parameter	Difference	Confidence Level
Fluoren	BT > GS	90 %
Phenanthren	BT > GS	90 %
Fluoranthren	Urban > Rural	90 %
Triphenylen	Urban > Rural Urban > Urban-Rural	95 % 90 %
Benzo(a)anthracen	Urban > Rural Urban > Urban-Rural	95 % 95 %
Chrysen	Urban > Rural Urban > Urban-Rural	90 % 90 %
Benzo(e)pyren	Urban > Rural Urban > Urban-Rural	90 % 95 %
Benzo(b)fluoranthren	Urban > Rural Urban > Urban-Rural	95 % 90 %
Benzo(k)fluoranthren	Urban > Rural Urban > Urban-Rural	95 % 90 %
Benzo(a)pyren	Urban > Rural Urban > Urban-Rural	95 % 95 %
Dibenzo(a,h)anthracen	Urban > Rural Urban > Urban-Rural	95 % 90 %
Benzo(g,h,i)perylen	Urban > Rural Urban > Urban-Rural	90 % 90 %
Indeno(1,2,3cd)pyren	Urban > Rural Urban > Urban-Rural	95 % 95 %
Coronen	Urban > Rural	90 %

- **Polychlorinated biphenyls (PCB)**

The PCB values which were detected over the detection limit are mainly the higher chlorinated compounds (PCB 153, 138, 180). The 6 Ballschmiter PCBs were limited in the Austrian Fertiliser Ordinance (BGBl. 1007/1994) of the Fertiliser Act (BGBl. 513/1994) to 0.2 mg/kg dry matter. The highest concentrations measured were of PCB 138 and 153 with 12.0 and 12.7 µg/kg dry matter respectively. Table 5 shows a summary of the significant differences between kitchen waste and garden waste plants and between the three catchment area types: urban, rural and urban-rural. Using these differences between the urban and rural areas it is possible to assume a heavy loading of the urban areas. Values are generally below the limit value of the Austrian Fertiliser Ordinance.

Tab. 5: List of the statistically significant differences between the PCB concentrations of kitchen waste (BT) and garden waste (GS) plants as well as between the three types of catchment area: urban, rural and urban-rural.

Parameter	Difference	Confidence Level
Summe 6 PCB	Urban > Rural	95 %
	Urban > Urban-Rural	95 %

### • Chlorinated Hydrocarbons

The combined group of chlorinated hydrocarbons is composed of differing chemical compounds. The occurrence of pesticides in garden compost as well as a few representatives of this group were to be found in almost all samples. For instance Lindane, a chlorinated hydrocarbon which is found in plant protection products and is applied as an insecticide, was frequently detected. Samples of compost with concentrations below 3.8 µg/kg dry matter were only measured in a few samples of compost. *Table 6* shows a summary of the significant differences between kitchen and garden waste as well as between the three types of catchment area: urban, rural and urban-rural.

Especially noteworthy was one sample value of Pentachlorophenol. A value of 2263.8 µg/kg dry matter with a median of 16.8 µg/kg dry matter occurred in one sample of garden compost. This can be seen as a special case.

At the present time a routine investigation of the whole range of chlorinated hydrocarbons is not judged to be necessary. Random sampling for PCP, AOX as well as γ-HCH in bark compost may prove to be useful.

*Tab. 6: Statistically significant differences in the chlorinated hydrocarbon concentrations between kitchen waste (BT) and garden waste (GS) plants as well as between the three catchment area types: urban, rural and urban-rural, and between garden compost (HG) and the remaining composting plants.*

Parameter	Difference	Confidence Level
γ-HCH	GS > BT	90 %
	Urban > Rural	95 %
	Urban > Urban-Rural	90 %
	HG > rem. comp. plants	95 %
β-Endosulfan	HG > rem. comp. plants	95 %
Pentachlorophenol	HG > rem. comp. plants	95 %
AOX	BT > GS	90 %
	Urban > Rural	95 %
	Urban > Urban-Rural	90 %
	HG > rem. comp. plants	95 %

### • DDT and metabolites (DDX)

In past decades this pesticide was used frequently and for many purposes. The persistence of this compound came to light straight away, so that its global use was limited to a few cases of use and in Austria all uses were banned. However traces are still found in all parts of the environment and an accumulation in the biosphere is found. In 15 plants compost samples showed DDX values of up to 21.2 µg/kg dry matter. This demonstrates the potential occurrence of these compounds in the environment. In the soils of Upper Austria an average of 0.6 and 1.0 µg DDX/kg dry matter was found under grassland and arable land respectively (AMT DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG, 1993). The DDX value in the humus layer of Austrian background forested locations had a median of 7.79 µg/kg dry matter (WEISS; 1998).

The biological decomposition of DDX in soil takes place extremely slowly. The take up of DDX through the roots by plants is not known or not available. The contamination from the air is substantial. A summary of the significant differences between kitchen waste and garden waste plants as well as gardens (of which there were 2) and of plant composts (of which there were 13) is given in *Table 7*.

Tab. 7: Statistically significant differences in the DDX concentration between kitchen (BT) and garden plants (GS) as well as between garden compost (HG) and the remaining composting plants.

Parameter	Difference	Confidence Level
o,p'-DDT	HG > restl. Anlagen	95 %
p,p'-DDD	BT > GS	90 %
p,p'-DDE	BT > GS	95 %
p,p'-DDT	HG > restl. Anlagen	95 %

The 1994 Fertiliser Ordinance (BGBl. 1007/1994) provides for a "Total" limit value for all organochlorine pesticides of 1 mg/kg dry matter. This group contains the following compounds: aldrin, dieldrin, endrin, heptachlor, total HCH, DDT and DDE, chlordane and hexachlorobenzene. If the highest values produced by this study are added up taking no account of which plants they come from a total value of 71.06 µg/kg dry matter obtained of which DDX constitutes one third. From this it can be derived that the loading of compost with chlorine pesticides is within the limit values of the DMVo, a finding that has also resulted from other investigations. For this reason it is concluded that routine investigations of compost for these substances are not necessary.

- **Polychlorinated dibenzodioxins and -furans (PCDD/F)**

According to toxicological assessment dioxins and furans are classified amongst the most problematic harmful substances. Polychlorinated dibenzo-p-dioxin (PCDD) and polychlorinated dibenzofuran (PCDF), abbreviated to dioxins and furans, are mainly produced by thermal processes and as trace pollution from chlorinated compound production processes. These groups consist of a total of 210 different congeners.

Just as in other media dioxins and furans as anthropogenic compounds are also detectable in organic waste. A maximum value of 86.8 ng I-TEQ/kg in one compost sample and a sample median of 6.43 ng I-TEQ/kg dry matter were detected. In a decree in Baden-Württemberg (1994) a guide value for composts of 17 ng I-TEQ/kg dry matter (+30 %) was given. This is derived from the limit value in the German Sewage Sludge Ordinance of 100 ng/kg dry matter under the assumption of an annual input of dry matter of 10 tonnes of compost per hectare. Therefore the final guide value is 22 ng I-TEQ/kg dry matter. If the Austrian sewage sludge conditions were also based on this a guide value of 25 ng I-TEQ/kg dry matter (+30 %) would be set.

The measured values are, with the exception of two plants, quite a way from the guide value of 17 ng I-TEQ/kg dry matter (+30 %). One of these exceptions lies in the +30 % region and the other clearly lies well over the guide value as well as being well over the limit value laid down in the Austrian Fertiliser Ordinance (1994). If such contaminated composts are repeatedly applied it is likely that within the foreseeable future an increase in the soil concentration of dioxins and furans will occur. In the production of "clean" composts contaminated materials such as treated wood and chipboard as well as leaves and grass from particularly contaminated areas should be avoided.

This investigation shows that it is not necessary to conduct inspections of compost for dioxins and furans. However an investigation for PCDD/F is recommended where treated wood, dust and input materials contaminated with precursors such as PCP and PCB are used.

- **Pyrethroide**

In this investigation the concentrations of **Pyrethroides** found were not remarkable. Nevertheless noticeable contamination is to be expected where the compostable materials from use in allotments, kitchen waste and pest control enter into the compost. As **Pyrethroide** are persistent substances the investigation also considered substances which are not permitted in Austria. Following the results of this analysis analysis can justifiably be limited to the substances which are both permitted and often used. The maximum concentration of Cyfluthrine and Deltamethrine detected were 68 and 60 µg/kg dry matter respectively which lie significantly below the limit value of the 1994 Fertiliser Ordinance, meaning that only where contamination is suspected it should be investigated.

- **Thiabendazole**

Thiabendazole is a systematic fungicide which is taken up through leaves and roots. It is used both on crops such as bananas, citrus fruits and mangoes and to control pests and fungi in storage, such as on potatoes against Fusaria infestations. In the environment its toxic effects on fish are the most important.

The median of the measured Thiabendazol concentrations in composts lies between the detection and the determination limits. Higher concentrations (max. 32.7 µg/kg dry matter) were found in kitchen compost than in garden compost.

- **Germination Tests**

For the germination test of compost the ÖNORM S 2200 distinguishes two compost types, of which type A has a higher plant compatibility. 7 compost types A were represented and 31 compost type B. 5 composts did not meet either type A or type B. The breakdown per waste plant for these three categories and according to kitchen and garden plants is shown in Fig. 3.

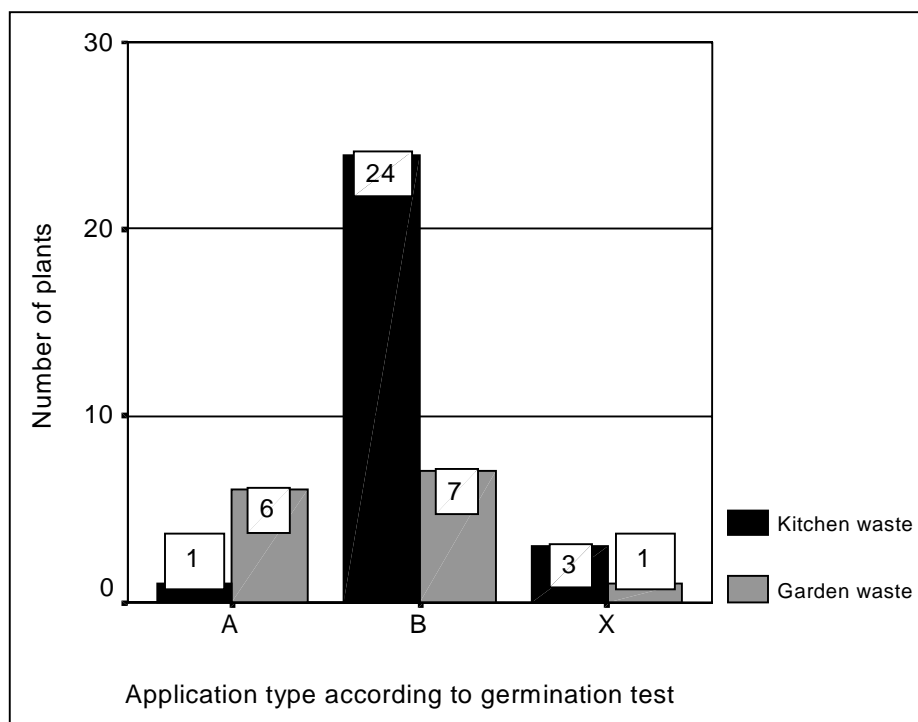


Fig. 3: Number of Plants of each application type on the bases of the germination tests, sorted according to kitchen waste and garden waste plants.  
X= neither application type A nor B

- **Repeated Sampling**

As compost is relatively inhomogeneous it was necessary to consider how representative an individual sample is. To evaluate this repeated sampling of the same compost heap was made.

Three repeated samples were taken from each of four plants. The results of the three repeat monitoring samples were statistically analysed in greater detail in order to establish whether the mean from the repeat samples may be brought into play. From this very varied differences can be seen. If a tolerable deviation of  $\pm 30\%$  is assumed higher deviations of around  $40\%$ , and in one case also  $92\%$ , for Pb, AOX and Na were found. Of the 12 repeated samples the sulphate<sub>hwI</sub>, chloride<sub>hwI</sub>, and boron<sub>hwI</sub> values were scattered around more than  $\pm 30\%$  at three of the four plants. At three of the four plants the lead value was also scattered around more than  $\pm 40\%$ . Therefore it is only possible to determine the mean value for sulphate, lead, chloride and boron with reservations.

A particular source of errors is the actual sampling in the plants. A sampling system should therefore be developed which is standardised as far as possible in order that comparable sampling values may also be found after repeated sampling. The homogeneity of the sample must be particularly taken into consideration.

According to the Ordinance on the placing on the market of Compost and Compost Quality planned by the Federal Ministry for Environment mechanisms to ensure the quality of compost on the market are planned. Measures to check the stated quality should therefore tolerate a range of, for example,  $+ 50\%$  of the limit value established in the ordinance. If this tolerance level is exceeded strict measures could be planned. The level of the tolerance region for composts must be oriented towards a realistic homogeneity.

- **The Special Case of a highly contaminated domestic composting plant**

In one of the eight domestic composting plants (garden composts) high values for substances used in wood preservatives were found. Tab. 8 shows the significant features of the monitoring results of this domestic composting plant.

Tab. 8: Overview of the significant monitoring results from one compost sample.

Substances contained related to dry matter <sub>105°C</sub>	Valence	Mean (n=42)	Mean (n = 41)	Mean (n=8) (HG-Komposte)	Mean (n=7) (HG-Komposte)
Chrom in mg/kg TM	1.661,0	69,6	30,7	231,4	27,1
Fluorid in mg/kg TM	16,9	4,2	3,9	4,8	3,1
Pentachlorphenol in µg/kg TM	2.263,8	75,5	22,1	306,5	26,9
Dioxine und Furane in ng/kg TM TEQ	86,8	9,2	7,3	15,9	5,7

In this summary it is alarming, given that there are roughly 100,000 domestic composting plants, that out of the eight chosen one showed these significant features.





## INHALTSVERZEICHNIS3

<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>3</b>
<b>EXECUTIVE SUMMARY</b> .....	<b>14</b>
<b>1 INHALTE UND ZIELE DER VORLIEGENDEN STUDIE</b> .....	<b>29</b>
<b>2 KOMPOSTQUALITÄT – RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN</b> .....	<b>30</b>
<b>2.1 EU Recht</b> .....	<b>30</b>
2.1.1 Richtlinie für die Aufbringung von Klärschlamm (86/278/EWG) .....	30
2.1.2 EG-Umweltzeichen bei Bodenverbesserungsmitteln (94/923/EG) .....	30
2.1.3 EG-Verordnung über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel (2092/91/EWG).....	31
<b>2.2 Europäische Normung</b> .....	<b>32</b>
<b>2.3 Österreichische Bundesgesetze und -verordnungen</b> .....	<b>33</b>
2.3.1 Bundesgesetz über den Verkehr mit Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln; Düngemittelgesetz/DMG 1994 (BGBl.Nr.513/1994) .....	33
2.3.2 Verordnung, mit der Bestimmungen zur Durchführung des Düngemittelgesetzes erlassen werden; Düngemittelverordnung 1994 (BGBl.Nr. 1007/1994).....	34
2.3.3 Abfallwirtschaftsgesetz, AWG 1990 (BGBl. Nr. 325/1990, EU-Novelle 1996 zum AWG: BGBl. Nr. 434/1996).....	34
2.3.4 Wasserrechtsgesetz, WRG 1990 (BGBl.Nr. 252/1990) .....	35
2.3.5 Forstgesetz (Stand BGBl.Nr. 576/1987).....	36
<b>2.4 ÖNORMEN</b> .....	<b>36</b>
2.4.1 ÖNORM S 2201 Kompostierbare biogene Abfälle – Qualitätsanforderungen (1993) ..	36
2.4.2 ÖNORM S 2200: Gütekriterien für Komposte aus biogenen Abfällen (1993) .....	37
2.4.3 ÖNORM S 2202: Anwendungsrichtlinien für Komposte (1997) .....	38
2.4.4 ÖNORM S 2021: Kultursubstrate. Anforderungen, Untersuchungsmethoden, Normenkennzeichnung (1996).....	38
2.4.5 ÖNORM S 2020: Biofiltermaterialien auf Kompostbasis. Anforderungen und Prüfparameter (1996).....	39
2.4.6 ÖNORM S 2023: Untersuchungsmethoden und Güteüberwachung von Komposten (1993) .....	39
<b>2.5 Österreichisches Lebensmittelbuch</b> .....	<b>39</b>
<b>2.6 Landesrecht</b> .....	<b>39</b>
2.6.1 Landesgesetze und -verordnungen: Bodenschutzgesetze, Klärschlamm- und Müllkompost-/Kompostverordnungen der Länder.....	39
<b>2.7 Internationale und nationale privatrechtliche Regulative</b> .....	<b>41</b>
2.7.1 IFOAM-Basisrichtlinien für den ökologischen Landbau und die Verarbeitung seiner Produkte (ANONYM, 1995 a).....	41
2.7.2 Produktionsrichtlinien des Verbandes organisch-biologisch wirtschaftender Bauern Österreichs .....	41

<b>2.8</b>	<b>Internationaler Vergleich von Rechtsnormen</b> .....	<b>42</b>
2.8.1	Qualitätsanforderungen im internationalen Vergleich .....	42
2.8.2	Schwermetallbegrenzungen im internationalen Vergleich .....	45
<b>3</b>	<b>KOMPOSTSTROHSTOFFE: KRITERIEN FÜR DIE QUALITATIVE BEURTEILUNG</b> .....	<b>52</b>
<b>4</b>	<b>GRUNDLAGENDATEN AUS ÖSTERREICH</b> .....	<b>58</b>
4.1	Kompostierungsanlagen und Kapazitäten in Österreich im Jahr 1994 .....	58
4.2	Gesamtaufkommen und Potential an biogenen Abfällen in Österreich .....	59
4.2.1	Potential an biogenen Abfällen und Verarbeitungssituation für 1994, 1996 und geschätzt für 2000 .....	59
4.2.2	Erfassungsgrad der biogenen Abfälle .....	60
4.2.3	Gesamtpotential an Bioabfall aus Haushalten .....	60
4.2.4	Verarbeitungsschienen für Bioabfall aus Haushalten .....	61
<b>5</b>	<b>AUSWAHL DER KOMPOSTANLAGEN</b> .....	<b>63</b>
<b>6</b>	<b>FRAGEBOGENERHEBUNG</b> .....	<b>65</b>
6.1	Konzept des Fragebogens .....	65
6.2	Durchführung der Befragung .....	65
6.3	Ergebnisse der Fragebogenerhebung .....	66
6.3.1	Aufteilung der beprobten Anlagen nach Biotonnen-/Grünschnitt-Anlagen .....	66
6.3.2	Aufteilung der beprobten Anlagen auf die Bundesländer .....	66
6.3.3	Aufteilung der Anlagen nach Rechtsstatus .....	67
6.3.4	Aufteilung der Anlagen nach Siedlungstypen .....	68
6.3.5	Sammelzeitraum der Rohstoffe .....	69
6.3.6	Einwohner im Einzugsgebiet und Jahreskapazität der Anlagen .....	69
6.3.7	Inbetriebnahme der Kompostierungsanlagen .....	71
6.3.8	Ausbildung und Öffentlichkeitsarbeit .....	71
6.3.9	Gebühren für die Biotonne .....	72
6.3.10	Daten zum Kompostierungsverfahren .....	72
<b>7</b>	<b>DURCHFÜHRUNG DER PROBENAHE UND PROBENVORBEREITUNG</b> .....	<b>73</b>
7.1	Allgemeiner Überblick .....	73
7.2	Herstellung der Sammelprobe .....	73
7.2.1	Große Tafelmieten oder gesiebte Kompostlager (> 200 m <sup>3</sup> ) .....	73
7.2.2	Kleinere Tafelmieten (< 200 m <sup>3</sup> ); Walmmieten .....	73
7.3	Herstellung der Mischprobe .....	74
7.4	Herstellung von Teilproben, Transport, Probenlagerung .....	74
7.5	Probenvorbereitung .....	74

<b>8</b>	<b>ERGEBNISSE DER KOMPOSTANALYSEN</b>	<b>76</b>
<b>8.1</b>	<b>Statistische Methodik</b>	<b>76</b>
8.1.1	Deskriptive Statistik, graphische Aufbereitung und essentielle Tests	77
8.1.2	Zusammenhänge zwischen den einzelnen Variablen und Modellbildung	78
8.1.3	Anwendung von weiteren Verfahren	79
8.1.4	Vergleich früherer Analysenergebnisse mit den durchgeführten Analysen	79
<b>8.2</b>	<b>Physikalische Parameter</b>	<b>79</b>
8.2.1	Wasserkapazität und -gehalt, Trockenrückstände und Feuchtdichte	79
8.2.2	pH-Wert und Leitfähigkeit	82
8.2.3	Glühverlust, Gesamt-Kohlenstoff (TC) und anorganischer Kohlenstoff (TIC)	84
8.2.4	Gesamtbetrachtung der Gruppe der physikalischen Parameter – Biotonnen-Anlagen	87
8.2.5	Gesamtbetrachtung der Gruppe der physikalischen Parameter – Grünschnitt-Anlagen	90
8.2.6	Gesamtbetrachtung der Gruppe der physikalischen Parameter – Sämtliche Kompostanlagen	92
8.2.7	Diskussion und Schlußfolgerungen	95
<b>8.3</b>	<b>Nährstoffe</b>	<b>98</b>
8.3.1	Stickstoff	98
8.3.2	Phosphor und Kalium	100
8.3.3	Magnesium, Calcium und Eisen	103
8.3.4	Gesamtbetrachtung der Gruppe der Nährstoffe – Biotonnen-Anlagen	106
8.3.5	Gesamtbetrachtung der Gruppe der Nährstoffe – Grünschnitt-Anlagen	111
8.3.6	Gesamtbetrachtung der Gruppe der Nährstoffe – Sämtliche Kompostanlagen	115
8.3.7	Diskussion und Schlußfolgerungen	118
<b>8.4</b>	<b>Sonstige Parameter</b>	<b>126</b>
8.4.1	Sulfat <sub>heißwasserlöslich</sub> , Chlorid <sub>heißwasserlöslich</sub> und Natrium	126
8.4.2	Bor <sub>heißwasserlöslich</sub> und Fluorid	129
8.4.3	Gesamtbetrachtung der Gruppe "Sonstige Parameter" – Biotonnen-Anlagen	131
8.4.4	Gesamtbetrachtung der Gruppe "Sonstige Parameter" – Grünschnitt-Anlagen	134
8.4.5	Gesamtbetrachtung der Gruppe "Sonstige Parameter" – Sämtliche Kompostanlagen	136
8.4.6	Diskussion und Schlußfolgerungen	138
<b>8.5</b>	<b>Schwermetalle</b>	<b>140</b>
8.5.1	Chrom (Cr), Nickel (Ni), Blei (Pb), Kobalt (Co)	140
8.5.2	Kupfer (Cu), Zink (Zn), Mangan (Mn), Molybdän (Mo)	144
8.5.3	Cadmium (Cd), Quecksilber (Hg) und Arsen (As)	147
8.5.4	Gesamtbetrachtung der Gruppe der Schwermetalle – Biotonnen-Anlagen	149
8.5.5	Gesamtbetrachtung der Gruppe der Schwermetalle – Grünschnitt-Anlagen	154
8.5.6	Gesamtbetrachtung der Gruppe der Schwermetalle – Sämtliche Kompostanlagen	157
8.5.7	Diskussion und Schlußfolgerungen	160
<b>8.6</b>	<b>Sonstige Metalle</b>	<b>167</b>
8.6.1	Statistische Eckdaten	167
8.6.2	Trennung nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen	167
8.6.3	Diskussion und Schlußfolgerungen	170

<b>8.7</b>	<b>Organische Schadstoffe</b> .....	<b>171</b>
8.7.1	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH).....	171
8.7.2	Polychlorierte Biphenyle (PCB) .....	193
8.7.3	Chlorkohlenwasserstoffe.....	204
8.7.4	DDT und seine Abbauprodukte (DDX) .....	223
8.7.5	Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F) .....	228
8.7.6	LAS (Lineare Alkylbenzolsulfonate) .....	255
8.7.7	Pyrethroide .....	255
8.7.8	Thiabendazol .....	259
8.7.9	Chlorphenole .....	261
<b>8.8</b>	<b>Pflanzenverträglichkeit</b> .....	<b>263</b>
8.8.1	Statistische Eckdaten.....	263
8.8.2	Diskussion und Schlußfolgerungen.....	265
<b>8.9</b>	<b>Wiederholungsproben</b> .....	<b>267</b>
8.9.1	Statistische Auswertung.....	268
8.9.2	Ergebnisse.....	268
8.9.3	Diskussion und Schlußfolgerungen.....	269
<b>8.10</b>	<b>Exkurs zu einem hochbelasteten Eigenkompost</b> .....	<b>269</b>
8.10.1	Kompostqualität .....	270
8.10.2	Gartenboden.....	270
8.10.3	Allgemeine Empfehlungen für Eigenkompostierer bzw. für Benützer der Biotonne.....	270
<b>9</b>	<b>LITERATUR</b> .....	<b>272</b>
<b>ANHANG</b> .....		<b>283</b>
<b>1</b>	<b>DEFINITIONEN DER KRITERIEN UND BEGRIFFE DES FRAGEBOGENS</b> .	<b>283</b>
1.1	Sammlung .....	283
1.2	Rohstoffe.....	284
1.3	Aufbereitung.....	285
1.4	Kompostierungsverfahren .....	287
<b>2</b>	<b>EUROPÄISCHE UND ÖSTERREICHISCHE RECHTSNORMEN ZUR KOMPOSTPRODUKTION, -QUALITÄT UND -ANWENDUNG</b> .....	<b>294</b>
<b>3</b>	<b>FRAGEBOGEN: LEGENDE UND ERGEBNISSE</b> .....	<b>301</b>
<b>4</b>	<b>ANALYSEDATEN: ÜBERSICHT ÜBER SÄMTLICHE ERGEBNISSE</b> .....	<b>312</b>
<b>5</b>	<b>ANALYSEDATEN DER WIEDERHOLUNGSPROBEN</b> .....	<b>344</b>
<b>6</b>	<b>EXEMPLAR DES FRAGEBOGENS</b> .....	<b>346</b>
<b>7</b>	<b>PFLANZENVERTRÄGLICHKEIT: FOTOS DER KRESSETESTS</b> .....	<b>361</b>

## 1 INHALTE UND ZIELE DER VORLIEGENDEN STUDIE

Die Verordnung zur getrennten Sammlung von biogenen Abfällen des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie (BMUJF) (BGBl.Nr. 68/1992), endgültig wirksam mit 1.1.1995, verursacht eine große Menge an Komposten. Das Gesamtaufkommen an getrennt gesammelten kommunalen biogenen Abfällen betrug im Jahre 1994, also noch vor der flächendeckend vorgeschriebenen getrennten Sammlung, 1,4 Mio. t. Dieses wurde zu 39 % in Kompostierungsanlagen (> 50 t/a) und zu 61 % im Wege der dezentralen, privat oder landwirtschaftlich betriebenen Eigenkompostierung verwertet (BUNDES-ABFALLWIRTSCHAFTSPLAN, 1995). Folgende biogene Abfälle sind im Sinne der Verordnung aufgrund ihres hohen organischen, biologisch abbaubaren Anteils für die aerobe (Kompostierung) und anaerobe (Vergärung) Verwertung besonders geeignet:

- natürliche, organische Abfälle aus dem Garten- und Grünflächenbereich, wie insbesondere Grasschnitt, Baumschnitt, Laub, Blumen und Fallobst;
- feste pflanzliche Abfälle, wie insbesondere solche aus der Zubereitung von Nahrungsmitteln; pflanzliche Rückstände aus der gewerblichen und industriellen Verarbeitung und dem Vertrieb land- und forstwirtschaftlicher Produkte;
- Papier, sofern es sich um unbeschichtetes Papier, welches mit Nahrungsmitteln in Berührung steht oder zur Sammlung und Verwertung von biogenen Abfällen geeignet ist, handelt.

Im Rahmen dieser Studie wurden Komposte aus Bioabfall aus Haushalten ("Biotonne") sowie Komposte aus Garten- und Parkabfällen ("Grünschnitt") untersucht. Während Garten- und Parkabfälle oft getrennt kompostiert werden, wird bei Biotonnen-Material meist Grünschnitt als Strukturmaterial untergemischt.

Die Verwendung der aus diesen biogenen Abfällen erzeugten Komposte ist grundsätzlich für verschiedene Anwendungsbereiche denkbar. Sie können etwa als Torfersatz (Moorschonung) in den Gärtnereien und im Landschaftsbau, als Topfpflanzen-Substrat, als Zusatz in Düngemitteln und als Bodenverbesserer (Erosionsschutz) in der Landwirtschaft dienen.

Die Komposte können aber auch Schadstoffe enthalten, die bestimmten Anwendungen entgegenstehen. Die Abwägung des Nutzens und des Risikos der Ausbringung biogener Reststoffe ist nur auf Basis einer ausreichenden Datengrundlage möglich. Eine Erhebung der Qualität der durchschnittlichen österreichischen Komposte erschien aus diesem Grunde notwendig. Die Ergebnisse liegen nun mit dieser Studie vor und sollen Kristallisationspunkt für eine ausgewogene und effiziente Diskussion zum Themenbereich "Verwertung biogener Abfälle" sein.

Ein weiteres Ziel dieser Studie bestand in der Prüfung auf Zusammenhänge zwischen dem Ursprung des Abfalls sowie den Vorbehandlungen und den Qualitätsmerkmalen des Endproduktes Kompost. Die Erarbeitung von qualitätsbestimmenden Faktoren könnte dazu beitragen, die Akzeptanz und das Image von für die Verwertung im Pflanzen- und Landschaftsbau geeigneten Komposten zu verbessern.

## 2 KOMPOSTQUALITÄT – RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN

Rechtsnormen dienen der Qualitätssicherung von Produkten oder Dienstleistungen. Es wird für Produkte die Herstellung oder Beschaffenheit festgelegt. Mit der Definition von Qualitätsparametern ist die Frage der Kontrolle und der regelmäßigen Überprüfung verknüpft. Auch im Kompostbereich sind daher vielfach Kontroll- und Überwachungsmechanismen Bestandteil von Rechtsnormen.

Rechtsnormen sind im Wesentlichen auf zwei Systemansätzen begründet:

- Auf der Beschreibung der Soll-Eigenschaften des Endproduktes bzw. des Produktionsverfahrens oder/und
- der Definition von Grenzwerten und dem Ausschluß von bestimmten Anwendungsfällen.

Die meisten Rechtsnormen zu Komposten tragen dem Vorsorgeprinzip in Bezug auf die Belastung der Nahrungskette und den Bodenschutz Rechnung. In Bundes- und Landesgesetzen sowie im Normungswesen werden die Erfassung der Rohstoffe und die Kompostbereitung bis hin zur Verwertung des Endproduktes geregelt. In Tabelle 3 im Anhang (S. 302ff) wird ein Überblick zum Gesetzes-, Verordnungs- und sonstigen normativen Rahmen der Produktion, Vermarktung und Anwendung des Kompostes in Österreich gegeben.

### 2.1 EU Recht

#### 2.1.1 Richtlinie für die Aufbringung von Klärschlamm (86/278/EWG)

Die Richtlinie für die Aufbringung von Klärschlamm (86/278/EWG) aus dem Jahre 1986 ist insofern für die nationalen Regelungen für die Kompost- und Düngemittelzulassung und -anwendung von Bedeutung, als sie neben der Festlegung von Bandbreiten für Schwermetallgrenzwerte für das Produkt auch Richtwerte für Böden angibt, die bei der Aufbringung von Klärschlamm nicht überschritten sein dürfen. Dieses Prinzip findet sich auch in den einschlägigen Düngemittel- und Bodenschutzverordnungen der Mitgliedsstaaten.

#### 2.1.2 EG-Umweltzeichen bei Bodenverbesserungsmitteln (94/923/EG)

In der Entscheidung der Europäischen Kommission vom 7. April 1998 zur Festlegung von Umweltkriterien für die Vergabe des EG-Umweltzeichens bei Bodenverbesserungsmitteln (99/488/EG) werden geregelt:

- die Kennzeichnung, u. a. mit der Angabe des Verwendungszweckes und der evtl. Verwendungsbeschränkung, die Hauptausgangsstoffe >10 %, das empfohlene Anwendungsverfahren,
- positiver Pflanzenverträglichkeitstest,
- maximale Schwermetallgehalte (eine Gegenüberstellung der Schwermetallgrenz- und Richtwerte findet sich in *Tab. 5*),
- maximale Nährstofffrachten (N/P/K),
- maximaler Gehalt an Salmonellen und E. Kolibakterien,
- Bestimmungen zu Geruchsbelästigung, Ballaststoffen und Unkrautsamen,
- Bestimmungen zur Stickstoffbegrenzung auf 17 g/m<sup>2</sup>.

### 2.1.3 EG-Verordnung über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel (2092/91/EWG)

Die 1991 erlassene Verordnung "Ökologischer Landbau" legt Produktions-, Verarbeitungs- und Kontrollvorschriften fest. In den "Grundregeln des ökologischen Landbaus für Agrarbetriebe" des Anhang I Nummer 2 wird die Erhaltung bzw. Steigerung der biologischen Aktivität des Bodens mit Hilfe von Kompost als wesentliches Ziel definiert:

"Einarbeitung von kompostiertem oder nicht kompostiertem organischem Material, das in Betrieben gewonnen wurde, die nach den Vorschriften dieser Verordnung wirtschaften..." und weiter "...Andere organische oder mineralische Düngemittel im Sinne von Anhang II dürfen nur dann ergänzend eingesetzt werden, wenn der Nährstoffbedarf der Pflanzen im Rahmen der Fruchtwechselwirtschaft bzw. die Aufbereitung des Bodens nicht allein mit den im Absatz 1 Buchstaben a) und b) genannten Mitteln sichergestellt werden können."

Der Anhang II Teil A "Düngemittel und Bodenverbesserer" zählt in einer *Positivliste* "Ausnahmsweise zugelassene Bodenverbesserer und Düngemittel gemäß Anhang I Nummer 2" taxativ auf. Mit der Ergänzungsverordnung am 29. Juli 1997 (EG Nr. 1488/97) können nunmehr eindeutig auch Komposte aus der getrennten (Biotonnen-) Sammlung biogener Abfälle verwendet werden.

Der Begriff "Pflanzenkompost" löste die Bezeichnung "organische Siedlungsabfälle" der ersten Fassung unter dem Gesichtspunkt der Schadstoffbegrenzung ab, da dieser im europäischen Vergleich in Abhängigkeit der abfallwirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu sehr unterschiedlichen Interpretationen führte. Eine genaue Betrachtung der in Anhang II Teil A aufgelisteten Produkte entzieht dieser Auslegung zumindest teilweise die Interpretationsgrundlage, denn unter der Rubrik "*Produkte oder Nebenprodukte tierischen Ursprungs*" werden aufgeführt:

- Blutmehl
- Hornmehl
- Knochenkohle
- Feder- und Haarmehl, gemahlene Fell- und Hautteile
- Walkhaare (Filzherstellung, Fellteile)
- Milcherzeugnisse
- Hufmehl
- Knochenmehl bzw. entleimtes Knochenmehl
- Fischmehl
- Wolle
- Haare und Borsten

Die drei neuen Mitgliedsstaaten Österreich, Finnland und Schweden setzten den Einsatz von Komposten aus der getrennten Sammlung biogener Haushaltsabfälle bei Einhaltung von Schwermetall-Höchstgehalten durch. Die genaue Formulierung ist in *Tab. 1* enthalten.

Die teilweise niedrig angesetzten Grenzwerte für Schwermetalle vor allem bei Nickel und Blei stellen einen hohen Qualitätsanspruch an die Biotonnenkomposte im ökologischen Landbau dar.

"*Pflanzenkompost*" bleibt von dieser strengen Schwermetallregelung jedoch weiterhin ausgenommen, was – angesichts der vorliegenden Analyseergebnisse – letztendlich nicht gerechtfertigt erscheint. Denkbar wäre eine Diskussion über ähnlich hohe Qualitätsansprüche für andere ausnahmsweise zugelassene Düngemittel des Anhang II.

Tab. 1: Formulierungen der Ergänzungsverordnung vom 29. Juli 1997 (EG Nr. 1488/97).

Bezeichnung	Beschreibung, Anforderungen an die Zusammensetzung, Verwendungsvorschriften
"kompostierbare Haushaltsabfälle"	<p>Kompost aus getrennt gesammelten Haushaltsabfällen nur pflanzliche und tierische Abfälle;</p> <p>gewonnen in einem geschlossenen und kontrollierten, von dem Mitgliedsstaat zugelassenen Sammelsystem</p> <p>Höchstgehalt der Trockenmasse in mg/kg: Cadmium: 0,7; Kupfer: 70; Nickel: 25; Blei: 45; Zink: 200; Quecksilber: 0,4; Chrom (insgesamt): 70; Chrom(VI): 0 (*)</p> <p>nur für eine Übergangszeit bis zum 31. März 2002</p> <p>Bedarf von der Kontrollstelle anerkannt</p>
(*) < Nachweisgrenze	

Die bisherige Praxis könnte daher weiter fortgesetzt werden:

1. Die ausnahmsweise Zulassung bedingt die jährliche Bedarfsfeststellung durch die Kontrollstelle oder -behörde.
2. Die Kontrolle beinhaltet auch eine Überprüfung der Kompostierungsanlage, unabhängig davon, ob sie im Rahmen des betroffenen landwirtschaftlichen Betriebes oder extern betrieben wird.
3. Die Komposte müssen zumindest die Qualitätsanforderungen der ÖNORM S 2200 erfüllen und entsprechend der Ausbringungschargen untersucht werden (zumindest auf Hauptnährstoffe und Schwermetalle).
4. Der Bedarf muß im Rahmen der Fruchtfolgegestaltung und bestehenden Viehwirtschaft (Mistproduktion) und anhand von Bodenanalysen durch die Kontrollstelle bestätigt werden.
5. Es wurden nur jene Biobetriebe anerkannt, die als biologisch wirtschaftende Betriebe traditionell seit einigen Jahren Kompost aus der getrennten Sammlung verwertet hatten.

Änderungen und Einschränkungen ergeben sich für Biotonnenkomposte aus der neuen Regelung in jedem Fall.

## 2.2 Europäische Normung

Im Rahmen der CEN, der Europäischen Normungskommission, wurde 1989 das Technische Komitee TC 223 "Soil Improver and Growing Media" einberufen, das beauftragt wurde, in 4 Arbeitsgruppen (WG 1–4) sämtliche Belange der Standardisierung des Marktes auf diesem Sektor auszuarbeiten. Das sind die Bereiche:

- WG1: Begriffe, Produktspezifizierung und Etikettierung (Vocabulary, Labeling, Specifications).
- WG2: Sicherheit für Anwender, Umwelt und Pflanze (Standards for the Safety of Users, the Environment and Plants; Safety).
- WG3: Analyse- und Bestimmungsmethoden (Analytical Methods).
- WG4: Probenahme (Sampling).



Keine der Arbeitsgruppen hat ihre Arbeit bisher abgeschlossen, obwohl wiederholt Teilnormen zu wenig umstritten Aspekten aufgelegt wurden. Es wird zu den Sicherheitsfragen für Anwender, Umwelt und Pflanze keine normativen Standards geben, sondern zunächst nur einen technischen Bericht.

Dies wurde im Rahmen des TC223 dahingehend interpretiert, daß bodenschutzrelevante Fragen aus der Normierung von Bodenverbesserungsmitteln nicht diskutiert werden sollen und eine Erstellung von Grenzwerten, z. B. für Schwermetalle im Verein mit Anwendungs- und Frachtempfehlungen a priori ausgeschlossen wurden. Allerdings wurde die CEN inzwischen von der EU-Kommission beauftragt, sich mit diesem Thema verstärkt zu befassen. Ein entsprechender Beschluß wurde während der letzten Sitzung des Programming Committee 7 ("Environment") gefaßt.

Normenentwürfe im Bereich Kennzeichnung sowie Produktlisten und Spezifikationen wurden Anfang 1997 zur Begutachtung ausgesandt. Deutliche Abweichungen der nationalen Gesetzesrahmen bei der Mehrzahl der Mitgliedsstaaten und eine Vielzahl von Einsprüchen stellt die Verabschiedung dieser Standards nunmehr in Frage. Die Normierung der Untersuchungsmethoden der für die obligate und freiwillige Deklaration vorgesehenen Parameter wird unabhängig davon ausgearbeitet.

## 2.3 Österreichische Bundesgesetze und -verordnungen

### 2.3.1 Bundesgesetz über den Verkehr mit Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln; Düngemittelgesetz/DMG 1994 (BGBl.Nr.513/1994)

Mit der Novellierung der Düngemittelgesetze 1994 erfolgte die Anpassung an das europäische System der Zulassung nach Typen und die Aufhebung der Registrierungspflicht. Regelt wird lediglich das in Verkehr bringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln, nicht aber deren Anwendung. Ausgenommen vom Geltungsbereich sind nach § 4 Ziffer 3: "Abwasser und Abfälle, wie Klärschlamm, Klärschlammkompost, Fäkalien und Müllkompost." Nach § 5 Abs. 2 (4) ist es verboten, Düngemittel, Bodenhilfsstoffe, Kultursubstrate und Pflanzenhilfsmittel in Verkehr zu bringen, die Klärschlamm, Klärschlammkompost, Fäkalien und Müllkompost enthalten.

Komposte aus der getrennten Sammlung biogener Abfälle werden im Düngemittelgesetz prinzipiell unter dem Begriff "Müllkompost" subsumiert. § 5 Abs. 3 sieht jedoch eine Verordnungsermächtigung vor, **unbelastete** Klärschlämme und **unbelastete** Komposte biogenen Ursprungs zur Verwendung als Düngemittel zuzulassen. In dieser Verordnung wären "Art und Herkunft der Schlämme und der kompostierten Materialien sowie anzuwendende Herstellungs- und Reinigungsverfahren" zu bestimmen. Damit wird für diese Materialien eine Möglichkeit geschaffen, als Düngemittel in Verkehr gebracht zu werden. Bisher wurde eine solche Verordnung jedoch nicht erlassen.

Komposte, die nach den Bestimmungen des älteren Düngemittelgesetzes 1985 (BGBl.Nr. 488/1985 i.d.F. BGBl.Nr. 360/1989) zugelassen und in das Düngemittelregister eingetragen sind, durften unter der zugelassenen Bezeichnung und in gleicher Zusammensetzung bis 30. September 1998 in Verkehr gebracht werden.

### 2.3.2 Verordnung, mit der Bestimmungen zur Durchführung des Düngemittelgesetzes erlassen werden; Düngemittelverordnung 1994 (BGBl.Nr. 1007/1994)

Wesentlich sind die in § 7 Abs. 2 definierten Schadstoffe, die entweder nicht nachweisbar sein dürfen oder für die erlaubte Höchstgehalte festgelegt wurden. Dabei werden bei Schwermetallen über eine "generelle Frachtenregulierung" die höchst zulässigen jährlichen Schwermetallfrachten pro ha und Jahr festgelegt, die mit der in der Kennzeichnung empfohlenen maximalen jährlichen Aufwandmenge nicht überschritten werden dürfen. Diese generelle Frachtenregelung sieht ab dem Jahr 2005 eine Halbierung dieser Schwermetallfrachten vor.

Darüber hinaus wird jeweils zwischen Ackerland einerseits und Grünland, Gemüse- und Obstbau andererseits unterschieden.

Da die vorliegende Arbeit sich auf die Parameter der Düngemittel-Verordnung abstützt, sind hier die wesentlichen Schadstoffgruppen angeführt:

- Grenzwerte für die Schwermetalle Blei, Cadmium, Chrom, Nickel und Quecksilber sowie Richtwerte für die Schwermetalle Kupfer und Zink in Düngemitteln und Bodenhilfsstoffen mit mehr als 20 % org. Substanz TS.
- Grenzwert für Chrom (VI) [=2 mg/kg TS].
- Grenzwerte für organische Schadstoffe und Lösungsmittel: Summe an Organochlorpestiziden: Aldrin, Dieldrin, Endrin, Heptachlor,  $\Sigma$  HCH, DDT, DDE, Chlordan, Hexachlorbenzol (<1 mg/kg TS; 0,1–1 mg: mit Warnhinweis zu versehen).

Deklarierungspflicht besteht für:

- Cypermethrin, Deltamethrin, Fenvalerate (<1 mg/kg TS; 0,1–1 mg mit Warnhinweis).
- polychlorierte Biphenyle (PCB) [<2 mg/kg TS].
- polychlorierte Dibenzodioxine/furane PCDD/PCDF (bei Düngemittel/Bodenhilfsstoffe: <50 ng; bei Kultursubstrate: <20 ng TCDD-TE/kg TS; zwischen 20–50 ng TCDD-TE/kg TS mit Warnhinweis).
- Methanol, Hexan [<300 mg/kg].
- Cäsium134, Cäsium137, Ballaststoffe, Chlorid, Bor, Molybdän, Formaldehyd, Asbest, Farbstoffe, Rhizinusschrot, Oberflächenbehandlungsmittel für Holz, Pflanzenverträglichkeit.

In Anlage 1 Teil B der Verordnung sind die zur Herstellung von *organischem Dünger, Kultursubstrat und Bodenhilfsstoff* eingesetzten Rohstoffe, unter anderem auch Stoffe ausschließlich biogenen Ursprungs aus dem Garten- oder Grünflächenbereich oder wenn es sich um unbelastete Komposte biogenen Ursprungs handelt, zugelassen. Bei Verwendung von Komposten müssen diese den Anforderungen der ÖNORM S 2200 entsprechen.

Für Komposte aus Materialien des Garten- und Grünflächenbereichs kann demnach unter Anerkennung der ÖNORM S 2200 eine vorläufig Zulassung als Rohstoff für Düngemittel abgeleitet werden, nicht jedoch für Biotonnenkompost. Solche Komposte dürfen nicht unter der Bezeichnung Düngemittel, Bodenhilfsstoff, Kultursubstrat und Pflanzenhilfsmittel in Verkehr gebracht werden.

### 2.3.3 Abfallwirtschaftsgesetz, AWG 1990 (BGBl. Nr. 325/1990, EU-Novelle 1996 zum AWG: BGBl. Nr. 434/1996)

§ 2(3) AWG bestimmt bundesweit die Grenze zwischen Abfall und fertigem Kompost: "Ist eine Sache Abfall und wird sie dann einer Verwertung zugeführt (Altstoff), gilt sie solange als Abfall, bis die aus ihr gewonnenen Stoffe einer zulässigen Verwendung oder Verwertung zugeführt werden." Liefern und Ausbringen von fertigem Kompost fallen nicht mehr unter den Begriff "Abfallbehandlung" und unterliegen daher nicht den abfallrechtlichen Bestimmungen.

In der Novelle 1996 wurde in § 7 (12) eine Verordnungsermächtigung des BMUJF vorgesehen, die die Qualität des zur Verwertung anstehenden Abfalles festlegen soll und auszugswiese wie folgt lautet:

*"(12) Der Bundesminister für Umwelt, Jugend und Familie wird ermächtigt, durch Verordnung Qualitätsanforderungen an Komposte und Erden aus Abfällen, insbesondere die Art und Herkunft der kompostierten oder vererdeten Materialien, Gütekriterien für Komposte oder Erden aus Abfällen, Schadstoffe, von denen in Komposten oder Erden aus Abfällen keine nachweisbaren Anteile vorhanden sein dürfen, sowie Meßverfahren zu bestimmen. Weiters kann der Bundesminister für Umwelt, Jugend und Familie zum Schutz vor Täuschung oder im Interesse einer ausreichenden Information der beteiligten Verkehrskreise Bestimmungen über Bezeichnungen für Komposte oder Erden aus Abfällen, Art und Umfang der Kennzeichnung und eine bestimmte Art der Verpackung für das Inverkehrbringen von Komposten oder Erden aus Abfällen erlassen. Komposte oder Erden aus Abfällen dürfen nur dann in Verkehr gebracht werden, wenn sie den durch Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie festgelegten Qualitätsanforderungen entsprechen."*

Auf Basis dieser Verordnungsermächtigung wird im BMUJF seit Juni 1997 an der Ausarbeitung einer "**Kompostverordnung**" gearbeitet. Anhand der ÖNORM S 2200 werden Qualitätsanforderungen, sowohl an Ausgangsmaterialien als auch an das Endprodukt, und die Kennzeichnung in Expertengremien und mit Vertretern der Bundesländer ausgearbeitet. Mit dieser Verordnung soll Kompost österreichweit vermarktbar werden.

Eine besondere Auszeichnung für Komposte im Biolandbau nach Anhang II A der EU-Verordnung 2092/91 EWG soll in den Kennzeichnungsregelungen vorgesehen werden.

#### **2.3.4 Wasserrechtsgesetz, WRG 1990 (BGBl.Nr. 252/1990)**

- **Stickstoffbegrenzung**

Nach § 32(2)f WRG ist eine vorherige wasserrechtliche Bewilligung, wenn in einem Jahr auf eine landwirtschaftliche Nutzfläche mit Dauergrünland bzw. auf Flächen mit Gründecke oder stickstoffzehrenden Früchten mehr als 210 kg Reinstickstoff je ha oder auf Flächen ohne solche Nutzungen mehr als 175 kg Reinstickstoff je ha aufgewendet wird. Ausgenommen von dieser Begrenzung sind Gartenbauflächen.

- **Geschützte Gebiete, Grundwassersanierung**

Zum Zweck der Wasserreinhaltung in Wasserschutz- und -schongebieten (§ § 34 und 35 WRG) und zur Reinhaltung anderer Wasserbereiche außerhalb solcher Gebiete (§ 48 (2) lit d WRG) sowie als zur Grundwassersanierung nötige Anordnung (§ 33f WRG, Grundwasserschwellenwertverordnung BGBl.Nr. 502/1991) kann die Stickstoff- und damit auch Kompostausbringung begrenzt werden. Die Grundwassersanierung folgt der Zielsetzung des § 30 WRG, die Trinkwasserqualität des Grundwassers zu erhalten oder wiederherzustellen.

- **Land- und forstwirtschaftliche Bodennutzung**

Mit den obigen Einschränkungen ist eine Kompostausbringung auf land- und forstwirtschaftliche Flächen im Rahmen der ordnungsgemäßen land- und forstwirtschaftlichen Bodennutzung<sup>1</sup> solange gemäß § 32(1)(8) WRG zulässig, als kein Gegenbeweis (über die

---

<sup>1</sup> "ordnungsgemäß" nach dem WRG 1990: Die besondere Berücksichtigung der Standortgegebenheiten und die Einhaltung der relevanten Rechtsvorschriften.

Wasserschädlichkeit einer bestimmten Vorgangsweise) erbracht wird. Ein allfälliger Gegenbeweis ist in einem behördlichen Verfahren mit Parteistellung des Betroffenen zu führen. Wird ein solcher Gegenbeweis erbracht, ist die schädliche Vorgangsweise wasserrechtlich bewilligungspflichtig und ohne Bewilligung unzulässig.

#### • **Risiko und Haftung**

§ 31 WRG verpflichtet jedermann, eine Wasserverunreinigung zu vermeiden. Dem Verursacher, ersatzweise dem die verursachenden Handlungen oder Unterlassungen duldenden Grundeigentümer, können die zur Beendigung der weiteren Verunreinigung nötigen Maßnahmen vorgeschrieben werden. Erfolgt die Verunreinigung durch Übertretung des WRG (z. B. unbewilligtes Überschreiten der zulässigen Stickstoffausbringung), dehnt § 138 WRG die Vermeidungspflicht auch auf das Beheben verursachter Mißstände aus. Die Haftung für Schäden ist eine Erfolgs- und keine Verschuldenshaftung, so daß etwa die Unkenntnis über unentdeckte Schadstoffe im Kompost nicht vorgeschützt werden kann. Das Risiko für – wenn auch unwissentlich – mitausgebrachte Schadstoffe und die Sanierung trägt der für die Ausbringung Verantwortliche und ersatzweise der Grundeigentümer. Eine empfohlene Haftungsübernahme durch die für die Entsorgung von Abfällen zuständige Gemeinde kann in diesem Fall rechtswirksam vereinbart werden.

#### **2.3.5 Forstgesetz (Stand BGBl.Nr. 576/1987)**

In § 16(2)d des Forstgesetzes ist jede flächenhafte Waldgefährdung durch unsachgemäße Düngung verboten und ebenso ausnahmslos das Ablagern von Klärschlamm. Ein Verbot der Aufbringung von klärschlammhaltigem Kompost kann daraus abgeleitet werden, das Aufbringen von Kompost als Düngemaßnahme bedarf der vorherigen forstfachlichen Beurteilung.

### **2.4 ÖNORMEN**

Nach BUCHNER (1992) „... stellen ÖNORMen den Stand der Technik dar und sind eine grundsätzlich unverbindliche Empfehlung. Sie werden freiwillig oder aufgrund einer Vereinbarung zwischen Vertragspartnern angewendet.“ Im Rahmen von Bundes- oder Landesgesetzen können ÖNORMen jedoch für verbindlich erklärt werden.

#### **2.4.1 ÖNORM S 2201 Kompostierbare biogene Abfälle – Qualitätsanforderungen (1993)**

Diese ÖNORM enthält Qualitätsanforderungen für die Beurteilung von biogenen Abfällen, die zur Herstellung von Kompost verwendet werden und deren getrennte Sammlung, Lagerung und Behandlung teilweise durch einschlägige Gesetze und Verordnungen geregelt ist.

Beschrieben werden folgende Qualitätsparameter:

- Wassergehalt
- pH-Wert
- Glühverlust
- Lindan
- Schwermetallgehalte ( $\leq 50$  % der Kompostklasse II gemäß ÖNORM S 2200)
- Schüttdichte
- Salzgehalt
- Summe der Problemstoffe
- Summe der Ballaststoffe  $> 2$  mm (Glasanteil max. 0,05 %)

Tab. 2: Kompostierbare biogene Abfälle nach ÖNORM S 2201.

Schlüssel-Nr. gemäß ÖNORM S 2100	Bezeichnung der Abfallarten
91701	Garten- und Parkabfälle
91104	Bioabfall aus Haushalten
91202	Küchen- und Kantinenabfälle
91601	Viktualienmarktabfälle
91702	Friedhofsabfälle
11	Abfälle aus der Nahrungs-, Genuß- und Futtermittelproduktion
	Rückstände aus der Land- und Forstwirtschaft
171	Holzabfälle aus der Be- und Verarbeitung
	Sonstige kompostierbare Abfälle gemäß ÖNORM S 2100

#### 2.4.2 ÖNORM S 2200: Gütekriterien für Komposte aus biogenen Abfällen (1993)

Die ÖNORM S 2200 stellt eine anwendungsorientierte qualitative Standardisierung von Komposten dar, die entsprechend der Bundesverordnung über *“die getrennte Sammlung biogener Abfälle”* (BGBl.Nr. 68/1992 i.d.F. 456/1994) aus Rohstoffen der getrennten Erfassung biogener Abfälle gewonnen wurden. Es wird zwischen der Anwendung als *“Mischkomponente in Kultursubstraten”* (Anwendungstyp A) oder als *“Bodenverbesserungsmittel”* (Anwendungstyp B) unterschieden. Für die Parameter Pflanzenverträglichkeit, Nitrat- und Ammoniumstickstoff, Wasserkapazität, Leitfähigkeit und dem Gehalt an keimfähigen Samen und austriebsfähigen Pflanzenteilen sind unterschiedliche Maßstäbe angeführt. Bei den Nährstoffgehalten sind keine Richtwerte sondern nur die Deklarierungspflicht vorgesehen.

Auf Grund der Schwermetallgehalte unterscheidet man zwischen zwei Kompostklassen, bezogen auf 30 % Glühverlust. Die Kompostklasse I ist mit 30 % unter den Bodenrichtwerten der ÖNORM L 1075 angesiedelt, so daß bei vollständiger Mineralisierung und intensiver Kompostwirtschaft keine Akkumulation der Schwermetallgehalte im Boden über diese Richtwerte hinaus stattfinden kann. Daher konnte auf eine Mengenbeschränkung für Komposte der Klasse I verzichtet werden.

Für Komposte der Klasse II wurde eine Frachtenregelung eingeführt. Die höchstzulässigen Aufwandsmengen werden mit Hilfe einer Formel so berechnet, daß es innerhalb von 100 Jahren zu einer Schwermetallanreicherung maximal im Ausmaß von 50 % der Bodenrichtwerte kommen kann. Spätestens nach der Ausbringung von 100 Tonnen Kompost (TM) pro Hektar ist eine Bodenuntersuchung durchzuführen.

Die Hygienisierung des Rottegutes ist mit dem Mindestzeitraum von 3 Tagen und einer Mindesttemperatur von 65°C ebenfalls geregelt.

Die ÖNORM S 2200 hat sich im Laufe der Jahre als bewährter und anerkannter Standard zur Beurteilung von Komposten aus biogenen Abfällen herausgestellt. Nicht zuletzt wird auch in der Düngemittelverordnung 1994 (BGBl.Nr. 1007/11994) darauf verwiesen.

Nach nunmehr 4 Jahren Erfahrung mit den Bestimmungen dieser Norm wurde im Rahmen der geplanten Kompostverordnung (Kapitel 2.3.3) für einige Bereiche ein Überarbeitungsbedarf festgestellt. Aufgrund des Stillhalteabkommens nach den Regeln der Europäischen Normungskommission (CEN) ist in Zusammenhang mit den Normungsvorhaben des CEN/TC 223 *“Bodenverbesserungsmittel und Kultursubstrate”* eine Bearbeitung der ÖNORM S 2200 derzeit nicht möglich.

### 2.4.3 ÖNORM S 2202: Anwendungsrichtlinien für Komposte (1997)

Diese Norm stellt eine Weiterentwicklung der ÖNORM S 2200 dar. Sie beschreibt Regeln für die Anwendung von Komposten in den verschiedensten Anwendungsfällen des Acker- und Gartenbaus, für Dauerkulturen sowie als Mischkomponente für Substrate (siehe Tab. 3). Unter den Aspekten der anwendungsspezifischen Eigenschaften von Komposten, der wertgebenden Parameter und der Schadstoffe werden 12 Anwendungsfälle als Bodenverbesserungsmittel, Substrate und für den Landschaftsbau unterschieden.

Damit ist diese Norm auch eine technische Anleitung für die Anwendung von Komposten. Im Sinne eines vorsorgenden Bodenschutzes ist die Ausbringungsmenge auf 10 t Trockenmasse pro Hektar und Jahr im langjährigen Durchschnitt beschränkt. Bei wiederholter Anwendung der Kompostklasse II ist eine Bodenuntersuchung auf Schwermetalle innerhalb von 3 Jahren durchzuführen. Spätestens nach Aufbringen von jeweils 100 Tonnen Trockenmasse sind weitere Bodenuntersuchungen durchzuführen.

Zusätzlich zu den beiden Kompostklassen der ÖNORM 2200 wird eine schwermetallbezogene Klasse III eingeführt, welche den Grenzwerten der ÖNORM 2022 ("Gütekriterien für Müllkomposte") entspricht. Komposte der Klasse III können nur zur einmaligen Anwendung empfohlen werden. Beispielsweise ist die Rekultivierung – soweit eine landwirtschaftliche oder gärtnerische Nachnutzung nicht in Betracht kommt – im Landschaftsbau, im Sportstättenbau (nicht auf Kinderspielflächen), im Deponiebau und für den Bau von Biofiltern anzuführen.

Tab. 3: Anwendungsfälle nach der ÖNORM S 2202.

<b>Verwendung als Bodenverbesserungsmittel</b>
Ackerbau Grünland Gartenbau und Feldgemüsebau Hobbygartenbau Weinbau Forstwirtschaft
<b>Verwendung als Mischkomponente für Substrate im Zierpflanzenbau, in Rebschulen und Baumschulen</b>
<b>Sonstige Verwendung</b>
Skipisten Filterbau Landschaftsbau und Rekultivierung Deponiebau

### 2.4.4 ÖNORM S 2021: Kultursubstrate. Anforderungen, Untersuchungsmethoden, Normenkennzeichnung (1996)

Diese ÖNORM ist bei der Herstellung und Untersuchung von Kultursubstraten anzuwenden. Zugleich wird darauf hingewiesen, daß in Verkehr gebrachte Kultursubstrate den Bestimmungen des Düngemittelgesetzes und der zugehörigen Verordnung unterliegen. Besonderes Augenmerk wird auf den Salzgehalt, die verfügbaren Nährstoffanteile (N,P,K), die Schwermetallgehalte und die Pflanzenverträglichkeit gelegt. In einem zweiten Teil werden Probenahmen, Probenaufbereitung und Analysemethoden geregelt.

Nach der österreichischen Düngemittelverordnung (DMVo, BGBl.Nr. 1007/1994) können Bestandteile der Kultursubstrate nur von Komposten aus dem Garten- und Grünflächenbereich und nicht aus Biotonnen stammen.

#### **2.4.5 ÖNORM S 2020: Biofiltermaterialien auf Kompostbasis. Anforderungen und Prüfparameter (1996)**

Als Biofiltermaterial kommen Mischungen aus Kompost und Strukturmaterial in Frage, die imstande sind, geruchs- und/oder schadstoffbelastete Abluft durch sorptions- und biologische Abbauprozesse zu reinigen. Bei Verwendung von Komposten ist besonders auf einen hohen Anteil an Strukturmaterial und organischer Substanz zu achten. In der Norm sind allgemeine, mechanische und mikrobiologische Kennwerte beschrieben, die als Beurteilungskriterien im Rahmen der festgelegten Eignungsprüfung für Biofiltermaterial herangezogen werden. Die speziellen Prüfmethode werden im einzelnen beschrieben.

#### **2.4.6 ÖNORM S 2023: Untersuchungsmethoden und Güteüberwachung von Komposten (1993)**

Die ÖNORM S 2023 legt die Untersuchungsmethoden für Komposte nach den ÖNORMen S 2200 und S 2022 ("Gütekriterien für Müllkompost") fest. Vergleichbare Analysen von Qualitätsparametern mit Bezug auf die Gütekriterien für Komposte sollten tunlichst nach dem Beprobungs- und Analyseschema dieser Norm erfolgen.

### **2.5 Österreichisches Lebensmittelbuch**

Das österreichische Lebensmittelbuch (Codex alimentarius austriacus), Kapitel A8: "Landwirtschaftliche Produkte mit dem Bezeichnungselement 'biologisch' und daraus hergestellte Folgeprodukte" ist im Rechtsgebäude ein "*autorisiertes Sachverständigengutachten*" und wird als solches in lebensmittelrechtlichen Fragen als anerkanntes Gutachten herangezogen. Das Teilkapitel A "Landwirtschaftliche Produkte pflanzlicher Herkunft" stammt aus dem Jahr 1989. Hier werden in der Fassung von 1992 unter den zugekauften organischen Düngern auch getrennt gesammelte biogene Siedlungsabfälle erwähnt. Das Teilkapitel A wurde durch die EU-Verordnung "*Verordnung über den Ökologischen Landbau*" (2092/91 EWG) als verbindlichem Regulativ abgelöst.

### **2.6 Landesrecht**

#### **2.6.1 Landesgesetze und -verordnungen: Bodenschutzgesetze, Klärschlamm- und Müllkompost-/Kompostverordnungen der Länder**

Prinzipiell sehen die Klärschlamm- und Müllkompostverordnungen der Länder für die landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm und Müllkompost häufig die direkte Abgabe dieser an den Landwirt vor. Wesentlich bei dieser Verwertungsform sind folgende Charakteristika:

- Grenzwerte für Schadstoffe,
- chargenbezogenes Unbedenklichkeitszeugnis (Eignungsnachweis) des KS/MK,
- Aufbringungsbeschränkungen nach Menge, Zeitpunkt und Kulturart,

- Kenntnis der Aufbringungsfläche,
- Eignungsbescheinigung (Verträglichkeitsgutachten) der Aufbringungsfläche (Bodenuntersuchungen),
- Abgabebestätigung.

### **Niederösterreich**

Das NÖ Bodenschutzgesetz (NÖ BSG, LGBl. Nr. 6160-2/1994) nimmt sich im § 3 Abs. 4 der Komposte aus getrennt gesammelten kompostierbaren Abfällen nach dem NÖ Abfallwirtschaftsgesetz (LGBl. Nr. 8240) an und schließt diese Materialien vom Geltungsbereich des Bodenschutzgesetzes aus.

Mit Frühjahr 1997 wurde ein Projekt zur Ausarbeitung einer eigenen Niederösterreichischen Kompostverordnung auf Basis des NÖ Bodenschutzgesetzes begonnen. Der Geltungsbereich soll sich auf die in der ÖNORM S 2021 behandelten Abfallarten erstrecken. Als Qualitätskriterien wurden i. w. jene der ÖNORM S 2200 herangezogen. In Hinblick auf eine Frachtenregelung wird ein abgestuftes Modell diskutiert, bei dem eine Überprüfung auf die Standorteignung bei Schwermetallfrachten im Bereich zwischen DMVo und ÖNORM S 2200 (Kompost-Klasse II) vorgesehen ist. Bei Frachten, die kleiner oder gleich der Düngemittelverordnung sind, würde eine Standorteignungsprüfung entfallen.

### **Steiermark**

Der Entwurf aus 1996 des *Steiermärkischen landwirtschaftlichen Bodenschutzgesetzes* nimmt auch auf die Voraussetzungen für die Aufbringung von Biomüllkomposten Bezug. Als begrenzende Parameter für die Aufbringung gelten die Grenzwerte für Schadstoffe im Kompost gemeinsam mit der Eignung der Böden nach ihrer jeweiligen Bodenempfindlichkeit.

Weiters sind folgende Aufbringungsverbote vorgesehen:

- Gemüse-, Beerenobst- und Heilkräuterkulturen,
- wassergesättigte, durchgefrorene Böden; sowie bei geschlossener Schneedecke,
- Almböden,
- Naturschutzgebiete,
- verkarstete Gebiete; Moore.

### **Salzburg**

Der Entwurf des *Salzburger Bodenschutzgesetzes* sieht für die Aufbringung von Bioabfallkomposten von einer Bodeneignungsprüfung im Falle der Einhaltung von per Verordnung noch zu definierenden Schadstoffgehalten ab. Für reine Grünschnittkomposte ist eine vereinfachte Handhabung vorgesehen.

### **Oberösterreich**

Das Oberösterreichische Bodenschutzgesetz 1991 (LGBl. Nr. 115/1991) integriert Kompost als humusähnlichen Stoff, der als Produkt biologisch-chemischer Umwandlung (Verrottung) aus biogenen Abfällen im Sinne des Oö. Abfallwirtschaftsgesetzes (§ 2 (8)) hergestellt wird.

Bestimmungen sieht der § 3 (8) für Komposte vor, die als Ausgangsmaterial nicht nur im eigenen Betrieb anfallende Abfälle enthalten und wenn in der Kompostierungsanlage mehr als 100 m<sup>3</sup>, bzw., bei land- und forstwirtschaftlichen Betrieben, mehr als 1.000 m<sup>3</sup> Kompostmaterial gleichzeitig behandelt werden. Das anfallende Material darf auf Flächen des eigenen Betriebes nur ausgebracht werden, wenn für den Kompost eine entsprechende Eignungsbe-



scheinigung oder die Zulassung nach dem Düngemittelgesetz (BGBl. Nr. 488/1985 i.d.F. BGBl. 360/1989) vorliegt. Eine Eignungsbescheinigung ist für alle 2.000 m<sup>3</sup> Fertigungskompost, zumindest aber jährlich erforderlich. Der Antrag auf Eignungsbescheinigung ist beim Amt der Oö. Landesregierung einzureichen.

### **Weitere Bundesländer**

Das Burgenländische Bodenschutzgesetz 1990 (LGBl. Nr. 87/1990), die Tiroler Richtlinie für die Ausbringung von Klärschlamm auf Böden (Oktober 1987) und die Verordnung der Vorarlberger Landesregierung über die Ausbringung von Klärschlamm (Dezember 1992) sehen keine gesonderte Definition von Komposten aus biogenen Abfällen vor.

## **2.7 Internationale und nationale privatrechtliche Regulative**

### **2.7.1 IFOAM-Basisrichtlinien für den ökologischen Landbau und die Verarbeitung seiner Produkte (ANONYM, 1995 a)**

Die Internationale Vereinigung Biologischer Landbaubewegungen (*“International Federation of Organic Agriculture Movements”*) ist ein Zusammenschluß nationaler Anbauorganisationen im ökologischen Landbau. Die IFOAM legte eine Richtlinie vor, auf deren Basis die nationalen Organisationen eigene weitergehende Richtlinien entwickeln müssen. Diese dienen als Grundlage für die Akkreditierung der Mitgliedsorganisationen. Die Richtlinien nehmen Bezug auf die Anwendungsmöglichkeiten von organischen Düngemitteln, wobei die Selbstversorgung mit Stickstoff innerhalb des Betriebes als Ziel formuliert wird. Wesentliche Beschränkung liegt in der Zulassungspflicht für Zukaufdüngemittel und der Zustimmung und Festlegung der Anwendungsbedingungen “Fall für Fall” durch die zertifizierende Organisation.

Die Ziele der IFOAM-Richtlinie:

- Erhaltung oder Steigerung der Bodenfruchtbarkeit und der biologischen Aktivität.
- Zuführung organischen Materials und damit die Erhaltung/Steigerung des Humusgehaltes.
- Stickstoffselbstversorgung und deren Mindestanforderungen:
  - Maximale Düngermenge entsprechend der selbstversorgenden Viehhaltung (flächenbezogene Tierbestandsobergrenze).
  - Zugekaufte Düngemittel unterliegen der Zulassungspflicht.

In Anhang 1 sind folgende erlaubte Dünge- und Bodenverbesserungsmittel angeführt: Kompost aus organischen Rückständen, Sägemehl, Holzabfälle, Borke, Algenprodukte, Fisch und Fischprodukte, Beiprodukte der Nahrungsmittel- und Textilindustrie, Blut-, Fleisch-, Knochen- und Federmehl, menschliche Fäkalien, Klärschlamm und Müllkompost.

### **2.7.2 Produktionsrichtlinien des Verbandes organisch-biologisch wirtschaftender Bauern Österreichs**

Als Beispiel für eine nationale Produktionsrichtlinie seien die Bestimmungen für den organisch-biologischen Landbau in Österreich herausgegriffen (ANONYM, 1994a). Die Frage, ob Komposte aus der getrennten Sammlung organischer Abfälle zuzulassen sind, wurde nicht einheitlich geregelt, sondern die Landesverbände wurden ermächtigt, von Fall zu Fall zu entscheiden. Die Voraussetzungen und Rahmenbedingungen für die Verwendung von Bioabfallkomposten werden somit einzelbetrieblich geprüft. Sinngemäß kann eine Mengengrenzung entsprechend einer äquivalenten Nährstoffzufuhr durch 1,4 Dung-Großvieheinheiten (DGVE) pro Hektar abgeleitet werden. Vorausgesetzt wird eine regelmäßige Untersuchung nach ÖNORM S 2200 sowie eine jährliche Verbandskontrolle.

## 2.8 Internationaler Vergleich von Rechtsnormen

### 2.8.1 Qualitätsanforderungen im internationalen Vergleich

Allen internationalen Regelungen gemeinsam ist der Verzicht auf Restriktionen bei wertgebenden Parametern. Die Komposte können daher speziell für die verschiedenen Anwendungsgebiete hergestellt werden. Anhand der Zusammenstellung in *Tab. 4* wird ersichtlich, daß zumindest in mitteleuropäischen Staaten weitgehende Übereinstimmung über die anwendungsbezogenen Qualitätskriterien bei Komposten aus organischen Abfällen besteht. Eine Besonderheit stellt die deutsche Differenzierung in Frisch- und Reifkompost dar.

Quellen für die in *Tab. 4* gezeigten österreichischen, schweizer und deutschen Regulative sind:

Österreich: ÖNORM S 2200.

Schweiz: Verordnung über umweltgefährdende Stoffe (ANONYM, 1992c).

Wegleitung für die Anwendung von Kompost aus Garten- und Küchenabfällen und Anforderungen an die Kompostqualität (GYSI et al., 1988).

Deutschland: Kompost-Gütesicherung, RAL-GZ 251 (ANONYM, 1992d).

Merkblatt 10 der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (ANONYM, 1995c).

Tab. 4: Vergleich der Qualitätsanforderungen für Bioabfallkomposte entsprechend den nationalen Übereinkommen in Österreich, Deutschland und der Schweiz.

	Österreich (ÖNORM S 2200)	Schweiz (GYSI et al., 1988)	Deutschland (RAL-GZ 251)
H <sub>2</sub> O	25–50% FS	< 60 (30–50)% FS	lose: < 45%, Sack: < 35%FS <sup>1)</sup> , frisch: < 45%
OS	> 20% TS	> 25% TS	reif: > 20% TS, frisch > 40% TS
Organischer C gesamt	> 12% TS	> 15% TS	
C/N	***	< 15	***
NO <sub>3</sub> -N : NH <sub>4</sub> -N	A) > 2 B) ***	> 2	
Rottegrad	s. Pflanzenverträglichkeit	keine wesentliche Erwärmung nach Befeuchtung + Belüftung	reif: IV–V, frisch:>II–III <sup>2)</sup>
Pflanzenverträglichkeit (Keimpflanzentest)	A) 45% Kompost > 90% FG B) 15% Kompost > 80%FG	50% Kompost > 100%FG	A) 50% Kompost > 100% FG B) 25% Kompost > 100% FG C) 25% Kompost < 100% FG
Austriebsfähige Pflanzenteile	A) 1 Keimpflanze/l Substrat B) 3 Keimpflanzen/l Substrat	keine-wenige keimfähige Unkrautsamen	2 Keimpflanzen/l Substrat
Leitfähigkeit, Salzgehalt	A) < 2mS/cm B) < 4mS/cm	< 2 mS/cm <sup>***3)</sup>	*** (g/Liter-KCL äquivalent)
Hygiene	65° über 3 Tage bei > 40% H <sub>2</sub> O FS	keine pflanzenparasitischen Nematoden	Nachweis der seuchenhygienischen Wirksamkeit des Rotteverfahrens (tägliches Temperaturprotokoll während der thermophilen Phase)
Steine			> 5mm: ≤ 5 Gew.% TS
Fremdstoffe	> 2mm: < 0,5 Gew.%TS	keine	> 2mm: ≤ 0,5 Gew.%TS
Überkorn	< 3% TS		

Tab.4 (Fortsetzung): Vergleich der Qualitätsanforderungen für Bioabfallkomposte entsprechend den nationalen Übereinkommen in Österreich, Deutschland und der Schweiz.

	Österreich	Schweiz	Deutschland
Zustand	Typ A oder Typ B		Frisch- oder Reifkompost
Gesamtgehalte N,P,K,CaO,MgO	*** auch 4)	*** 3)	***
lösliche Gehalte P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O	*** auch 4)		***
lösliche Gehalte N	***		***
pH Wert	*** auch 4)		***
Rohdichte	≤ 0,85 kg/l		***
Nettogewichtvolumen	*** 4)		***
Maximalkorn	≤ 25 mm, sonst angeben	***	***
Anwendungsempfehlung	*** 4)	*** 3)	***

1)	höhere Werte für Komposte mit einer organischen Substanz > 40% TS möglich	***	deklarationspflichtig
2)	nach ANONYM (1995c)	A)	Anwendung in Kultursubstraten
3)	nach Schweizer Stoffverordnung (ANONYM, 1992c)	B)	Anwendung als Bodenverbesserungsmittel
4)	nach Düngemittelgesetz (ANONYM, 1992e), falls künftig in dessen Geltungsbereich	C)	sonstige Anwendungsbereiche; Ergebnisse des Pflanzentests sind zu berücksichtigen

## 2.8.2 Schwermetallbegrenzungen im internationalen Vergleich

In der Regel werden Richt- und Grenzwerte für Schwermetalle zuerst in Bestimmungen zu Klärschlamm und Müllkompost formuliert. Darin werden einerseits Grenzwerte für Klärschlamm und Kompost, andererseits für die Böden, auf denen diese ausgebracht werden dürfen, geregelt. Als drittes Element sind zumeist die Schwermetallfrachten, die jährlich auf Böden aufgebracht werden, limitiert.

Schwermetalle sind einerseits in standorttypischen Gehalten im Muttergestein und damit in den Böden enthalten. Zusätzlich werden durch die wirtschaftliche Tätigkeit der Menschen anthropogene Belastungen verursacht, die besonders als Folge industrieller Emissionen und in den letzten 150 Jahren verursacht wurden. Weiters wurden durch die Aufbringung von Klärschlamm und Müllkompost dem Boden Schwermetalle in unterschiedlichem Maß zugeführt. Schwermetalle werden zumeist in starken Bindungsformen im Boden festgelegt, so daß bei geringen Konzentrationen keine akute Gefährdung zu erwarten ist. Dennoch kommt es zur irreversiblen Akkumulation von Schwermetallen in den landwirtschaftlichen Böden und damit zu einer potentiellen Belastung der Nahrungskette. Unter ungünstigen Bedingungen können toxisch relevante Schwellenwerte nach Futter- und Nahrungsmittelbestimmungen erreicht werden (MAIER & AMLINGER, 1993).

Aus Vorsorgegründen ist daher die Zufuhr von Schwermetallen, insbesondere in konzentrierter Form, auf ein Minimum zu beschränken.

Wie eine Arbeit von AMLINGER et al. (1990) zu Klärschlamm, Müllkompost und Grünkompost zeigt, führt die getrennte Sammlung von biogenen Abfällen zu einer Reduktion der Belastung um den Faktor 3–10 gegenüber den Müllkomposten. Die getrennte Sammlung dieser Materialien ist daher die Voraussetzung für eine gezielte Reduktion der Belastungen in den Abfallstoffen und damit die Voraussetzung für eine Minimierung der Schwermetalleinträge in den Boden aus dieser Quelle.

### 2.8.2.1 Schwermetallgrenzwerte für Kompost und Bodenverbesserungsmittel

Die sieben Schwermetalle Cadmium (Cd), Chrom (Cr), Kupfer (Cu), Quecksilber (Hg), Nickel (Ni), Blei (Pb) und Zink (Zn) sind durchgängig in Qualitätsnormen geregelt. Cu, Zn und Mangan (Mn) stellen essentielle Mikronährstoffe für Pflanze, Tier und Mensch dar. Daher werden die Angaben für Zink und Kupfer häufig als Richt- oder Orientierungswerte formuliert, deren Überschreitung zwar toleriert, jedoch in der Produktkennzeichnung angegeben wird. Die Empfehlungen werden darauf abgestellt.

In Tab. 5 ist ein europäischer Vergleich von Schwermetallgrenzwerten für Kompost und Bodenverbesserungsmittel zusammengestellt. Ablesbar sind die prinzipiellen Voraussetzungen bei der Entsorgung von Abfällen und der Stellenwert des vorsorgenden Boden- und Umweltschutzes in den einzelnen Staaten. Deutlich ist auch ein Unterschied zwischen Staaten mit etablierter getrennter Sammlung und jener mit ursprünglicher Müllkompostbereitung sichtbar. Die Regelungen in Belgien, Dänemark und den Niederlanden entsprechen in etwa dem Grenzwert der Kompostklasse I der ÖNORM S 2200.

Wenn es um die Festlegung von Grenzwerten für Schwermetalle geht, können vier einander nicht ausschließende Strategien verfolgt werden:

1. Risikoabschätzung auf der Basis von *“No Observable Adverse Effect Levels (NOAEL)”*. Der Grenzwert wird dort angesetzt, wo noch kein negativer Effekt zu beobachten ist.
2. Festlegung eines Grenzwertes mit Sicherheitszuschlag, nach dem Vorsorgeprinzip.
3. Zugrundelegung der bestmöglichen Technologie.
4. Überschneidungsansätze, welche die obigen drei Systeme kombinieren.

Tab. 5: Grenzwerte für Kompost und Bodenverbesserungsmittel in einigen europäischen Ländern (in ppm TS).

Metall	Grenzwerte für Kompost und Bodenverbesserungsmittel in Europa (ppm TS)															
	ÖST <sup>1)</sup> KL. I 1997	ÖST <sup>1)</sup> KL. II 1997	ÖST <sup>1)</sup> KL. III 1997	BRD <sup>2)</sup> RAL GZ 251 1992	BRD <sup>3)</sup> LAGA-M10 (non food)	CH <sup>4)</sup> StoV 1992	BELG <sup>5)</sup> VLACO	NL <sup>5)</sup> KIWA 1993	1995	DÄNEM <sup>5)</sup> vor 1995	ab 1995	FRANK <sup>5)</sup> AFNOR	ITAL <sup>5)</sup> DPR	SPAN <sup>5)</sup> geplant	CEN/ TC223/ WG2 <sup>6)</sup> Bodenver- besse- rungsmittel	EG- Umwelt- Zeichen <sup>7)</sup>
Cd	0,7	1,0	4	1,5	2,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	0,8	8	10	40	5,1	1,0
Cr	70	70	150	100	200	100	---	70	50	---	---	---	500/10*	750	262	100
Cu	70	100	400	100	200	100	90	90	60	---	---	---	600	1750	262	100
Hg	0,7	1,0	4	1,0	2	1,0	1,0	0,7	0,3	1,2	0,8	8	10	25	2,9	1
Ni	42	60	100	50	100	30	20	20	20	45	30	200	200	400	129	50
Pb	70	150	500	150	250	120	120	120	100	120	100	800	500	1200	552	100
Zn	210	400	1000	400	750	400	280	280	200	---	---	---	2500	4000	515	300

\* .....500 Cr III; 10.....Cr VI

1) Österreichische Schwermetallgrenzwerte Klasse I, Klasse II und Klasse III für Kompost nach ÖNORM S 2202

2) Deutsche Grenzwerte nach RAL GZ 251 (ANONYM, 1992d)

3). Vorschlag für "non food"-Aufbringung nach Merkblatt 10 (M10) der LAGA (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall Arbeitsgruppe "Biokompost", ANONYM, 1995c)

4) Schweizer Schwermetallgrenzen für Kompost nach der "Stoffverordnung 1992" (ANONYM, 1992c)

5) zitiert in JOPSKI (1993)

6) Vorschlag in CEN/TC223/WG2 "Soil Improvers and Growing Media" Arbeitsgruppe 2 "Safety", basierend auf EG-Klärschlamm-Richtlinie (ANONYM, 1995b)

7) Schwermetallgrenzwerte für Bodenverbesserungsmittel nach der EU-Kommissionsentscheidung 07/04/98/908, EG-Umweltzeichen (ANONYM, 1994g). Weiters sind die Gehalte von Mo mit 2 ppm TS, Se mit 1.5 ppm TS, As mit 7 ppm TS, und F mit 200 ppm TS eingeschränkt, wenn Materialien aus industriellen und städtischen Abfällen stammen.

Nachteil des "NOAEL"- Ansatzes ist die Ausreizung der beobachtbaren Effekte solange keine meßbare Schädigung sensibler Organismen auftritt. Dagegen steht im Zentrum der Strategie des präventiven Umweltschutzes ein konservativer Bodenschutz, der von Österreich und anderen nord- und mitteleuropäischen Staaten verfolgt wird. Zumeist werden die Richt- oder Grenzwerte mit Sicherheitszuschlägen vom NOAEL-Wert festgelegt. Die Akkumulation ist dabei zu minimieren. Damit wird die landwirtschaftliche Kompostwirtschaft auf ein qualitativ anspruchsvolles Niveau beschränkt.

Vorläufig wird es auf der Ebene der europäischen Normung keine verbindlichen Grenz- und Richtwerte geben. Am Beispiel der CEN/TC 223/WG2 wird die Kontroverse über das Problemfeld der Grenzwerte beleuchtet.

### 2.8.2.2 Internationale Aufbringungsbeschränkungen für Kompost

Neben produktspezifischen Grenzwerten sind maximale Schwermetallfrachten und Aufbringungsmengen von großem Interesse. *Tab. 6* zeigt die numerisch vorgeschriebenen oder jeweils errechneten Frachtobergrenzen und Mengenbeschränkungen in Österreich, Deutschland und der Schweiz. Zugrundegelegt sind dabei immer Komposte mit jeweils höchstzulässigen Schwermetall-Grenzwerten.

Es zeigt sich, daß die Frachtobergrenzen laut ÖNORM S 2200 über jenen der Deutschen und Schweizer Regulative liegen. Die Begrenzung der jährlichen Ausbringungsmenge für Kompost in der Schweiz auf 8,3 t TM/Jahr leitet sich nicht so sehr aus Schwermetallüberlegungen, als aus der Limitierung der Phosphatfracht ab.

### 2.8.2.3 Aufbringungsbeschränkungen für Kompost in österreichischen Regelungen

Dem gleichen Schema folgend sind in *Tab. 7* noch einmal die Auswirkungen der ÖNORM, bzw. der DMVo 1994 und der NÖ KlärschlammVo auf die maximalen Ausbringungsmengen und Schwermetallfrachten vergleichend dargestellt. Dabei sind jeweils Komposte der Klasse I und II entsprechend ÖNORM S 2200 zugrunde gelegt. Es zeigt sich, daß die Frachtenregelung der Düngemittelverordnung 1994 (BGBl.Nr. 1007/1994; DMVo) bereits in den Jahren bis 2004 deutlich strengere Maßstäbe setzt, als die ÖNORM S 2200. Die maximalen Ausbringungsmengen sind um etwa 30–60 % herabgesetzt. Durch die weitere Halbierung der Frachten ab 2005 laut DMVo werden die zulässigen Ausbringungsmengen im Ackerland für die Kl.I zwischen 4,5 und 7,2 t TS/ha\*a und für die Kl.II zwischen 2,1 und 5,0 t TS/ha\*a zu liegen kommen. Im Grünland, Garten- und Obstbau ist die Ausbringungsmenge auf 1,1 bis 2,5 t TS/ha\*a reduziert. Da diese Mengen in dieser Größenordnung auch für Klasse I Komposte gelten, kann von einer unrealistischen Beschränkung bzw. einer Ausgrenzung der Komposte gesprochen werden. Die Ausbringung von derartig geringen Mengen kann mit derzeit vorhanden Geräten nicht gewährleistet werden.

Wird etwa die NÖ. Klärschlammverordnung (LGBl. Nr. 6160/2-0; NÖ KSVo) zum Vergleich verwendet, so zeigt sich für die einzelnen Schwermetalle vor allem für die Periode bis Ende 2004 eine beachtliche Abweichung von der Frachtenregelung der DMVo. Während für die Elemente Cd, Cr, Cu, Hg und Zn gegenüber der DMVo die doppelten Kompostmengen zugelassen würden, stimmen sie bei Ni und Pb nahezu überein. Setzt man die Frachtenregelungen für die Periode nach 2005 nach der NÖ KSVo an, so sind ähnlich geringe Mengen wie gemäß der DMVo zulässig. Die Maßstäbe für die Kompostanwendung werden in den beiden Regelwerken aus Bereichen entlehnt, für die prinzipiell technische Reinigungsverfahren zur Verfügung stehen. Für Komposte sind Reinigungsverfahren nicht verfügbar, zumal die Sinnhaftigkeit einer Reinigung wegen der Schadstoffkonzentrationen nahe dem Hintergrundniveau nicht gegeben ist.

Tab. 6: Aufbringungsbeschränkungen für Kompost ( $t\ TS/ha^*a$ ) in Zusammenhang mit daraus errechneter oder vorgegebener Begrenzung der jährlichen Fracht für Schwermetalle ( $g/ha^*a$ ) in Österreich, in Deutschland und der Schweiz.

Metall	ÖSTERREICH ÖNORM S 2200 <sup>1)</sup>			DEUTSCHLAND				SCHWEIZ SToV <sup>b)</sup>			
	Menge KL. I $t/ha^*a$	Menge KL. II $t/ha^*a$	Fracht $g/ha^*a$	AbklärV <sup>2)</sup> & RAL-GZ 251 <sup>3)</sup>		M10 <sup>4)</sup> "non food"		M10 <sup>4)</sup> "food"			
				Menge $t/ha^*a$	Fracht $g/ha^*a$	Menge $t/ha^*a$	Fracht $g/ha^*a$	Menge $t/ha^*a$	Fracht $g/ha^*a$	Menge $t/ha^*a$	Fracht $g/ha^*a$
Cd	21,43	15	15	11	16,5	5	12,5	10	15	8,3	8,3
Cr	21,43	21,43	1500	15	1500	5	1000	10	1000	8,3	833
Cu	21,43	15	1500	13,3	1333	5	1000	10	1000	8,3	833
Hg	21,43	15	15	13,3	13,3	5	10	10	10	8,3	8,3
Ni	21,43	15	900	6,7	333	5	500	10	500	8,3	249
Pb	21,43	10	1500	10	1500	5	1250	10	1500	8,3	1000
Zn	21,43	11,25	4500	10,4	4167	5	3750	10	4000	8,3	3332

- 1) Österreichische Schwermetallgrenzwerte Klasse I und Klasse II für Kompost nach ÖNORM S 2200
- 2) nach der Schwermetallfrachtenregelung der deutschen Klärschlammverordnung (ANONYM, 1992f) und
- 3) den deutschen Grenzwerten nach RAL GZ 251 (ANONYM, 1992d)
- 4) Richtwerte für "non food" und "food"-Aufbringung nach Merkblatt 10 (M10) der LAGA (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall Arbeitsgruppe "Biokompost") (ANONYM, 1995c)
- 5) Schweizer Grenzwerte für Kompostaufbringung in "Stoffverordnung 1992 (StoV)" (ANONYM, 1992c)



Tab. 7: *Aufbringungsbeschränkungen nach den Frachtenregelungen für Schwermetalle in den österreichischen Normen und Gesetzen.*

Metall	Aufbringungsbeschränkungen nach den Frachtenregelungen für Schwermetalle in den österreichischen Normen und Gesetzen.				Aufbringungsbeschränkung nach Frachtenregelung der Klärschlammverordnung 1994 <sup>2)</sup>				Aufbringungsbeschränkung nach Frachtenregelung der Klärschlammverordnung 1994 <sup>2)</sup>			
	ÖNORM S 2200				Düngemittelverordnung 1994 <sup>1)</sup>				Frachtenregelung nach Klärschlammverordnung 1994 <sup>2)</sup>			
	Aufbringungsbeschränkungen nach Frachtenregelung in ÖNORM S 2200		bis 2004: Ackerland		ab 2005: Ackerland und bis 2004: Grünland/Gartenbau/Obstbau		ab 2005: Grünland/Gartenbau/Obstbau		bis 2004		ab 2005	
Menge t/ha <sup>3)</sup>	SM Fracht g/ha <sup>3)</sup>	Menge t/ha <sup>3)</sup>		Menge t/ha <sup>3)</sup>		Menge t/ha <sup>3)</sup>		Menge t/ha <sup>3)</sup>		Menge t/ha <sup>3)</sup>		
		Kl. I <sup>4)</sup>	Kl. II	Kl. I	Kl. II	Kl. I	Kl. II	Kl. I	Kl. II	Kl. I	Kl. II	
Cd	15	14,3	10	7,2	5,0	5	2,5	28,6	20,0	20	5	
Cr	1500	9,0	9	4,5	4,5	315	158	17,9	17,9	1250	125	
Cu	1500	9,0	6,3	4,5	3,2	315 *	158 **	17,9	12,5	1250	750	
Hg	15	14,3	10	7,2	5,0	5	2,5	28,6	20,0	20	5	
Ni	900	9,0	6,3	4,5	3,2	190	95	6,0	4,2	250	63	
Pb	1500	9,0	4,2	4,5	2,1	315	158	14,3	6,7	1000	250	
Zn	4500	11,9	6,3	5,4	3,2	1125 *	563 **	23,8	12,5	5000	3750	

\* Sofern die mit der empfohlenen Aufwandmenge ausgebrachten Kupfer- oder Zinkfrachten in der Kennzeichnung angegeben sind, dürfen die Frachtobergrenzen der Periode bis 2004 für Ackerland ausgeschöpft werden.

\*\* Sofern die mit der empfohlenen Aufwandmenge ausgebrachten Kupfer- oder Zinkfrachten in der Kennzeichnung angegeben sind, dürfen die Frachtobergrenzen der Periode bis 2004 für Weideland/Gartenbau/Obstbau ausgeschöpft werden.

\*\*\* Die jährliche Ausbringungsmenge auf Grünland ist zu halbieren.

1) Düngemittelverordnung 1994 (BGBl. Nr. 10077/1994)

2) NÖ Klärschlammverordnung 1994 (LGBl. Nr. 6160/2-0)

3) Maximale Ausbringungsmengen für Kompost, berechnet auf der Basis der Schwermetallgrenzwerte nach ÖNORM S 2200 Klasse I und II sowie der jeweiligen Frachtobergrenzen für Schwermetalle der Düngemittelverordnung 1994 (BGBl 10077/1994) und der NÖ Klärschlammverordnung 1994 (LGBl 6160/2-0).

4) Für Komposte der Klasse I der ÖNORM S 2200 ist keine Frachtenregelung und somit keine Aufbringungsbeschränkung vorgesehen. Bei Anwendung der für die Klasse II festgelegten Frachtenregelung auf die Klasse I ergäbe sich jedoch eine einheitliche Mengenbeschränkung von 21,43 t TS/ha<sup>3)</sup>.

### 2.8.2.4 Berechnungsmethode für Schwermetallregelungen

Die Konzeption der Schwermetallbegrenzung stellt einen Kontext zwischen Belastung der Materialien und dem noch tolerierbaren Bereich der Bodenbelastung her. Für die ökologische Problemstellung ist die tatsächliche Anreicherung innerhalb eines bestimmten Bewirtschaftungszeitraumes von Interesse. Unterschiedliche Ansätze führen daher zwangsläufig zu unter Umständen widersprüchlichen Ergebnissen und Schlußfolgerungen. Es sollte daher zuerst bei Diskussionen eine einheitliche Berechnungsmethode angestrebt werden. Berechnet man die Schwermetallanreicherung durch Kompost lediglich auf Basis der reinen Metallfrachten, so bleibt die dem Boden zugeführte mineralische Masse unberücksichtigt. Mit Kompostgaben werden etwa 30 % organische Masse und 70 % mineralische Masse zugeführt. Das führt dazu, daß nach Mineralisierung des organischen Anteils bei einer Gabe von 10 Tonnen TS Kompost der Boden mit 7 t durchwurzelbarer Schicht "vermehrt" wird, die in Ansatz zu bringen sind.

Es wird daher mit der nachfolgenden Formel – wie in ÖNORM 2202 angeführt – unter der Annahme eines durchschnittlichen Schwermetallgehaltes im Kompost über die jeweilige Periode der tatsächliche Schwermetallgehalt des Bodens nach beliebigen Bewirtschaftungszeiträumen berechnet:

$$SM_{Bn} = \frac{(M_B \times SM_{Bo}) + (M_K \times n \times SM_K)}{M_B + (M_K \times n \times 0,7)}$$

$SM_{Bn}$ .....Schwermetallkonzentration im Boden nach  $n$  Jahren Kompostaufbringung in mg/kg TM

$M_B$  .....Masse des Bodens pro ha bei einer definierten Bearbeitungstiefe in Tonnen TM (z.B. 3 000 t/ha bei einer Bodenschicht von 20 cm und einer Dichte von  $\rho = 1,5 \text{ g TM/cm}^3$ )

$SM_{Bo}$  ..... Schwermetallkonzentration im Boden zu Beginn des Bezugszeitraumes in mg/kg TM

$M_K$  .....durchschnittlich pro Jahr ausgebrachte Kompostmenge im Bezugszeitraum  $n$  Jahre, in Tonnen TM

$SM_K$ ..... Schwermetallkonzentration im Kompost, in mg/kg TM

$n$ .....Anzahl der Jahre des Bezugszeitraumes

0,7.....Faktor, der den durchschnittlichen mineralischen Massegehalt des Kompostes berücksichtigt

In Tab. 8 werden die unterschiedlichen Betrachtungsweisen, einerseits nach der obigen Formel und andererseits nach dem landläufigen Schema der Frachtenberechnung einander gegenübergestellt. Exemplarisch wird für das Element Cadmium in Abb. 1 der Berechnungsfehler grafisch verdeutlicht, der durch die Mißachtung der Zufuhr mineralischer Masse entsteht. Die geringe Masse der Klärschlammdüngung wirkt sich in der Berechnung für dieses Material nachteilig aus.

Tab. 8: Schwermetallanreicherung im Boden nach 100 Jahren Kompost- (30 % OM in TM) oder Klärschlamm- (60 % OM in der TM) Anwendung bei einer jährlichen Anwendung, unter Verwendung von zwei Berechnungsarten (mg/kg TM).

	Hintergrundbelastung Boden	Kompost KL. II/S2200 <sup>1)</sup>			Klärschlamm KL. III/2,5 t <sup>2)</sup>		
		Grenze	Formel	SM Fracht	Grenze	Formel	SM Fracht
Cd	0,3	1,0	0,66	0,87	8,0	1,04	1,04
Cr	30	70	53	80	500	71	72
Cu	25	100	57	76	500	68	68
Hg	0,1	1,0	0,48	0,63	8,0	0,81	0,80
Ni	30	60	44	60	100	37	38
Pb	25	150	64	79	400	62	62
Zn	70	400	177	223	2000	240	240

1) unter Annahme der maximalen Kompostfracht pro ha und Jahr gemäß ÖNORM S 2200 Klasse II

2) unter Annahme der maximalen Schwermetallfracht pro ha und Jahr nach der niederösterreichischen Klärschlammverordnung Klasse III bis 2004 (LGBl. Nr. 6160/2-0)

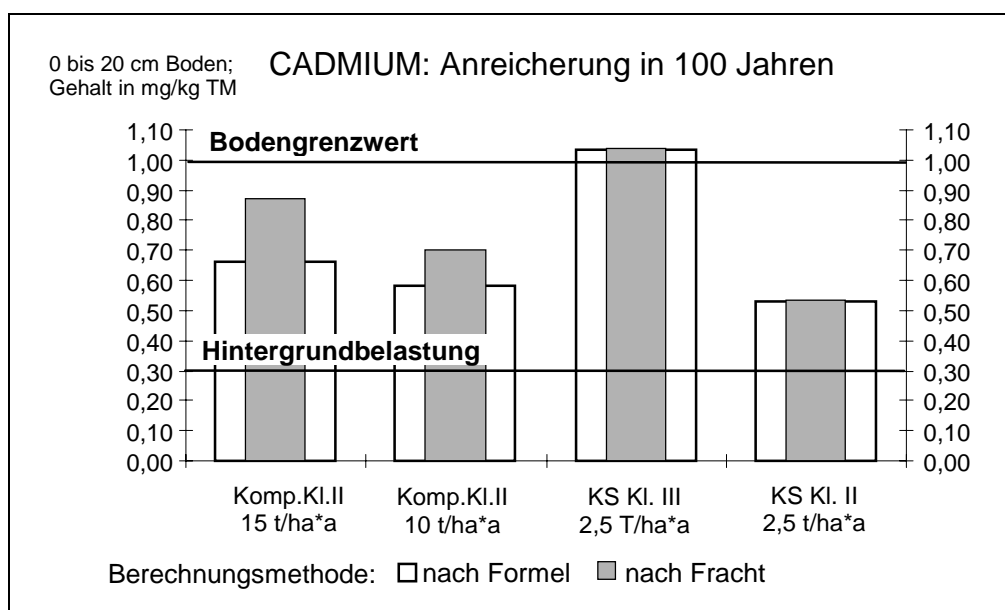


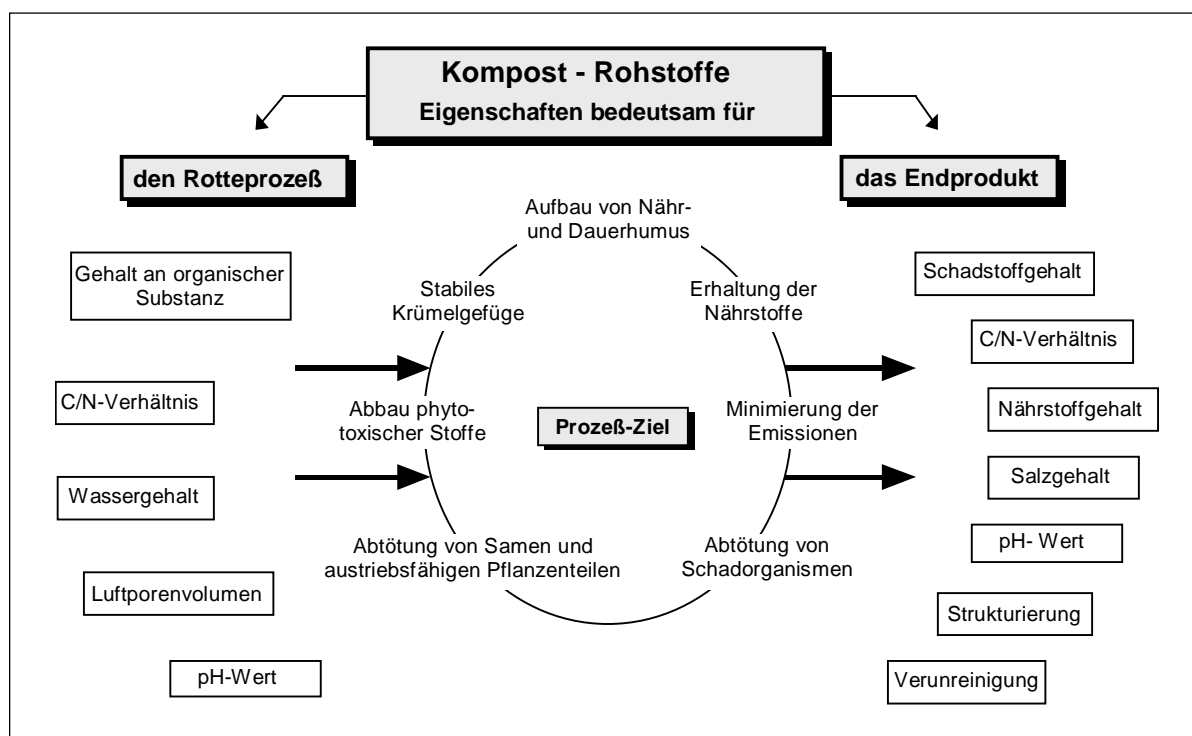
Abb. 1: Anreicherung des Bodens mit Cadmium nach 100 Jahren Kompost- bzw. Klärschlammaufbringung, bei jährlicher Anwendung. Berechnung mit (Formel) und ohne (Fracht) Berücksichtigung der Bodenvermehrung.

### 3 KOMPOSTROHSTOFFE: KRITERIEN FÜR DIE QUALITATIVE BEURTEILUNG

Es besteht weitgehend Einigung darüber, daß der Qualitätsbegriff in der Kompostierung nur anwendungsbezogen, also nach dem angestrebten Einsatzgebiet des Kompostes definiert werden kann (STÖPPLER-ZIMMER et al., 1993; AMLINGER, 1993; FISCHER et al., 1993; POLETSCHNY, 1993). Daher sind die Ziele, die man mit der Kompostanwendung ins Auge faßt, ausschlaggebend für die Kompostbereitung. Beispiele für Ziele der Kompostanwendung, welche unterschiedliche Anforderungen an den Kompost stellen, sind die Verbesserung der Bodenfruchtbarkeitsparameter, kurz-, mittel- und langfristige Düngewirkung oder die Verwendung als Komponente für Kultursubstrate.

Fertige Komposte sind daher mit dem Anforderungsprofil der einzelnen Anwendungen zu vergleichen und der Vorteil oder Nutzen von Kompost zu ermitteln. Negative Inhaltsstoffe verringern den Nutzen des Komposts. Aus diesen beiden gegenläufigen Aspekten des Komposts wird der Qualitätsbegriff für den Kompost gebildet. Die Gewichtung des Anwenders erfolgt aufgrund des jeweiligen Anwendungsfalles und des verfügbaren Kenntnisstandes.

Bei der Beurteilung der Ausgangsmaterialien müssen einerseits ihre Eignung für das Verfahren der Kompostierung selbst und andererseits jene Eigenschaften unterschieden werden, die für die Qualität des Endproduktes von Bedeutung sind. *Abb. 2* zeigt, daß die Qualitätsanforderung an den Rohstoff eng mit der Zielvorgabe der Kompostierung verknüpft ist.



*Abb. 2: Bedeutung der Kompost-Rohstoffe im Zusammenhang mit Rotteprozess und Endproduktqualität.*

Die Kenntnis des Mengengerüsts der in der Kompostanlage anfallenden Rohstoffe ist die Voraussetzung für die jeweilige Optimierung und Standardisierung der Prozeßführung. Die biotechnologischen Rahmenbedingungen können dann dem gewünschten Prozeßverlauf

angepaßt werden (GRABBE & SCHUCHARDT, 1993). Die Konditionierung der Ausgangsmaterialien, vor allem über die Maßnahmen des Zerkleinerns und Mischens, ist das Nadelöhr der Qualitätsbildung über die Prozeßführung hin zum vermarktungs- und einsatzreifen Endprodukt. Für das Ziel der Zerkleinerung und Mischung ist einerseits das Nährstoffangebot an den Oberflächen so zu gestalten, daß eine möglichst große "Angriffsfläche" für den mikrobiellen Abbau entsteht, andererseits ist aber unbedingt für eine ausreichende Grobstruktur und damit für die notwendige Sauerstoffzufuhr zu sorgen (siehe Abb. 3).

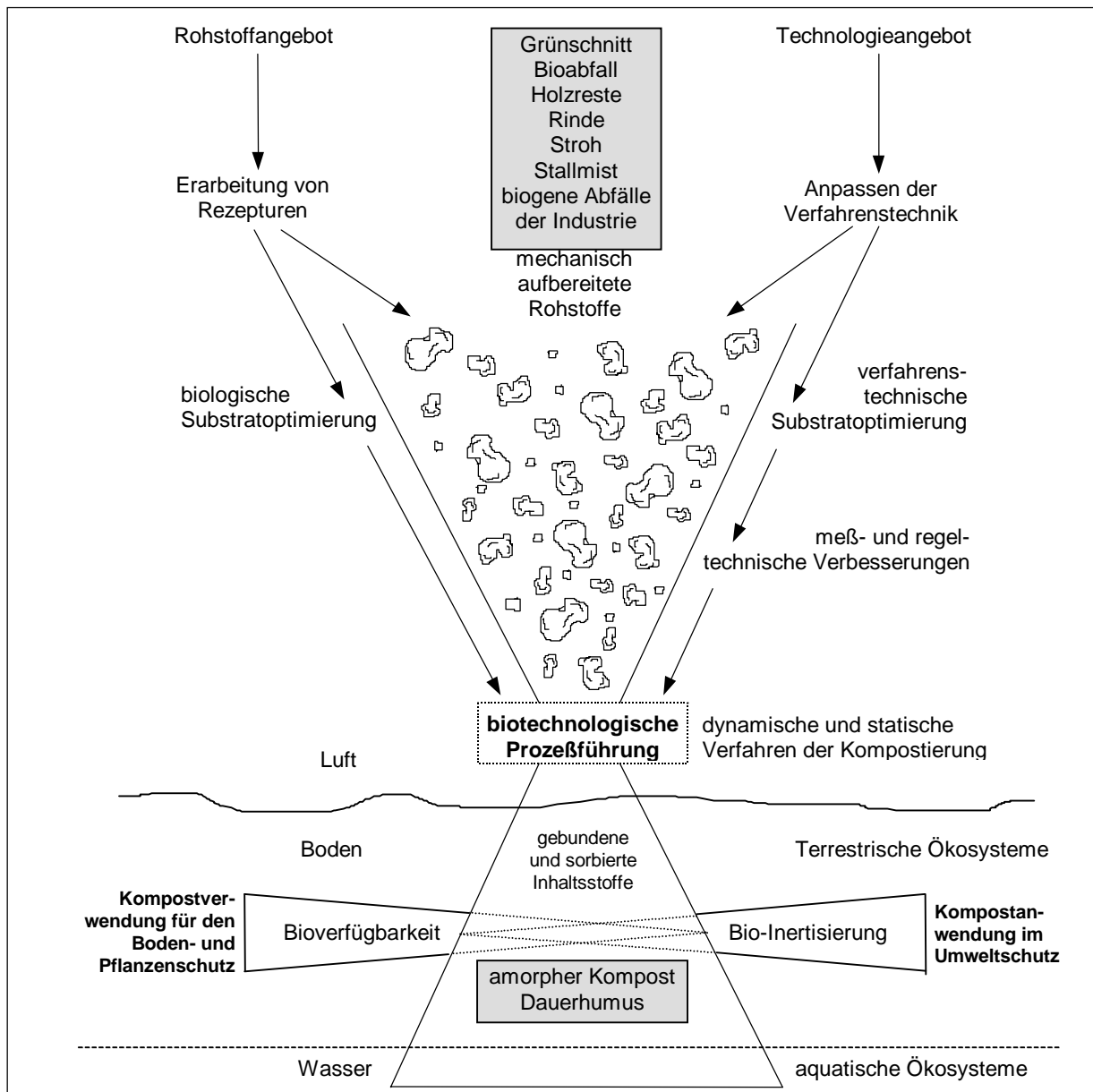


Abb. 3: Entwicklungsbedarf der biologischen und verfahrenstechnischen Substratoptimierung (GRABBE & SCHUCHARDT, 1993).

Um den optimalen Substratzustand für eine effiziente mikrobielle Stoffumsetzung erreichen zu können, sind folgende Voraussetzungen zu erfüllen:

- die Anwesenheit freien Wassers. Der optimale Wassergehalt ist abhängig von der Wasseraufnahmefähigkeit und der Strukturverteilung des Rottegutes. Er nimmt im Verlauf

der Rotte (Mineralisierung der organischen Substanz) mit abnehmender Wasserkapazität von 55–70 % zu Rottebeginn auf 35–45 % zur Abreife ab.

- ausreichendes Luftporenvolumen (30–50 %); die Zufuhr des Sauerstoffs und dessen Lösung in der flüssigen Phase wird so gewährleistet und die Ableitung des CO<sub>2</sub> ermöglicht; zugleich wird Ammoniak und Wasserdampf freigesetzt und Wärmeenergie abgeleitet.
- ein C/N-Verhältnis von (20) 25–35 (40) : 1; es muß sich um ausgewogene Anteile mikrobiell mobilisierbarer Kohlenstoff- und Stickstoffquellen handeln, um vor allem bei einem Überschuß an leicht verfügbarem Stickstoff hohe Verluste in Form von Ammoniak zu vermeiden (GRABBE & SCHUCHARDT, 1993).

Um eine gute Kompostqualität erzielen zu können, sind daher Maßnahmen zur Optimierung der Rezeptur der Substratmischung nach den Kriterien Nährstoffe, Wasser und Struktur und die Entwicklung und Anpassung der Aufbereitungs- und Kompostierungsverfahren notwendig.

Die in der ÖNORM S 2201 beschriebenen Parameter nehmen einerseits Bezug auf die Anforderungen einer aeroben Rotteführung, andererseits berücksichtigen sie qualitative Anforderungen des Endproduktes. Rotteignungsparameter, wie Wassergehalt, Schüttdichte oder Glühverlust werden bei einseitigen Materialien tendenziell zum verfahrensbedingten Optimum ausgeglichen. Die Angaben sind daher nur Orientierungswerte. In Tab. 9 sind die Qualitätsparameter beispielhaft für Garten- und Parkabfälle sowie Bioabfall aus Haushalten aufgeführt.

Tab. 9: Qualitätsanforderungen für Kompostrohstoffe am Beispiel Garten- und Parkabfälle sowie Bioabfall aus Haushalten (nach ÖNORM S 2201).

	Wasser- gehalt	Schütt- dichte	Salz- gehalt	Glüh- verlust	Σ Problem- stoffe	Lindan	Σ Ballast- stoffe*)	SM-Gehalte **)
Dimension	% FS	kg/l FS	mS/cm	% TS	% FS	mg/kg FS	% FS	%GW Kl.II***)
Garten- und Parkabfälle	30–70	≤ 0,75	≤ 5	≥ 30	≤ 0,01	≤ 0,2	≤ 0,5	≤ 50
Bioabfall aus Haus- halten	≤ 75	≤ 0,75	≤ 8	≥ 30	≤ 0,01	---	≤ 1	≤ 50

\*) Ballaststoffe > 2mm; Glasanteil max. 0,05 %

\*\*\*) Schwermetallgehalte; angegeben in mg/kg TS

\*\*\*\*) Angabe in Prozent des Grenzwertes der Klasse II Komposte

Der Rotteverlust während der Kompostierung führt zu einer Aufkonzentrierung der Schwermetalle, so daß der Ansatz von 50 % der Klasse II Komposte (letzte Spalte der Tab. 9) zu knapp bemessen sein kann.

In Tab. 10 werden typische Inputmaterialien für die Kompostierung in Hinblick auf ihre Eignung für die Rotte und auf die erzielbare Kompostqualität charakterisiert. Die Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie berücksichtigt jedoch die am häufigsten eingesetzten Rohstoffe.

Hilfsstoffe wie Tonmehl, Gesteinsmehl, pflanzliche Hilfsmittel und biologisch-dynamische Kompostpräparate werden zur Steigerung der mikrobiellen Umsetzung und zur Qualitätsverbesserung eingesetzt. Darunter werden die Förderung und Stabilisierung des organomineralischen Sorptionskomplexes, bessere Nährstoff- und Schadstoffbindung, Säureabpufferung, Strukturstabilisierung u. a. subsumiert (siehe RANINGER, 1993).

Tab. 10: Charakterisierung der Inputmaterialien für die Kompostierung nach Rotteeigenschaften und Nährstoffen (modifiziert in Anlehnung an R/ESS et al., 1993; SIHLER, 1993; GRABBE & SCHUCHARDT, 1993)

Reststoffart	Wertbestimmende Inhaltsstoffe	Nährstoffgehalt	C/N-Verhältnis	Verwendung als		Wassergehalt	zu erwartender Schadstoffgehalt	Hygienisierung erforderlich		Empfehlungen
				C-Quelle	N-Quelle			Phytohygiene	Humanhygiene	
Küchenabfall	Zellulose, Eiweiß	++	15–20	-	++	++++	+ / ++	+	+	Strukturmaterial zumischen
Bioabfall aus Haushalten	Zellulose, Lignin, Eiweiß	++	20–40	++	++	+++	+ / ++	+	+	Strukturmaterial zumischen
Gemüse- und Obstabfälle	Zucker, Zellulose, Eiweiß	+++	13–20	++	+++	++ / ++++	+	+	-	Strukturmaterial zumischen
Lebensmittelabfälle (Großküche)	Zellulose, Eiweiß	+++	12–20	+	+++	++ / ++++	+ / ++	+	++	Strukturmaterial zumischen
Streu und Kot von Haustieren	Lignin, Zellulose, Eiweiß, Ton	++	++	++	+	- / ++	+ / ++	-	++	intensiv mit weiteren Reststoffen abmischen
Altpapier, Kartonagen	Zellulose, Lignin	+	> 60	+++	-	-	+ / +++ (Tiefdruckkerzeugnisse; Chlorbleiche)	-	-	Strukturmaterial und Nährstoffträger zumischen
Rasenschnitt (jung)	Zellulose, Eiweiß	++++	12–25	+	+++	+ / +++	- / +++ (Straßenbegleitgrün)	+	+	Strukturmaterial zumischen, anwelken
Mähgut (alt; Straßenmeisterei)	Zellulose, Lignin	+ / ++	15–30	++	++	- / +++	- / +++ (Straßenbegleitgrün)	+	-	Strukturmaterial und Nährstoffträger zumischen; ggf. anwelken
Strauch- und Baumschnitt	Zellulose, Lignin	++	100–150	+++	+	- / +	- / ++ (Emissionsstandorte)	-	-	Eiweißträger zumischen
Laub (Gärten, Kommune)	Zellulose, Lignin, Gerbstoffe	++	30–60	+++	+	+ / +++	- / +++ (Emissionsstandorte)	-	-	Strukturmaterial zumischen

Tab. 10 (Fortsetzung): Charakterisierung der Inputmaterialien für die Kompostierung nach Rotteigenschaften und Nährstoffen (modifiziert in Anlehnung an RIESS et al., 1993; SIHLER, 1993; GRABBE & SCHUCHARDT, 1993).

Reststoffart	Wertbestimmende Inhaltsstoffe	Nährstoffgehalt	C/N-Verhältnis	Verwendung als		Wassergehalt	zu erwartender Schadstoffgehalt	Hygienisierung erforderlichlich		Empfehlungen
				C-Quelle	N-Quelle			Phytohygiene	Humanhygiene	
Rinde	Zellulose, Lignin, Gerbstoffe	+	100–130	+++	-	-/+++	+ / ++ (Zn, Cr, Pestizide)	+	-	Eiweißträger zumischen
Holzchäkel (Altholz, Sägewerk)	Lignin	+	100–500	+++	-	-	+ / ++ (Pestizide)	-	-	Eiweißträger zumischen
Traubentrestler	Zellulose, Lignin, Eiweiß	+++	16–30	++	++	++	+ (evtl. Cu)	-	-	-
Obstrestler	Zellulose, Lignin, Eiweiß	++	45–50	++	++	++	+	-	-	Strukturmaterial zumischen
Schlempe (Obst, Getreide, Kartoffel)	Zellulose, Lignin, Eiweiß	+++	+++	++	++	++++	+	-	-	Strukturmaterial zumischen
Filtrationskieselgur (Kelterei ...)	Kieselgur, Eiweiß	-	2–6	-	+++	+++	+ (ggf. Asbest)	-	-	positiver Einfluß auf die Pflanzengesundheit
Getreideabfälle (Schalen, Spelzen)	Zellulose, Lignin	++	18–25	+++	-	-	+	+	-	Strukturmaterial und Eiweißträger zumischen
Melasse (Zuckerindustrie)	Zucker	+++	+++	+	++	++++	+	-	-	als Nährstoffzusatz geeignet
Vinasse (Hefeindustrie)	Kohlenhydr., Eiweiß	++++	3–5	+	+++	-/++++	+	-	-	als Nährstoffzusatz geeignet
Rübenerde	Mineralstoffe	++	++	+	+	+ / +++++	+	++	-	Strukturmaterial zumischen
Panseninhalt	Zellulose, Eiweiß, Bakterienflora	++++	3–5	+	+++	++++	+	-	++	Strukturmaterial zumischen, abpressen



Tab. 10 (Fortsetzung): Charakterisierung der Inputmaterialien für die Kompostierung nach Rotteeigenschaften und Nährstoffen (modifiziert in Anlehnung an RIESS et al., 1993; SIHLER, 1993; GRABBE & SCHUCHARDT, 1993).

Reststoffart	Wertbestimmende Inhaltsstoffe	Nährstoffgehalt	C/N-Verhältnis	Verwendung als		Wassergehalt	zu erwartender Schadstoffgehalt	Hygienisierung erforderlich		Empfehlungen
				C-Quelle	N-Quelle			Phytohygiene	Humanhygiene	
Borsten, Hornabfälle	Eiweiß	+++	3–6	+	+++	-	+	-	++	zerkleinern, als Nährstoffzusatz geeignet
Knochenabfälle	P, Ca, Eiweiß	+++	+++	+	+	-	+	-	++	zerkleinern, als Nährstoffzusatz geeignet
Pilzmycel (Pharmazeut. Industrie)	Glucosamin (Chitin)	++++	1–5	+	+	+	+	-	-	Strukturmaterial zumischen
Tabakabfälle	Zellulose, Eiweiß	++/+++	18–24	++	++	-	++ (Nikotin)	-	-	Strukturmaterial zumischen
Kakaoschalen	Zellulose, Lignin	+++	20	++	++	-	++	-	-	-
Ölsaatenrückstände	Zellulose	++	40	++	+	+	+	-	-	Strukturmaterial zumischen

Legende:	-	+	++	+++	++++
Nährstoffgehalt	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch
C/N-Verhältnis	sehr weit	weit	mittel	eng	—
Geeignet als C- od. N-Quelle	ungeeignet	geeignet	gut geeignet	sehr gut geeignet	—
Wassergehalt	zu trocken	gering	mittel	hoch	zu feucht
Schadstoffgehalt	sehr gering	gering	mittel	hoch	—
Hygienisierung erforderlich	bedenklich	eingeschränkt unbedenklich	bedenklich	—	—

## 4 GRUNDLAGENDATEN AUS ÖSTERREICH

Grundlage für die Auswahl der Kompostanlagen für die vorliegende Erhebung der Kompostqualitäten bildeten eine Auswertung im Rahmen der Bundesabfallwirtschaftsplanung (LASSNIG, 1994) und die Studie "Sammlung und Verwertung kommunaler biogener Abfälle in Österreich" von RANINGER (1995). Die Probenzahl war mit 42 beschränkt, so daß entsprechend der verschiedenen Fragestellungen eine weitgehend repräsentative Auswahl getroffen wurde. Die typischen Kompostanlagen, Regionen und Sammelschienen wurden in der Auswahl berücksichtigt. Zunächst sind jene Ergebnisse der o. a. Arbeiten zusammengefaßt, die für die Auswahl der Kompostwerke herangezogen wurden.

### 4.1 Kompostierungsanlagen und Kapazitäten in Österreich im Jahr 1994

LASSNIG (1994) erhob 1994 österreichweit 321 bewilligte Anlagen mit einer Gesamtkapazität von 332.000 Tonnen Input-Material. In der folgenden Übersicht ist die Situation, aufgeschlüsselt nach Bundesländern und nach den Kapazitätsklassen größer und kleiner 1.000 t/a, zusammengefaßt.

Tab. 11: Verteilung der Kompostierungsanlagen und deren Kapazitäten in den Bundesländern 1994 (nach LASSNIG, 1994).

Bundesland	Anlagenzahl	Kapazität in Tonnen/Jahr
Burgenland	3	k.A.
	0 *	0 *
Kärnten	1	7.500
	k.A. *	k.A. *
Niederösterreich	27	66.800
	127 *	k.A. *
Oberösterreich	25	63.000
	28 *	8.300 *
Salzburg	2	21.500
	2 *	1.200 *
Steiermark	14	36.000
	62 *	5.000 *
Tirol	34	7.200
	23 *	7.000 *
Vorarlberg	1	13.000
	0 *	0 *
Wien	2	93.000
	0 *	0 *
Österreich	79	310.000
	242 *	22.000 *
<b>Gesamt</b>	<b>321</b>	<b>332.000</b>

k.A. keine Angabe

\* Anlagen mit einer Jahreskapazität < 1.000 Tonnen

## 4.2 Gesamtaufkommen und Potential an biogenen Abfällen in Österreich

RANINGER (1995) erhob 1994 das Potential der Bioabfallkompostierung in Österreich nach den Kriterien:

- Anlagenkapazität,
- Rohstoffe: Bioabfall aus Haushalten/Garten- und Parkabfällen/Friedhofsabfällen/Straßenbegleitgrün,
- Bundesländer,
- Betreiber,
- Erfassungs- und Anschlußgrad.

### 4.2.1 Potential an biogenen Abfällen und Verarbeitungssituation für 1994, 1996 und geschätzt für 2000

In folgender Tabelle sind das Gesamtpotential an biogenen Abfällen und des bisherigen (1994), des im Jahr 1995 für 1996 zu erwartenden bzw. des angestrebten (2000) Verarbeitungsumfangs der einzelnen Verarbeitungsschienen dargestellt, aufgeschlüsselt nach den organischen Abfallarten Bioabfall, Garten- und Parkabfälle, Friedhofsabfälle und Straßenbegleitgrün (nach RANINGER, 1995). Bei den Schätzungen wurden die organischen Abfallmengen als konstant angenommen und lediglich die Verteilung als veränderlich unterstellt.

Tab. 12: Gesamtpotential und die Verarbeitungssituation von kommunalen biogenen Abfällen 1994 und hochgerechnet für 1996 und 2000 (nach RANINGER, 1995).

Abfallart	Gesamtpotential	Verarbeitung in Kompostierungsanlagen		Verarbeitung durch Eigenkompostierung		ohne getrennte Verarbeitung	
		(t/a)	(%)	(t/a)	(%)	(t/a)	(%)
<b>1994</b>							
Bioabfall aus Haushalten	1.094.000	229.500	21	546.000	50	318.500	29
Garten- und Parkabfälle	619.000	235.000	38	291.000	47	93.000	15
Friedhofsabfälle	200.000	40.000	20	20.000	10	140.000	70
Straßenbegleitgrün	300.000	50.000	17	20.000	7	230.000	77
<b>Summe</b>	<b>2.213.000</b>	<b>554.500</b>	<b>25</b>	<b>877.000</b>	<b>40</b>	<b>781.500</b>	<b>35</b>
<b>1996</b>							
Bioabfall aus Haushalten	1.094.000	390.000	36	520.000	47	184.000	17
Garten- und Parkabfälle	619.000	302.000	49	255.000	41	62.000	10
Friedhofsabfälle	200.000	110.000	55	40.000	20	50.000	25
Straßenbegleitgrün	300.000	100.000	33	30.000	10	170.000	57
<b>Summe</b>	<b>2.213.000</b>	<b>902.000</b>	<b>41</b>	<b>845.000</b>	<b>38</b>	<b>466.000</b>	<b>22</b>
<b>2000</b>							
Bioabfall aus Haushalten	1.094.000	446.000	41	520.000	47	128.000	12
Garten- und Parkabfälle	619.000	322.000	52	235.000	38	62.000	10
Friedhofsabfälle	200.000	140.000	70	40.000	20	20.000	10
Straßenbegleitgrün	300.000	220.000	73	50.000	17	30.000	10
<b>Summe</b>	<b>2.213.000</b>	<b>1.128.000</b>	<b>51</b>	<b>845.000</b>	<b>38</b>	<b>240.000</b>	<b>11</b>

Das Gesamtpotential für kommunale biogene Abfälle in Österreich liegt demnach etwas über 2,2 Mio. Tonnen pro Jahr. Von diesen wurden 1994 etwa 25 % (554.500 t) in Kompostierungsanlagen und 40 % (877.000 t) über die Eigenkompostierung erfaßt. 35 % des Gesamt-

potentials blieben noch ohne getrennte Verarbeitung. Für 1996 schätzte RANINGER (1995) mit einer knapp 80 %igen Verwertungsquote der organischen Abfälle.

#### 4.2.2 Erfassungsgrad der biogenen Abfälle

1994 waren etwa 20 % der Gesamtbevölkerung noch an keine getrennte Erfassung der biogenen Abfälle angeschlossen. Der Eigenkompostierungsanteil betrug 41 %, der an die Bioabfallsammlung angeschlossene Einwohneranteil 39 %. Für die Zukunft geht RANINGER (1995) in der Studie von einer schwindenden Bedeutung der Eigenkompostierer zu Gunsten der Bioabfallsammler aus.

#### 4.2.3 Gesamtpotential an Bioabfall aus Haushalten

RANINGER (1995) hat das Gesamtpotential der Biotonnenabfälle (= Bioabfall aus Haushalten) auf rund 1,1 Mio. t/a geschätzt (Tab. 13), wobei bei Erreichen der Zielvorgaben im Jahr 2000 nur mehr von etwa 10 % unverwertetem, nicht getrennt gesammeltem, organischem Restpotential ausgegangen wird. 1994 wurden immerhin 30 % über die getrennte Sammlung nicht erfaßt.

Tab. 13: Gesamtpotential und Verarbeitungsschienen von Bioabfällen aus Haushalten (BIOTONNE) 1994 und nach Umsetzung der Zielvorgaben 2000 (nach RANINGER, 1995).

Bundesland	1994 2000 (geschätzt)	Gesamt- potential (t/a)	Verarbeitung in Kompostierungs- anlagen		Verarbeitung durch Eigenkompostie- rung		ohne getrennte Verarbeitung	
			(t/a)	(%)	(t/a)	(%)	(t/a)	(%)
Burgenland	1994	43.002	4.500	10	32.709	76	5.793	14
	2000	43.002	8.000	19	30.813	71	4.190	10
Kärnten	1994	77.513	1.000	1	45.412	59	31.101	40
	2000	77.513	27.000	35	42.788	55	7.725	10
Niederöster- reich	1994	216.282	60.000	27	128.245	59	28.037	14
	2000	216.282	71.000	34	127.021	58	18.261	8
Oberösterreich	1994	189.085	27.000	14	104.429	55	58.656	31
	2000	189.085	69.000	36	100.033	54	19.052	10
Salzburg	1994	72.512	16.000	22	35.513	48	21.999	30
	2000	72.512	30.000	42	34.055	48	8.457	10
Steiermark	1994	166.749	43.000	26	94.074	57	30.676	17
	2000	166.749	63.000	37	92.690	55	12.059	8
Tirol	1994	98.732	7.000	7	46.282	46	45.450	47
	2000	98.732	42.000	43	44.786	47	11.946	10
Vorarlberg	1994	47.013	6.000	13	26.751	57	14.261	30
	2000	47.013	16.000	36	24.783	57	6.230	10
Wien	1994	183.349	65.000	35	26.999	15	91.350	50
	2000	183.349	120.000	65	23.775	13	39.574	22
<b>Österreich</b>	<b>1994</b>	<b>1.094.238</b>	<b>229.000</b>	<b>21</b>	<b>540.414</b>	<b>50</b>	<b>324.474</b>	<b>29</b>
	<b>2000</b>	<b>1.094.238</b>	<b>446.000</b>	<b>41</b>	<b>520.744</b>	<b>48</b>	<b>127.562</b>	<b>11</b>

#### 4.2.4 Verarbeitungsschienen für Bioabfall aus Haushalten

Die Anlagenkapazitäten, die 1994 zur Verfügung standen, sowie deren Verteilung in den Bundesländern zeigt *Tab. 14*.

*Tab. 14: Verarbeitungsschienen für Bioabfall aus Haushalten 1994 und geschätzt für 2000; Zahl der Anlagen nach Durchsatzkapazitäten und prozentualer Verarbeitungsanteil am Gesamtpotential (nach RANINGER, 1995).*

Bundesland	1994 2000 (geschätzt)	Anlagenkapazität > 2.000 t/a		Anlagenkapazität 500–2.000 t/a		Anlagenkapazität < 500 t/a		Eigen- kompostierung in Masse % vom Gesamt- potential
		Anzahl der Anlagen	in Masse % vom Gesamt- potential	Anzahl der Anlagen	in Masse % vom Gesamt- potential	Anzahl der Anlagen	in Masse % vom Gesamt- potential	
Bgl.	1994	1	6 %	2	4 %	0	0 %	76 %
	2000	2	11 %	2	7 %	0	0 %	72 %
K	1994	1	1 %	0	0 %	0	0 %	59 %
	2000	3	41 %	3	2 %	14	2 %	55 %
NÖ	1994	17	15 %	35	8 %	55	3 %	60 %
	2000	17	20 %	36	11 %	55	4 %	57 %
OÖ	1994	3	8 %	22	4 %	29	2 %	55 %
	2000	3	17 %	26	14 %	31	5 %	54 %
Sbg.	1994	2	21 %	2	1 %	0	0 %	48 %
	2000	2	42 %	2	1 %	0	0 %	47 %
Stmk.	1994	5	15 %	21	7 %	73	4 %	57 %
	2000	8	24 %	21	9 %	73	5 %	54 %
Tirol	1994	3	3 %	10	3 %	13	2 %	46 %
	2000	8	30 %	20	11 %	20	3 %	46 %
Vlbg.	1994	1	13 %	0	0 %	0	0 %	57 %
	2000	2	33 %	0	0 %	0	0 %	57 %
Wien	1994	2	35 %	0	0 %	0	0 %	15 %
	2000	2	65 %	0	0 %	0	0 %	13 %
Österreich	1994	37	13 %	92	3 %	170	1 %	53 %
	2000	47	31 %	111	6 %	193	2 %	51 %

Es zeigt sich, daß es künftig eine Verschiebung der Verarbeitung biogener Haushaltsabfälle in Richtung zentraler Anlagen mit Kapazitäten > 2.000, resp. > 5.000 Tonnen pro Jahr geben sollte.

Betrachtet man die Verteilung der Bioabfallmengen aus Haushalten auf die Anlagentypen nach ihrer Jahreskapazität ohne Berücksichtigung der Eigenkompostierung (siehe *Tab. 15*), zeigt sich folgendes: 1994 wurden mehr als 50 % oder 130.000 Tonnen in Anlagen > 5.000 t/a verarbeitet. 50 % davon (65.000 t) entfielen dabei auf die Stadt Wien. Nach Verwirklichung der z. T. bereits realisierten Projekte wird sich dieser Anteil auf über 60 % oder 240.000 t/a erhöhen.

Tab. 15: Anzahl der Anlagen, Sammelmengen und prozentualer Anteil an den gesammelten Bioabfällen aus Haushalten, aufgeschlüsselt nach Anlagenkapazitäten (nach RANINGER, 1995).

Jahr	Anlagenkapazität											
	> 5.000 t/a			2.000–5.000 t/a			500–2.000 t/a			50–500 t/a		
	Anzahl Anlagen	Mengen (t/a)	Anteil (%)	Anzahl Anlagen	Mengen (t/a)	Anteil (%)	Anzahl Anlagen	Mengen (t/a)	Anteil (%)	Anzahl Anlagen	Mengen (t/a)	Anteil (%)
1994	14	130.000	50 %	21	36.400	16 %	92	43.400	19 %	170	18.000	8 %
1996 *	24	240.000	62 %	23	54.700	14 %	110	71.300	18 %	193	24.000	9 %

\*..... Schätzung nach RANINGER (1995)

Teilt man die Anlagen in zwei Kapazitätsklassen mit kleiner und größer 2.000 t/a, dann schätzt RANINGER (1995) für 1996 eine Aufteilung der verarbeiteten Mengen an Bioabfällen aus Haushalten mit 95.000 t oder 28 % in dezentralen Anlagen mit Kapazitäten < 2.000 t/a und 302.000 t oder 72 % in zentralen Anlagen mit Kapazitäten > 2.000 t/a.

Die durchschnittliche Verteilung der Kapazitäten in den Bundesländern ist Abb. 4 zu entnehmen. Anhand der Daten wird deutlich, daß die Strukturierung der Anlagen nach Kapazitätsklassen in den Bundesländern sehr unterschiedlich ist. In der Steiermark, in Niederösterreich, Oberösterreich, Tirol und Kärnten liegt die Kapazität bei einer gleichzeitig höheren Anlagenzahl unter dem österreichischen Durchschnitt.

Tab. 16: Anzahl der Anlagen und durchschnittliche Anlagenkapazität in den einzelnen Bundesländern 1994 und 1996 (aus RANINGER, 1995).

Bundesland	1994		1996	
	Anzahl der Kompostanlagen	Durchschnittliche Anlagenkapazität	Anzahl der Kompostanlagen	Durchschnittliche Anlagenkapazität
	(n)	(t/a)	(n)	(t/a)
Burgenland	3	2.700	4	3.500
Kärnten	1	7.500	20	950
Niederösterreich	107	1.050	108	1.050
Oberösterreich	54	910	60	1.200
Salzburg	4	5.600	4	6.500
Steiermark	99	500	102	740
Tirol	26	950	48	1.200
Vorarlberg	1	8.000	2	10.000
Wien	2	65.000	2	65.000
<b>Österreich gesamt</b>	<b>297</b>	<b>1.400</b>	<b>350</b>	<b>1.500</b>

## 5 AUSWAHL DER KOMPOSTANLAGEN

Bei der Auswahl von 34 Kompostanlagen bzw. -proben aus einer Grundgesamtheit von ca. 300 Anlagen mit einer äußerst unterschiedlichen Verteilung auf die Bundesländer, mußten die Anlagen zunächst im Hinblick auf die zu untersuchenden Kriterien abgefragt werden.

Folgende Kriterien sollten in Hinblick auf die Qualitätsbildung in dieser Untersuchung überprüft werden:

1. Rohstoffart: Biogene Abfälle aus Haushalten ("Biotonne") gegenüber Garten- und Parkabfällen ("Grünschnitt").
2. Einzugsgebiet: Unterscheidung nach Siedlungstypen.
3. Anlagengröße (Jahreskapazität).
4. Repräsentative Verteilung über das gesamte Bundesgebiet.
5. Betreiber (Kommune/Abfallwirtschaftsverband/Gewerbe/Landwirtschaft).
6. Anlagen im Vergleich zur Eigenkompostierung (Hausgartenkomposte).

Auf Grund der Fülle der Kriterien erfolgte daher eine gezielte Auswahl der Kompostanlagen, da weder eine zufällige Stichprobe aus der heterogenen Grundgesamtheit noch aus Teilgruppen als zielführend erschien.

Die Auswahl der **8 Eigenkompostierer** erfolgte in gleicher Weise und wurde nach Beratung mit dem Verein "Kompost Tiger" getroffen. In Salzburg war zudem das Abfallwirtschaftsamt des Magistrats der Stadt Salzburg bei der Auswahl behilflich. Das wesentliche Kriterium war hier die Unterscheidung in Komposte aus vorwiegend Küchenabfall und Gartenabfall (je 4 Komposte).

Für die Festlegung der restlichen **34 Kompostanlagen** wurde anhand der bestehenden Erhebungen von LASSNIG (1994) und RANINGER (1995) eine Vorauswahl von etwa 50 Anlagen getroffen. Dabei wurden in erster Linie die Kriterien Rohstoffart und Einzugsgebiet herangezogen.

Für den Vergleich der erzielbaren Qualität von Komposten aus biogenen Haushaltsabfällen (BIOTONNE) und Garten- und Parkabfällen (GRÜNSCHNITT) wurden 4 Grünschnittanlagen im städtischen Bereich und 6 Grünschnittanlagen mit vorwiegend ländlichem, locker besiedeltem Charakter bestimmt. Bei drei Grünschnittanlagen wurden Proben von Biotonnen-Komposten des gleichen Einzugsgebietes gezogen. Damit sollte eine direkte Vergleichbarkeit ermöglicht werden.

Für eine repräsentative Bestimmung der mehr städtischen oder ländlichen Anlagen mit Verarbeitung der Biotonne ergab sich die Schwierigkeit einer exakten Zuordnung des Einzugsgebietes zu einer definierten Siedlungsstruktur. Wie bereits die Erhebung zur Bioabfallverarbeitung von RANINGER (1995) zeigte, weist der größte Teil der dezentralen und regionalen Kompostanlagen mit Kapazitäten zwischen 500–5.000 t/a sehr inhomogene Sammelgebiete auf. Der Anteil der Haushalte in einer Gemeinde, die an Kompostanlagen angeschlossen sind, schwankt zwischen 10 und 80 % – ebenso sind bei der Anzahl der an eine Anlage angeschlossenen Gemeinden beachtliche Unterschiede festzustellen. Um Fehlschlüssen durch die Unterschiede des Einzugsgebietes vorzubeugen, wurden die den beprobten Kompostchargen zugehörigen Sammelmengen den einzelnen Gemeinden zugeordnet.

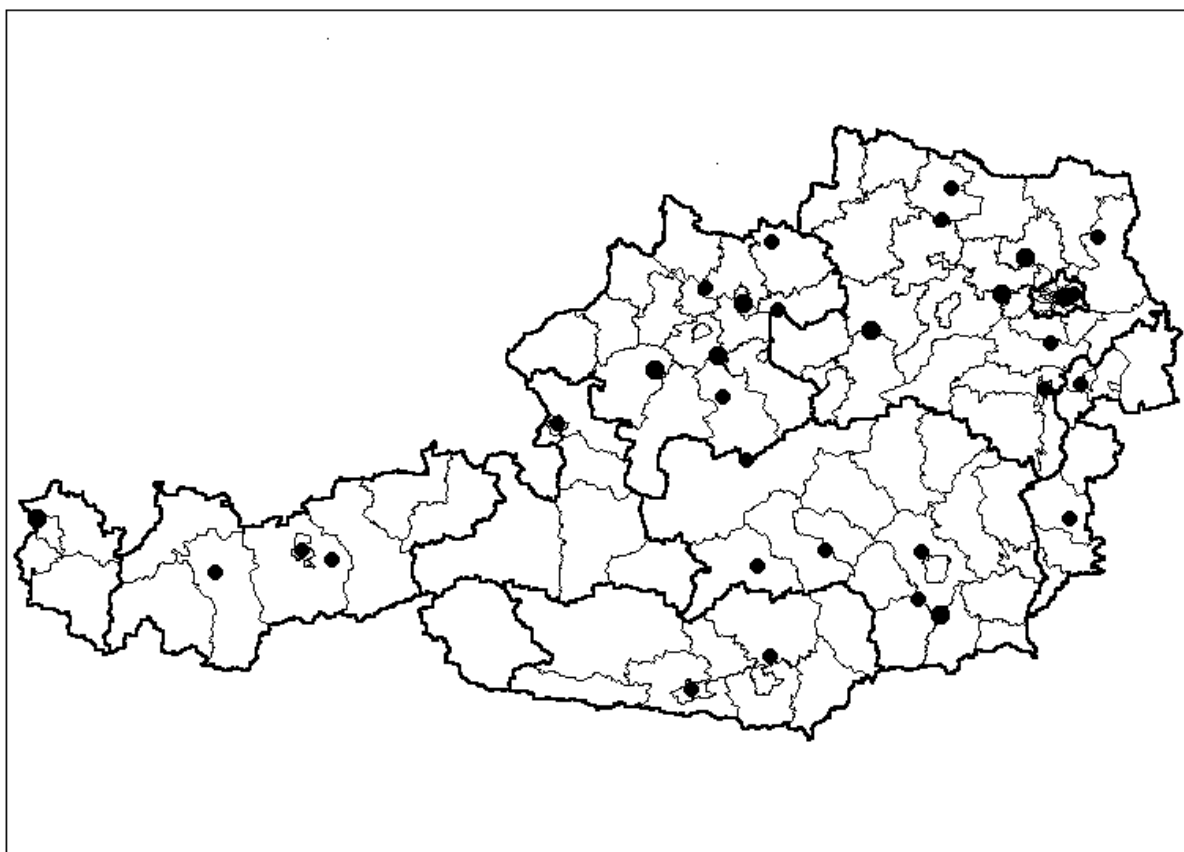
Schließlich stellten sich **drei Klassen an Siedlungstypen** heraus:

- "Vorwiegend Stadt": über 50 % der Rohstoffe stammen aus Gemeinden mit mehr als 20.000 EW. Anzahl der beprobten Anlagen: 19.
- "Stadt-Land": die Rohstoffe stammen typischerweise zu 50–80 % aus Gemeinden mit 2.000–20.000 EW. Meist handelt es sich dabei um 1–2 Gemeinden mit relativ hohen An-

schlußquoten > 40 %. Der Rest ist unterschiedlich auf Gemeinden bis 5.000 Einwohner verteilt. Anzahl der beprobten Anlagen: 8.

- “Vorwiegend Land”: die Rohstoffe verteilen sich mehr oder weniger gleichmäßig auf Gemeindegrößen < 2.000 EW. Anzahl der beprobten Anlagen: 15.

Die Lage der beprobten Kompostanlagen ist *Abb. 4* zu entnehmen.



*Abb. 4: Verteilung der 34 beprobten Kompostanlagen in Österreich.*



## 6 FRAGEBOGENERHEBUNG

### 6.1 Konzept des Fragebogens

Mit dem Anlagenbetreiber bzw. dem für die Durchführung der Kompostierung zuständigen Facharbeiter wurden anhand eines Fragebogens (siehe Anhang, S. 346ff.) die Rahmenbedingungen der Kompostproduktion erhoben.

Dabei kam es vor allem darauf an, ein möglichst umfassendes Bild zu Einzugsgebiet, Materialzusammensetzung und Kompostierungsverfahren in bezug auf die beprobte Charge zu erhalten. Es wurde versucht, die wesentlichen Eckdaten zu erfassen, die einen direkten oder indirekten Einfluß auf die Kompostqualität haben können.

Im folgenden sind die wichtigsten Kriterien des Fragebogens aufgelistet:

- Rechtsstatus der Anlage (Verantwortlichkeit).
  - Erfassungsstatus biogener Abfälle.
  - Angeschlossene Einwohner/Haushalte
  - Siedlungsstruktur und Einwohnerzahlen im Einzugsgebiet
  - Sammelsystem (Abfuhrhythmus, Gebindeform, Gebührensystem, Grünschnitterfassung)
- Öffentlichkeitsarbeit.
- Verarbeitete Mengen.
  - Materialströme (Biotonne, Gewerbe, Grünschnitt, Zuschlagstoffe)
- Kompostierungsverfahren.
  - Aufbereitung (Häckseln, Fremdstoffabscheidung, Materialzusammensetzung, Materialmischung)
  - Rottesystem
- Qualitätsuntersuchungen nach ÖNORM S 2200.

Von besonderem Interesse waren die möglichen Einflußgrößen und Umstände, welche für eine Differenzierung der Kompostqualitäten verantwortlich sind. Aus diesem Blickwinkel wurden fünf Fragestellungen formuliert und anhand der gewonnen Analysedaten überprüft:

1. Welche Mengen wurden aus welchen Siedlungstypen angeliefert (Stadt- oder Landkompost)?
2. Handelt es sich um organische Abfälle aus Haushalten (Biotonne) oder um Garten- und Parkabfälle (Grünschnitt)?
3. Wie "zentral" ist das Kompostwerk (Anzahl der Einwohner im Einzugsgebiet; Jahresdurchsatz der Anlage)?
4. Welche Kompostierungsverfahren wurden von der Materialaufbereitung bis zum vermarktungsreifen Produkt verwendet?
5. Welche qualitätsverbessernden Maßnahmen wurden eingesetzt (z. B. Öffentlichkeitsarbeit, Störstoffauslese, Prozeßkontrolle, eigene Qualitätskontrollen)?

### 6.2 Durchführung der Befragung

Die Durchführung der Befragung erfolgte in Form eines Interviews mit dem Werkverantwortlichen. Eine Überprüfung bei unschlüssigen Antworten erfolgte – etwa bei der Sammellogistik oder dem Einzugsgebiet – mit dem zuständigen Sachbearbeiter des Abfallwirtschaftsver-

bandes. Die Zusammensetzung und die Entstehungsgeschichte der für die Probenahme ausgewählten Chargen wurden anhand des Fragebogens möglichst detailliert besprochen.

Die geführten Gespräche mit den Anlagenbetreibern und ihren zuständigen Mitarbeitern machten deutlich, daß die Qualitätsfrage v. a. auch in Hinblick auf Anwendung und Vermarktung neben verfahrens- und emissionstechnischen Problemen mit großem Engagement verfolgt wird.

### **6.3 Ergebnisse der Fragebogenerhebung**

Die Auswertung des Fragebogens erfolgte in zweifacher Form:

- Volltextangaben: In einer Tabelle wurden alle Angaben in vollem Wortlaut wiedergegeben (siehe Anhang, Tabelle 4, S. 301ff.). Die im Fragebogen erhobenen Parameter betreffen im wesentlichen die Bereiche Sammlung, Öffentlichkeitsarbeit, Ausbildung, Verfahrenstechnik und Qualitätskontrolle. Die Kriterien und die im Fragebogen verwendeten Begriffe werden im Anhang, Seite 283ff., erläutert.
- Verrechnungstabelle: Zur weiteren statistischen Verrechenbarkeit der Angaben aus den Fragebögen werden diese numerisch verschlüsselt.

Um eine Auswertung der wichtigsten Parameter wie Siedlungstyp, Einwohner im Einzugsgebiet, Kapazität oder Jahresdurchsatz der Anlage etc. zu ermöglichen, wurden die Daten in bis zu 5 Klassen zusammengefaßt.

An dieser Stelle wird die Verteilung einiger wesentlicher Kriterien im Rahmen der 34 Kompostwerke und 8 Hausgartenkomposte dokumentiert. Daten der vorliegenden Erhebungen von RANINGER (1995) und LASSNIG (1994) wurden mit verwendet.

#### **6.3.1 Aufteilung der beprobten Anlagen nach Biotonnen-/Grünschnitt-Anlagen**

Insgesamt wurden 24 Kompostanlagen mit Verarbeitung von getrennt gesammelten organischen Abfällen aus Haushalten (Biotonne) ausgewählt und beprobt. 10 Kompostwerke verarbeiten ausschließlich Garten- und Parkabfälle (Grünschnitt).

#### **6.3.2 Aufteilung der beprobten Anlagen auf die Bundesländer**

Bei der Auswahl der Kompostwerke ergab sich auch die Frage der "gerechten" oder repräsentativen Erfassung der einzelnen Bundesländer. Dabei schien es durchaus sinnvoll, die absolute (kompostmengenunabhängige) Anzahl der Anlagen zu berücksichtigen. So spiegelt sich die höhere Anlagendichte in den Bundesländern Niederösterreich, Oberösterreich und Steiermark in der Zahl der untersuchten Anlagen wider (siehe *Abb. 5* und *Abb. 6*).

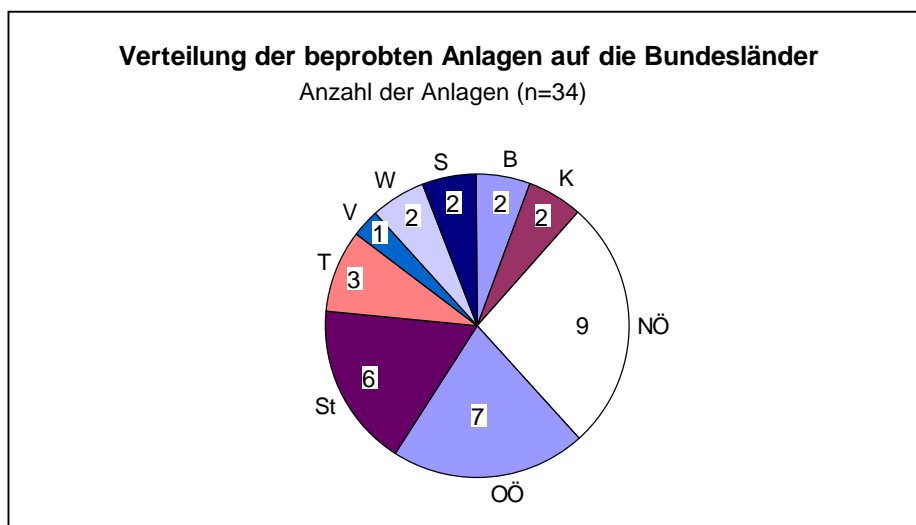


Abb. 5: Anzahl der beprobten Anlagen (= 34) in den einzelnen Bundesländern.

In Abb. 6 wird deutlich gemacht, daß die relative Betonung der Anlagen aus Nieder- und Oberösterreich sowie der Steiermark auch tatsächlich dem höheren Anteil der Kompostanlagen in diesen Ländern an der Grundgesamtheit der österreichischen Kompostanlagen entspricht.

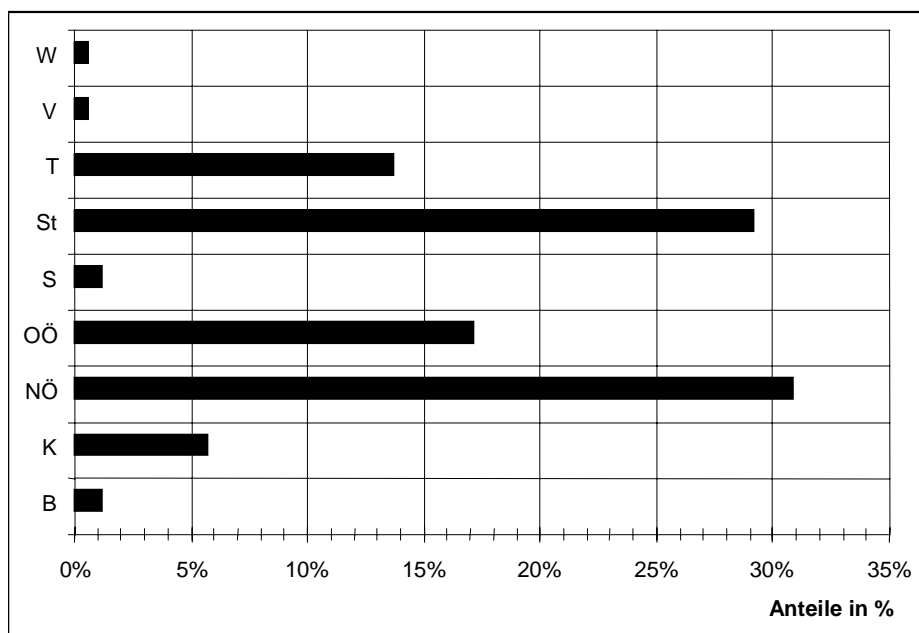


Abb. 6: Verteilung sämtlicher Kompostanlagen in Österreich (= 350) auf die einzelnen Bundesländer.

### 6.3.3 Aufteilung der Anlagen nach Rechtsstatus

In Hinblick auf den rechtlichen Status werden 4 Betreiber typen unterschieden. Für die 34 beprobten Anlagen ergab sich im Vergleich mit den von LASSNIG (1994) erhobenen gesamten Anlagen Österreichs die in Tab. 17 dargestellte Verteilung.

Tab. 17: Beprobte und gesamtösterreichische Kompostierungsanlagen gegliedert nach Betreiber-typen.

Betreibertyp	Erhebung		österreichweit (LASSNIG, 1994)	
	Anzahl	%	Anzahl	%
Landwirt	11	32,4%	234	59,5%
Kommune	10	29,4%	101	25,7%
Gewerbe	7	20,6%	49	12,5%
Abfallwirtschafts- verband (AWV)	6	17,6%	9	2,3%

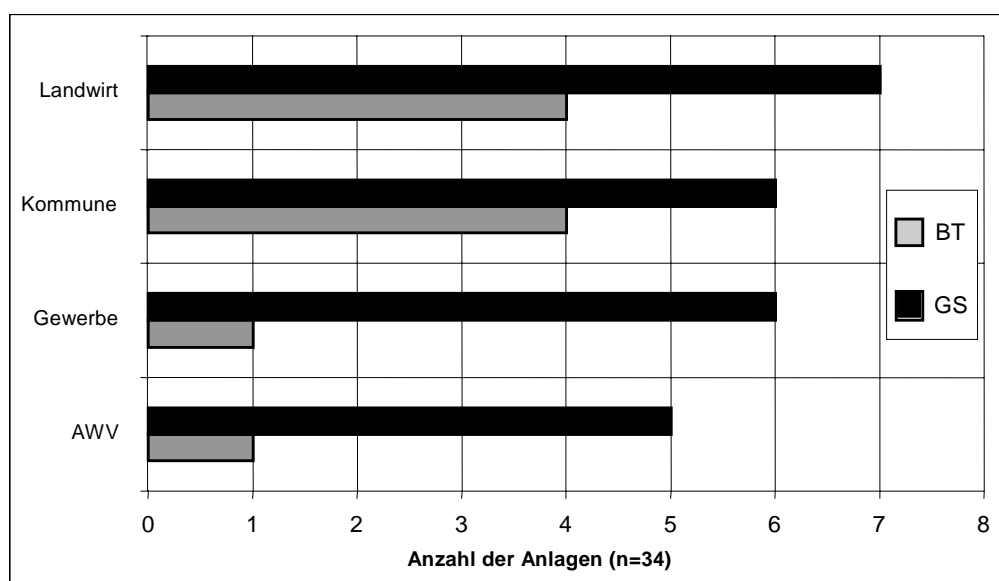


Abb. 7: Rechtsstatus der beprobten Kompostanlagen, BT = Biotonne, GS = Grünschnitt.

### 6.3.4 Aufteilung der Anlagen nach Siedlungstypen

Wie in Kapitel 5 beschrieben, wurden in Abhängigkeit von der Siedlungsstruktur der an die Kompostierungsanlage angeschlossenen Gemeinden drei Siedlungstypen unterschieden. Dabei gab die tatsächliche Mengenverteilung aus den drei Siedlungstypen über einen definierten Sammelzeitraum den Ausschlag für die Zuordnung. Für die Anlagen bei den Rohstoffgruppen "Biotonne" und "Grünschnitt" ergab sich folgende Aufteilung:

- Vorwiegend Stadt (Schwerpunkt: Gemeinden mit > 20.000 EW): 11 Anlagen
- Vorwiegend Land (Schwerpunkt: Gemeinden mit < 2.000 EW): 15 Anlagen
- Stadt-Land (Schwerpunkt: Gemeinden mit 2.000–20.000 EW): 8 Anlagen

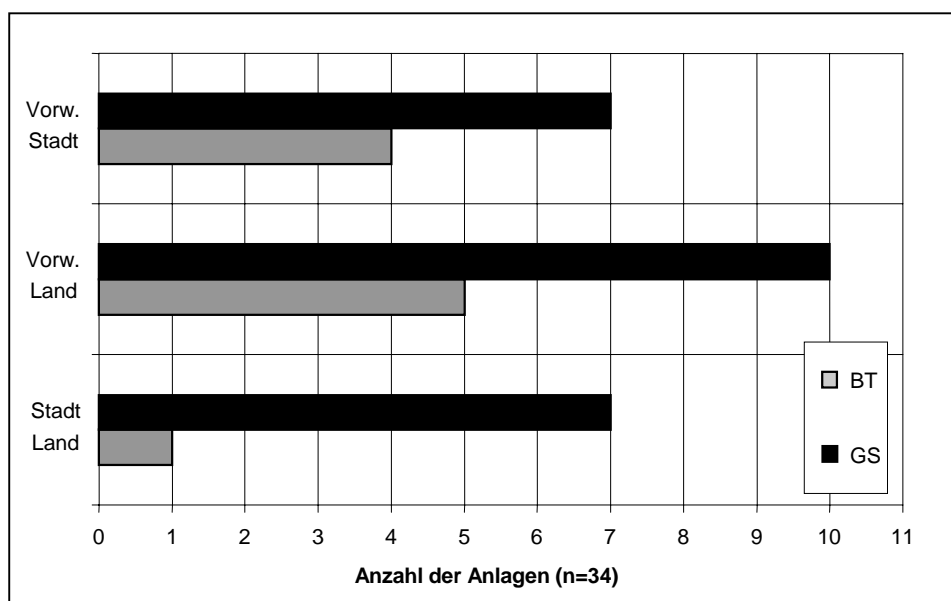


Abb. 8: Verteilung der Siedlungstypen im Einzugsgebiet der Anlagen.

### 6.3.5 Sammelzeitraum der Rohstoffe

Eine mögliche Einflußgröße für die Kompostqualität stellt der Sammelzeitraum der Rohstoffe dar. Dies gilt insbesondere für die Biotonne, deren Materialzusammensetzung erheblich mit der Jahreszeit schwankt. Dies betrifft vor allem das Verhältnis zwischen Abfällen aus der Küche, Rasenschnitt, verholztem Grünschnitt (Strukturmaterial) und Laub (AMLINGER, 1993; FRICKE & VOGTMANN, 1990). Bedingt durch den Probenahmezeitpunkt (Mai bis Juli) handelt es sich bei den meisten Biotonnen-Anlagen bei einer durchschnittlichen Rottedauer von 4–6 Monaten um Winterkomposte (14), gefolgt von 4 Herbst- und 3 Frühjahrskomposten. Bei den Grünschnitt-Anlagen ist die Verteilung des Sammelzeitraums über das Jahr verteilt.

### 6.3.6 Einwohner im Einzugsgebiet und Jahreskapazität der Anlagen

Vielfach wird die Frage der Qualität mit der Größe bzw. der "zentralen" oder "dezentralen" Struktur einer Anlage in Bezug auf die Einwohner im zugehörigen Einzugsgebiet und die Jahresdurchsatzleistung in Verbindung gebracht. Für die Auswertung wurden 4 "Einwohnerklassen" und ebenfalls 4 Kapazitätsklassen gebildet. Die Verteilung ist aus Tab. 18 ersichtlich.

Die in Tab. 18 dargestellten Kapazitätsklassen sind bis auf die Klasse zwischen 5.000 bis 10.000 t/a bei Grünschnitt-Anlagen gleichmäßig – mit leichtem Übergewicht bei den Anlagen < 5.000 t/a – auf die Probenanzahl verteilt.

Tab. 18: Einwohner im Einzugsgebiet und Kapazität der 34 beprobten Kompostierungsanlagen.

Einwohner im Einzugsgebiet	Biotonne	Grünschnitt	Gesamt
> 100.000	7	3	10
bis 100.000	4	2	6
bis 50.000	8	2	10
bis 10.000	5	3	8
Anlagenkapazität (t/a)	Biotonne	Grünschnitt	Gesamt
> 10.000	5	2	7
bis 10.000	4	1	5
bis 5.000	7	3	10
bis 1.000	8	4	12

Ein klarer Zusammenhang konnte zwischen der Größe des Einzugsgebietes, gemessen an der Einwohnerzahl, und den jeweils verarbeiteten Mengen errechnet werden ( $R^2=0,6581$ ) (siehe Abb. 9).

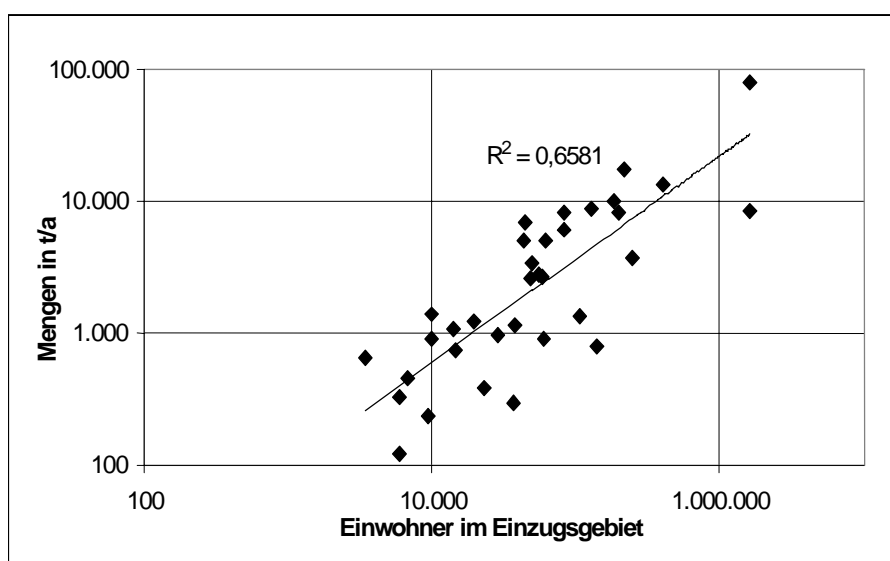


Abb. 9: Zusammenhang zwischen den 1994 verarbeiteten Materialmengen und der Einwohnerzahl des gesamten Einzugsgebietes bei 24 Biotonnen-Anlagen.

Für die Unterscheidung der Anlagen hinsichtlich ihrer Betreiber werden 4 Kategorien herangezogen: "Landwirt", "Gewerbe", "Kommune" und "Abfallwirtschaftsverband". Die Anlagen mit Landwirten als Betreibern heben sich hinsichtlich der geringeren Einwohnerzahl des Einzugsgebietes (unter 50.000) und der durchwegs niedrigeren Anlagenkapazität (unter 1.000 t/a) deutlich ab. Dies spiegelt die dezentrale Struktur dieser Verarbeitungsschiene wider. Zwischen den Betreiberkategorien "Gewerbe", "Kommune" und "Abfallwirtschaftsverband" lässt sich hinsichtlich dieser beiden Parameter keine Differenzierung herauslesen.

In Abb. 10 kann der Anteil der mit den beprobten Anlagen erfassten Mengen an der Gesamtkapazität in den einzelnen Bundesländern abgelesen werden. Hier lässt sich die dezentrale bzw. zentrale Struktur der Biotonnen-Verarbeitung in den Bundesländern erkennen. So fällt

der Erfassungsgrad in Ländern mit dezentralen Verarbeitungsstrukturen (Niederösterreich, Oberösterreich, Steiermark) deutlich niedriger aus, als in solchen mit wenigen großen Anlagen (Wien, Salzburg, Vorarlberg, Burgenland). Das Bild ist jedoch etwas verzerrt, da die Städte Klagenfurt und Innsbruck zum Untersuchungszeitpunkt noch keine eigene Verarbeitung der biogenen Abfälle aus Haushalten eingerichtet hatten.

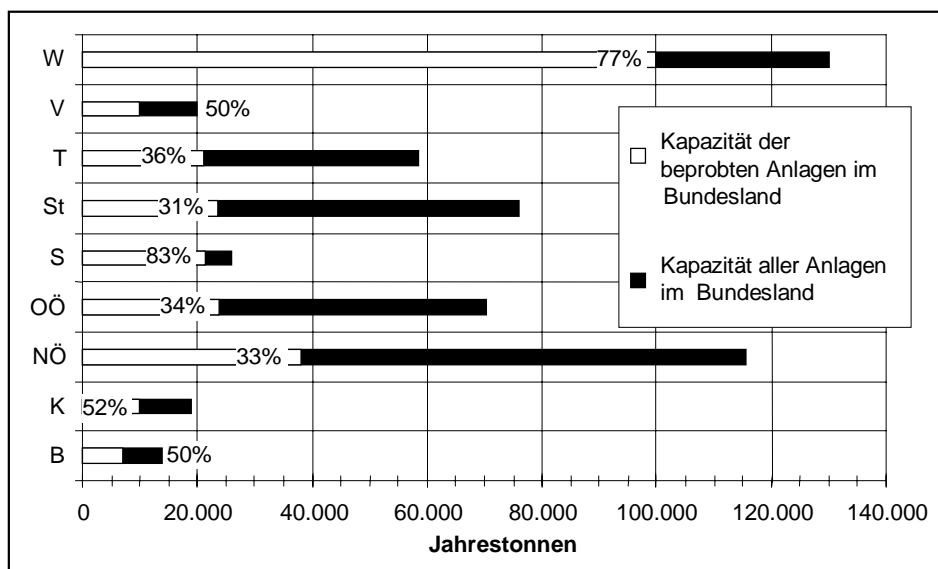


Abb. 10: Anteil der aufsummierten Jahreskapazitäten in den 24 beprobten Biotonnen-Anlagen im Verhältnis zur Gesamtkapazität nach Bundesländern 1996.

### 6.3.7 Inbetriebnahme der Kompostierungsanlagen

90 % der beprobten Kompostwerke wurden zwischen 1990 und 1994 errichtet und in Betrieb genommen. Dies entspricht im wesentlichen der Einführungsphase der Biotonne im Zusammenhang mit der Verordnung über die getrennte Sammlung biogener Abfälle (BGBl. Nr. 68/1994).

### 6.3.8 Ausbildung und Öffentlichkeitsarbeit

In Abhängigkeit der besuchten Kurse der Anlagenbetreiber und der für die Kompostierung verantwortlichen Mitarbeiter wurde der Ausbildungsstatus in den Kompostanlagen in die Kategorien "eigene Erfahrung", "1–2 Ausbildungskurse" und "≥ 3 Ausbildungskurse" unterteilt. In 27 von 34 Anlagen besuchten die Mitarbeiter zumindest einen Ausbildungs- und Fortbildungslehrgang. Nur 7 Anlagenbetreiber beziehen ihre Kenntnisse ausschließlich aus eigener Erfahrung.

Besonders für die Einführung der Biotonne spielt eine auf die örtlichen Verhältnisse (Siedlungsstruktur) gut abgestimmte Öffentlichkeits- und Informationsarbeit eine wesentliche Rolle für deren Gelingen. Dies betrifft neben der generellen Akzeptanz insbesondere auch den jeweils erzielbaren Reinheitsgrad. Die Frage, ob ein professionelles PR-Konzept umgesetzt wurde, beantworteten 13 mit NEIN (davon 8 Anlagen mit Biotonne), 17 mit JA, und 4 blieben ohne Angabe. Wenn auch das Fehlen gezielter PR-Maßnahmen mehrheitlich bei landwirtschaftlichen Kompostwerken anzutreffen ist (7), zeigte sich vor allem bei dezentralen Kleinanlagen im ländlichen Raum oft ein hoher Reinheitsgrad im gesammelten Material.

Dies wird z. T. durch die direkte Kontrolle der Fehlwürfe bei der Abholung durch den Landwirt gefördert, der zu stark verunreinigte Tonnen mit einem entsprechenden Verweis versieht oder nicht entleert. Zudem fördert die Androhung einer Pönale im Wiederholungsfalle meist die Sorgfalt bei der Trennung im Haushalt. Eine im städtischen Raum notwendige professionelle Aufklärungs- und Öffentlichkeitsarbeit kann im ländlichen Raum durch das Wegfallen der Anonymität zumindest teilweise ersetzt werden.

### 6.3.9 Gebühren für die Biotonne

Die Motivation zur Eigenkompostierung ist von einer Vielzahl an Rahmenbedingungen abhängig (LUDWIG-BOLTZMANN-INSTITUT FÜR BIOLOGISCHEN LANDBAU, 1993; AMLINGER, 1993). Ein Faktor ist die Verknüpfung der Gebührengestaltung mit dem Verursacherprinzip. Diese ist natürlich nur im Falle eines liegenschaftsbezogenen Holsystems wirksam. Eine "teure" Biotonne regt an, im eigenen Garten zu kompostieren. Die Wertschätzung dieser "Mühe" wird durch hohe Gebühren deutlicher und finanziell interessant. Bei der überwiegenden Anzahl der Biotonnen-Anlagen ist die Gebühr für die Abfuhr der biogenen Abfälle gesondert ausgewiesen.

### 6.3.10 Daten zum Kompostierungsverfahren

28 Anlagen weisen eine Mietenkompostierung auf. Der Großteil davon (18) kompostiert in Form von Walm- oder Dreiecksmieten mit einem gezogenen oder selbstfahrenden Umsetzgerät. In 8 Anlagen erfolgt die Umsetzung ausschließlich mittels Radlader. Eine Anlage arbeitet mit einem Wendelin Bühler, eine mit einem Polypengreifer und zwei Anlagen mit einer TBU-Fräse.

In Hinblick auf die Rottedauer ist bei Mietensystemen die Umsetzhäufigkeit vor allem während der Vor- und Hauptrottephase von Bedeutung. Die Umsetzung erfolgt mehrheitlich in einem drei- bis zehntägigen Rhythmus, wobei fast die Hälfte der Anlagen in Intervallen von 10 Tagen umsetzen. Bei optimalem Mischungsverhältnis, ausreichend Strukturmaterial und nicht zu großem Mietenquerschnitt scheint dieses Intervall in der Regel ausreichend zu sein. Bei Mieten über 2–2,5 m Höhe und mit hohem Anteil der Naßfraktion (> 65 Vol.%) sind Störungen der Kompostierung vorherzusehen.

Die Naßfraktion wird in den Anlagen mit Biotonne meist mit 50 bis 80 % angegeben. Der Grünschnittanteil bleibt hier unter 50 %. Von 24 Biotonnen-Anlagen gaben 16 an, weniger als 25 % Grünschnitt zur Biotonne zuzumischen. Insgesamt kompostieren jedoch nur 4 Werke praktisch die reine BIOTONNE mit einem Anteil von > 90 % an der Gesamtmischung.

Bei den Bewässerungssystemen zeichnet sich kein Trend zu einem bestimmten Verfahren ab. Knapp die Hälfte der Kompostwerke bewässern mittels Schlauch oder Vakuumfaß. In 8 Anlagen kommt eine Befeuchtung bei den Umsetzgeräten zum Einsatz, und 7 Werke haben Beregnungsanlagen installiert.

Vier Anlagen arbeiten in der Vor- oder Intensivrotte mit geschlossenen "Rotteboxen". In einem Fall ist eine Biogasanlage (anaerobe Vergärung) der Kompostierung vorgeschaltet. Nur in zwei Anlagen kommt eine Rotteplatte mit Saug- bzw. Druckbelüftung in der Intensivrotte zum Einsatz.

RANINGER (1993a) setzte die Schwelle für den Einsatz von verfahrensgesteuerten, technisch unterstützten Anlagen bei 1.000 Jahrestonnen an. Weitergehende Anforderungen für den Einsatz geschlossener Systeme hängen von der vorwiegenden Materialstruktur (Naßanteil), dem Tages- oder Wochendurchsatz und der Nähe von Siedlungen aufgrund der zu erwartenden Emissionen ab.



## 7 DURCHFÜHRUNG DER PROBENAHEME UND PROBENVORBEREITUNG

### 7.1 Allgemeiner Überblick

Die Probenahme erfolgte nach einem einheitlichen Schema (standardisiertes Auswahlverfahren), das jeweils an die örtlichen Gegebenheiten angepaßt wurde. Aufgabe der Probennehmer war es, eine für das Kompostwerk repräsentative Probe zu ziehen, wobei folgende Kriterien für die Auswahl einer Miete bzw. einer Charge herangezogen wurden:

- möglichst weitgehende Vermarktungsreife der Charge (Siebfähigkeit),
- Zuordenbarkeit der Charge zu einem Sammelzeitraum,
- Dokumentation des Einzugsgebietes der Rohstoffe,
- Dokumentation des Kompostierungsverfahrens und des Rottefortschritts.

Nach einem Lokalaugenschein und einer ersten Befragung des Anlagenbetreibers erfolgte die Auswahl der Charge. Diese lag zum Teil bereits gesiebt (8–25 mm), teils ungesiebt vor. Je nach Korngröße wurde eine Vorsiebung bei 25 mm vorgenommen und in einem zweiten Schritt die Sammelprobe bei 10 mm abgesiebt. Je nach Mietenform und Mietengröße erfolgte die Gewinnung der Sammelprobe (siehe Kapitel 7.2), danach wurde die Mischprobe (siehe Kapitel 7.3) sowie Teilproben (siehe Kapitel 7.4) hergestellt.

Bei der Probenahme aus der Kompostmiete handelt es sich, statistisch betrachtet, um eine Anzahl von Einzelproben die zufällig an einer Stelle der Miete gezogen wurde. Diese Einzelproben wurden zu einer Sammelprobe vereint. In der Regel wurden 15 bis 20 Einzelproben, je nach Form der Miete gezogen. Eine Homogenisierung der Sammelprobe erfolgte bei der Durchmischung und eventuell notwendigen Einengung auf das Sammelprobenvolumen von 25 Liter. Auf die Problematik der Varianz der analytischen Meßwerte bei wiederholter Sammelprobenziehung wird im Kapitel 8.9 Wiederholungsproben eingegangen.

### 7.2 Herstellung der Sammelprobe

Wie oben angeführt, erforderte die jeweilige Situation in den Anlagen unterschiedliche Probenahmevergänge. Diese sollten daher der jeweiligen Situation angepaßt, jedoch normiert vorgenommen werden. Derzeit ist eine solche Normierung, angepaßt an die jeweilige Kompostiertechnik, noch ausständig.

#### 7.2.1 Große Tafelmieten oder gesiebte Kompostlager (> 200 m<sup>3</sup>)

Mit dem Radlader wurde die oberste Schicht von ca. 50 cm abgetragen, um den Einfluß eines eventuellen Staubeintrages auf die Probe auszuschließen. Von allen zugänglichen Seitenflächen aus dem oberen, mittleren und unteren Bereich der Miete wurden mit dem Radlader mindestens 30 m<sup>3</sup> entnommen und zu einer "Probenmiete" aufgesetzt. Dieser Miete wurden 8–10 Einzelproben entnommen und insgesamt eine Sammelprobe von 160–200 Litern hergestellt.

#### 7.2.2 Kleinere Tafelmieten (< 200 m<sup>3</sup>); Walmmieten

Je nach Mietenform wurden in einem durchschnittlichen Abstand von 2–3 Metern 10–20 Bohrlöcher bis zum Mietenkern gegraben. Diese bildeten einen punktuellen Längsschnitt durch die Miete. Von der Schnittfläche wurden unter Ausschluß einer Randschicht von ca. 10–20 cm je 10–20 Liter entnommen und zu einer Sammelprobe vereinigt.

In GARVERT & KICK (1979) wurde für Müllkompost festgestellt, daß bei einer 120 m<sup>3</sup> Kompostmiete bereits eine Mischprobe aus 2 Profilen, in Abstand von 6 Metern durch den Querschnitt der Miete gegraben, eine repräsentative Mischprobe liefert. Bei Mieten größeren Ausmaßes müssen entsprechende Zuschläge gemacht werden.

Gemäß ÖNORM S 2023 sind pro 2.000 m<sup>3</sup> Kompost mindestens drei Profilschnitte zu legen. Aus jedem Profilschnitt sind über die Fläche verteilt sechs Einzelproben zu je 2 l zu entnehmen, das ergibt 18 Proben und insgesamt 36 l Kompost.

### 7.3 Herstellung der Mischprobe

Die Einzelproben wurde zum Schutz gegen Verunreinigungen durch Staub und Fremdmaterial auf eine Kunststoffolie geschüttet. Grobes, ungesiebt Material wurde durch ein 25 mm-Sieb gedrückt. Der Überstand wurde verworfen. Bei bereits gesiebt Material wurde mit dem 25 mm-Sieb eine Probesiebung durchgeführt. Im Falle keiner Überstandsbildung wurde auf eine weitere Grobsiebung verzichtet.

In jedem Fall wurde die gesamte Sammelprobe mit einem eigenen Probenahmesieb mit 10 mm Lochung gesiebt und durchgerieben. Der Überstand wurde verworfen. Die Einengung der Sammelprobe auf ca. 25 Liter Mischprobe erfolgte nach dem Mischungskreuzverfahren (siehe ÖNORM S 2023) in 3–4 Schritten. Dazu wurde das Material durch Schaufeln und wechselseitiges Anheben der beiden Enden der Folie gemischt und danach flach kreisförmig auf der Folie ausgebreitet. Ein Kreuz wurde auf der Oberfläche des Kompostkegelstumpfes markiert, und danach das Material von 2 gegenüberliegenden Segmenten verworfen, während das Material der anderen beiden gegenüberliegenden Segmente wieder vereinigt und neuerlich gemischt wurde. Dabei wurde besonders darauf geachtet, daß die für die Weiterverwendung ausgewählten Segmente vollständig bis zum Boden aufgenommen und durchgemischt werden.

Die Probengewinnung bei den Hausgartenkomposten erfolgte prinzipiell nach dem gleichen Schema. In den meisten Fällen mußte dabei zur Gewinnung der Sammelprobe der vorhandene Kompost vollständig gesiebt werden.

### 7.4 Herstellung von Teilproben, Transport, Probenlagerung

Von der Mischprobe wurden ca. 20 Liter für die Hauptanalytik abgesackt. Diese wurden bei +4°C bis zur weiteren Verarbeitung gelagert. 3–4 Liter wurden für den Pflanzenverträglichkeitstest gesondert abgefüllt und in einer Kühlbox ins Labor transportiert. Diese Proben wurden bis zur Durchführung des Tests tiefgefroren. Für die NO<sub>3</sub><sup>-</sup>- und die NH<sub>4</sub><sup>+</sup>- Bestimmung wurden 2 x 50 Gramm aus der frischen Mischprobe in 500 ml-PE-Weithalsflaschen eingewogen und in einem transportablen Kühlschranks aufbewahrt. Die Proben wurden bis zum Aufschluß tiefgefroren.

### 7.5 Probenvorbereitung

Die umfangreichen Analysen zur Bestimmung physikalischer und chemischer Parameter wurden am Labor des Umweltbundesamtes durchgeführt. Das Analysenschema in *Abb. 11* zeigt den Weg der Proben zu ihrer Analyse. Nach der Luft- bzw. Gefriertrocknung wurden die Proben in einer Kugelmühle (Planetenmühle) gemahlen.

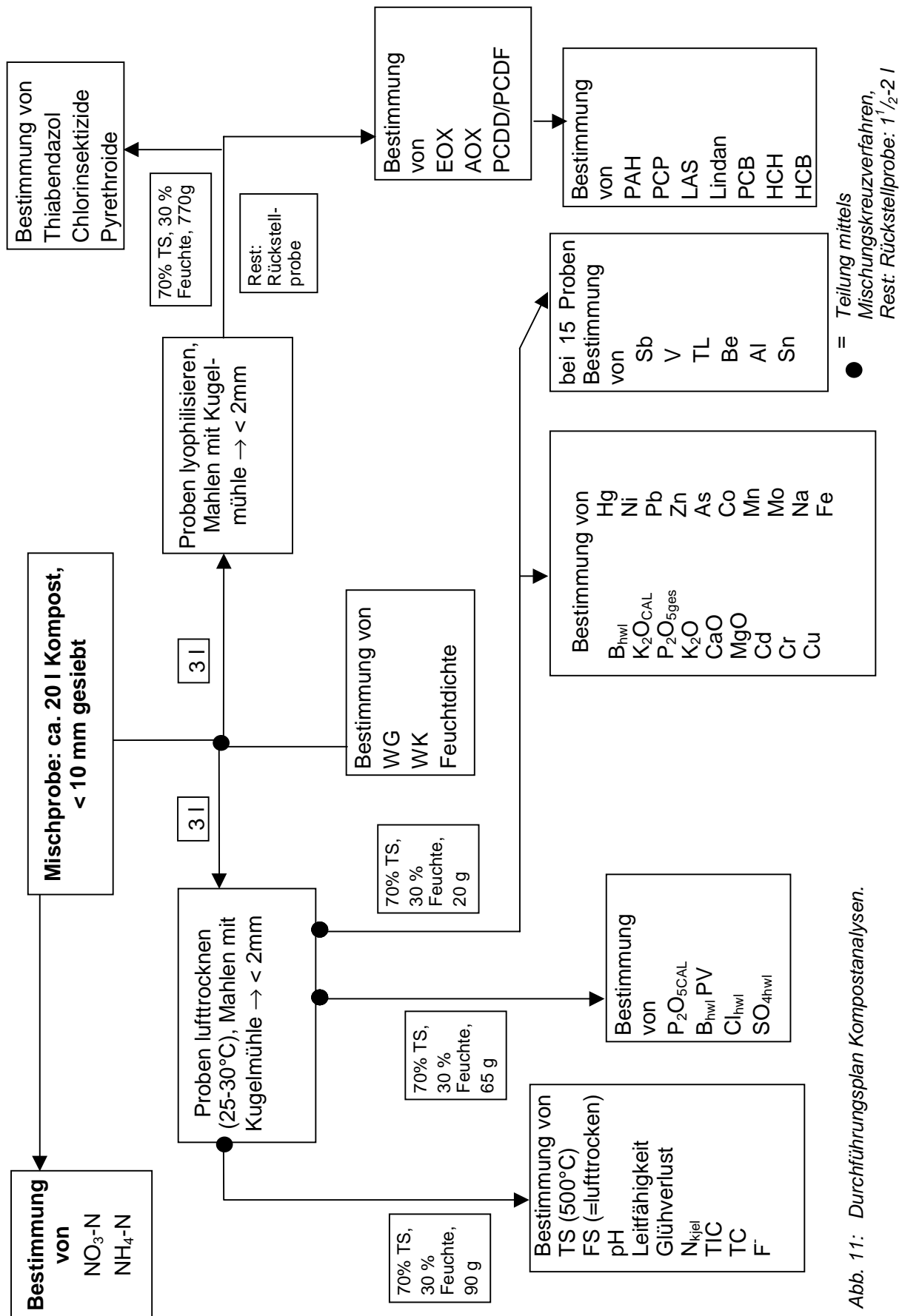


Abb. 11: Durchführungsplan Kompostanalysen.

## 8 ERGEBNISSE DER KOMPOSTANALYSEN

In Kapitel 8 werden die einzelnen Gruppen der Analyseergebnisse zusammengefaßt und bewertet. Aus dieser Bewertung werden erste Schlußfolgerungen angestellt und die daraus abzuleitenden Konsequenzen dargelegt.

Es wird überwiegend auf die Qualitätsvorschriften in den jeweiligen ÖNORMen sowie dem österreichischen Düngemittelgesetz (BGBl. Nr. 513/1994) bzw. der Düngemittelverordnung (BGBl. Nr. 1007/1994) Bezug genommen. In dieser Gesetzesmaterie wird auch zwischen Grünschnitt-Komposten – als erlaubten Ausgangsstoffen für organische Dünger – und Komposten anderen biogenen Ursprungs unterschieden. Rechtliche Details sind in Kapitel 2.3 aufgeführt. Dieser Unterscheidung wurde daher in der Folge besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Weiters wurde, wo signifikante Unterschiede auftraten, die Differenzierung der Komposte nach ihrem Einzugsgebiet (Stadt, Land, und Übergangsklasse Stadt-Land, siehe Kapitel 5) vorgenommen.

### 8.1 Statistische Methodik

Auf Grund der kleinen Stichprobe an Kompostanlagen, den üblicherweise schiefen Verteilungen und dem Auftreten von Ausreißern und Extremwerten wurden nur **deskriptive Verfahren** durchgeführt. Neben den univariaten Beschreibungen wurden auch noch multivariate Verfahren wie Hauptkomponenten- und Clusteranalysen angewendet. Beide Verfahren stellen relativ wenige Ansprüche an die Datenverteilung.

Bezüglich der **Ausreißer** wurde keine Bereinigung vorgenommen. Ausreißer wurden als atypische Werte interpretiert die einerseits durch die Verteilung auftreten (siehe *Abb. 12*) oder es sind Vertreter einer kleinen latenten Gruppe innerhalb der Kompostanlagen (siehe *Abb. 13*). Durch den Ausschluß von Ausreißerwerten gingen daher möglicherweise Informationen verloren.

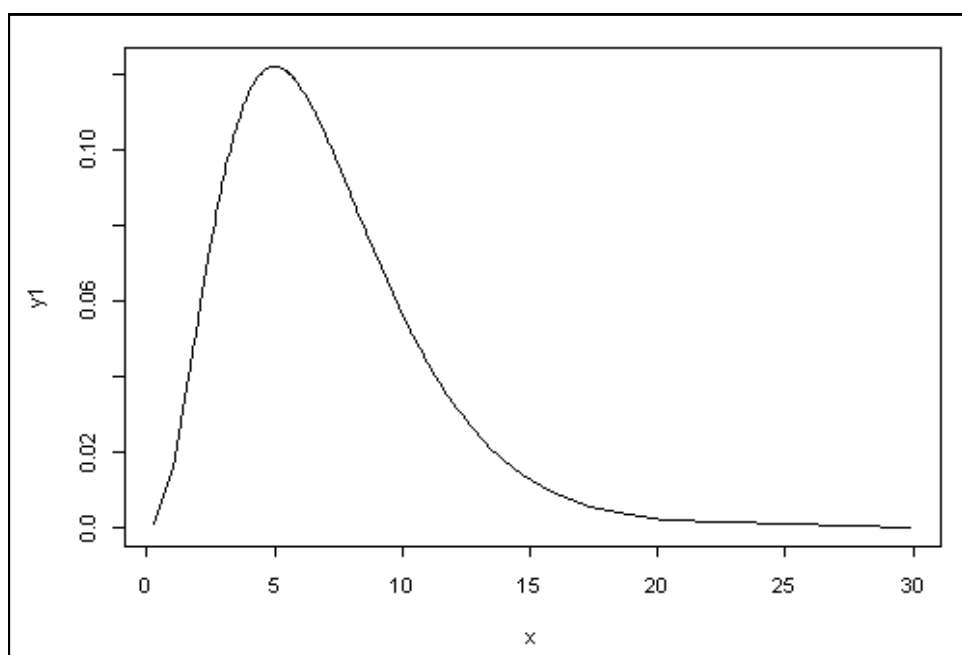


Abb. 12: Ideale Verteilung von Werten.

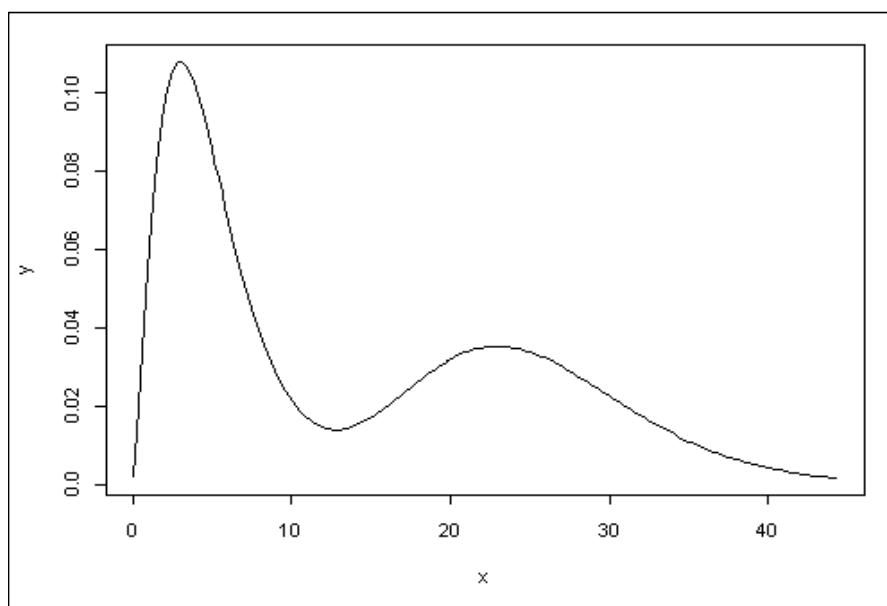


Abb. 13: Verteilung von Werten mit latenter Gruppe.

Sowohl bei der **Hauptkomponentenanalyse** als auch bei der **Clusteranalyse** wird sehr wenig bezüglich der Verteilung der Daten vorausgesetzt. Die Hauptkomponenten können auch zur Identifikation derartiger multivariater Ausreißer verwendet werden. Eine Kompostanlage kann beispielsweise in jedem Originalparameter unauffällig sein, bei den Hauptkomponenten kann sie jetzt jedoch als Ausreißer auftreten, weil sie eine andere Korrelationsstruktur hat als die anderen Anlagen. Auch dabei stellt sich der Vorteil einer Beachtung der Ausreißer heraus.

Bei der **Inferenz** wurde die Hypothese von Unterschieden zwischen Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen, zwischen alten ÖNORM-Ergebnissen und den gemessenen Analyseergebnissen, sowie zwischen den Analyseergebnissen der hier untersuchten 42 Kompostanlagen und von 38 steirischen Kompostanlagen getestet. Dabei wurden sowohl parametrische als auch nichtparametrische Tests durchgeführt.

Zur Vorbereitung des Datensatzes auf die Auswertung wurden folgende Adaptierungen durchgeführt:

- Für den Meßwert "nicht nachweisbar" (n.n.) wurde 0 eingesetzt.
- Lag der Meßwert unterhalb der Bestimmungsgrenze aber oberhalb der Nachweisgrenze, so wurde der mittlere Werte zwischen den beiden Grenzen genommen.
- Für einige Parameter wurde nur eine Bestimmungsgrenze, jedoch keine Nachweisgrenze festgelegt (z. B. Fluorid, Schwermetalle). Bei Meßwerten kleiner der Bestimmungsgrenze wurde für die statistische Berechnung der halbe Wert der Bestimmungsgrenze eingesetzt.
- Der Meßwert "nicht analysiert" (n.a.) wurde als fehlender Wert definiert.

### 8.1.1 Deskriptive Statistik, graphische Aufbereitung und essentielle Tests

- Berechnung von Lage- und Streuungsmaßzahlen, Test auf Normalverteilung.
- Darstellung von Häufigkeitsverteilungen: Histogramme, Kreuztabellen.
- Darstellung von Zusammenhängen zwischen 2 Variablen (Korrelationen): Scatterplots.

- Darstellung der Verteilung der Daten: Boxplots.  
Angaben zu der Boxplot-Darstellung: Die Box des Boxplots enthält 50 % aller Anlagen. Anlagen, die mehr als 1,5 Boxlängen vom oberen oder unteren Ende der Box entfernt sind, werden als Ausreißer bezeichnet. Ausreißer werden durch einen Kreis angezeigt. Liegt der Wert der Anlage mehr als drei Boxlängen vom oberen oder unteren Ende der Box entfernt, so wird dieser Wert als Extremwert bezeichnet. Dieser ist durch einen Stern gekennzeichnet.

### 8.1.2 Zusammenhänge zwischen den einzelnen Variablen und Modellbildung

- Hauptkomponentenanalyse innerhalb von Gruppen von Parametern (Nährstoffe, Schwermetalle etc.):

Die Hauptkomponentenanalyse dient der Datenreduktion. Eine Datenreduktion wird durchgeführt, um die Daten in niedrigeren Dimensionen darstellen zu können, so können die Daten auch graphisch dargestellt werden.

Bestimmte Kompostanlagen bzw. deren Analysewerte können durch die Faktorladungen noch mehr zu Ausreißern werden oder sich trotz eines Ausreißerwertes nach der Datenreduktion nicht auffällig verhalten. Andererseits treten Anlagen mit einem anderen Parametermuster als die übrigen Anlagen in den Vordergrund.

Bei der Hauptkomponentenanalyse werden die Faktoren aus Linearkombinationen der beobachteten Variablen gebildet. Jede Komponente wird mit einer bestimmten Ladung gewichtet. Die erste Hauptkomponente ist die Kombination, die den größten Anteil an der Varianz der Gruppe erklärt. Die zweite Hauptkomponente erklärt den nächstgrößten Anteil an der Varianz der Gruppe und ist unkorreliert zur ersten Hauptkomponente. Die anderen Hauptkomponenten erklären kleinere Teile der Varianz und sind unkorreliert zu den anderen Hauptkomponenten.

Nimmt man alle Hauptkomponenten, so können die Variablen exakt dargestellt werden, was aber nicht der Sinn der Sache ist. Man muß sich entscheiden, wie viele Hauptkomponenten man heranzieht. Dazu gibt es mehrere Hilfsmöglichkeiten. Eine Möglichkeit ist, so viele Hauptkomponenten heranzuziehen, so viele Eigenwerte größer als 1 sind. Meist ist dabei schon ein anderes Kriterium erfüllt, nämlich das 70 bis 90 % der Varianz erklärt sind. In dieser Studie wurde zuerst das Eigenwertkriterium angewendet. War die Varianzerklärung unter 70 %, so wurde noch ein Faktor dazugenommen, dessen Eigenwert kleiner als 1 war.

- Korrelationen in den Gruppen (Nährstoffe, Schwermetalle, etc.): Korrelationskoeffizient nach Pearson:

$$\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) * (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 * \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Die Korrelation liegt zwischen -1 und +1, wobei -1 einen negativen Zusammenhang bedeutet und +1 einen positiven. Es wird auch ein Test auf Signifikanz auf dem 0,95 und 0,99 Niveau durchgeführt.

- Clusteranalyse (Ward Methode): Klassifizierung der Anlagen in Kategorien:  
Die Clusteranalyse klassifiziert die Anlagen in Kategorien. Zuerst wurden die Anlagen innerhalb der Parametergruppen und der Hauptkomponenten der Parametergruppen klassifiziert. Die Distanz zwischen zwei Anlagen wurde durch die quadrierte Euklidische Distanz bestimmt, welche durch folgende Formel bestimmt ist:

$$\sum_i (X_i - Y_i)^2$$

Die Cluster wurden durch die Ward Methode gebildet. Dabei werden für alle Variablen eines jeden Clusters die Mittelwerte berechnet. Dann wird für alle Fälle die quadrierte Euklidische Distanz zu den Clustermittelwerten berechnet. Die Distanzen werden dann für alle Fälle aufsummiert. Bei jedem Schritt werden jene zwei Cluster vereinigt, bei denen es zum kleinsten Anstieg in der Gesamtsumme der Quadratabstände innerhalb der Cluster kommt.

Das Dendrogramm zeigt die einzelnen Schritte der Clusteranalyse. Es identifiziert die Cluster, die vereinigt werden, und die Werte der Koeffizienten bei jedem Schritt (siehe z. B.: *Abb. 41*, S. 113). Eine weitere Form der Darstellung des Resultates der Clusteranalyse ist die Tabelle. Beispielhaft ist diese für die Nährstoffgehalte der Komposte der Biotonnen-Anlagen auf S. 112 in *Tab. 33* dargestellt.

### 8.1.3 Anwendung von weiteren Verfahren

Zur Beantwortung der Fragestellung “Welche Variablen sind zur Unterscheidung zwischen den Gruppen (z. B. Stadt-Land, Grünschnitt-Biotonne) geeignet bzw. ungeeignet?” wurden t-Tests zum Vergleich zweier Mittelwerte (z. B. Biotonnen- und Grünschnittanlagen) durchgeführt.

### 8.1.4 Vergleich früherer Analysenergebnisse mit den durchgeführten Analysen

- Differenzbildung,
- Test, ob der Mittelwert der Differenzen gleich null ist: t-Test,
- t-Test auf Gleichheit der Varianzen.

## 8.2 Physikalische Parameter

Folgende physikalischen Parameter wurden untersucht:

Glühverlust, Wasserkapazität, Wassergehalt, Trockenrückstände, Feuchtdichte, pH-Wert, Leitfähigkeit, Kohlenstoff TC und Kohlenstoff TIC.

Die Bestimmung erfolgte gemäß ÖNORM S 2023.

Es wurden bei allen Analysen Doppelbestimmungen durchgeführt. Laborintern wurden Vertrauensbereiche definiert, die von den Einzelwerten der Doppelbestimmung eingehalten werden mußten. Proben, deren Einzelanalyse diesen Bereich überschritten wurden durch eine weitere Doppelbestimmung überprüft.

### 8.2.1 Wasserkapazität und -gehalt, Trockenrückstände und Feuchtdichte

Die Werte für diese physikalischen Parameter können dem Anhang, Tabelle 5 (S. 312ff) entnommen werden.

### 8.2.1.1 Statistische Eckdaten

Tab. 19 können die statistischen Eckdaten zu den physikalischen Parametern aller untersuchten Kompostproben entnommen werden.

Tab. 19: Wasserkapazität und -gehalt, Feuchtdichte und Trockenrückstände der untersuchten Kompostproben.

n = 42 Anlagen	Wasserkapazität in g/100g TS <sub>105°C</sub>	Wassergehalt (105°C) in %	Trockenrückstand (105°C) in %	Trockenrückstand (lyo) in %	Trockenrückstand (Lufttr.) in %	Feuchtdichte in kg/l FS
Min	84	23,1	29,4	31,2	30,2	0,52
Max	280	70,6	76,9	80,7	77,4	1,04
Mittelwert	161	42,9	57,1	59,9	60,9	0,81
Median	147,5	41,6	58,5	60,4	62,4	0,80
unteres Quartil	131,8	35,3	52,0	53,9	55,2	0,73
oberes Quartil	196,5	48,0	64,8	67,1	69,1	0,92
Standardabweichung	46,8	10,2	10,2	10,5	10,6	0,13

### 8.2.1.2 Trennung nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen

Die Meßwerte beim Parameter **Wasserkapazität** (siehe Abb. 14) sind bei beiden Anlagentypen annähernd symmetrisch verteilt. Der Meßwerte der Biotonnen-Anlagen liegen enger beieinander, es gibt jedoch zwei Ausreißer, die Anlagen 18 und 21. Insgesamt weisen die Biotonnen-Komposte eine signifikant niedrigere Wasserkapazität auf, als die Grünschnitt-Komposte (95 % Konfidenzniveau). Dies trifft auch für den Parameter **Wassergehalt** zu (90 % Konfidenzniveau, siehe Abb. 15).

Beim Parameter **Feuchtdichte** sind die Werte bei Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen ähnlich verteilt und in ähnlicher Höhe (siehe Abb. 16).



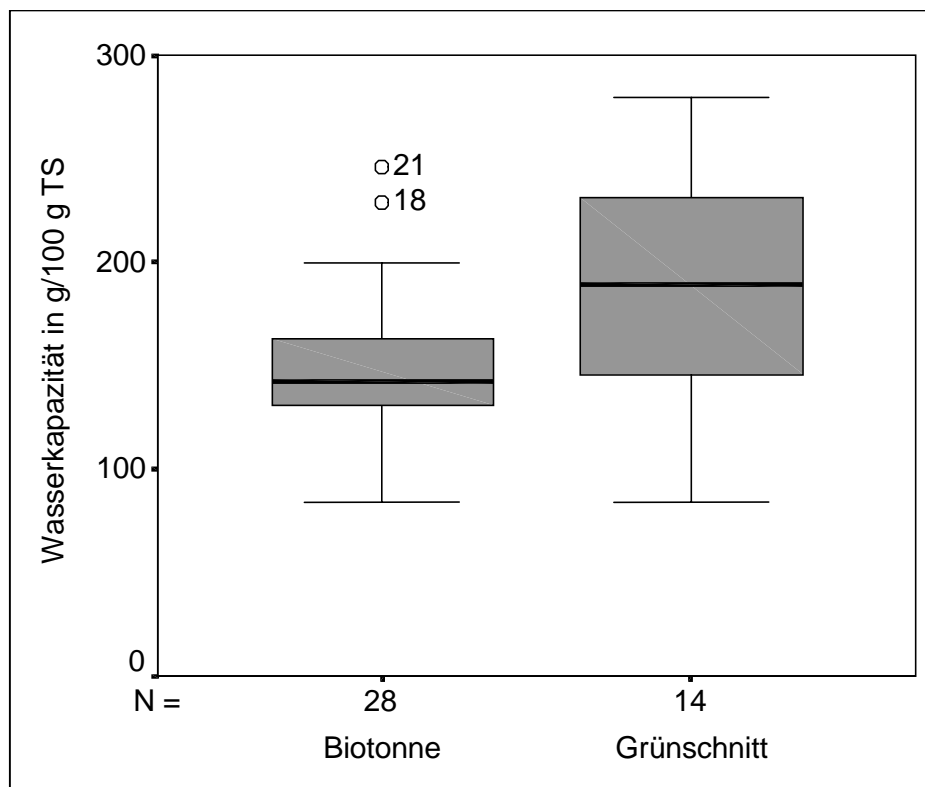


Abb. 14: Boxplot: Wasserkapazität von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf 105°C TS.

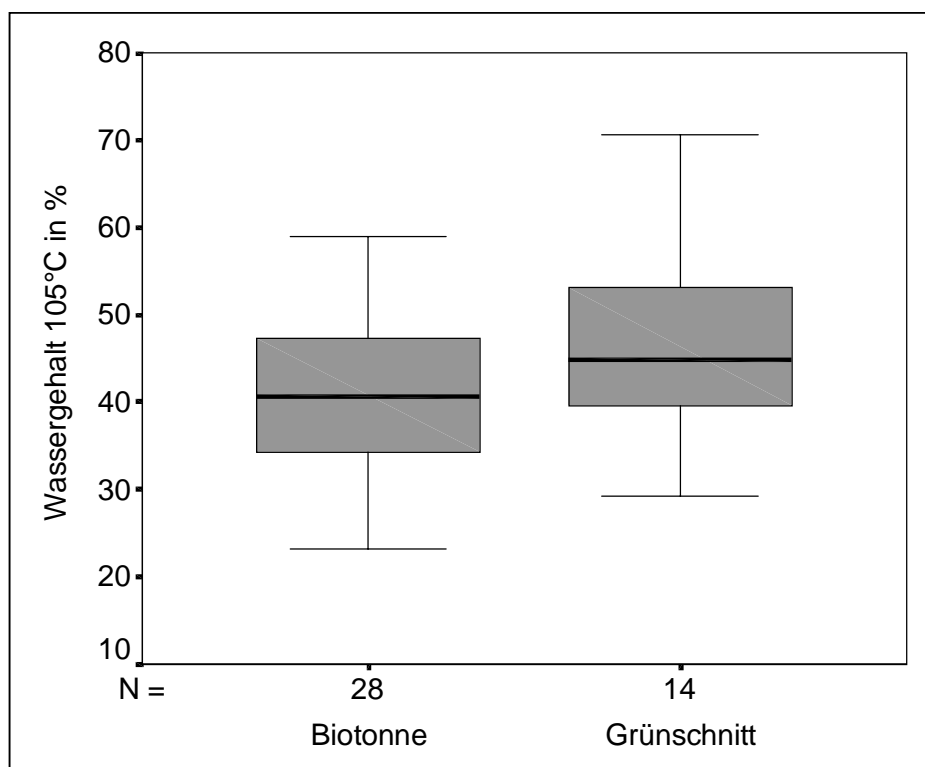


Abb. 15: Boxplot: Wassergehalt (105°C) von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte in % bezogen auf 105°C TS.

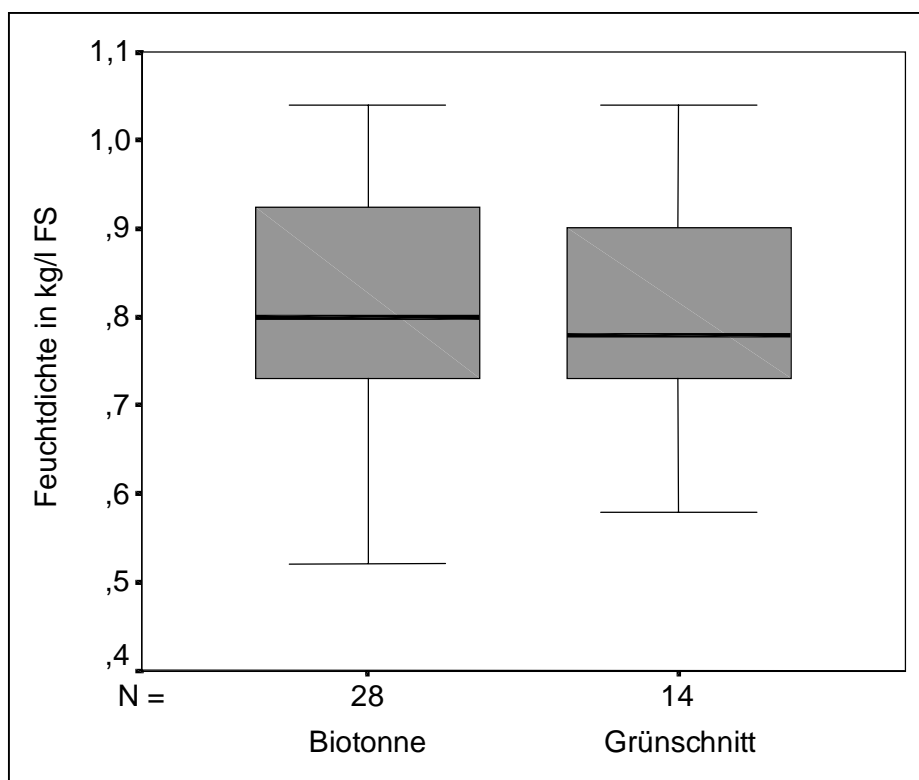


Abb. 16: Boxplot: Feuchtdichte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf Frischsubstanz.

## 8.2.2 pH-Wert und Leitfähigkeit

Die Werte für diese physikalischen Parameter können dem Anhang, Tabelle 5 (S. 312ff) entnommen werden.

### 8.2.2.1 Statistische Eckdaten

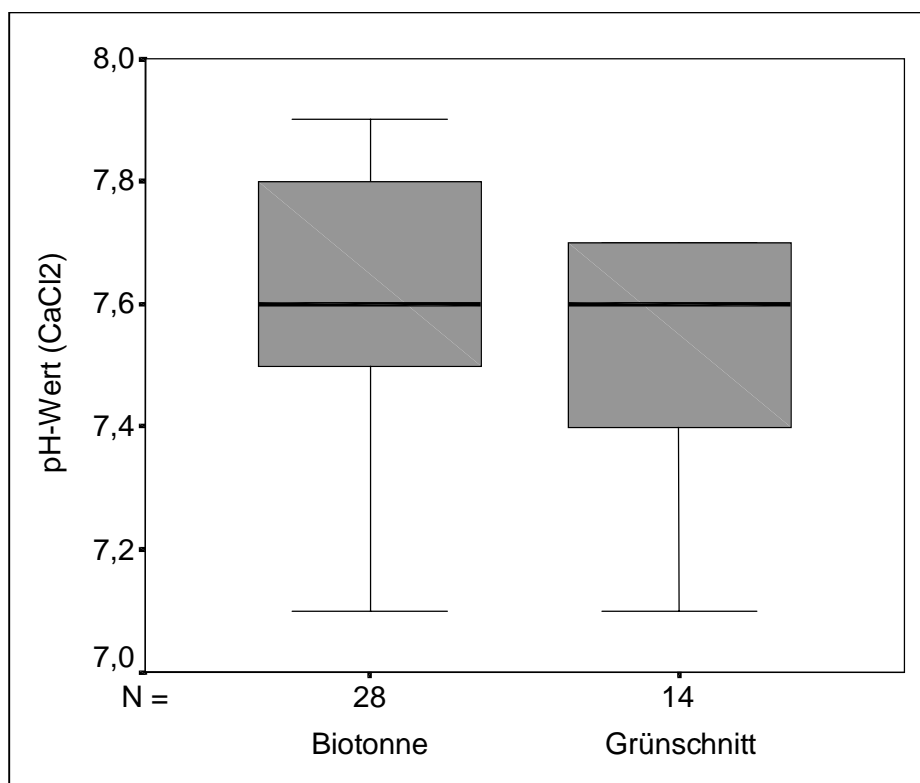
Tab. 20 können die statistischen Eckdaten zu pH-Wert und Leitfähigkeit aller untersuchten Kompostproben entnommen werden.

Tab. 20: pH-Wert und Leitfähigkeit der untersuchten Kompostproben.

n = 42 Anlagen	pH-Wert (CaCl <sub>2</sub> ) (luftr. Probe)	Leitfähigkeit (luftr. Probe) in mS/cm
Min	7,1	0,5
Max	7,9	4,6
Mittelwert	7,6	2,4
Median	7,6	2,4
unteres Quartil	7,5	1,8
oberes Quartil	7,7	3,2
Standardabweichung	0,2	1,0

### 8.2.2.2 Trennung nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen

Die Mediane der **pH-Wert**-Messungen (siehe *Abb. 17*) liegen bei Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen in derselben Höhe (pH 7,6). Die Mediane liegen bei den Biotonnen-Komposten in der unteren Boxhälfte, bei den Grünschnitt-Komposten in der oberen.



*Abb. 17:* Boxplot: pH-Wert von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, pH-Wert der luftgetrockneten Probe.

Der Meßbereich der Biotonnen-Anlagen beim Parameter **Leitfähigkeit** beginnt, wo der Meßbereich der Grünschnitt-Anlagen endet, die Leitfähigkeits-Werte der Biotonnen-Anlagen liegen also signifikant höher (Konfidenzniveau 95 %). Die Mediane sind in beiden Fällen knapp in der oberen Hälfte der Box. Der Ausreißer bei den Grünschnitt-Anlagen ist die Anlage 39. Bezüglich des Einzugsgebietstyps sind die Leitfähigkeits-Werte von Komposten der Typen Land und Stadt-Land signifikant höher, als jene des Einzugsgebietstyps Stadt. Damit zeigt sich bei diesem Parameter ein sehr ähnliches Bild wie bei den Parametern Natrium und Chlorid (siehe Kapitel 8.4 Sonstige Parameter).

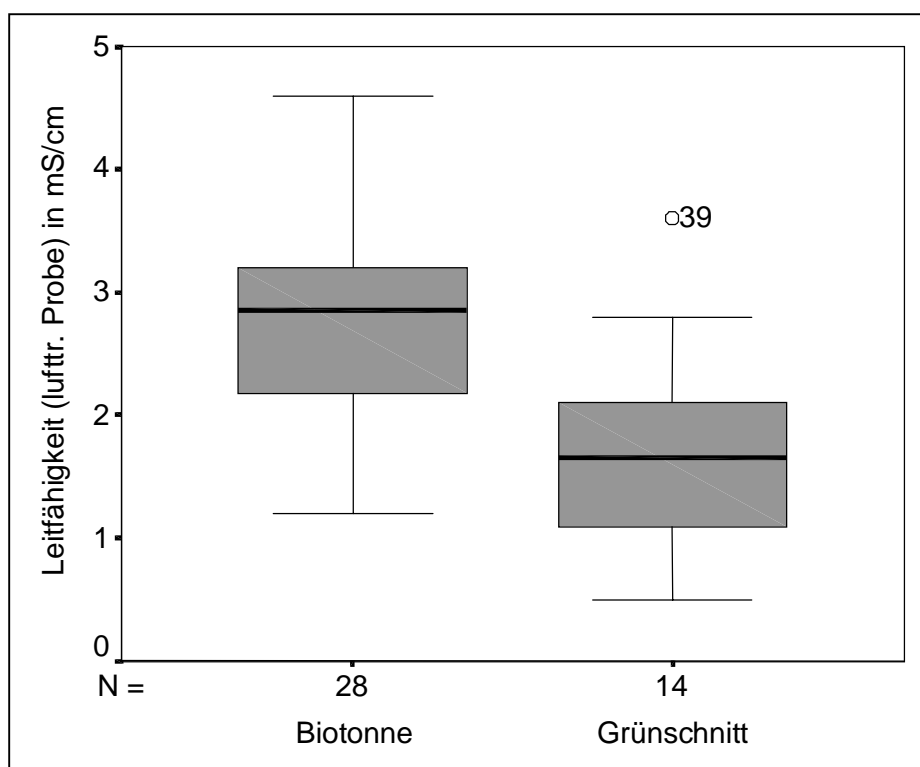


Abb. 18: Boxplot: Leitfähigkeit von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Leitfähigkeit der luftgetrockneten Probe.

### 8.2.3 Glühverlust, Gesamt-Kohlenstoff (TC) und anorganischer Kohlenstoff (TIC)

Die Werte für diese Parameter zur Beurteilung der organischen Substanz können dem Anhang, Tabelle 5 (S. 312ff) entnommen werden.

#### 8.2.3.1 Statistische Eckdaten

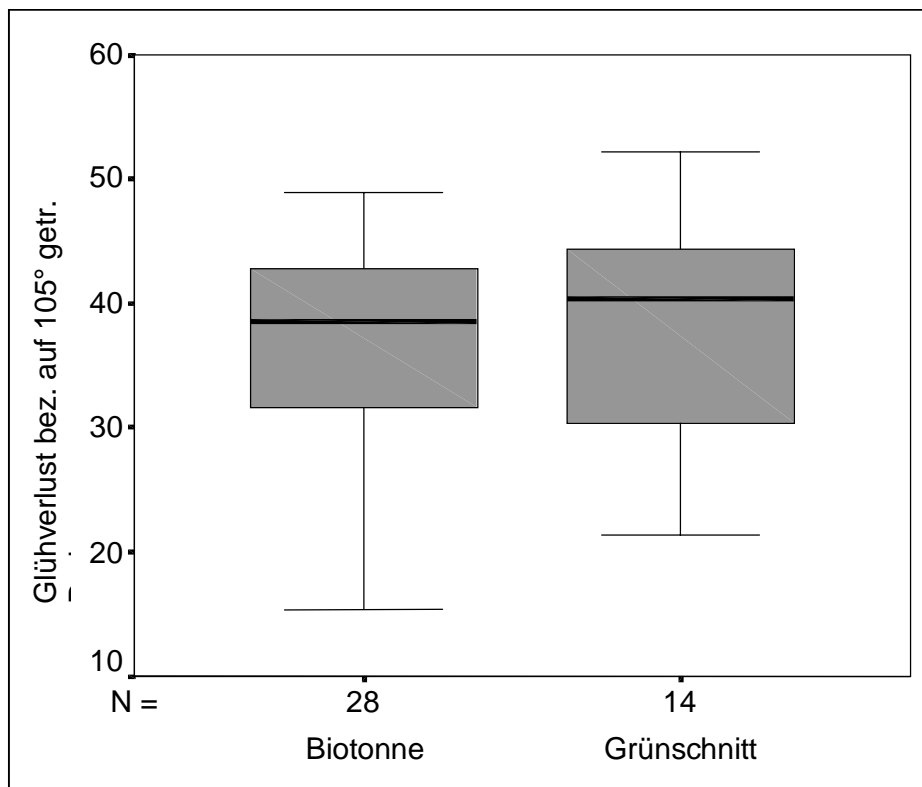
Tab. 21 können die statistischen Eckdaten zu Glühverlust, Gesamt-Kohlenstoff (TC) und anorganischem Kohlenstoff (TIC) aller untersuchten Kompostproben entnommen werden.

Tab. 21: Glühverlust, Gesamt-Kohlenstoff (TC) und anorganischer Kohlenstoff (TIC) der untersuchten Kompostproben.

n = 42 Anlagen	Glühverlust	Kohlenstoff gesamt (TC)	Kohlenstoff anorg. (TIC) (als CaCO <sub>3</sub> )
		in % TS <sub>105°C</sub>	
Min	15,4	7,2	0,2
Max	52,2	29,0	4,8
Mittelwert	37,5	21,0	1,8
Median	38,7	21,1	1,7
unteres Quartil	31,6	17,0	1,2
oberes Quartil	43,2	25,2	2,2
Standardabweichung	8,3	5,2	0,9

### 8.2.3.2 Trennung nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen

In *Abb. 19* ist die Verteilung der Werte für den **Glühverlust** getrennt nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen angegeben. Die Mediane bei den beiden Anlagentypen sind ähnlich hoch, d. h. bezüglich des Gehalts an organischer Substanz bestehen keine statistisch abgesicherten Unterschiede.



*Abb. 19:* Boxplot: Glühverlust von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, bezogen auf die bei 105°C getrocknete Probe.

Die Boxplots von Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen beim **Gesamt-Kohlenstoff** TC (siehe *Abb. 20*) unterscheiden sich im Median deutlicher als beim Glühverlust, jedoch nicht statistisch signifikant. Der Median ist bei den Grünschnitt-Anlagen höher und liegt in der oberen Hälfte der Box. Bei den Biotonnen-Anlagen sind die Meßwerte niedriger und symmetrisch verteilt.

Bei ordnungsgemäßem Rotteverlauf erreichen Bioabfallkomposte und Grüngutkomposte ähnliche Gehalte an organischer Substanz. Extrem niedrige Gehalte treten meist nur bei hohem Erdzusatz auf.

Beim Parameter **anorganischer Kohlenstoff** TIC gibt es bei den Biotonnen-Anlagen den Extremwert der Kompostanlage 7. Der Median liegt in der oberen Hälfte der Box und ist etwas höher, als bei den Grünschnitt-Anlagen, wo er in der unteren Hälfte der Box liegt. Bezüglich des Einzugsgebietstyps weisen Komposte des Typs Stadt signifikant höhere Werte auf, als jene der Einzugsgebietstypen Stadt-Land und Land.

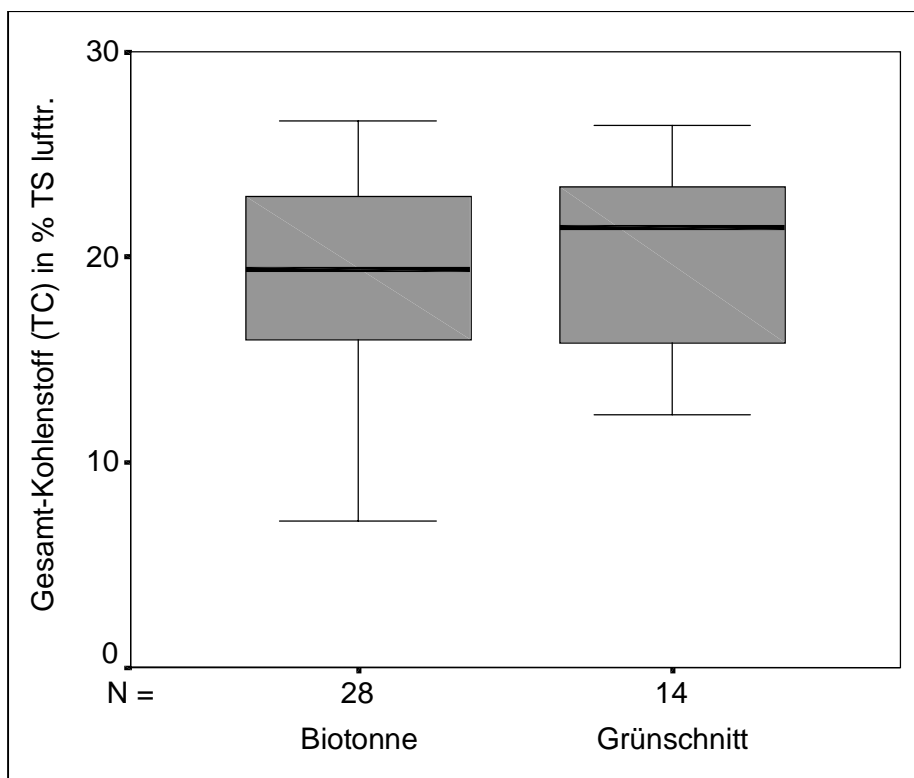


Abb. 20: Boxplot: Gesamt-Kohlenstoff (TC) von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, bezogen auf die luftgetrocknete Probe (30°C).

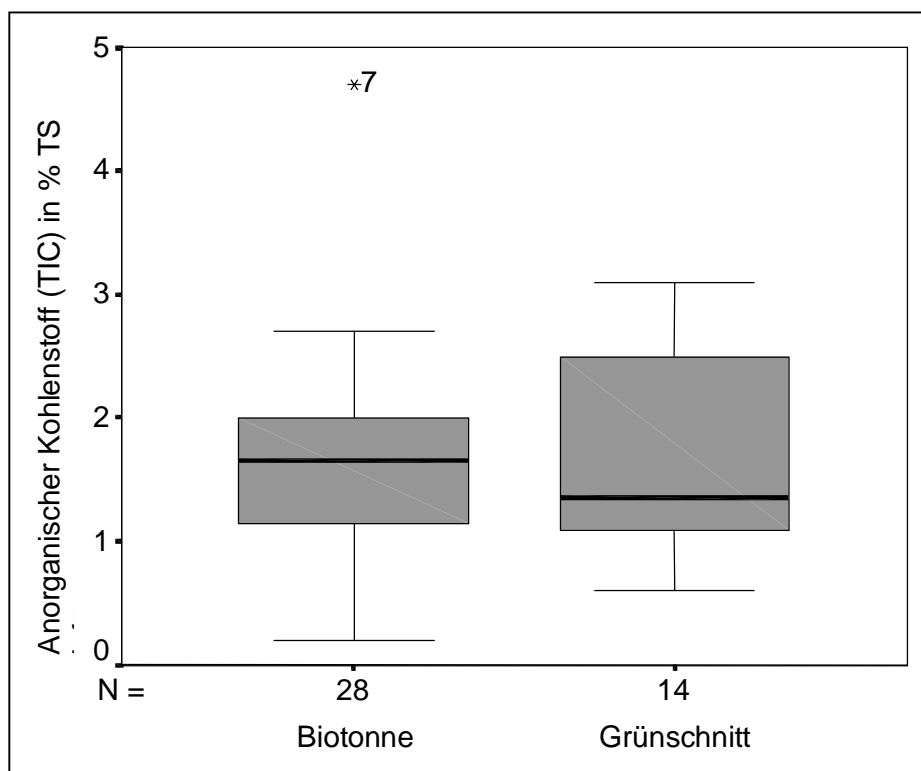


Abb. 21: Boxplot: Anorganischer Kohlenstoff (TIC) von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, bezogen auf die lufttrockene Probe (30°C).

## 8.2.4 Gesamtbetrachtung der Gruppe der physikalischen Parameter – Biotonnen-Anlagen

Folgende physikalische Parameter werden in die statistische Analyse einbezogen: Wasserkapazität, Wassergehalt, pH-Wert, Leitfähigkeit, Gesamt-Kohlenstoff (TC) und anorganischer Kohlenstoff (TIC).

Es wurden 28 Biotonnen-Anlagen untersucht.

### 8.2.4.1 Hauptkomponentenanalyse und Korrelationen

Innerhalb der Gruppe der physikalischen Parameter wurden Korrelationen errechnet, um Zusammenhänge zwischen den einzelnen Parametern herauszufinden. Dazu wurde zuerst eine Hauptkomponentenanalyse zur Datenreduktion durchgeführt.

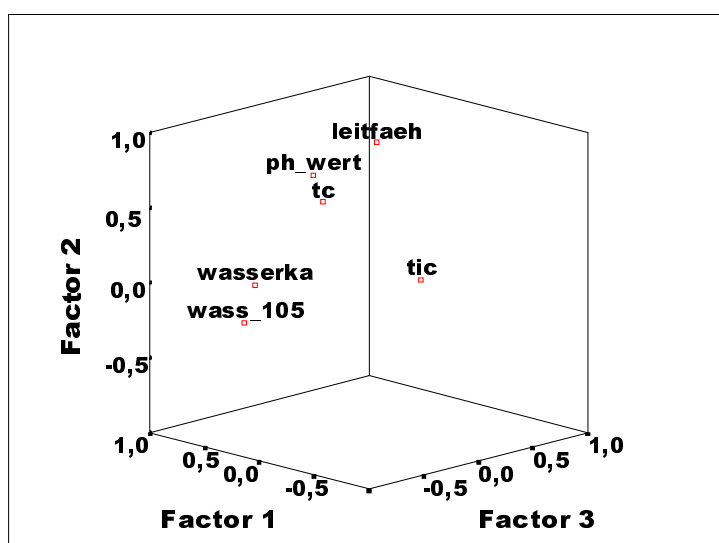
Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lufttrockene Trockensubstanz (30°C) durchgeführt.

Die Faktoranalyse zeigt, daß drei Faktoren nötig sind, um über 70 % der Varianz zu erklären. *Tab. 22* zeigt die Ladungen für die einzelnen Variablen und den Faktor. Eine starke Beeinflussung durch die Variable liegt vor, wenn der Faktor mit einer Ladung > 0,6 bestimmt wird. Auf den ersten Faktor wirken sich Wassergehalt, Wasserkapazität und Gesamt-Kohlenstoff (TC) positiv aus. Die zweite Hauptkomponente wird von pH-Wert und Leitfähigkeit beeinflusst. Die Werte für den anorganischen Kohlenstoff (TIC) bilden den dritten Faktor.

*Tab. 22: Hauptkomponentenanalyse "Biotonne – physikalische Parameter": Factor Matrix.*

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
WASS_105	,73731	-,33037	-,39725
WASSERKA	,90218	-,16281	-,14054
PH_WERT	,20275	,73871	-,30343
LEITFAEH	,06032	,89784	,13413
TC	,72173	,34375	,30222
TIC	,31897	-,19298	,79947

Der Faktorladungsplot (siehe *Abb. 22*) zeigt die Gruppenbildung der Parameter Wassergehalt und Wasserkapazität sowie pH-Wert und Leitfähigkeit.



*Abb. 22: Hauptkomponentenanalyse "Biotonne – physikalische Parameter": Plot der Faktorladungen der Variablen.*

Die nächsten Scatterplots (siehe Abb. 23 a,b,c) zeigen nun die Lage der Biotonnen-Anlagen, errechnet aufgrund der neuen Werte (alter Wert x Eigenvalue) für die physikalischen Parameter (zusammengeführt in den drei Faktoren) in der Fläche, welche von je zwei Hauptkomponenten aufgespannt wird.

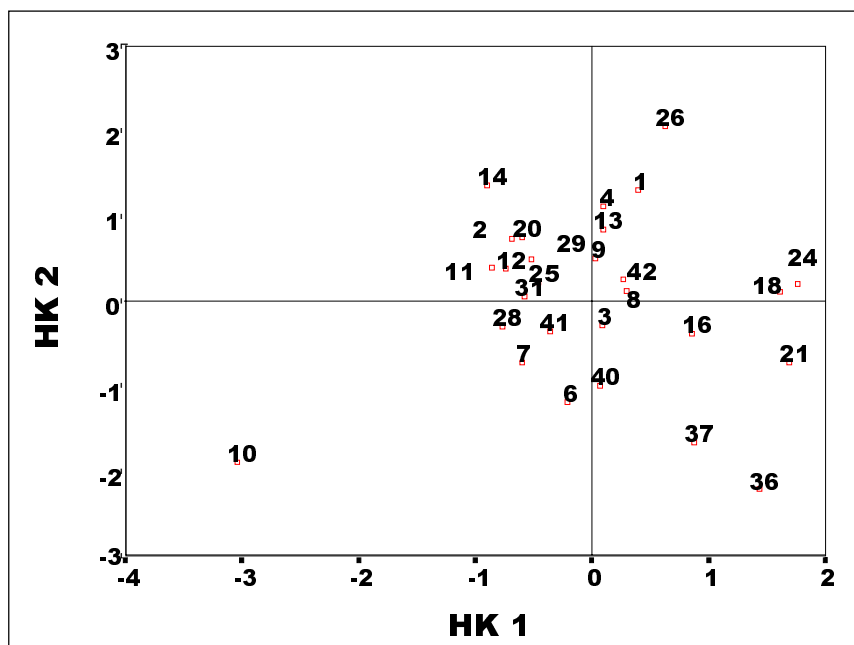


Abb. 23 a: Hauptkomponentenanalyse "Biotonne – physikalische Parameter": Scatterplots mit neuer Lage der Biotonnen-Anlagen aufgrund der physikalischen Parameter.

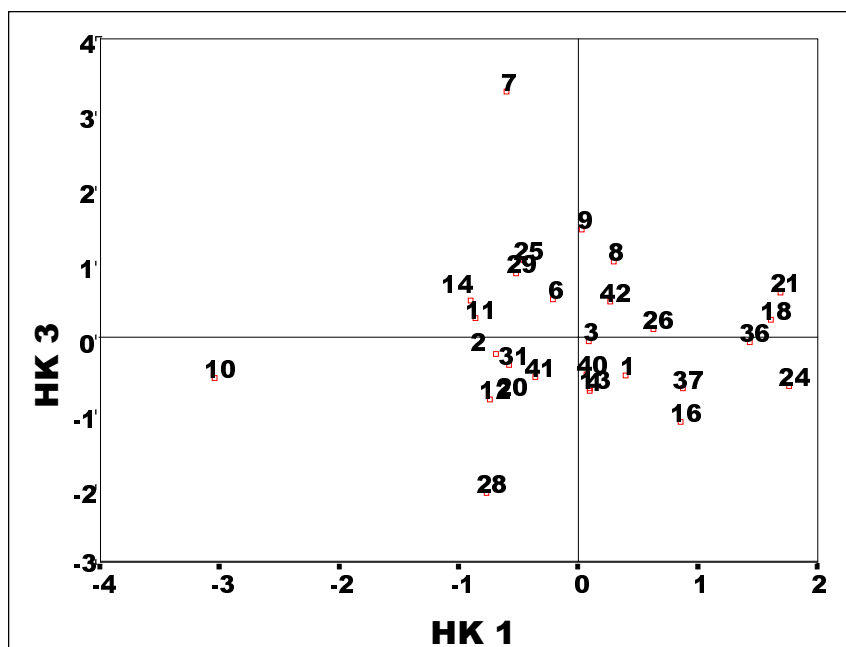


Abb. 23 b: Hauptkomponentenanalyse "Biotonne – physikalische Parameter": Scatterplots mit neuer Lage der Biotonnen-Anlagen aufgrund der physikalischen Parameter.



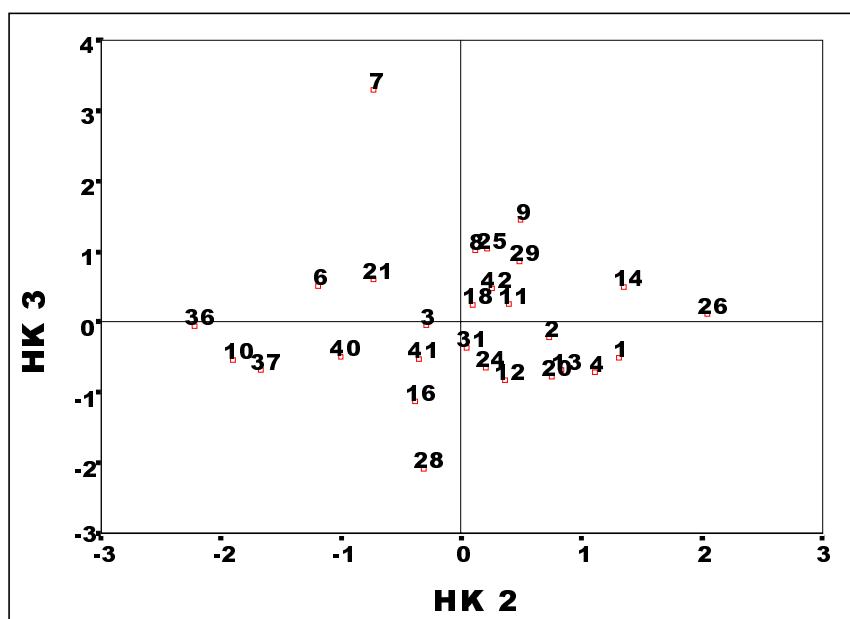


Abb. 23 c: Hauptkomponentenanalyse "Biotonne – physikalische Parameter": Scatterplots mit neuer Lage der Biotonnen-Anlagen aufgrund der physikalischen Parameter.

Die Anlage 10 (siehe Abb. 23 a) ist dadurch charakterisiert, daß sie bei allen sechs Variablen der Gruppe sehr kleine Werte hat. Die Anlage 7 (siehe Abb. 23 b) liegt alleine, da sie einen hohen Wert bei Kohlenstoff TIC hat.

Die Korrelationen innerhalb der Gruppe der physikalischen Parameter bei den Biotonnen-Anlagen zeigt Tab. 23. Es wird der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet. Die Signifikanz auf dem 99 % Niveau ist durch zwei Sterne gekennzeichnet.

Tab. 23: Korrelationen der Werte für die physikalischen Parameter der Biotonnen-Komposte.

Pearson Correlation						
	WASS_105	WASSERKA	PH_WERT	LEITFAEH	TC	TIC
WASS_105	1.000	.652**	.092	-.236	.175	.114
WASSERKA	.652**	1.000	.033	-.085	.551**	.139
PH_WERT	.092	.033	1.000	.488**	.155	-.096
LEITFAEH	-.236	-.085	.488**	1.000	.325	-.067
TC	.175	.551**	.155	.325	1.000	.195
TIC	.114	.139	-.096	-.067	.195	1.000

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

### 8.2.4.2 Clusteranalyse

Die Clusteranalyse klassifiziert die Anlagen in Kategorien (Gruppen). Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lufttrockene Trockensubstanz (30°C) durchgeführt.

Aufgrund der physikalischen Parameter kann man die Biotonnen-Anlagen in vier Gruppen einteilen: Die Anlage 10 bildet einen eigenen Cluster. Diese Anlage hat bei allen physikalischen Parametern extrem niedrige Werte. Die zweite Gruppe, zu der die Biotonnen-Anlagen 36, 37, 16, 24, 18 und 21 gehören, ist durch hohe Werte bei Wasserkapazität und Wasser-

gehalt gekennzeichnet. Die Gruppe mit den Anlagen 28, 41, 6 und 40 ist durch ihre niedrigen Werte bei Gesamt-Kohlenstoff TC gekennzeichnet.

Bei der Clusteranalyse mit den drei Hauptkomponenten werden die Biotonnen-Anlagen ebenfalls in vier Gruppen geteilt.

### 8.2.5 Gesamtbetrachtung der Gruppe der physikalischen Parameter – Grünschnitt-Anlagen

Folgende physikalische Parameter werden in die statistische Analyse einbezogen: Wasserkapazität, Wassergehalt, pH-Wert, Leitfähigkeit, Gesamt-Kohlenstoff (TC) und Anorganischer Kohlenstoff (TIC).

Es wurden 14 Grünschnitt-Anlagen untersucht.

#### 8.2.5.1 Hauptkomponentenanalyse und Korrelationen

Innerhalb der Gruppe der physikalischen Parameter wurden Korrelationen errechnet, um Zusammenhänge zwischen den einzelnen Parametern herauszufinden. Dazu wurde zuerst eine Hauptkomponentenanalyse zur Datenreduktion durchgeführt.

Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lufttrockene Trockensubstanz (30°C) durchgeführt.

Die Hauptkomponentenanalyse ergibt, daß man zwei Faktoren benötigt, um diese Gruppe in einer einfacheren Form darzustellen (70,4 % der Varianz sind damit erklärt).

Wie *Tab. 24* zeigt, sind für den ersten Faktor Wassergehalt, Wasserkapazität und Gesamt-Kohlenstoff (TC) von Bedeutung. Die zweite Hauptkomponente wird vom anorganischen Kohlenstoff (TIC) und vom pH-Wert mit positiver Ladung und von der Leitfähigkeit mit negativer Ladung gebildet.

*Tab. 24: Hauptkomponentenanalyse "Grünschnitt – physikalische Parameter": Factor Matrix.*

	<b>Factor 1</b>	<b>Factor 2</b>
WASS_105	,92036	,21692
WASSERKA	,91212	,14155
PH_WERT	-,04641	,56431
LEITFAEH	,29584	-,76160
TC	,96220	-,04398
TIC	-,04669	,74835

Beim Faktorladungsplot der physikalischen Parameter (siehe *Abb. 24*) erkennt man drei Gruppen. Die erste Gruppe bilden die Elemente der ersten Hauptgruppe (Wassergehalt, Wasserkapazität und Gesamt-Kohlenstoffgehalt (TC)). Anorganischer Kohlenstoff (TIC) und pH-Wert bilden eine eigene Gruppe. Die Leitfähigkeit verhält sich in den beiden Hauptkomponenten anders als die übrigen Parameter und bildet so eine eigene Gruppe.

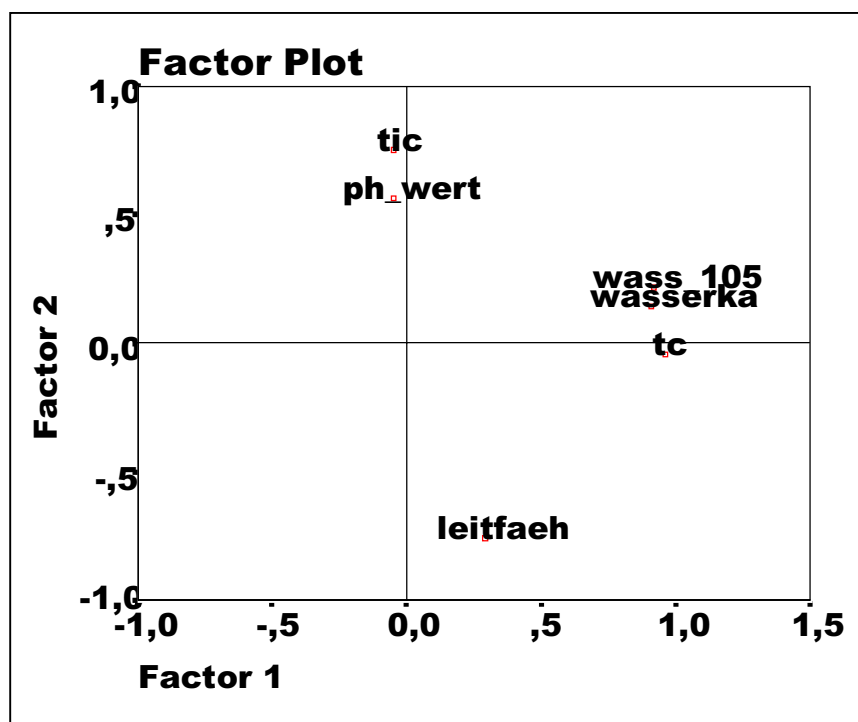


Abb. 24: Hauptkomponentenanalyse "Grünschnitt – physikalische Parameter": Plot der Faktorladungen der physikalischen Parameter.

Der Scatterplot in Abb. 25 zeigt die neue Lage der Grünschnitt-Anlagen, errechnet aufgrund der neuen Werte (alter Wert x Eigenwert) für die physikalischen Parameter, in der Fläche, welche von den zwei Hauptkomponenten aufgespannt wird. Der hohe negative Wert der Anlage 39 in der zweiten Hauptkomponente resultiert aus dem hohen Wert der Leitfähigkeit. Die Anlage 15 hat den höchsten pH-Wert und Anorganischen Kohlenstoff (TIC)-Wert. Die Lage der Anlage 15 resultiert daraus, daß diese beiden Parameter in der zweiten Hauptkomponente positiv sind, jedoch in der ersten leicht negativ.

Die Korrelationen innerhalb der Gruppe der physikalischen Parameter bei den Grünschnitt-Anlagen zeigt Tab. 25. Es wird der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet. Die Signifikanz auf dem 99 % Niveau ist durch zwei Sterne gekennzeichnet.

Tab. 25: Korrelationen der Werte für die physikalischen Parameter der Grünschnitt-Komposte.

Pearson Correlation						
	WASS_105	WASSERKA	PH_WERT	LEITFAEH	TC	TIC
WASS_105	1.000	.811**	.010	.111	.828**	.153
WASSERKA	.811**	1.000	.036	.005	.828**	-.109
PH_WERT	.010	.036	1.000	-.224	-.049	.157
LEITFAEH	.111	.005	-.224	1.000	.382	-.378
TC	.828**	.828**	-.049	.382	1.000	-.002
TIC	.153	-.109	.157	-.378	-.002	1.000

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

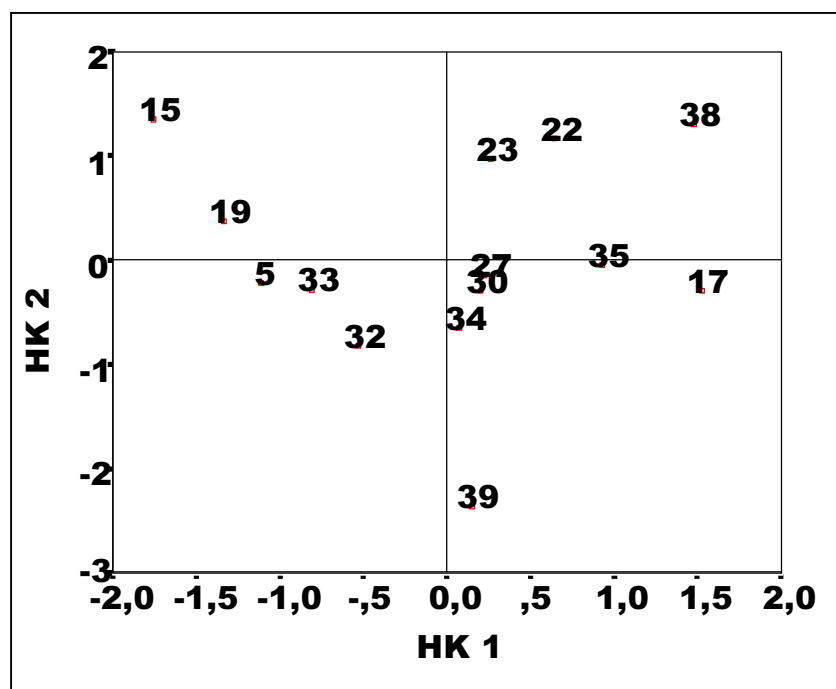


Abb. 25: Hauptkomponentenanalyse "Grünschnitt – physikalische Parameter": Scatterplot mit neuer Lage der Grünschnitt-Anlagen aufgrund der physikalischen Parameter.

### 8.2.5.2 Clusteranalyse

Die Clusteranalyse klassifiziert die Anlagen in Kategorien. Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lufttrockene Trockensubstanz (30°C) durchgeführt.

Die physikalische Parameter teilen die Grünschnitt-Anlagen in drei Gruppen. Der erste Cluster mit den Anlagen 22, 23, 38, 17 und 35 ist durch einen hohen Wassergehalt und hohe Werte beim Gesamt-Kohlenstoff (TC) charakterisiert. Der Cluster zwei mit den Anlagen 19, 33 und 15 besitzt eine geringere Leitfähigkeit. Die restlichen Anlagen bilden den dritten Cluster.

Durch die Hauptkomponenten der physikalische Parameter werden die Anlagen ebenfalls in drei Cluster eingeteilt. Die Anlagen 5, 33, 32, 15 und 19 bilden einen Cluster. Sie sind durch ihre negativen Werte in der ersten Hauptkomponente (Wassergehalt, Wasserkapazität und Gesamt-Kohlenstoffgehalt (TC)) gekennzeichnet. Der Cluster mit den Anlagen 22, 23 und 38 besitzt im Gegensatz zum dritten Cluster positive Werte in der zweiten Hauptkomponente (pH-Wert und TIC).

## 8.2.6 Gesamtbetrachtung der Gruppe der physikalischen Parameter – Sämtliche Kompostanlagen

### 8.2.6.1 Korrelationen

Die Korrelationen innerhalb der Gruppe der physikalischen Parameter aufgrund der Werte der 42 Kompostanlagen zeigt Tab. 26. Es wird der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet. Ein Stern bedeutet, daß die Korrelation auf dem 95 % Niveau signifikant ist. Die Signifikanz auf dem 99 % Niveau ist durch zwei Sterne gekennzeichnet.

Tab. 26: Korrelationen der Werte für die physikalischen Parameter der Komposte aller 42 Kompostanlagen.

Pearson Correlation

	WASS_105	WASSERKA	PH_WERT	LEITFAEH	TC	TIC
WASS_105	1.000	.752**	.009	-.245	.423**	.106
WASSERKA	.752**	1.000	-.022	-.197	.644**	.015
PH_WERT	.009	-.022	1.000	.333*	.080	-.017
LEITFAEH	-.245	-.197	.333*	1.000	.254	-.113
TC	.423**	.644**	.080	.254	1.000	.128
TIC	.106	.015	-.017	-.113	.128	1.000

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

### 8.2.6.2 Clusteranalyse

Es wurde eine Clusteranalyse mit den Werten für die physikalischen Parameter aller 42 Kompostanlagen durchgeführt, um herauszufinden, in welche Gruppen sich die Anlagen aufteilen. Um mögliche Ursachen bzw. bestimmende Faktoren für die Gruppenbildung herauszufinden, wurden die Daten aus der Fragebogenerhebung herangezogen. Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lufttrockene Trockensubstanz (30°C) durchgeführt.

Die physikalischen Parameter werden durch die Clusteranalyse in drei Gruppen geteilt (siehe Abb. 26).

- Zur ersten Gruppe gehören die Anlagen 3, 34, 8, 11, 25, 29, 9, 42, 12, 31, 32, 28, 20, 2, 14, 4, 13, 1 und 26. Die Komposte dieser Anlagen sind durch hohe Leitfähigkeitswerte gekennzeichnet. Es handelt sich v.a. um Biotonnen-Anlagen der Einzugsgebietstypen Land und Stadt-Land.
- Eine weitere Gruppe bilden die Anlagen 36, 37, 39, 27, 30, 16, 24, 18, 21, 17, 35, 22, 23 und 38. Sie weisen hohe Werte in den Parametern Wasserkapazität und Wassergehalt auf. Es handelt sich überwiegend um Grünschnitt-Anlagen des Einzugsgebietstyps Stadt. 5 der 8 Hausgartenkomposte sind in dieser Gruppe vertreten.
- Die restlichen Anlagen bilden den dritten Cluster.

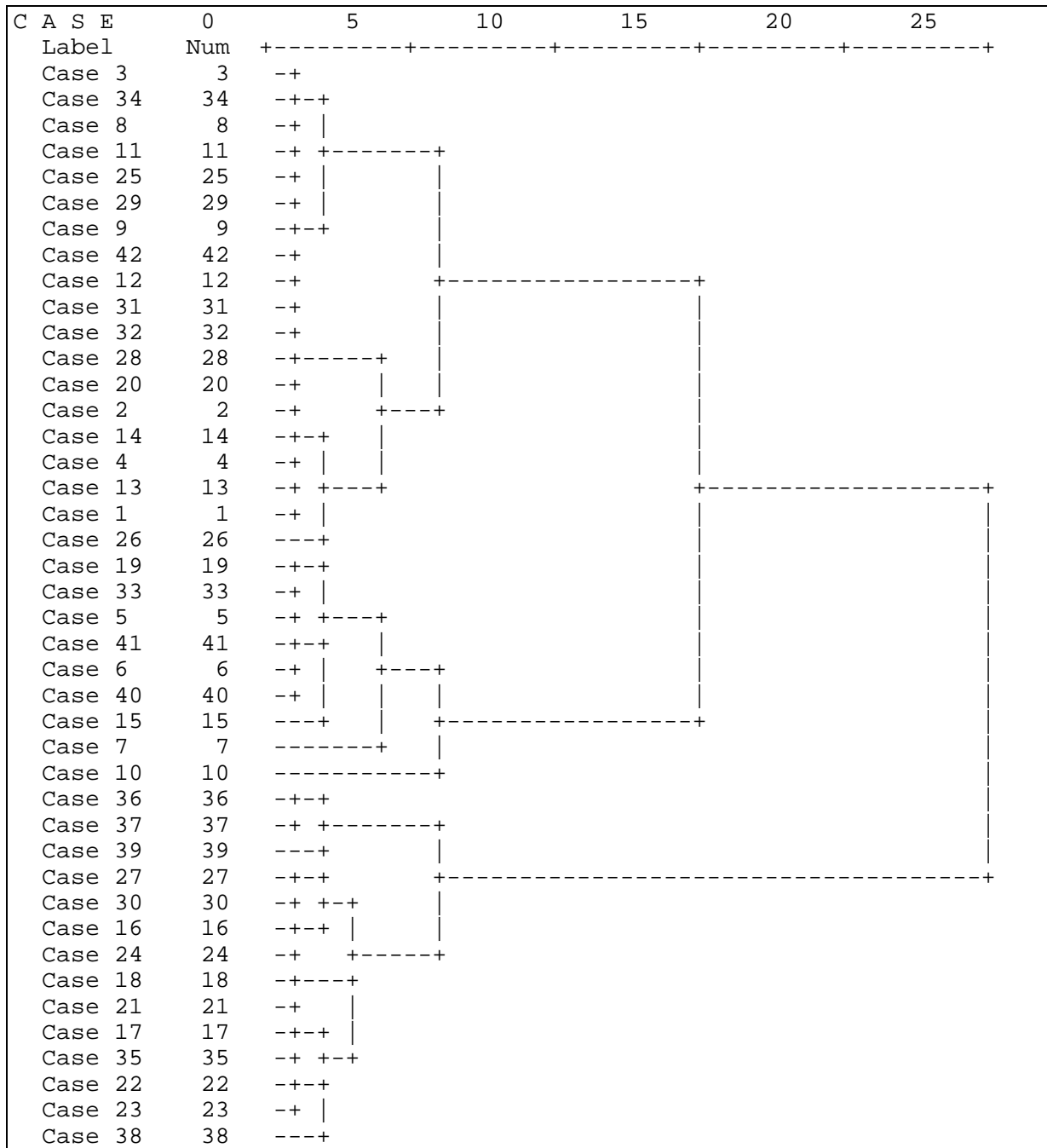


Abb. 26: Clusteranalyse aller 42 Kompostanlagen aufgrund der gemessenen physikalischen Parameter der Komposte.

In Tab. 27 ist eine Zusammenfassung der signifikanten Unterschiede zwischen Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen bzw. zwischen den drei Einzugsgebietstypen Stadt, Land und Stadt-Land dargestellt.

Tab. 27: Statistisch signifikante Unterschiede der Werte für die physikalischen Parameter zwischen Biotonnen (BT)- und Grünschnitt-Anlagen (GS) bzw. zwischen den drei Einzugsgebietstypen Stadt, Land und Stadt-Land (t-Test).

Parameter	Unterschied	Konfidenzintervall
Wasserkapazität	GS > BT	95 %
Wassergehalt bez. auf 105°C TS	GS > BT	90 %
Leitfähigkeit	BT > GS Land > Stadt Stadt-Land > Stadt	95 %
TIC	Stadt > Land	95 %

### 8.2.7 Diskussion und Schlußfolgerungen

In der ÖNORM S 2200 ist der Sollbereich für den **Wassergehalt** von Komposten generell mit 25 bis 50 % FS (Frischsubstanz) festgelegt (Anwendungstyp A und B). Der Wassergehalt ist vor allem für die Vermarktung ein notwendiger Parameter, da es zu keinen klumpigen Verklebungen im Sack, zu keinem Transport von Wasser und zu guten Streueigenschaften bei der Ausbringung kommen soll (AMLINGER, 1993). Weiters soll auch die Lagerfähigkeit gewährleistet sein. Von den in dieser Studie untersuchten Komposten weisen 9 einen Wassergehalt > 50 % auf, davon sind 4 Hausgartenkomposte. Exklusive der Hausgartenkomposte liegt der mittlere Wert (Median) für den Wassergehalt bei 41 %. Die Unterscheidung zwischen Biotonnen- und Grünschnittkomposten ist signifikant auf dem 90 %-Konfidenzniveau.

Bezüglich der **Wasserkapazität** weisen 3 Komposte eine Kapazität < 100 % TS (Trockensubstanz) auf und entsprechen somit nicht Anwendungstyp A gemäß der ÖNORM S 2200. Es handelt sich um zwei Grünschnittkomposte aus kommunalen Anlagen und einen Biotonnen-Kompost. Eine niedrige Wasserkapazität ist gekoppelt mit einem geringen Gehalt an organischer Substanz (vgl. auch AMLINGER, 1993). In Abb. 27 ist die positive Korrelation der Wasserkapazität mit dem Gehalt an organischer Substanz (ausgedrückt durch den **Glühverlust**) dargestellt.

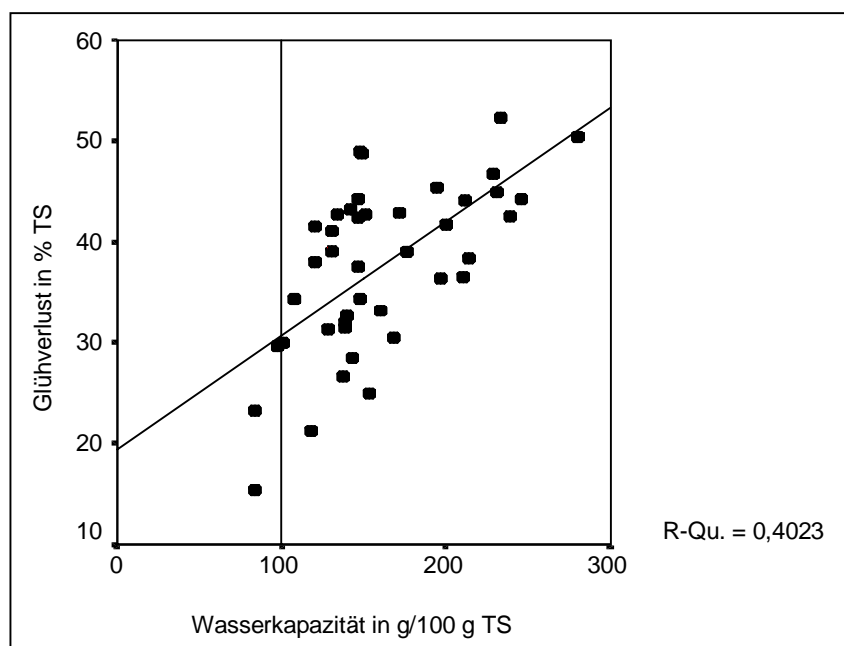
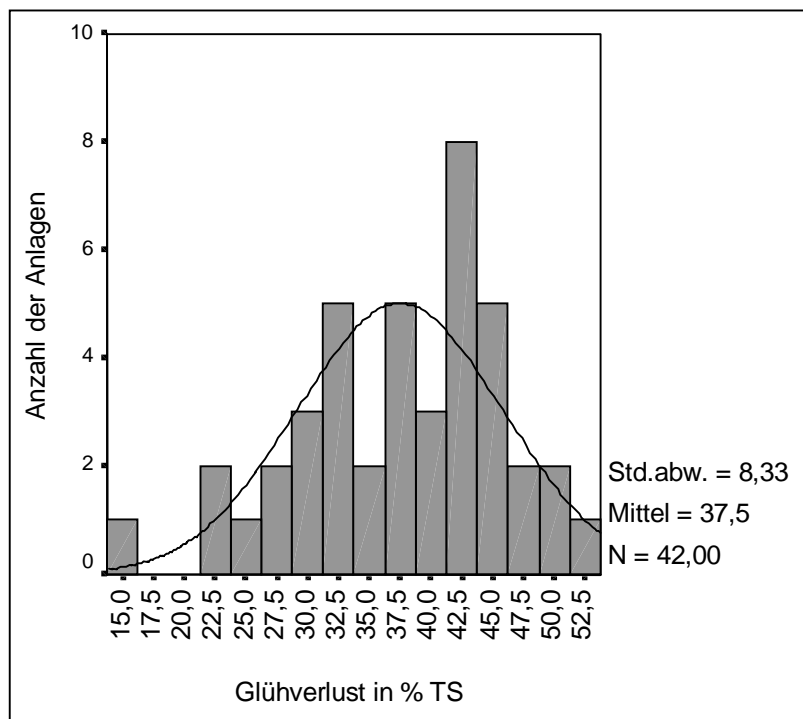


Abb. 27: Korrelation zwischen Wasserkapazität und Glühverlust der untersuchten 42 Komposte.

Der mittlere Wert (Median) der **Gehalte an organischer Substanz** (Glühverlust) beträgt 39 % TS, in der ÖNORM S 2200 wird ein Sollbereich für Anwendungstyp A und B von  $\geq 20$  % TS angegeben. Es handelt sich in erster Linie um einen wertgebenden Parameter, der mit der bodenverbessernden Wirkung von Komposten zusammenhängt. Die Häufigkeitsverteilung der Glühverlust-Werte ist *Abb. 28* zu entnehmen.



*Abb. 28:* Häufigkeitsverteilung der Glühverlust-Werte bei den untersuchten 42 Kompostproben.

Für den Parameter **Feuchtdichte** (=Volumsgewicht) beträgt der Sollbereich gemäß ÖNORM S 2200  $\leq 0,85$  kg/l. Der Median der 42 untersuchten Komposte beträgt 0,80 kg/l, 16 Komposte weisen einen Feuchtdichte-Wert  $> 0,85$  kg/l auf. Die Feuchtdichte kann als Parameter für den Rottegrad herangezogen werden (AMLINGER, 1993), sie ist im Unterschied zur Wasserkapazität negativ mit dem Gehalt an organischer Substanz (Glühverlust) korreliert, da das Volumsgewicht mit fortschreitender Mineralisation steigt (siehe *Abb. 29*).



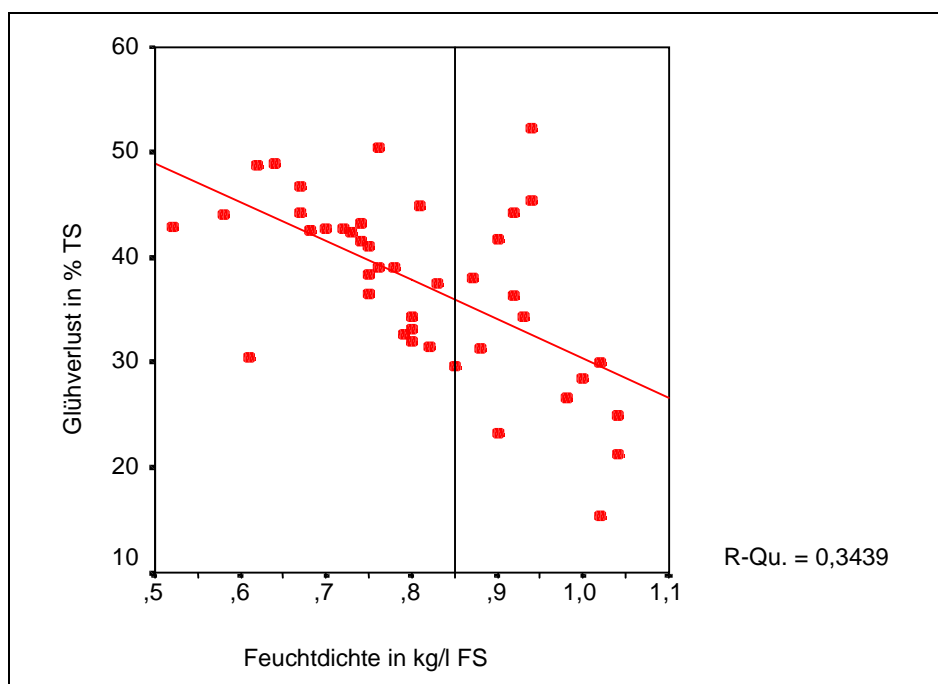


Abb. 29: Korrelation zwischen Feuchtdichte und Glühverlust bei den untersuchten 42 Kompostproben.

Der **pH-Wert** liegt im Mittel bei 7,6 (Median) und weist keine großen Unterschiede zwischen den Proben auf. Dieser Wert stimmt mit dem für Deutschland bundesweit ermittelten Durchschnittswert überein (Median von 7,57, siehe VOGTMANN et al., 1993). Wie auch bei der Studie in Deutschland zeigen sich keine signifikanten Unterschiede des pH-Wertes zwischen städtischem und ländlichem Einzugsgebiet bzw. zwischen Biotonnen- und Grünschnittkomposten.

Beim Parameter **Leitfähigkeit** zeigt sich, wie auch bei den Parametern Natrium und Chlorid<sub>hwl.</sub>, daß Biotonnen-Komposte aus ländlichem Einzugsgebiet die höchsten Werte aufweisen. Der Sollbereich gemäß ÖNORM S 2200 liegt bei  $\leq 2,0$  (Anwendungstyp A, „Mischkomponente für Kultursubstrate“) bzw. bei  $\leq 4,0$  (Anwendungstyp B, „Bodenverbesserungsmittel“). Insgesamt 39 der untersuchten 42 Komposte entsprechen aufgrund der gemessenen Leitfähigkeit zumindest Anwendungstyp B, 16 davon liegen sogar im Bereich für Anwendungstyp A.

Der Anteil des organisch gebundenen **Kohlenstoff** (TOC) am Gesamt-Kohlenstoff (TC) beträgt im Mittel aller 42 untersuchten Komposte 92 %. Der Median der TOC-Werte liegt bei 20 % TS (Sollbereich Anwendungstyp A und B gemäß ÖNORM S 2200  $\geq 12$  % TS) und ist damit etwas niedriger, als beispielsweise die Ergebnisse der Biotonnen-Untersuchungen in Wien (Median von 23 % TS) (AMLINGER, 1993). In Relation zum  $N_{\text{kjeldahl}}$ -Wert ergibt der TOC-Wert das C/N-Verhältnis, welches im Kapitel Nährstoffe behandelt wird.

Der Gehalt an anorganischem Kohlenstoff (TIC), der aus der Konzentration an  $\text{CaCO}_3$  berechnet wird (siehe ÖNORM S 2023), ist bei städtischen Komposten signifikant höher, als bei Komposten des ländlichen Einzugsgebietes.

### 8.3 Nährstoffe

Folgende Parameter wurden gemessen: Gesamtstickstoff (nach Kjeldahl), Nitrat-Stickstoff ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), Ammonium-Stickstoff ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ), Gesamtphosphat ( $\text{P}_2\text{O}_{5\text{gesamt}}$ ), verfügbares Phosphat ( $\text{P}_2\text{O}_{5\text{CAL}}$ ), Gesamtkalium ( $\text{K}_2\text{O}_{\text{gesamt}}$ ), verfügbares Kalium ( $\text{K}_2\text{O}_{\text{CAL}}$ ), Kalziumoxid ( $\text{CaO}$ ), Magnesiumoxid ( $\text{MgO}$ ), Eisen ( $\text{Fe}$ ).

Die Bestimmung der Parameter erfolgte nach der ÖNORM S 2023.

Es wurden bei allen Analysen Doppelbestimmungen durchgeführt. Laborintern wurden Vertrauensbereiche definiert, die von den Einzelwerten der Doppelbestimmung eingehalten werden mußten. Proben, deren Einzelanalyse diesen Bereich überschritten, wurden durch eine weitere Doppelbestimmung überprüft.

#### 8.3.1 Stickstoff

Die N-Gehalte ( $\text{N}_{\text{Kjeldahl}}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ) der einzelnen Kompostproben können dem Anhang, Tabelle 5 (S. 312ff) entnommen werden.

##### 8.3.1.1 Statistische Eckdaten

Die statistischen Eckdaten der Stickstoffverbindung aller Kompostproben können der Tab. 28 entnommen werden. Die Bestimmungsgrenze für N-Kjeldahl liegt bei 0,1 % TS (luftr.).

Tab. 28: N-Gehalte der Kompostproben bezogen auf 105°C TS und Verhältnis  $\text{NO}_3\text{-N} : \text{NH}_4\text{-N}$ .

n = 42 Anlagen	Stickstoff (Kjeldahl) in % TS <sub>105°C</sub>	$\text{NO}_3\text{-N}$ in % TS <sub>105°C</sub>	$\text{NH}_4\text{-N}$ in % TS <sub>105°C</sub>	Verhältnis $\text{NO}_3\text{-N} : \text{NH}_4\text{-N}$
Minimumwert	0,6	0,00	0,00	0,12
Maximalwert	2,3	0,19	0,07	186
Mittelwert	1,5	0,04	0,01	35
Median	1,5	0,04	0,00	28
Unteres Quartil	1,2	0,01	0,00	1,7
Oberes Quartil	1,9	0,07	0,01	50
Standardabweichung	0,4	0,04	0,01	40

##### 8.3.1.2 Trennung nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen

In Abb. 30 ist die Verteilung der  $\text{NO}_3\text{-N}$ -Gehalte getrennt nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen angegeben. Die Verteilung ist bei beiden Gruppen annähernd gleich. Es gibt nur einen Ausreißer, die Anlage 39, ein Grünschnitt-Hausgartenkompost.

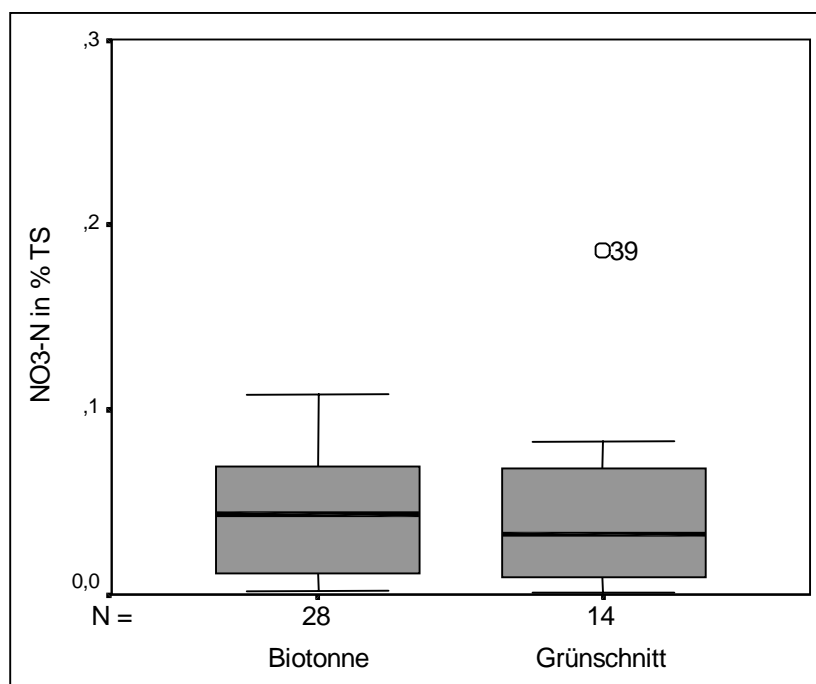


Abb. 30: Boxplot:  $\text{NO}_3\text{-N}$ -Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf die luftgetrocknete Probe ( $30^\circ\text{C}$ ).

Beim Parameter N-Kjeldahl gibt es weder bei den Biotonnen-Anlagen noch bei den Grünschnitt-Anlagen Ausreißer (siehe Abb. 31). Der t-Test zum Vergleich der Mittelwerte der Biotonnen- und Grünschnittkomposte ergibt einen signifikanten Unterschied (Signifikanzniveau 0,05). Bei der Gruppierung der Komposte nach dem Einzugsgebiet (Stadt, Land, Stadt-Land) ist kein signifikanter Unterschied bezüglich des N-Kjeldahl-Gehaltes vorhanden.

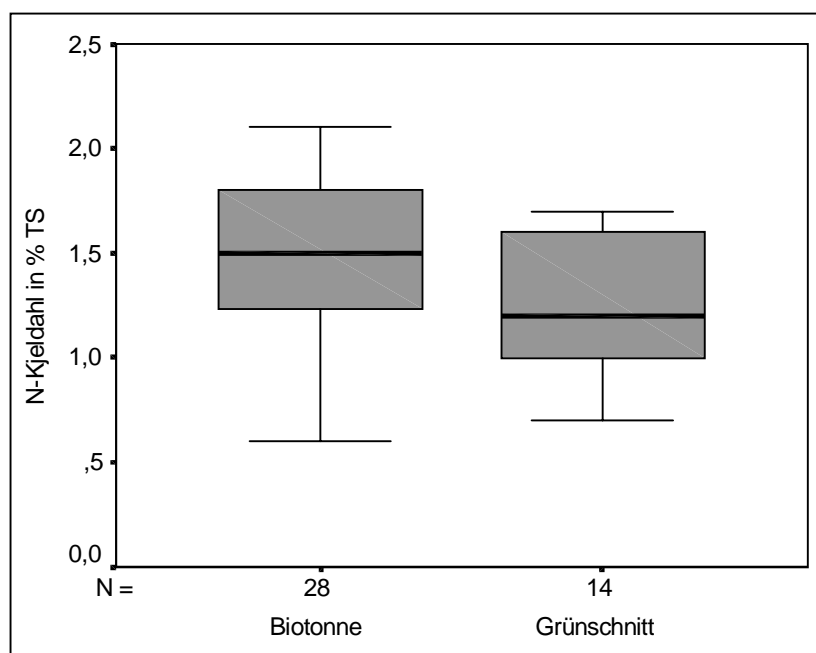


Abb. 31: Boxplot:  $N_{\text{Kjeldahl}}$ -Gehalte von Biotonnen – und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf die luftgetrocknete Probe ( $30^\circ\text{C}$ ).

### 8.3.2 Phosphor und Kalium

Die P-Gehalte ( $P_2O_{5\text{gesamt}}$ ,  $P_2O_{5\text{CAL}}$ ) und K-Gehalte ( $K_2O_{\text{gesamt}}$ ,  $K_2O_{\text{CAL}}$ ) der einzelnen Kompostproben können dem Anhang, Tabelle 5 (S. 312ff) entnommen werden.

#### 8.3.2.1 Statistische Eckdaten

Die statistischen Eckdaten zu den P- und K-Gehalten aller Kompostproben können der Tab. 29 entnommen werden.

Tab. 29: P- und K-Gehalte der Kompostproben bezogen auf 105°C TS, Nachweis- und Bestimmungsgrenzen in % TS (lufttr.).

n = 42 Anlagen	$P_2O_5_{\text{gesamt}}$	$P_2O_5_{\text{CAL}}$	$K_2O_{\text{gesamt}}$	$K_2O_{\text{CAL}}$
in % TS <sub>105°C</sub>				
Minimumwert	0,3	0,05	0,5	0,1
Maximalwert	1,9	0,64	3,0	1,9
Mittelwert	0,9	0,26	1,5	0,6
Median	0,9	0,26	1,5	0,6
unteres Quartil	0,6	0,18	1,1	0,4
oberes Quartil	1,2	0,31	1,8	0,8
Standardabweichung	0,4	0,12	0,5	0,4
Bestimmungsgrenze in % TS (lufttr.)	(0,03)	(0,01)	(0,03)	(0,1)
Nachweisgrenze in % TS (lufttr.)		(0,003)		

#### 8.3.2.2 Trennung nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen

In Abb. 32 ist die Verteilung der  $P_2O_5_{\text{gesamt}}$ -Gehalte getrennt nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen angegeben. Der Bereich der Meßergebnisse ist bei den Biotonnen-Anlagen größer als bei den Grünschnitt-Anlagen. Es gibt einen Ausreißer, die Anlage 38, ein Grünschnitt-Hausgartenkompost.

Der Unterschied zwischen den  $P_2O_5_{\text{gesamt}}$ -Gehalten von Biotonnen- und Grünschnitt-Komposten ist signifikant auf dem 5 % Niveau. Bezüglich der unterschiedlichen Einzugsgebiete ist kein signifikanter Unterschied im  $P_2O_5_{\text{gesamt}}$ -Gehalt feststellbar.

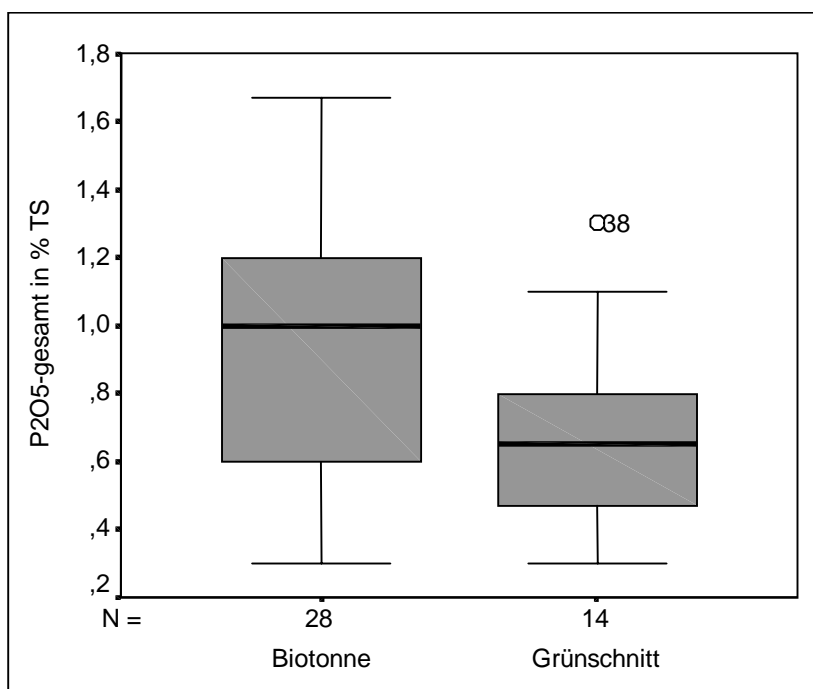


Abb. 32: Boxplot:  $P_2O_5_{gesamt}$ -Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf die luftgetrocknete Probe (30°C).

Beim Parameter  $P_2O_5_{CAL}$  gleichen sich die Meßbereiche beider Anlagentypen wieder annähernd. Der Ausreißer der Anlage 38, ein Grünschnitt-Hausgartenkompost, ist ebenfalls feststellbar.

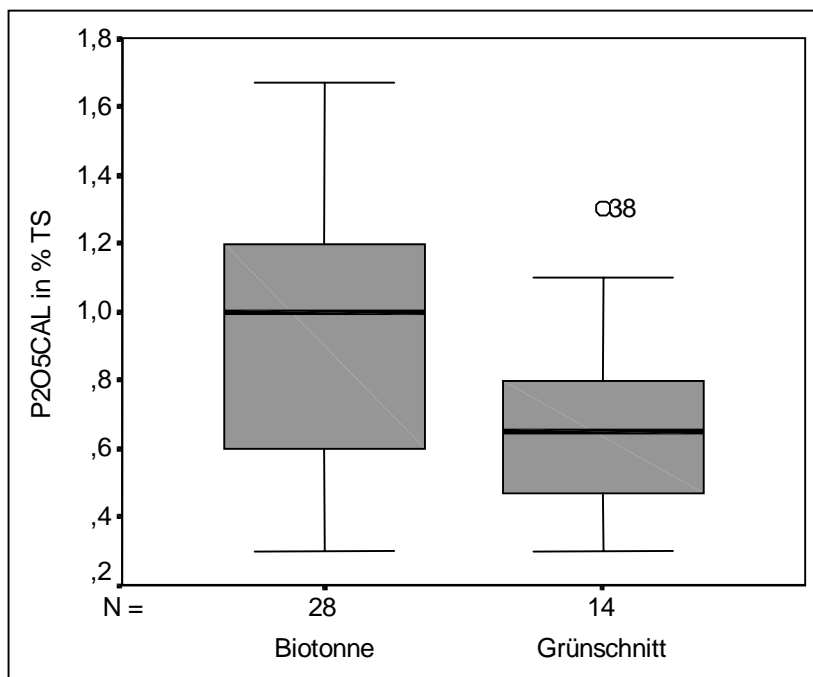
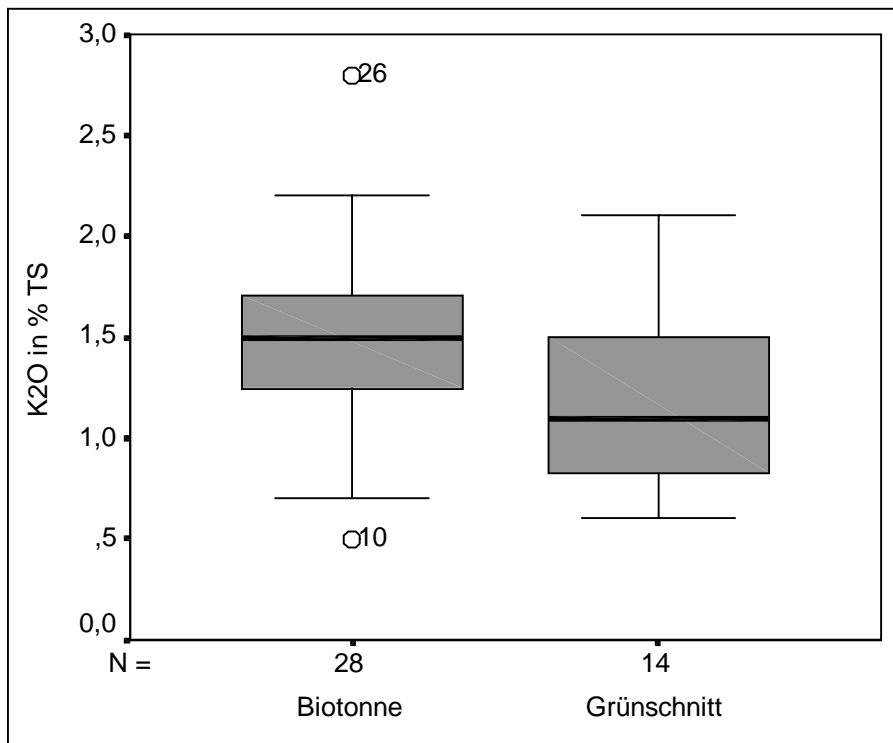


Abb. 33: Boxplot:  $P_2O_5_{CAL}$ -Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf die luftgetrocknete Probe (30°C).

Die Ergebnisse für den  $K_2O_{\text{gesamt}}$ -Gehalt sind *Abb. 34* zu entnehmen. Die Ausreißer bei den Biotonnen-Anlagen sind die Anlagen 26 bzw. 10.

Auf Basis eines 90 %igen Konfidenzintervalls ist ein signifikanter Unterschied zwischen Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen festzustellen. Weiters unterscheiden sich die Kompostproben des Einzugsgebietstyps Stadt durch niedrigere Werte von den anderen beiden Typen Land (signifikant,  $\text{Sig} < 0,1$ ) und Stadt-Land (hochsignifikant,  $\text{Sig} < 0,05$ ).



*Abb. 34:* Boxplot:  $K_2O_{\text{gesamt}}$ -Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf die luftgetrocknete Probe (30°C).

Beim Parameter  $K_2O_{\text{CAL}}$  gibt es einen Ausreißer und einen Extremwert bei den Biotonnen-Anlagen. Dies sind die Anlagen 1 und 26 (siehe *Abb. 35*). Die Biotonnen-Anlagen weisen signifikant höhere Werte auf, als die Grünschnitt-Anlagen. Bei einer Aufteilung nach den Einzugsgebietstypen zeigt sich, daß die Komposte der Kategorie Stadt signifikant niedrigere Werte aufweisen, als die Komposte der Kategorien Land und Stadt-Land.

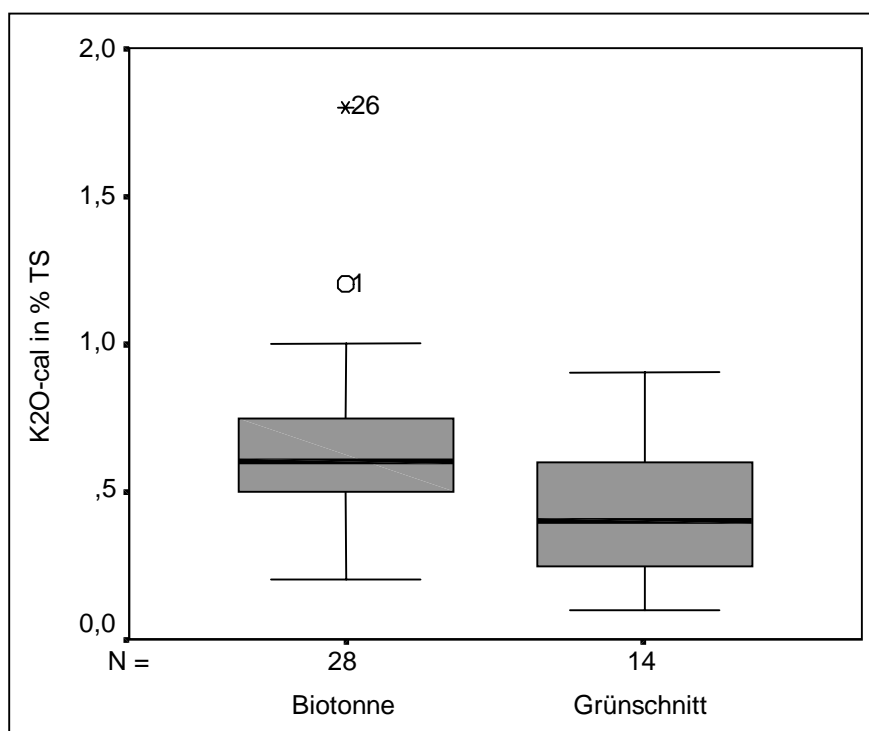


Abb. 35: Boxplot:  $K_2O_{CAL}$ -Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf die luftgetrocknete Probe (30°C).

### 8.3.3 Magnesium, Calcium und Eisen

Die MgO-, CaO- und Fe-Gehalte der einzelnen Kompostproben können dem Anhang, Tabelle 5 (S. 312ff.) entnommen werden.

#### 8.3.3.1 Statistische Eckdaten

Die statistischen Eckdaten zu den Magnesiumoxid-, Calciumoxid- und Eisen-Gehalten aller Kompostproben können Tab. 30 entnommen werden.

Tab. 30: MgO-, CaO- und Fe-Gehalte der Kompostproben bezogen auf 105°C TS, Bestimmungsgrenzen in % TS (lufttr.).

n = 42 Anlagen	MgO	CaO	Fe
in % TS <sub>105°C</sub>			
Min	1,0	2,4	0,6
Max	5,4	19,0	3,5
Mittelwert	2,4	9,9	1,7
Median	2,2	9,9	1,6
unteres Quartil	1,8	7,9	1,3
oberes Quartil	2,8	12,3	2,0
Standardabweichung	0,9	3,4	0,6
Bestimmungsgrenze in % TS (lufttr.)	(0,04)	(0,17)	(0,05)

### 8.3.3.2 Trennung nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen

In Abb. 36 ist die Verteilung der MgO-Gehalte getrennt nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen angegeben. Beim Parameter MgO gibt es bei den Biotonnen-Anlagen drei Ausreißer und einen Extremwert. Bei den Ausreißern handelt es sich um die Anlagen 6, 18 und 24. Der Extremwert ist die Anlage 7. Bei den Grünschnitt-Anlagen gibt es keine Ausreißer oder Extremwerte.

Bezüglich der Einzugsgebietstypen fällt auf, daß die Komposte der Kategorie Land signifikant (5 % Konfidenzniveau) niedrigere Werte aufweisen, als die Komposte der Kategorien Stadt und Stadt-Land.

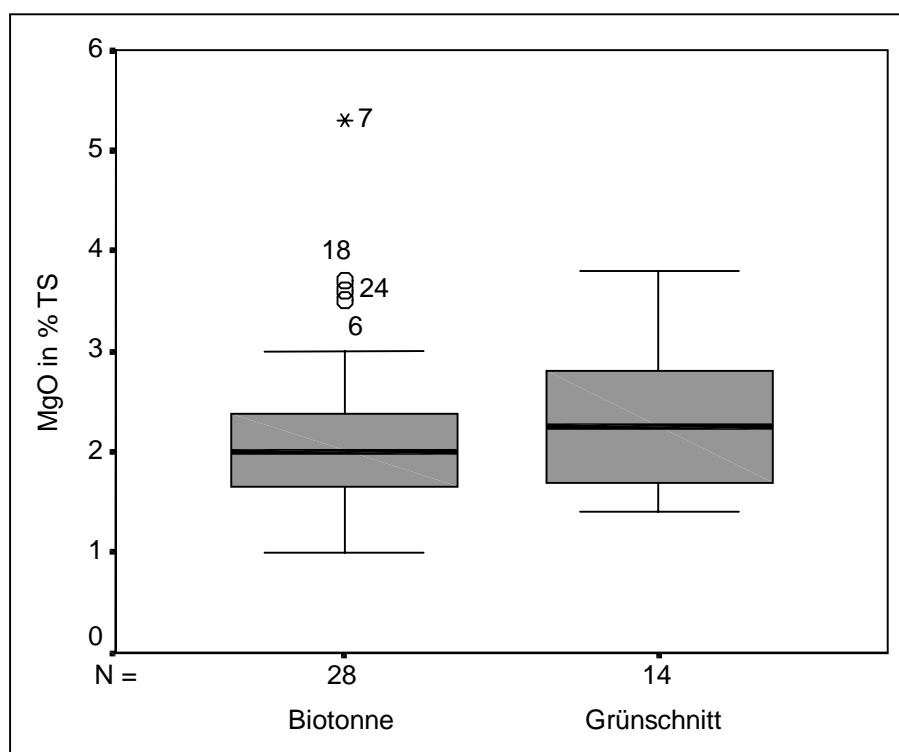


Abb. 36: Boxplot: MgO-Gehalte von Biotonnen – und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf die luftgetrocknete Probe (30°C).

Bei dem Parameter CaO gibt es bei den Biotonnen-Anlagen drei Ausreißer. Es handelt sich dabei um die Anlagen 7, 10 und 28.

Hinsichtlich der Einzugsgebietstypen weisen die Komposte der Kategorie Stadt signifikant höhere CaO-Gehalte auf, als jene der Kategorien Land und Stadt-Land.



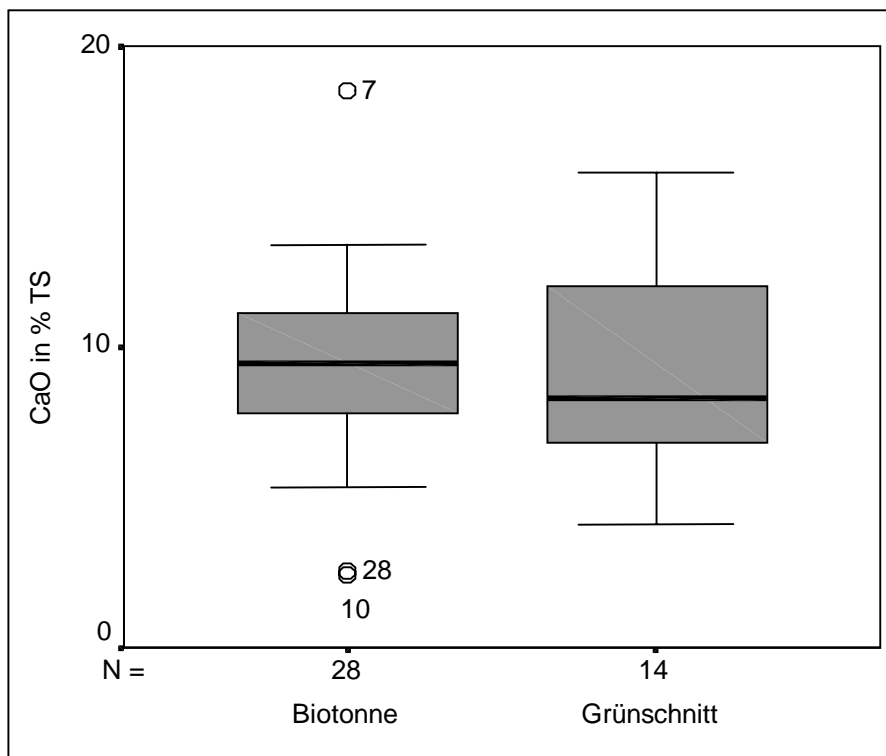


Abb. 37: Boxplot: CaO-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf die luftgetrocknete Probe (30°C).

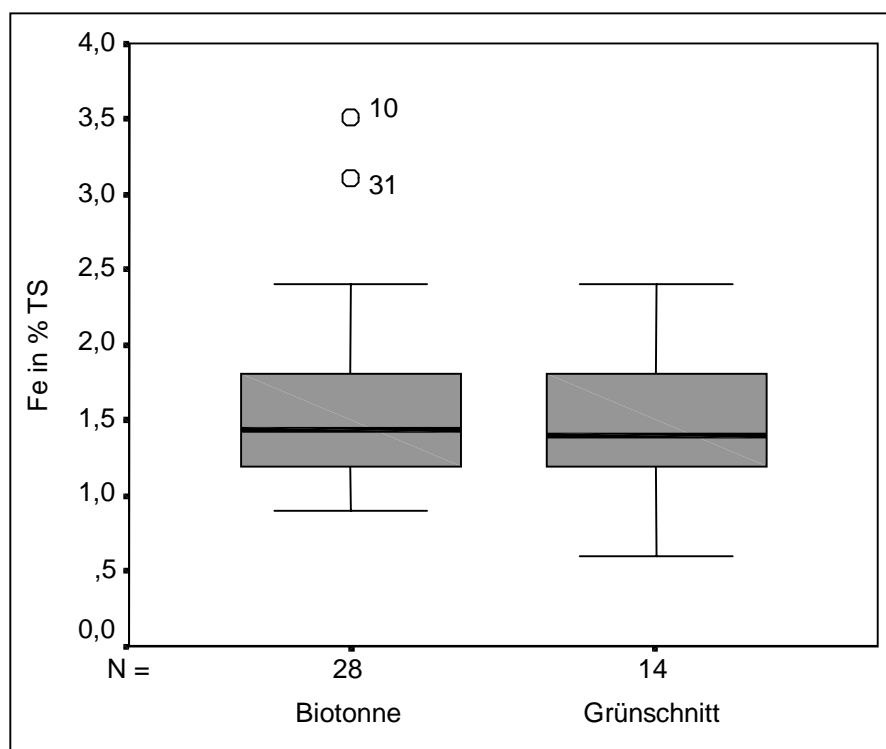


Abb. 38: Boxplot: Fe-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf die luftgetrocknete Probe (30°C).

Bei den Eisengehalten gleichen sich die Meßbereiche beider Anlagentypen (siehe *Abb. 38*). Es gibt bei den Biotonnen-Anlagen zwei Ausreißer, die Anlagen 10 und 31.

Die Fe-Werte der Komposte des Einzugsgebietstyps Land sind signifikant höher gegenüber jenen des Einzugsgebietstyps Stadt.

### 8.3.4 Gesamtbetrachtung der Gruppe der Nährstoffe – Biotonnen-Anlagen

Es wurden 28 Biotonnen-Anlagen untersucht. Bei der Gruppe der Nährstoffe werden folgende Parameter betrachtet und in die statistische Analyse einbezogen: Stickstoff (Kjeldahl),  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5\text{gesamt}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5\text{CAL}$ ,  $\text{K}_2\text{O}_{\text{gesamt}}$ ,  $\text{K}_2\text{O}_{\text{CAL}}$ , CaO, MgO, Fe.

#### 8.3.4.1 Hauptkomponentenanalyse und Korrelationen

Innerhalb der Gruppe der Nährstoffe (siehe Kapitel 8.3.1–8.3.3, mit Ausnahme von Ammonium-N) wurden Korrelationen errechnet, um Beziehungen und Zusammenhänge zwischen den einzelnen Nährstoffen in Komposten herauszufinden. Dazu wurde zuerst eine Hauptkomponentenanalyse zur Datenreduktion durchgeführt.

Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lufttrockene Trockensubstanz (30°C) durchgeführt.

Die Hauptkomponentenanalyse ergibt, daß drei Faktoren notwendig sind, um 80 % der Varianz innerhalb der Gruppe der Nährstoffe zu erklären (siehe auch Kapitel 8.1 Statistische Methodik). Der erste Faktor wird durch  $\text{K}_2\text{O}_{\text{cal}}$ ,  $\text{K}_2\text{O}_{\text{gesamt}}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5\text{ cal}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5\text{ gesamt}$  und N-Kjeldahl positiv und Eisen negativ beeinflusst. Der zweite Faktor wird auf der einen Seite von CaO und MgO und auf der anderen Seite von Eisen gebildet. Der dritte Faktor erklärt den geringsten Anteil an der Varianz und wird nur durch  $\text{NO}_3\text{-N}$  gebildet (siehe *Tab. 31*). Eine starke Beeinflussung eines Faktors liegt vor, wenn die Varianz des Parameters relativ groß ist. Parameter, die eher immer Werte in derselben Höhe aufweisen, tragen wenig zur Erklärung der gesamten Varianz innerhalb der Gruppe bei und bestimmen daher keinen Faktor maßgebend. Parameter, welche denselben Faktor stark beeinflussen, weisen eine Ähnlichkeit in der Varianz ihrer Werte auf.

*Tab. 31: Hauptkomponentenanalyse "Biotonne-Nährstoffe": Factor Matrix.*

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
FE	-,51902	-,61989	,28063
K2O_CAL	,85734	-,23709	-,17655
MGO	,13800	,76676	,29096
K2O_GES	,88741	-,22533	-,11786
P2O5_CAL	,89395	-,16839	,10152
P2O5_GES	,83672	-,01006	,16043
N_KJELDA	,86041	,06984	,13704
NO3_N	,01283	-,18707	,94793
CAO	,08449	,91052	,07569

Der Plot in *Abb. 39* zeigt die Faktorladungen der Parameter. Man kann sehen, daß Ladungen von CaO und MgO immer in die gleiche Richtung zeigen. Auch N-Kjeldahl,  $\text{P}_2\text{O}_5\text{ gesamt}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5\text{ cal}$ ,  $\text{K}_2\text{O}_{\text{gesamt}}$  und  $\text{K}_2\text{O}_{\text{cal}}$  treten immer zusammen auf. Auf der anderen Seite treten Eisen und  $\text{NO}_3\text{-N}$  nicht mit anderen Parametern zusammen auf.

## Factor Plot

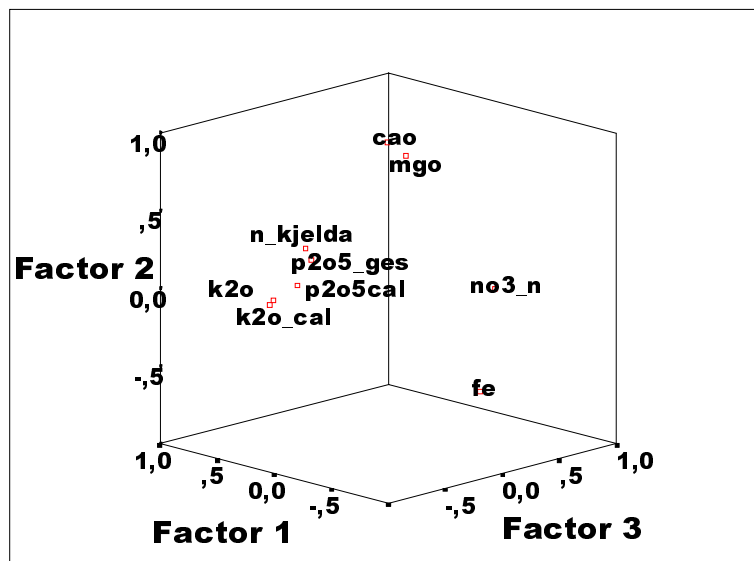


Abb. 39: Hauptkomponentenanalyse "Biotonne-Nährstoffe": Plot der Faktorladungen der Parameter.

Die nächsten Scatterplots (Abb. 40 a,b,c) zeigen nun die Lage der Biotonnen-Anlagen, errechnet aufgrund der neuen Werte (alter Wert x Eigenvalue) für die Nährstoffgehalte (zusammengeführt in den drei Faktoren) im Raum, welcher dadurch durch drei Hauptkomponenten festgelegt werden kann. Die Anlage 10 ist durch ihren hohen Eisengehalt und kleine Werte bei den anderen für Faktor 1 wichtigen Parametern charakterisiert. Die Anlage 7 hat sowohl einen hohen Wert bei CaO als auch bei MgO. Die Anlage 26 hat bei allen Parametern, die sich auf die erste Hauptkomponente positiv auswirken, hohe Werte.

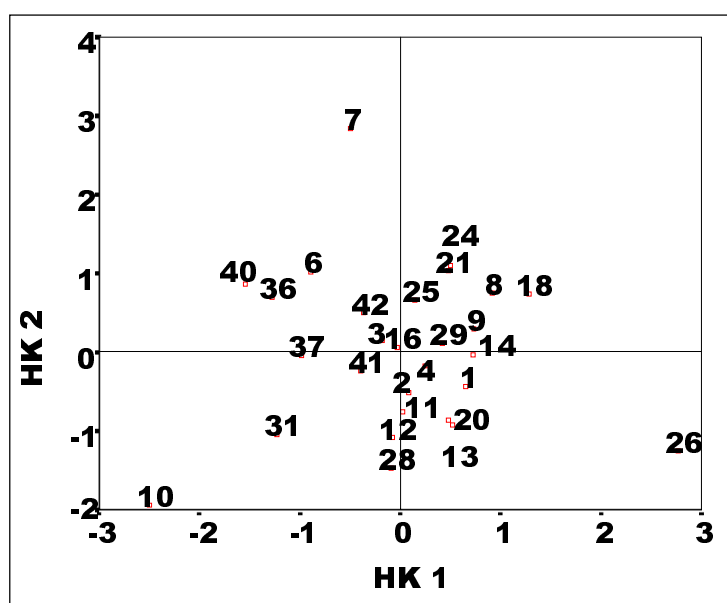


Abb. 40 a: Hauptkomponentenanalyse "Biotonne-Nährstoffe": Scatterplots mit neuer Lage der Biotonnen-Anlagen aufgrund der gemessenen Nährstoffwerte.

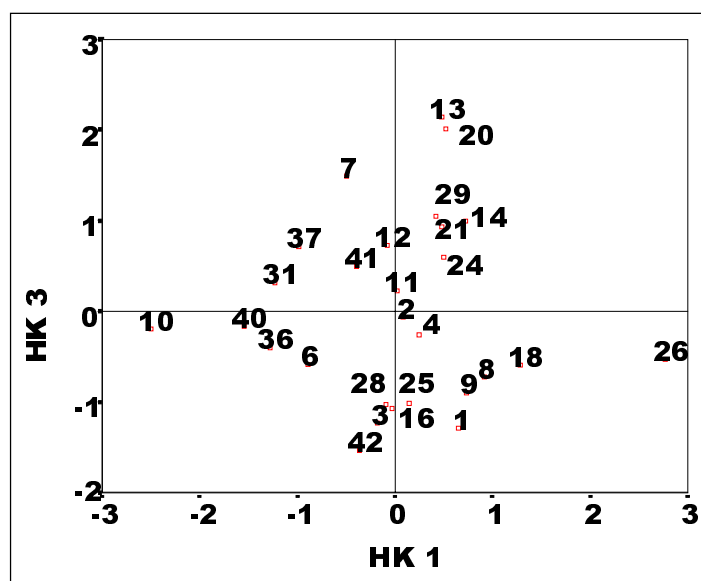


Abb. 40 b: Hauptkomponentenanalyse "Biotonne-Nährstoffe": Scatterplots mit neuer Lage der Biotonnen-Anlagen aufgrund der gemessenen Nährstoffwerte.

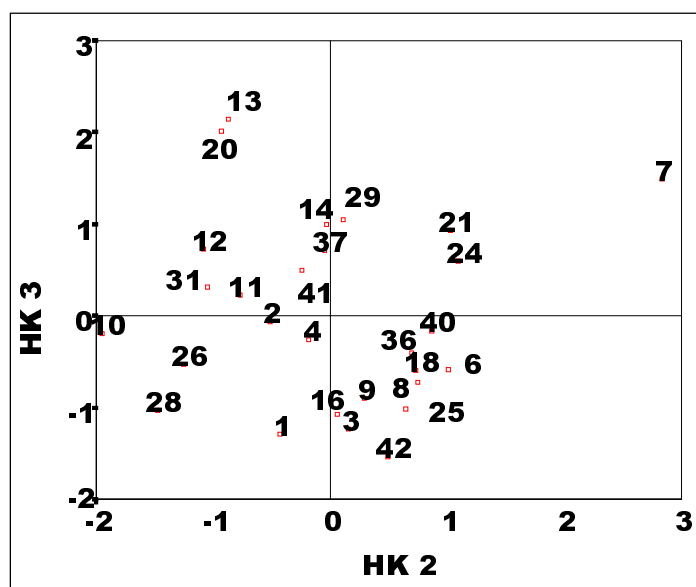


Abb. 40 c: Hauptkomponentenanalyse "Biotonne-Nährstoffe": Scatterplots mit neuer Lage der Biotonnen-Anlagen aufgrund der gemessenen Nährstoffwerte.

Die Korrelationen innerhalb der Gruppe der Nährstoffe bei den Biotonnen-Anlagen zeigt Tab. 32. Es wird der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet. Ein Stern bedeutet, daß die Korrelation auf dem 95 % Niveau signifikant ist. Die Signifikanz auf dem 99 % Niveau ist durch zwei Sterne gekennzeichnet.

Tab. 32: Korrelationen der Nährstoffwerte der Biotonnen-Komposte.

Pearson Correlation		N_KJELDA	NO3_N	NH4_N	P2O5_GES	P2O5CAL	K2O	K2O_CAL	CAO	MGO	FE
N_KJELDA		1.000									
NO3_N		.075	1.000								
NH4_N		.132	-.219	1.000							
P2O5_GES		.798**	.099	.253	1.000						
P2O5CAL		.700**	.178	.260	.706**	1.000					
K2O		.645**	-.049	-.043	.625**	.763**	1.000				
K2O_CAL		.579**	-.095	-.022	.577**	.748**	.963**	1.000			
CAO		.075	-.078	.245	1.000	.748**	.963**	1.000	1.000		
MGO		.183	.068	-.095	.040	-.087	-.107	-.112	.623**	1.000	
FE		-.456*	.278	-.308	-.334	-.444*	-.255	-.244	-.529**	-.304	1.000

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

### 8.3.4.2 Clusteranalyse

Die Clusteranalyse klassifiziert die Anlagen in Kategorien. Die Ergebnisse der Clusteranalyse können in Form einer Tabelle und mittels eines Dendrogrammes dargestellt werden (siehe *Tab. 33* und *Abb. 41*).

Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lufttrockene Trockensubstanz (30°C) durchgeführt.

*Tab. 33* zeigt das Resultat der Clusteranalyse. Die erste Spalte zeigt, wieviele Schritte zur Lösung gebraucht werden. Die nächsten beiden Spalten zeigen, welche beiden Cluster vereinigt werden. Die vierte Spalte repräsentiert die quadrierte Euklidische Distanz. Die nächsten beiden Spalten zeigen, wieviele Anlagen in dem Cluster schon in einem vorherigen Schritt zusammengefaßt wurden. In der letzten Spalte kann man sehen, wann dieser Cluster wieder verwendet wird.

*Tab. 33: Clusteranalyse der Biotonnen-Anlagen aufgrund der gemessenen Nährstoffgehalte der Komposte – Ergebnistabelle.*

Stage	Clusters		Combined Coefficient	Stage Cluster 1st Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	3	14	,011435	0	0	8
2	2	4	,055805	0	0	10
3	24	26	,108945	0	0	14
4	13	22	,162866	0	0	18
5	7	8	,220560	0	0	12
6	12	16	,286445	0	0	18
7	10	11	,358044	0	0	10
8	3	19	,435351	1	0	11
9	25	27	,524377	0	0	19
10	2	10	,627908	2	7	15
11	3	28	,740433	8	0	20
12	1	7	,918627	0	5	17
13	17	18	1,117841	0	0	22
14	5	24	1,324771	0	3	21
15	2	21	1,556040	10	0	19
16	9	23	1,808586	0	0	25
17	1	15	2,100662	12	0	20
18	12	13	2,410398	6	4	22
19	2	25	2,731439	15	9	23
20	1	3	3,260574	17	11	24
21	5	6	3,877881	14	0	25
22	12	17	4,536562	18	13	23
23	2	12	5,479284	19	22	26
24	1	20	6,732430	20	0	26
25	5	9	8,038190	21	16	27
26	1	2	9,887053	24	23	27
27	1	5	13,104498	26	25	0

In *Abb. 41* ist das Dendrogramm der Clusteranalyse dargestellt. Die Beschriftung "Case" bezeichnet die Nummer der Biotonnen-Anlage.

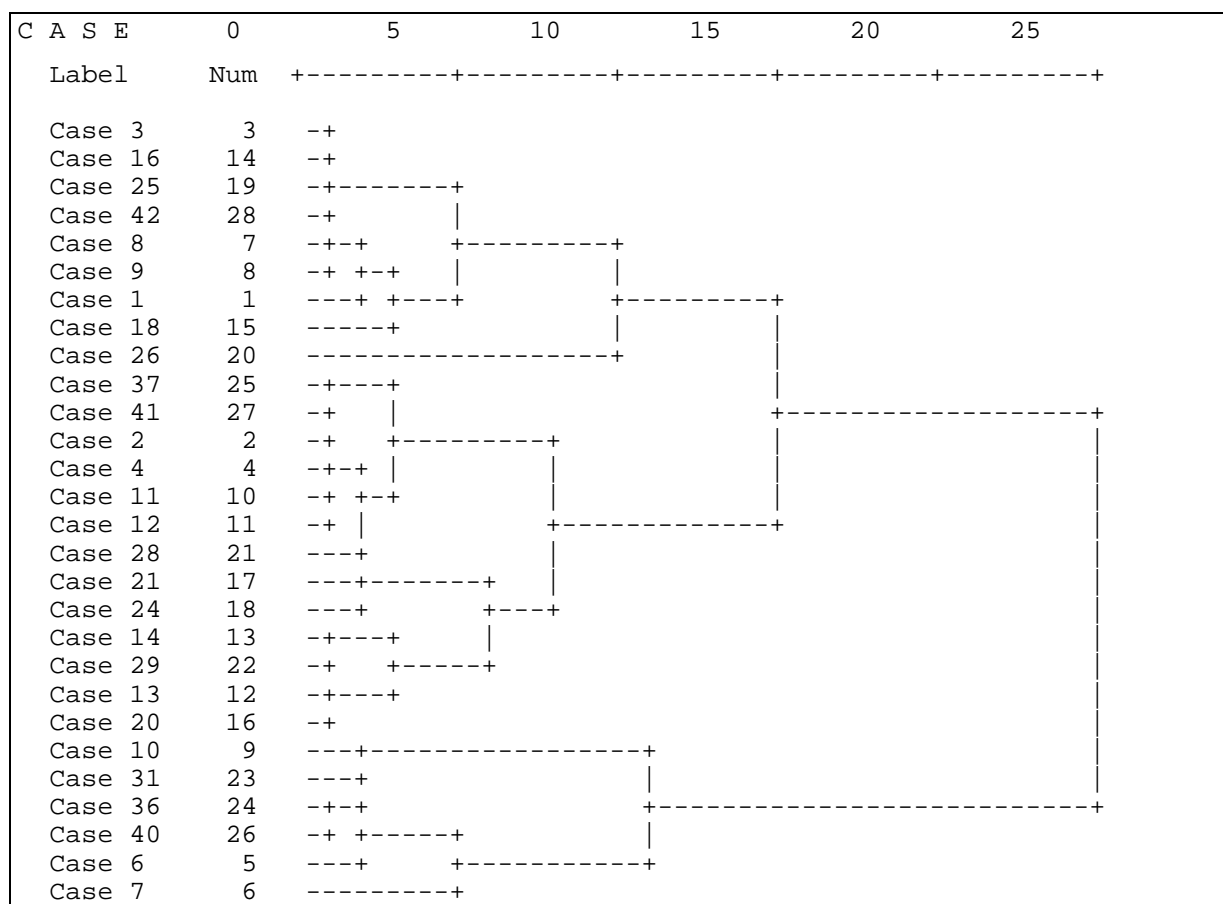


Abb. 41: Clusteranalyse der Biotonnen-Anlagen aufgrund der gemessenen Nährstoffgehalte der Komposte, "Case .." = Biotonnen-Anlage.

Man kann drei Cluster erkennen. Zum ersten Cluster gehören folgende Anlagen: 3, 16, 25, 42, 8, 9, 1, 18 und 26. Dieser unterscheidet sich in den Mittelwerten nicht sehr vom großen zweiten Cluster. Zu diesem gehören die Anlagen 37, 41, 2, 4, 11, 12, 28, 21, 24, 14, 29, 13 und 20. Zwischen diesen beiden Cluster gibt es keine starken Unterschiede. Der Cluster drei unterscheidet sich von den anderen Cluster vor allem durch niedrigere Werte bei den Parametern: N-Kjeldahl,  $P_2O_{5\text{gesamt}}$ ,  $P_2O_{5\text{cal}}$ ,  $K_2O_{\text{cal}}$  und  $K_2O_{\text{gesamt}}$ . Zu ihm gehören die restlichen Biotonnen-Anlagen (10, 31, 36, 40, 6, 7). In den Anlagen 6, 10 und 31 wird Stroh als Zuschlagstoff im Umfang von 5–6 Masse% zugegeben. Dieser Zuschlag an Strukturmaterial mit einem weiten C/N-Verhältnis und daher viel Kohlenstoff könnte für einen Verdünnungseffekt der Nährstoffe verantwortlich sein. Die beiden biotonnenbetonten Hausgartenkomposte 36 und 40 verwenden 25–50 % Grüngut, dies unterscheidet sie jedoch nicht von den anderen Hausgartenkomposten.

Bei der Clusteranalyse mit den drei Hauptkomponenten der Nährstoffwerte (siehe Kapitel 8.3.4.1) verändern sich die 3 Cluster nur wenig, jedoch kommen zu dem dritten Cluster mit den niedrigeren Nährstoffwerten die anderen beiden Hausgartenkomposte noch dazu (37, 41).

### 8.3.5 Gesamtbetrachtung der Gruppe der Nährstoffe – Grünschnitt-Anlagen

Bei der Gruppe der Nährstoffe werden folgende Parameter betrachtet und in die statistische Analyse einbezogen: Stickstoff (Kjeldahl),  $NO_3\text{-N}$ ,  $P_2O_{5\text{gesamt}}$ ,  $P_2O_{5\text{CAL}}$ ,  $K_2O_{\text{gesamt}}$  (oft nur angegeben als  $K_2O$ ),  $K_2O_{\text{CAL}}$ , CaO, MgO, Fe.

Es wurden 14 Grünschnitt-Anlagen untersucht.

### 8.3.5.1 Hauptkomponentenanalyse und Korrelationen

Innerhalb der Gruppe der Nährstoffe (siehe Kapitel 8.3.1–8.3.3, mit Ausnahme von Ammonium-N) wurden Korrelationen errechnet, um Beziehungen und Zusammenhänge zwischen den einzelnen Nährstoffen in Komposten herauszufinden. Dazu wurde zuerst eine Hauptkomponentenanalyse zur Datenreduktion durchgeführt.

Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lufttrockene Trockensubstanz (30°C) durchgeführt.

Bei den Grünschnitt-Anlagen erklären bereits die ersten zwei Faktoren 73,6 % der gesamten Varianz, deshalb sind nur zwei Faktoren notwendig.

Tab. 34 zeigt die Ladungen für die einzelnen Parameter und Faktoren. Eine starke Beeinflussung durch den Parameter liegt vor, wenn der Faktor mit einer Ladung  $> 0,6$  bestimmt wird (siehe auch Kapitel 8.1 Statistische Methodik). Der erste Faktor wird von  $K_2O_{cal}$ ,  $K_2O_{gesamt}$ ,  $P_2O_5_{cal}$ ,  $P_2O_5_{gesamt}$  und N-Kjeldahl positiv beeinflusst, während MgO ihn negativ beeinflusst. Beim zweiten Faktor stehen sich CaO auf der positiven Seite und Eisen auf der negativen Seite gegenüber.

Tab. 34: Hauptkomponentenanalyse "Grünschnitt-Nährstoffe": Factor Matrix.

	Factor 1	Factor 2
FE	,02537	-,86980
K2O_CAL	,88840	,24651
MGO	-,78086	,39928
K2O_GES	,82596	,37987
P2O5_CAL	,84327	-,27066
P2O5_GES	,71358	,39046
N_KJELDA	,89309	,20824
NO3_N	,40584	-,22608
CAO	-,39452	,87073

Der Plot in Abb. 42 zeigt die Faktorladungen der Parameter. Man kann die Gruppe mit  $P_2O_5_{gesamt}$ ,  $K_2O_{cal}$ ,  $K_2O_{gesamt}$  und N-Kjeldahl erkennen. Die anderen Mitglieder dieser Gruppe liegen verstreut.

Der Scatterplot in Abb. 43 zeigt nun die Lage der Grünschnitt-Anlagen, errechnet aufgrund der neuen Werte (alter Wert x Eigenvalue) für die Nährstoffgehalte (zusammengeführt in den zwei Faktoren) in der Fläche, welche von den zwei Hauptkomponenten aufgespannt wird. Die Anlage 38 hat hohe Werte bei  $P_2O_5_{gesamt}$ ,  $K_2O_{cal}$  und  $K_2O_{gesamt}$  für den ersten Faktor. In der zweite Hauptkomponente ist der Wert von CaO hoch, während der Wert von Eisen niedrig ist. Bei der Anlage 34 sind alle Parameter, die für die erste Hauptkomponente von Bedeutung sind, hoch. Bei der Anlage 32 sind für die erste Hauptkomponente die Parameter  $P_2O_5_{cal}$ ,  $K_2O_{cal}$ ,  $K_2O_{gesamt}$  und N-Kjeldahl von Bedeutung. Der negative Wert in der zweiten Hauptkomponente kommt durch den hohen Wert von  $P_2O_5_{cal}$  zustande. Die Anlage 19 hat bei allen Parametern, außer bei Eisen, niedrige Meßwerte.

Die Korrelationen innerhalb der Gruppe der Nährstoffe bei den Grünschnitt-Anlagen zeigt Tab. 35. Es wird der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet. Ein Stern bedeutet, daß die Korrelation auf dem 95 % Niveau signifikant ist. Die Signifikanz auf dem 99 % Niveau ist durch zwei Sterne gekennzeichnet.



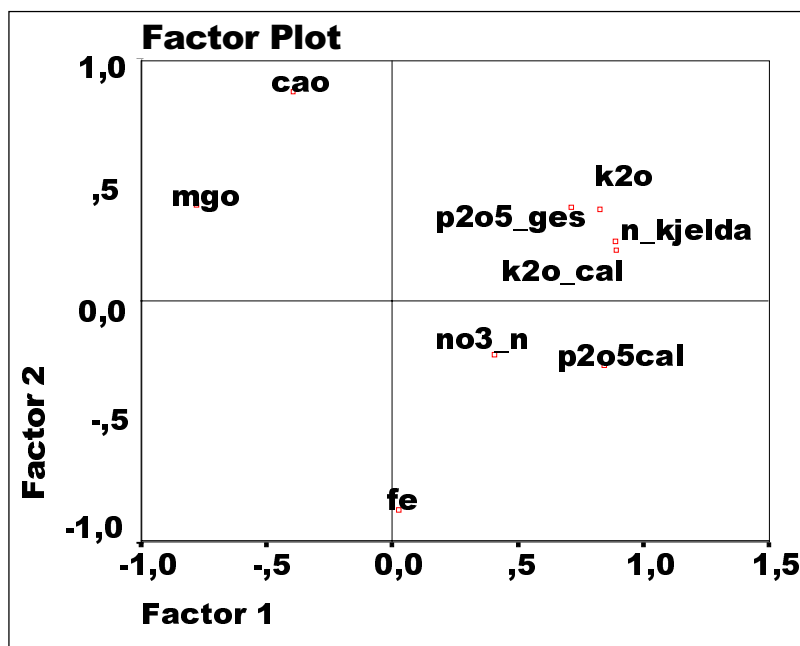


Abb. 42: Hauptkomponentenanalyse "Grünschnitt-Nährstoffe": Plot der Faktorladungen der Parameter.

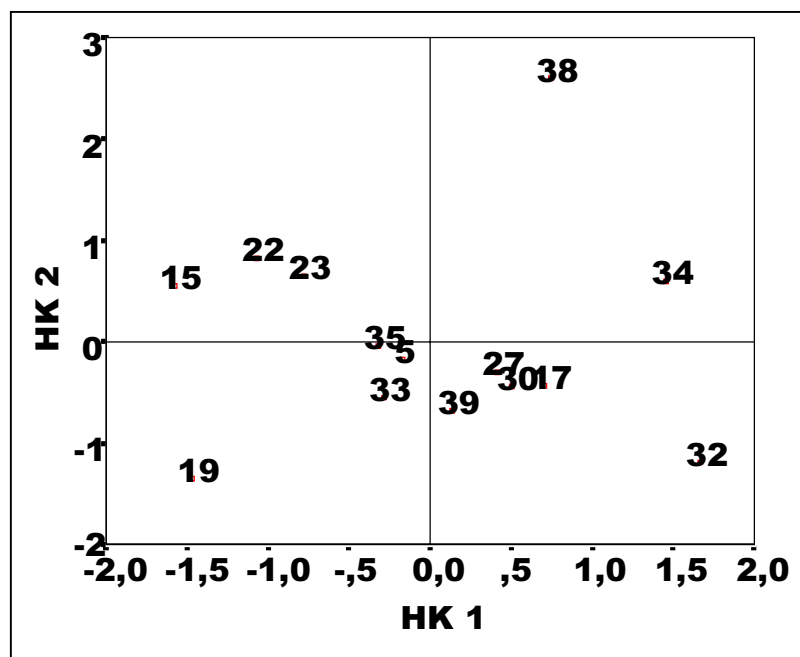


Abb. 43: Hauptkomponentenanalyse "Grünschnitt-Nährstoffe": Scatterplot mit neuer Lage der Grünschnitt-Anlagen aufgrund der Nährstoffwerte.

Tab. 35: Korrelationen der Nährstoffwerte der Grünschnitt-Komposte.

Pearson Correlation	N_KJELDA	NO3_N	NH4_N	P2O5_GES	P2O5CAL	K2O	K2O_CAL	CAO	MGO	FE
N_KJELDA	1.000	.239	.140	.802**	.665**	.749**	.767**	-.188	-.580*	-.106
NO3_N	.239	1.000	-.219	.489	.321	.136	.179	-.186	-.260	.294
NH4_N	.140	-.219	1.000	-.117	.212	.096	.069	-.295	-.242	-.135
P2O5_GES	.802**	.489	-.117	1.000	.341	.608*	.546*	.155	-.406	-.191
P2O5CAL	.665**	.321	.212	.341	1.000	.555*	.737**	-.581*	-.731**	.137
K2O	.749**	.136	.096	.608*	.555*	1.000	.943**	-.017	-.462	-.242
K2O_CAL	.767**	.179	.069	.546*	.737**	.943**	1.000	-.180	-.544*	-.205
CAO	-.188	-.186	-.295	.155	-.581*	-.017	-.180	1.000	.685**	-.692**
MGO	-.580*	-.260	-.242	-.406	-.731**	-.462	-.544*	.685**	1.000	-.247
FE	-.106	.294	-.135	-.191	.137	-.242	-.205	-.692**	-.247	1.000

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

### 8.3.5.2 Clusteranalyse

Die Clusteranalyse faßt die Anlagen in Gruppen zusammen.

Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lufttrockene Trockensubstanz (30°C) durchgeführt.

Bezüglich der Nährstoffe kann man die Grünschnitt-Anlagen in drei Gruppen einteilen. Einen Cluster bilden die Anlagen 32, 34 und 38. Sie sind durch hohe Werte bei  $N_{\text{Kjeldahl}}$ ,  $P_2O_{5\text{gesamt}}$ ,  $K_2O_{\text{cal}}$  und  $K_2O_{\text{gesamt}}$  gekennzeichnet. Die Anlagen 34 und 38 sind Hausgartenkomposte. Einen weiteren Cluster bilden die Anlagen 22, 23, 15 und 19. Sie besitzen hohe Werte bei MgO und niedrige  $P_2O_{5\text{gesamt}}$ -Werte. Die restlichen Anlagen (27, 30, 5, 33, 35, 17, 39) bilden den dritten Cluster.

Bei der Clusteranalyse mit den zwei Hauptkomponenten der Nährstoffwerte (siehe Kapitel 8.3.4.1) verändern sich die Cluster nur wenig, jedoch bildet die Grünschnitt-Anlage 38 (ein Hausgartenkompost) einen eigenen Cluster, da sie einen hohen Wert in der zweiten Hauptkomponente besitzt.

## 8.3.6 Gesamtbetrachtung der Gruppe der Nährstoffe – Sämtliche Kompostanlagen

### 8.3.6.1 Korrelationen

Die Korrelationen innerhalb der Gruppe der Nährstoffe aufgrund der Werte von allen 42 Kompostanlagen zeigt *Tab. 36*.

### 8.3.6.2 Clusteranalyse

Es wurde eine Clusteranalyse mit den Nährstoffgehalten aller 42 Kompostanlagen durchgeführt, um herauszufinden, in welche Gruppen sich die Anlagen aufteilen. Um mögliche Ursachen bzw. bestimmende Faktoren für die Gruppenbildung herauszufinden, wurden die Daten aus der Fragebogenerhebung herangezogen. Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lufttrockene Trockensubstanz (30°C) durchgeführt.

Bei der Gruppe der Nährstoffe insgesamt konnten die Biotonnen- von den Grünschnitt-Anlagen nicht eindeutig unterschieden werden.

Durch die Clusteranalyse werden die Anlagen in fünf Cluster geteilt (siehe *Abb. 44*):

- Der erste Cluster wird von den Anlagen 3, 16, 25, 35, 42, 27, 30, 5, 28, 36, 40, 33, 37, 41 und 39 gebildet.
- Der zweite Cluster besteht aus den Anlagen 22, 23, 6 und 15.
- Der erste Cluster unterscheidet sich vom zweiten Cluster durch niedrigere Werte bei den Parametern MgO und CaO, beide beinhalten überwiegend Grünschnitt-Anlagen des Einzugsgebietstyps Stadt, beim ersten Cluster sind 6 Hausgartenkomposte vertreten.
- Der dritte Cluster mit den Anlagen 7, 10, 19 und 31 unterscheidet sich von allen anderen Clustern durch höhere Werte beim Parameter Fe und niedrigere Werte beim  $N_{\text{Kjeldahl}}$ . Es handelt sich dabei hauptsächlich um Biotonnen-Anlagen der Kategorie Siedlungstyp Land.
- Der vierte Cluster wird von den Anlagen 14, 29, 2, 4, 34, 1, 11, 17, 12, 13, 20 und 32 gebildet. Es handelt sich überwiegend um Biotonnen des Einzugsgebietstyps Land. Dieser unterscheidet sich vom fünften Cluster durch niedrigere Nährstoffwerte, mit Ausnahme des höheren Fe-Gehalts. Diese beiden Cluster unterscheiden sich von den ersten drei Clustern vor allem durch die höheren Werte beim Parameter  $P_2O_{5\text{gesamt}}$ .

- Cluster 5 weist die Anlagen mit den höchsten  $N_{\text{Kjeldahl}}$ ,  $P_2O_{5\text{gesamt}}$ ,  $P_2O_{5\text{CAL}}$ ,  $K_2O_{\text{CAL}}$ - und  $K_2O_{\text{gesamt}}$ -Werten, jedoch eher geringen Fe-Werten auf. Es handelt sich fast ausschließlich um Biotonnen-Anlagen.

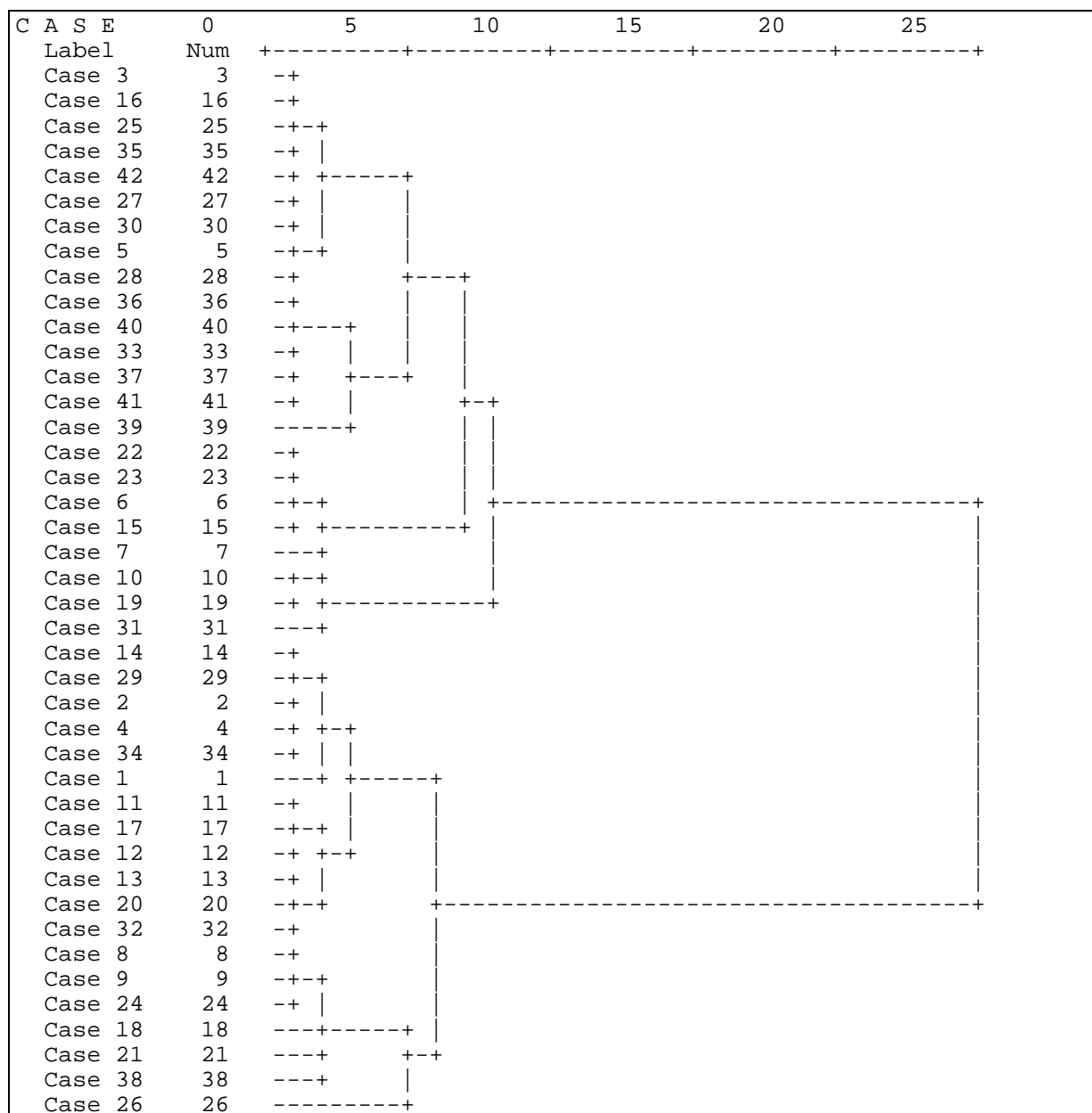


Abb. 44: Clusteranalyse aller 42 Kompostanlagen aufgrund der gemessenen Nährstoffgehalte der Komposte, "Case .." = Kompostanlage.

Tab. 36: Korrelationen der Nährstoffwerte aller 42 Kompostanlagen.

Pearson Correlation		N_KJELDA	NO3_N	NH4_N	P2O5_GES	P2O5CAL	K2O	K2O_CAL	CAO	MGO	FE
N_KJELDA		1.000									
NO3_N		.127	1.000								
NH4_N		.202	-.158	1.000							
P2O5_GES		.821**	.216	.288	1.000						
P2O5CAL		.700**	.222	.288	.627**	1.000					
K2O		.702**	.030	.050	.648**	.709**	1.000				
K2O_CAL		.659**	.000	.073	.617**	.948**	.948**	1.000			
CAO		.018	-.122	.182	.147	-.219	-.055	-.098	1.000		
MGO		-.049	-.055	-.125	-.096	-.222	-.129	-.135	.625**	1.000	
FE		-.311*	.268	-.232	-.248	-.271	-.215	-.192	-.562**	-.297	1.000

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

In *Tab. 37* ist eine Zusammenfassung der signifikanten Unterschiede zwischen Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen bzw. zwischen den drei Einzugsgebietstypen Stadt, Land und Stadt-Land dargestellt.

*Tab. 37: Statistisch signifikante Unterschiede der Nährstoffgehalte zwischen Biotonnen (BT)- und Grünschnitt-Anlagen (GS) bzw. zwischen den drei Einzugsgebietstypen Stadt, Land und Stadt-Land (t-Test).*

Parameter	Unterschied	Konfidenzintervall
N-Kjeldahl	BT > GS	95 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> gesamt	BT > GS	95 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> CAL	Stadt < Stadt-Land	95 %
K <sub>2</sub> O gesamt	BT > GS	90 %
	Stadt < Stadt-Land	95 %
	Stadt < Land	90 %
K <sub>2</sub> O CAL	BT > GS	95 %
	Stadt < Stadt-Land	95 %
	Stadt < Land	95 %
MgO	Stadt > Land	95 %
	Stadt-Land > Land	95 %
CaO	Stadt > Land	95 %
Fe	Stadt < Land	95 %

### 8.3.7 Diskussion und Schlußfolgerungen

#### • Gesamtgehalte und verfügbare Anteile

Komposte enthalten sämtliche, für das Pflanzenwachstum essentielle Makro- und Mikro-nährstoffe. Dadurch kommt dem Kompost in der Landwirtschaft als Düngemittel gerade für viehlos wirtschaftende Betriebe ein hoher Stellenwert zu. In Hinblick auf den jeweiligen Düngewert sind jedoch die Nährstoffverhältnisse der organisch gebundenen sowie kurz- und mittelfristig mobilisierbaren Anteile zu berücksichtigen. Problematisch für eine ausgewogene Ernährungssituation kann sich das ungünstige Verhältnis der löslichen Stickstoff- (10–15 %) und Kali-(60–85 %) Anteile auswirken. Dies trifft besonders auf einseitige Strauch- und Baumschnittkomposte zu oder für den Fall eines hohen Holzhäckselzusatzes zu Kompost (POLETSCHNY, 1993; FRICKE, 1988).

Die Bereiche der pflanzenverfügbaren Hauptnährstoffe sind *Tab. 38* zu entnehmen. Die Gesamt-Nährstoffgehalte weisen generell ein für die Pflanzenbedürfnisse günstiges Verhältnis auf (vgl. *Tab. 39*).

*Tab. 38: Bereiche der pflanzenverfügbaren Hauptnährstoffe in Bioabfall- und Grüngutkompost [mg/l FS] (aus STÖPPLER-ZIMMER et al., 1993).*

Nährstoff	Biokompost	Grüngutkompost
N (CaCl <sub>2</sub> )	100–400	50–200
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (CAL)	1000–2200	500–1400
K <sub>2</sub> O (CAL)	3000–7000	1000–3000
Mg (CaCl <sub>2</sub> )	150–350	150–300

Tab. 39: Nährstoffverhältnisse in Bioabfall- und Grünschnittkomposten.

Quelle	N	:	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	:	K <sub>2</sub> O	:	MgO	:	CaO
Grünschnitt-Komposte (UBA)	1	:	0,5	:	1,1	:	1,8	:	6,9
Biotonnen-Komposte (UBA)	1	:	0,6	:	0,9	:	1,2	:	5,8
Biotonne Wien [1]	1	:	0,4	:	0,9	:	2,1	:	7,9
BAK/BRD [2]	1	:	0,54	:	0,88	:	0,7	:	3,4
BAK+GK Kanton Aargau [3]	1	:	0,5	:	0,7	:	0,6	:	6,2
Grüngutkomposte/BRD [2]	1	:	0,5	:	1,0	:	0,8	:	3,8
Grüngutkomposte [4]	1	:	0,5	:	1,2	:	0,7	:	2,6
Grüngutkomposte/Bayern [5]	1	:	0,5	:	0,8	:	2,0	:	8,7
relative Nährstoffabfuhr [6]	1	:	0,5	:	0,7	:		:	

[1] Wiener Komposte; AMLINGER (1993)

[2] Bioabfallkomposte, BRD – bundesweit; FRICKE et al. (1991)

[3] Bioabfallkomposte + Grüngutkomposte, KUHN et al. (1994)

[4] Untersuchungen der LUFA Bonn; POLETSCHNY (1993)

[5] JAUCH (1993)

[6] Mittlerer Jahresentzug der Fruchtfolge: Winterweizen, Wintergerste, Zuckerrübe (FISCHER et al., 1993)

Die ÖNORM S 2200 setzt den Sollbereich für Komposte des Anwendungstyps A ("Mischkomponente für Kultursubstrate") für NO<sub>3</sub>-N bei ≤ 0,2 fest. Für NH<sub>4</sub>-N liegt der Sollbereich bei ≤ 0,1. Damit sind in Bezug auf diese beiden Parameter sämtliche untersuchten Komposte für Anwendungstyp A geeignet. Das Verhältnis Nitrat-N zu Ammonium-N soll für Anwendungstyp A ≥ 2 sein, dieses Kriterium wird von 10 Anlagen (8 Biotonnen-, 2 Grünschnitt-Anlagen) nicht erfüllt. Für die anderen Nährstoffe bzw. für Anwendungstyp B existieren keinerlei Anforderungen gemäß ÖNORM S 2200, jedoch sind die Nährstoffgehalte vom Komposthersteller anzugeben und bei der Anwendung des Kompostes zu berücksichtigen.

Eine Gegenüberstellung der Nährstoffgehalte von Biotonnen-, Grünschnitt- und Müllkomposten aus der Literatur im Vergleich zu den Ergebnissen dieser Studie ist Tab. 40 zu entnehmen.

Tab. 40: Maximal- und Minimalwerte bzw. mittlere Gehalte (Median) an Gesamtnährstoffen und löslichen Nährstoffen von Biotonnen- und Grünschnittkomposten sowie Müllkomposten.

Literaturquelle	UBA	UBA	UBA	BREUER, J. et al., 1996	BREUER, J. et al., 1996	BREUER, J. et al., 1996	VIERLE et al. (1995)
Parameter	Einheit	Biotonnenkompost	Grünschnittkompost	Biotonnenkompost	Grünschnittkompost	Biotonnenkompost	Biotonnenkompost
N <sub>ges.</sub>	% TS	0,60–2,25 (1,78)	0,7–1,87 (1,17)	1,36–2,41 (1,96)	0,96–2,02 (1,28)	0,92–1,72 (1,29)	-
N <sub>lös.</sub> (NO <sub>3</sub> -N + NH <sub>4</sub> -N)	% TS	0,002–0,014 (0,04)	0,001–0,1 (0,02)	0,01–0,07 (0,04)	0,003–0,03 (0,01)	0,04–0,17 (0,09)	-
C/N-Verhältnis		9,47–16,13 (11,19)	10,19–19 (14,87)	9,4–24,8 (13,7)	9,3–37,6 (18,2)	14	-
P <sub>ges.</sub>	% TS	0,13–0,82 (0,49)	0,13–0,53 (0,24)	0,11–0,23 (0,15)	0,13–0,45 (0,21)	-	0,16–0,62 (0,32)
P <sub>lös.</sub>	% TS	0,02–0,28 (0,12)	0,03–0,17 (0,11)	0,03–0,075 (0,05)	0,02–0,09 (0,04)	0,05–0,12 (0,08)	-
K <sub>ges.</sub>	% TS	0,42–2,46 (1,38)	0,5–1,7 (1,03)	0,81–1,44 (1,11)	0,51–1,52 (0,87)	-	1,16–1,99 (1,44)
K <sub>lös.</sub>	% TS	0,17–1,58 (0,6)	0,08–0,68 (0,36)	0,27–0,51 (0,42)	0,17–0,56 (0,30)	0,38–1,13 (0,73)	-
Ca	% TS	1,73–13,56 (7,39)	3,01–9,85 (5,80)	3,11–6,81 (4,88)	1,94–11,7 (5,05)	1,57–3,20 (2,6)	1,01–8,06 (3,67)
Mg	% TS	0,61–3,28 (1,29)	0,86–2,36 (1,29)	0,34–0,81 (0,51)	0,31–0,76 (0,41)	0,02–0,03 (0,02)	0,50–2,1 (1,08)
Sulfat	% TS	0,02–0,43 (0,11)	0,007–0,1 (0,04)	0,03–0,12 (0,09)	0,02–0,07 (0,04)	-	-
Chlorid	% TS	0,14–0,61 (0,38)	0,02–0,28 (0,12)	0,18–0,73 (0,44)	0,03–0,22 (0,08)	-	-

- ..... keine Angaben



Tab. 40 (Fortsetzung): Maximal- und Minimalwerte bzw. mittlere Gehalte (Median) an Gesamtnährstoffen und löslichen Nährstoffen von Biotonnen- und Grünschnittkomposten sowie Müllkomposten.

Literatur- quelle	GRUNWALDT (1977)	GRUNWALDT (1977)	GRUNWALDT (1977)	FRICKE & VOGTMANN (1994)	FRICKE & VOGTMANN (1994)	AMLINGER (1993)	POLETSCCHNY (1993)	POLETSCCHNY (1993)
Parameter	Einheit	Müllklärschlamm- kompost	Hausmüll- kompost	Biotonnen- kompost	Grünschnitt- kompost	Biotonnen- kompost	Biotonnen- kompost	Grünschnitt- kompost
N <sub>ges.</sub>	% TS	0,49–1,9 (0,78)	0,71–1,4 (1,02)	1,15	0,79	1,2	1,15	0,8
N <sub>lös.</sub> (NO <sub>3</sub> -N + NH <sub>4</sub> -N)	% TS	-	-	-	-	-	-	-
C/N-Verhältnis		-	-	16,96	19,97	16,0	16	20
P <sub>ges.</sub>	% TS	0,11–0,34 (0,22)	0,12–0,29 (0,22)	0,27	0,18	0,22	0,58	0,2
P <sub>lös.</sub>	% TS	-	-	-	-	-	-	-
K <sub>ges.</sub>	% TS	0,16–0,50 (0,23)	0,18–0,52 (0,44)	0,84	0,64	0,83	1,13	0,8
K <sub>lös.</sub>	% TS	-	-	-	-	-	-	-
Ca	% TS	1,79–3,51 (2,38)	2,54–4,46 (3,48)	2,84	2,16	7,27	1,3	1,5
Mg	% TS	0,13–0,45 (0,23)	0,19–0,70 (0,42)	0,48	0,38	1,56	0,43	0,36
Sulfat	% TS	-	-	-	-	-	-	-
Chlorid	% TS	-	-	-	-	-	-	-

- ..... keine Angaben

Die bei einer Kompostuntersuchung in Baden-Württemberg (BREUER, J. et al., 1996) gefundenen höheren Gehalte an Gesamtnährstoffen und löslichen Pflanzennährstoffen bei Biotonnenkomposten gegenüber Grünschnittkomposten konnten in der vorliegenden österreichweiten Studie für die Parameter  $N_{\text{Kjeldahl}}$ ,  $P_2O_{5\text{gesamt}}$ ,  $K_2O_{\text{gesamt}}$  und  $K_2O_{\text{CAL}}$  bestätigt werden (siehe Tab. 37).

Auch die Untersuchungen von Biotonnen- und Grünschnittkomposten von FRICKE & VOGTMANN (1994) zeigen niedrigere  $N$ ,  $P_2O_{5\text{ges.}}$  und  $K_2O_{\text{ges.}}$ -Gehalte in Grünschnitt- im Vergleich zu Biotonnenkomposten.

VIERLE et al. (1995) stellten fest, daß im Kompostierungsverlauf die Nährstoffgehalte zunehmen, verweisen jedoch auf die hohe Schwankungsbreite aufgrund des inhomogenen Materials. Die Nährstoffgehalte im Endprodukt sind Tab. 40 zu entnehmen.

Im Jahr 1989 wiesen VOGTMANN & FRICKE bereits auf den Wert von Biokomposten aus der getrennten Sammlung aufgrund ihres Nährstoffgehaltes hin und stützten dies auf Feldexperimente. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden auch die Nährstoffgehalte von Biokomposten aus gehäckselten und ungehäckselten Rohmaterialien verglichen. Es konnten nur sehr geringe Unterschiede festgestellt werden.

In Tab. 41 sind verfügbare und Gesamt-Nährstofffrachten den Bedarfszahlen für Getreide und Raps unter der Annahme einer Kompostdüngung von 10 t TM/ha\*a gegenübergestellt. Demnach ergibt sich eine positive Bilanz lediglich für Kalium und Magnesium.

Tab. 41: Durchschnittliche Nährstoff- und Humusfrachten mit Kompostdüngung.

	Maximal zuläss. N-Fracht <sup>1)</sup> [kg/ha*a]	Jahresfracht in kg/ha bei einer Kompostausbringung von 10 t TM/ha *a		Bedarf für mittlere Ertragslage		
		BAK	GK	Weizen <sup>2)</sup>	Roggen <sup>2)</sup>	Wi.Raps <sup>3)</sup>
org. Subst.	-----	3 to	3 to	2–4 to	2–4 to	2–4 to
$N_{\text{ges}}$	175	120	75			
10–15% verfügb.		12–18	8–11	90–120	80–100	165
40% verfügbar		48	30			
$P_2O_5_{\text{ges}}$	-----	60	40			
$P_2O_5_{\text{verfügbar}}$		30	20	50	50	90
$K_2O_{\text{ges}}$	-----	100	80			
$K_2O_{\text{verfügbar}}$		80	64	60	70	210
MgO		70–250	60–200			
25% verfügbar <sup>4)</sup>		18–63	15–50	70–110		
CaO		200–900	200–900			
50% verfügbar <sup>4)</sup>		100–450	100–450			

1) nach WRG-Novelle (BGBl 1990/252)

2) nach "Richtlinien f. die sachgerechte Düngung" (BMLF, 1991)

3) nach FISCHER et al. (1993)

4) nach Untersuchungen von KUHN et al. (1994)

Nährstoffuntersuchungen an 53 Bioabfall- und Grüngutkomposten im Kanton Aargau (KUHN et al., 1994) ergaben in Hinblick auf Gesamtgehalte und pflanzenverfügbare Anteile (Gehalte im Ammoniumacetat/EDTA-Extrakt und im Wasserextrakt) die in Tab. 42 dargestellten Ergebnisse.

Tab. 42: Relative Anteile der mit Ammoniumacetat/EDTA extrahierbaren bzw. wasserextrahierbaren Nährstoffe am Gesamtgehalt [Median in %] (nach KUHN et al., 1994). n.b. = nicht bestimmt.

Nährstoff	%-Anteil ammoniumacetat/EDTA extr.	%-Anteil wasserextrahierbar
N	n.b.	1,5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	51	3,3
K <sub>2</sub> O	91	50
Mg	25	1,2
Ca	49	0,7

#### • Stickstoff-Nachlieferung

Die Ertragswirkung des Kompoststickstoffs ist aufgrund des hauptsächlich organisch gebundenen Stickstoffs nicht jener des mineralischen Stickstoffs gleichzusetzen ist. Die jährliche Stickstoff-Nachlieferung (N-Mineralisierung) aus dem organischen N-Pool des Bodens und des Kompostes ist von vielen abiotischen (Klima, Wetter, Ausgangsmaterial der Bodenbildung u. a.) und biotischen Faktoren (Bodenleben) abhängig und wird zudem entscheidend vom Zeitpunkt und der Art von Bewirtschaftungsmaßnahmen (Fruchtfolgegestaltung, Düngung, Bodenbearbeitung etc.) beeinflusst. Es existieren mehrere Methoden der Bestimmung des potentiell nachlieferbaren Stickstoffs und auch die Umsetzung der Ergebnisse findet derzeit nur zum Teil Eingang in die Praxis (siehe FACHBEIRAT FÜR BODENFRUCHTBARKEIT UND BODENSCHUTZ, 1996, WENZL, 1995).

FRICKE & VOGTMANN (1994) geben an, daß abhängig von Bodentyp und klimatischen Faktoren 5–15 % des organisch gebundenen Stickstoffs im Kompost während einer Wachstumsperiode durch Mineralisation pflanzenverfügbar sind.

POLETSCHNY (1995) gibt zwischen 10–20 % Verfügbarkeit des Gesamtstickstoffgehaltes an.

DIEZ & KRAUSS (1997) stellten Ergebnisse eines zwanzigjährigen Kompostversuchs mit Müllkompost dar: Da sich die Stickstoffwirkung der Komposte über mehrere Jahre erstreckt, wird von Rotation zu Rotation ein steigender Anteil des Kompost-N in der Ernte wiedergefunden. In der ersten Rotation, ohne N-Zusatzdüngung, sind es 16 %, in der 5.–7. Rotation über 40 %. Mit N-Zusatzdüngung ist die Nutzung des Kompost-N in den ersten Rotationen niedriger, steigt aber bei den zwei letzten Rotationen ebenfalls auf über 40 %. Die N-Nachlieferung des Kompostes wird von DIEZ & KRAUSS (1997) im Anwendungsjahr mit 8 % angegeben, im zweiten 5 %, im dritten 3 %, im vierten 2 % und in den Folgejahren je 1,5 %. Die Autoren nehmen an, daß bei Bioabfallkompost mit etwas engerem C/N-Verhältnis die N-Nachlieferung in den Anfangsjahren höher liegt.

#### • NO<sub>3</sub>-N/NH<sub>4</sub>-N-Verhältnis

FRICKE & VOGTMANN (1994) führen an, daß der Stickstoff im Biokompost zu mehr als 90 % organisch gebunden ist. Der pflanzenverfügbare Stickstoff liegt fast ausschließlich als Nitrat-N vor und bei optimalem Kompostierungsprozeß sollte der fertige Kompost nur Spuren an Ammonium-N enthalten. Bei zehn im Rahmen dieser Studie untersuchten Komposten mit einem NO<sub>3</sub>-N/NH<sub>4</sub>-N-Verhältnis von ≤ 2 dürfte die Rotteperiode zu kurz gewesen sein bzw. keine ausreichende N-Nachlieferung aus dem organisch gebundenem N-Pool stattgefunden haben.

- **C/N-Verhältnis**

Das C/N-Verhältnis stellt ein taugliches Maß zur Abschätzung des Prozeßverlaufes in der Rotte dar. Im Verlauf der Rotte wird überproportional Kohlenstoff mikrobiell veratmet, so daß das C/N-Verhältnis eingeengt wird. Ein C/N-Verhältnis  $< 20$  kann zu erhöhten N-Verlusten führen (N-Mobilisierung), ein C/N-Verhältnis  $> 35$  bedingt einen verzögerten Rottefortschritt (N-Fixierung) (FRICKE, 1988). Die Bedeutung des C/N-Verhältnisses im Endprodukt Kompost liegt vor allem in der daraus resultierenden Wirkung auf die Stickstoffdynamik (Mobilisierung oder Fixierung von Stickstoff) und deren Einfluß auf Bodenleben und Pflanzenernährung (AMLINGER, 1993). Um zu vermeiden, daß Pflanzenwurzeln und Bodenmikroorganismen aufgrund der Stickstoff-Fixierung durch Kompost unter Konkurrenzdruck bezüglich Stickstoff geraten, geben VOGTMANN et al. (1993) ein ideales C/N-Verhältnis im Endprodukt Kompost von  $< 18$  an. Der Median der C/N-Verhältnisse der in dieser Studie untersuchten Komposte liegt bei 12, nur drei Grünschnitt-Komposte weisen C/N-Verhältnisse zwischen 18 und 19 auf. Insgesamt liegen die Werte also in einem für die Pflanzenproduktion optimalen Bereich.

Nach den Untersuchungen der LUFA Bonn (POLETSCHNY, 1993) waren z.B. 20–30 % der festgestellten Pflanzenunverträglichkeiten auf ein zu weites C/N-Verhältnis zurückzuführen. Somit muß vor allem bei baum- und strauchschnittbetonten Grüngutkomposten der Wert weniger in einer kurz- bis mittelfristigen Düngewirkung, sondern in der Bodenverbesserung und im Humusaufbau gesehen werden.

Wie auch bei FRICKE et al. (1991) zeigen im Rahmen dieser Untersuchung die Gehalte an N-Kjeldahl und an organischer Substanz, bestimmt durch den Glühverlust bei 550°C, eine positive Beziehung (siehe Abb. 45). Mit dem Abbau organischer Substanz im Verlauf der Rotte geht auch ein Verlust an Stickstoff einher, relativ gesehen wird jedoch das C/N-Verhältnis enger.

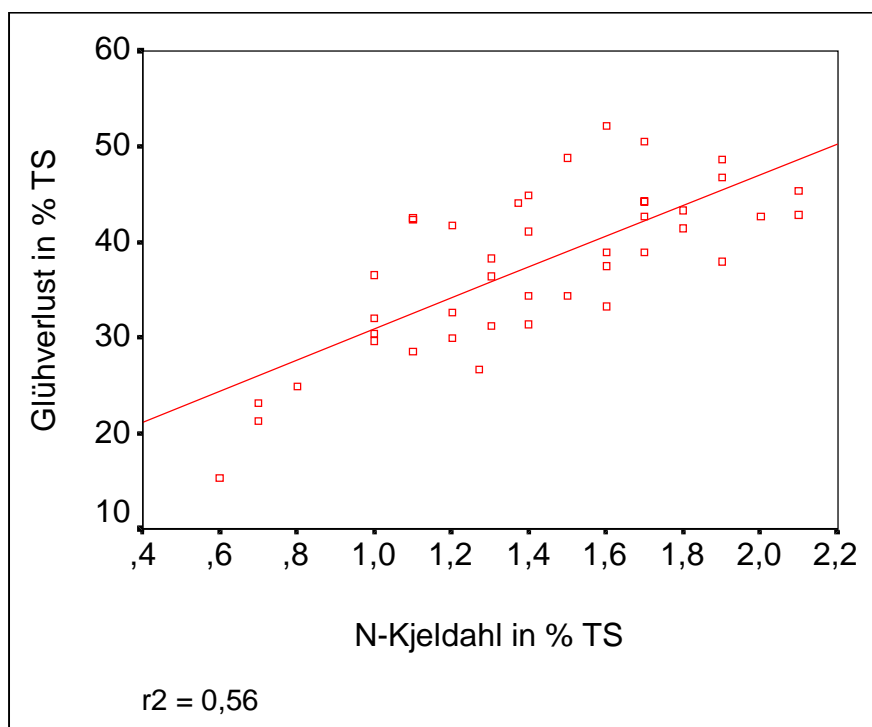


Abb. 45: Beziehung zwischen N-Kjeldahl und organischer Substanz bei den untersuchten 42 Kompostproben.

- **Phosphat**

Beim Phosphat werden 30–40 % des Gesamt- $P_2O_5$ -Gehaltes als pflanzenverfügbar betrachtet (FRICKE & VOGTMANN, 1994). In einem Düngeplan bzw. einer P-Bilanz sollte der Gesamt-P-Gehalt berücksichtigt werden, um eine Anreicherung von Phosphor im Oberboden und damit das höhere Risiko einer Phosphor-Verlagerung durch Erosion in Oberflächengewässer zu vermeiden (STEFFENS et al., 1996).

- **Kali**

Bei Kali sind mehr als 85 % des  $K_2O_{\text{gesamt}}$ -Gehaltes pflanzenverfügbar (FRICKE & VOGTMANN, 1994). Für die Düngungsplanung kann das gesamte Kali im Kompost angerechnet werden. Aufgrund der hohen Wasserlöslichkeit von  $K_2O$  können beträchtliche Mengen während des Kompostierungsprozesses ausgewaschen werden, wenn die Miete nicht abgedeckt wird.

- **Calcium und Magnesium**

Eindeutig spiegelt sich die geologische Grundlage (Kalk, Silikat) des Einzugsgebietes der Ausgangsmaterialien in den Ca- und Mg-Gehalten der Komposte wider. Die Ca- und Mg-Gehalte der Komposte korrelieren hochsignifikant miteinander (99 % Signifikanzniveau).

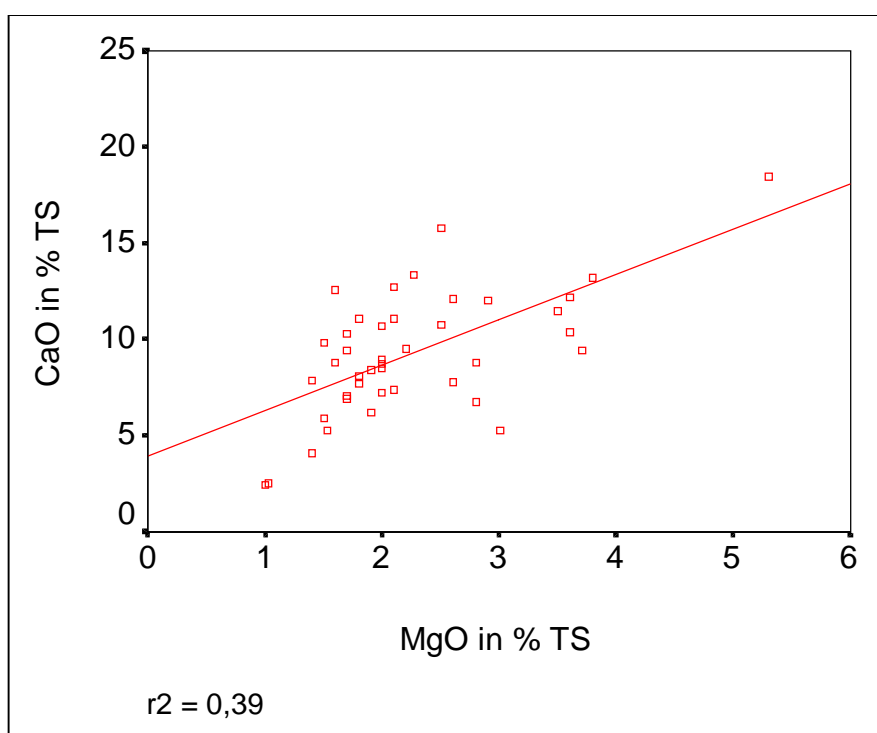


Abb. 46: Beziehung zwischen CaO und MgO bei den untersuchten 42 Kompostproben.

Aufgrund seines hohen CaO- und MgO-Gehaltes ist Kompost ein gutes Kalkdüngemittel. Diese basischen Stoffe dienen zur Neutralisation der Bodensäuren und zur Erhöhung der Basensättigung der Bodenkolloide (pH-Erhöhung) sowie als Nährelement der Pflanzen. Bei einer Anwendung von 10–15 t Kompost/ha werden rund 700–1.100 kg CaO und MgO pro Hektar aufgebracht, was einer üblichen, bodenverbessernden Kalkung entspricht.

## 8.4 Sonstige Parameter

Folgende Parameter wurden in die Gruppe der “Sonstigen Parameter” eingereiht:

Sulfat<sub>heißwasserlöslich</sub> ( $\text{SO}_4^{2-}$ <sub>hwl.</sub>), Natrium (Na), Chlorid<sub>heißwasserlöslich</sub> ( $\text{Cl}^-$ <sub>hwl.</sub>), Bor<sub>heißwasserlöslich</sub> ( $\text{B}_{\text{hwl.}}$ ) und Fluorid (F).

Die Bestimmung der Parameter erfolgte aus der luftgetrockneten, in der Planetenmühle gemahlten Probe.

Zur Probenvorbereitung wurde die Probe mit Wasser am Rückfluß gekocht und der Wasserextrakt über Faltenfilter filtriert. Die Analyse der Elemente  $\text{B}_{\text{hwl.}}$ ,  $\text{Cl}_{\text{hwl.}}$ , Sulfat<sub>hwl.</sub> und Na erfolgte mittels ICP-AES Gerät Optima 3000 XL (Fa. Perkin Elmer) in Anlehnung an ÖNORM M 6279.

Die Bestimmung von Fluorid ( $\text{F}^-$ ) erfolgte im Wasserauszug: Probenvorbereitung nach Ferlin (Elution der Probe mit Wasser, Filtration des Eluats, Zugabe von Natriumcitratpuffer) und danach Bestimmung des Fluoridgehaltes im Eluat mittels ionenselektiver Elektrode gemäß DIN 38405 Teil 4, Kalibration mit externen Standards.

Es wurden bei allen Analysen Doppelbestimmungen durchgeführt. Laborintern wurden Vertrauensbereiche definiert, die von den Einzelwerten der Doppelbestimmung eingehalten werden mußten. Proben, deren Einzelanalyse diesen Bereich überschritten, wurden durch eine weitere Doppelbestimmung überprüft.

### 8.4.1 Sulfat<sub>heißwasserlöslich</sub>, Chlorid<sub>heißwasserlöslich</sub> und Natrium

Die gemessenen  $\text{SO}_4^{2-}$ <sub>hwl.-</sub>,  $\text{Cl}^-$ <sub>hwl.-</sub> und Na-Gehalte der einzelnen Kompostproben können dem Anhang, Tabelle 5 (S. 312 ff) entnommen werden.

#### 8.4.1.1 Statistische Eckdaten

Die statistischen Eckdaten zu den Sulfat-, Chlorid- und Natrium-Gehalten aller Kompostproben können Tab. 43 entnommen werden.

Tab. 43:  $\text{SO}_4^{2-}$ <sub>hwl.-</sub>,  $\text{Cl}^-$ <sub>hwl.-</sub> und Na-Gehalte der Kompostproben bezogen auf 105°C TS, Bestimmungsgrenzen in mg/kg TS (lufttr.).

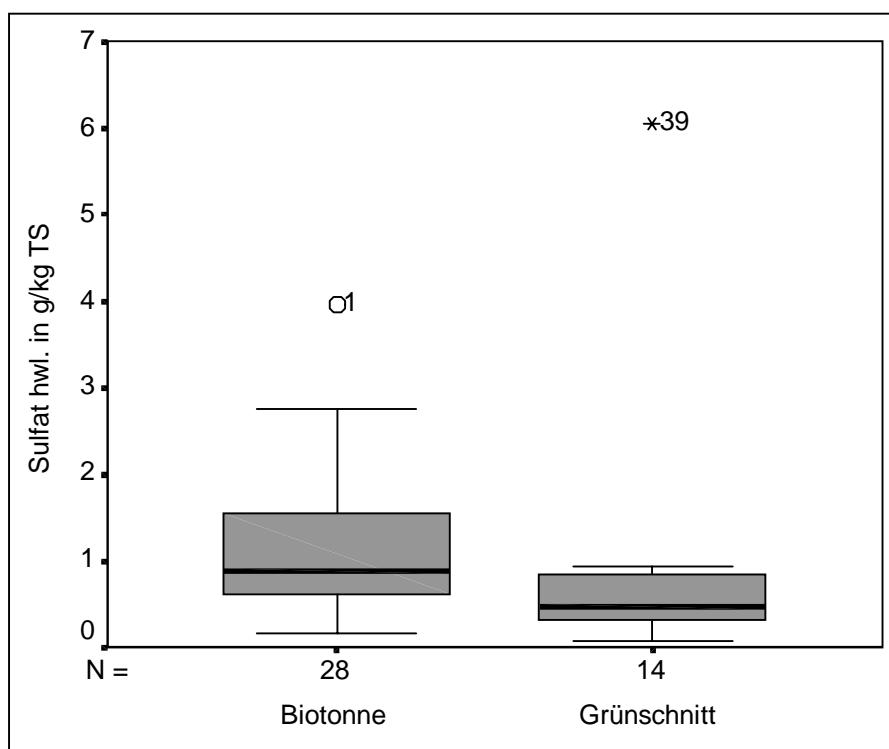
n = 42 Anlagen	Sulfat <sub>hwl.</sub> in g/kg TS <sub>105°C</sub>	Chlorid <sub>hwl.</sub> in g/kg TS <sub>105°C</sub>	Na in mg/kg TS <sub>105°C</sub>
Min	0,07	0,23	300
Max	6,36	6,12	4.596
Mittelwert	1,15	2,62	2.006
Median	0,90	2,33	1.695
unteres Quartil	0,47	1,11	908
oberes Quartil	1,22	4,41	3.121
Standardabweichung	1,17	1,80	1.281
Bestimmungsgrenze in mg/kg TS (lufttr.)	(20)	(30)	(75)
Nachweisgrenze in mg/kg TS (lufttr.)	(10)	(20)	-

### 8.4.1.2 Trennung nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen

Die **Sulfat**<sub>hwf</sub>-Gehalte der Kompostproben, aufgeteilt nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen sind *Abb. 47* zu entnehmen.

Die Verteilungen der Werte sind bei beiden Anlagentypen nicht symmetrisch, der Median liegt in der unteren Hälfte der Box. Bei den Biotonnen-Anlagen gibt es einen Ausreißer, die Anlage 1, während es bei den Grünschnitt-Anlagen einen Extremwert gibt, die Anlage 39.

Beim Parameter **Chlorid**<sub>hwf</sub> sind die Werte bei beiden Anlagentypen symmetrisch verteilt (siehe *Abb. 48*). Dabei schließen die Meßwerte der Biotonnen-Anlagen an die Meßwerte der Grünschnitt-Anlagen größtmäßig an. Die Cl<sup>-</sup>-Gehalte der Biotonnen-Komposte sind signifikant höher als die Cl<sup>-</sup>-Gehalte der Grünschnitt-Komposte. Weiters sind die Komposte des Einzugsgebietstyps Stadt signifikant niedriger als jene der Kategorie Land und Stadt-Land.



*Abb. 47:* Boxplot:  $SO_4^-$  hwl.- Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf die luftgetrocknete Probe (30°C).

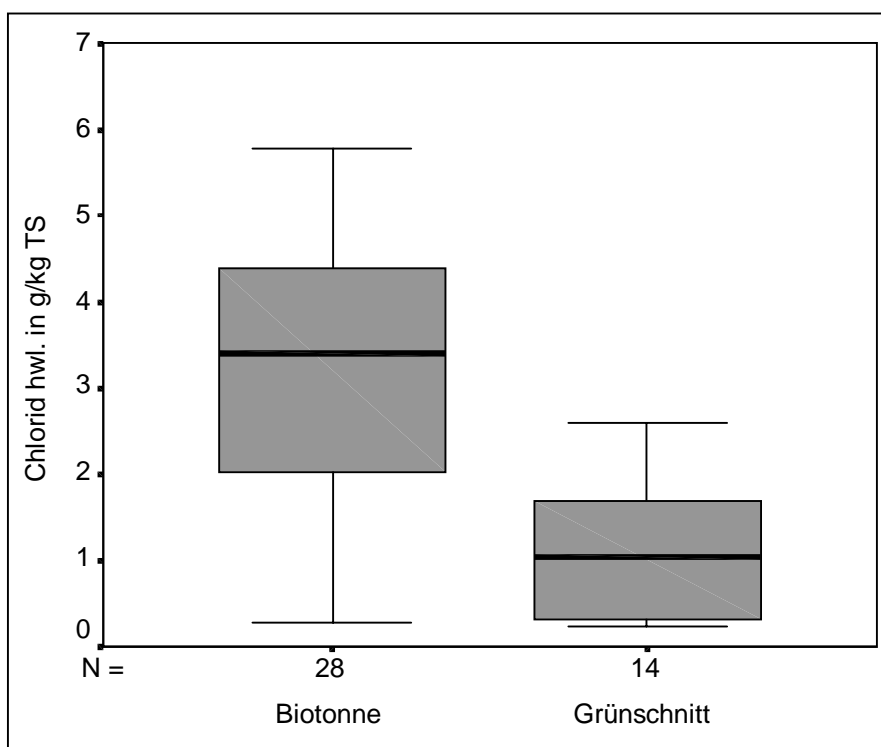


Abb. 48: Boxplot:  $Cl_{hwl}$ -Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf die luftgetrocknete Probe (30°C).

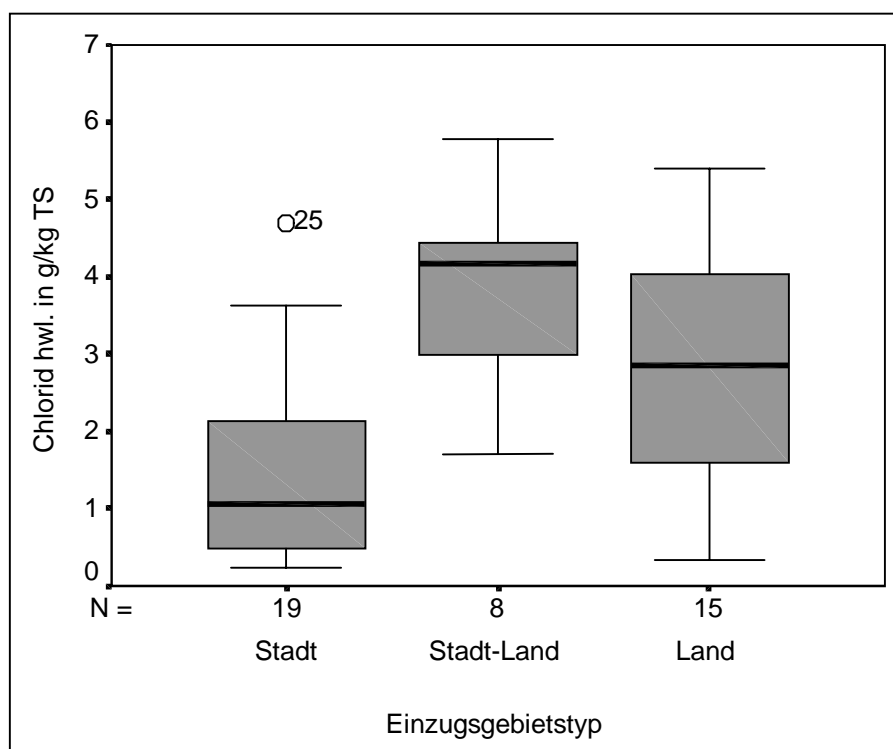


Abb. 49: Boxplot:  $Cl_{hwl}$ -Gehalte von Komposten des Einzugsgebietstyps Stadt, Stadt-Land und Land, Werte bezogen auf die luftgetrocknete Probe (30°C).



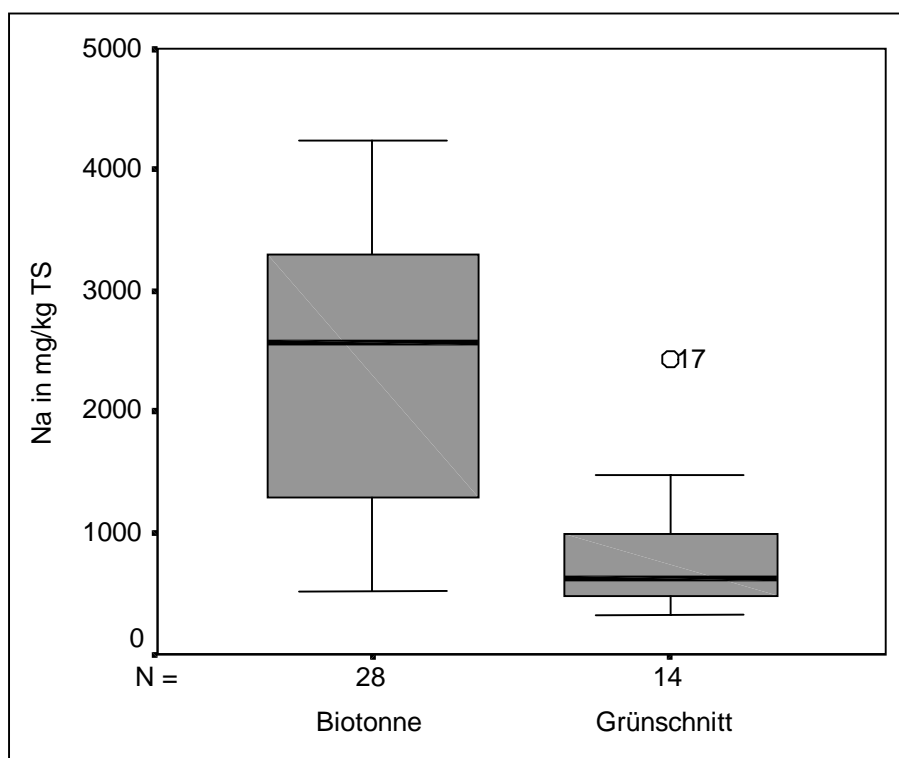


Abb. 50: Boxplot: Na-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf die luftgetrocknete Probe (30°C).

Beim Parameter **Natrium** (siehe Abb. 50) liegen die Na-Gehalte der Biotonnen-Komposte signifikant über den Na-Gehalten der Grünschnitt-Komposte, ebenso wie beim Parameter Chlorid. Parallel zu Chlorid sind auch die Na-Gehalte der Komposte des Einzugsgebietstyps Stadt signifikant niedriger als jene der Kategorie Stadt-Land und Land. Bei den Grünschnitt-Anlagen gibt es einen Ausreißer, die Anlage 17, welche etwa im Bereich des Medians der Biotonnen-Komposte liegt.

#### 8.4.2 Bor<sub>heißwasserlöslich</sub> und Fluorid

Die gemessenen B<sub>hw.</sub> und F<sup>-</sup>-Gehalte der einzelnen Kompostproben können dem Anhang, Tabelle 5 (S. 312ff) entnommen werden.

##### 8.4.2.1 Statistische Eckdaten

Die statistischen Eckdaten zu den Bor- und Fluorid-Gehalten aller Kompostproben können Tab. 44 entnommen werden.

Tab. 44:  $B_{hwl}$  und  $F^-$ -Gehalte der Kompostproben bezogen auf 105°C TS, Bestimmungsgrenze in mg/kg TS (lufttr.).

n = 42 Anlagen	$Bor_{hwl}$	Fluorid
	in mg/kg TS <sub>105°C</sub>	
Minimumwert	1	< BG
Maximalwert	25	16,9
Mittelwert	9,5	4,2
Median	8,2	3,2
Unteres Quartil	5,3	3,1
Oberes Quartil	11,7	3,4
Standardabweichung	5,7	2,6
Bestimmungsgrenze in mg/kg TS (lufttr.)	(1)	(6)

#### 8.4.2.2 Trennung nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen

In Abb. 51 ist zu erkennen, daß der Median beim Parameter  $Bor_{heißwasserlöslich}$  bei beiden Anlagentypen gleich hoch ist. Die Box ist jedoch bei den Grünschnitt-Anlagen größer und es gibt auch keine Ausreißer. Bei den Biotonnen-Anlagen gibt es drei Ausreißer, die Anlagen 1, 3 und 8.

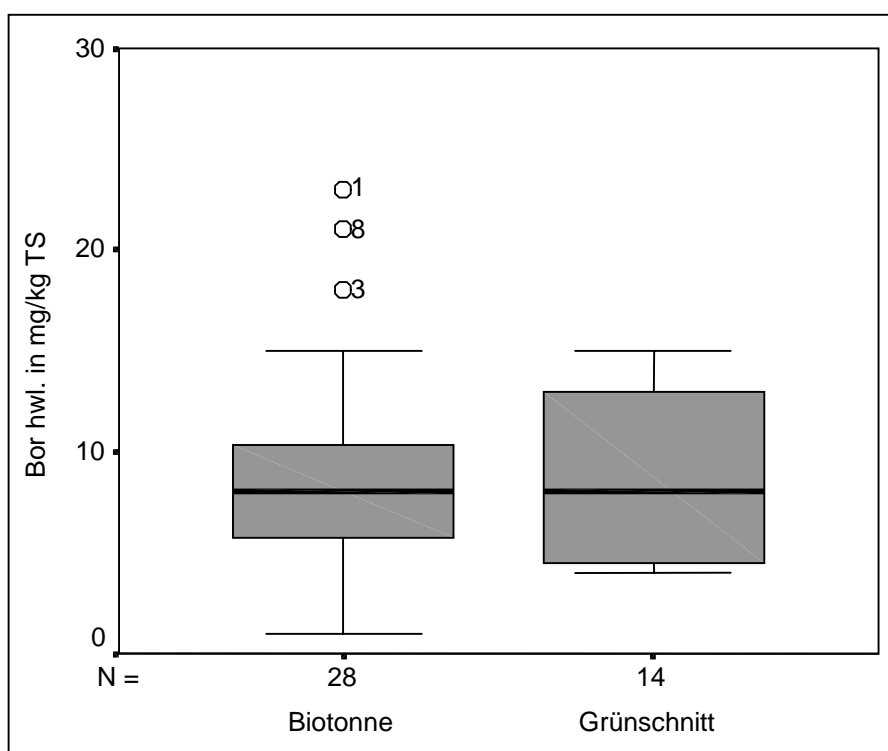


Abb. 51: Boxplot:  $B_{hwl}$ -Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf die luftgetrocknete Probe (30°C).

Die Meßergebnisse vieler Anlagen liegen beim Parameter **Fluorid** (siehe Abb. 52) zwischen Bestimmungs- und Nachweisgrenze. Bei den Biotonnen-Anlagen führt das dazu, daß alle

Anlagen, wo ein Meßwert bestimmt wurde, Extremwerte sind. Dies sind die Anlagen 6, 10, 12 und 13. Bei den Grünschnitt-Anlagen gibt es vier Anlagen, wo ein Wert bestimmt werden konnte. Dies sind die Anlagen 19, 27, 32 und 39. Die Anlage 39 ist dabei ein Extremwert. Die Konzentration der Werte (der Median) ist daher am unteren Ende der Box anzutreffen.

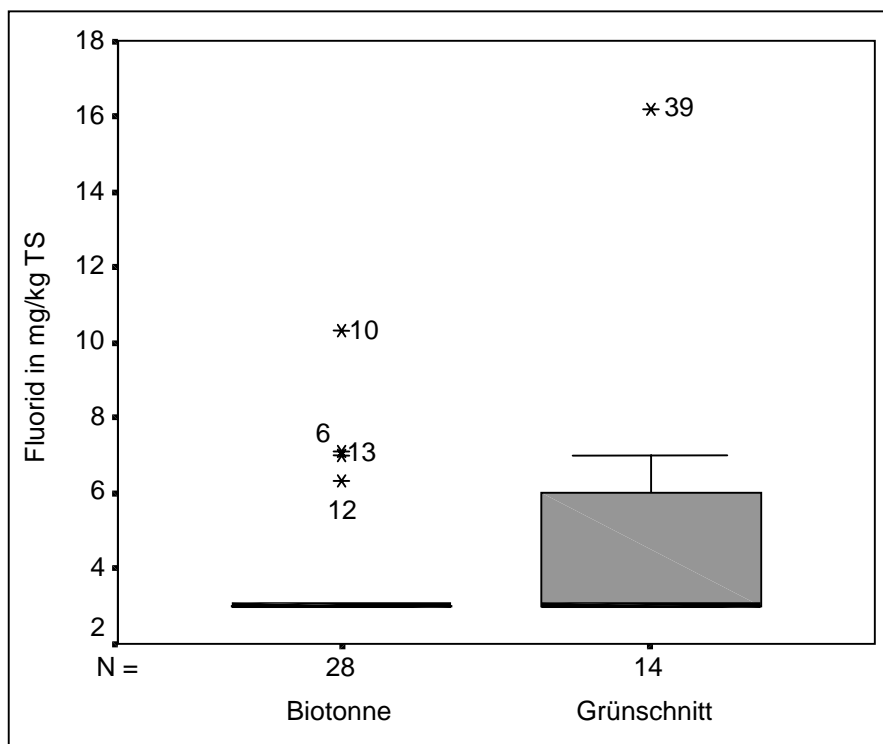


Abb. 52: Boxplot:  $F^-$ -Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf die luftgetrocknete Probe (30°C).

### 8.4.3 Gesamtbetrachtung der Gruppe “Sonstige Parameter” – Biotonnen-Anlagen

Bei der Gruppe der “Sonstigen Parameter” werden folgende Parameter betrachtet und in die statistische Analyse einbezogen: Sulfat<sub>heißwasserlöslich</sub> ( $SO_4^{2-}$ <sub>hwl.</sub>), Natrium (Na), Chlorid<sub>heißwasserlöslich</sub> ( $Cl^-$ <sub>hwl.</sub>), Bor<sub>heißwasserlöslich</sub> ( $B_{hwl.}$ ) und Fluorid ( $F^-$ ).

Es wurden 28 Biotonnen-Anlagen untersucht.

#### 8.4.3.1 Hauptkomponentenanalyse und Korrelationen

Innerhalb der Gruppe der “Sonstigen Parameter” wurden Korrelationen errechnet, um Beziehungen und Zusammenhänge zwischen den einzelnen Parametern in Biotonnen-Komposten herauszufinden. Dazu wurde zuerst eine Hauptkomponentenanalyse zur Datenreduktion durchgeführt.

Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lufttrockene Trockensubstanz (30°C) durchgeführt.

Bei der Hauptkomponentenanalyse stellt sich heraus, daß es bei dieser Gruppe nur einen Eigenwert gibt, der größer als 1 ist. Dieser Faktor erklärt aber nur 53,2 % der gesamten Varianz. Mit einem zweiten Faktor sind 72,1 % der gesamten Varianz erklärt.

Tab. 45 zeigt die Ladungen für die einzelnen Parameter und Faktoren. Eine starke Beeinflussung durch den Parameter liegt vor, wenn der Faktor mit einer Ladung  $> 0,6$  bestimmt wird (siehe auch Kapitel 8.1 Statistische Methodik). Für den zweiten Faktor ist hauptsächlich Fluorid verantwortlich. Es ist der einzige Parameter, der auf die erste Hauptkomponente keinen positiven Einfluß hat.

Tab. 45: Hauptkomponentenanalyse "Biotonne-Sonstige Parameter": Factor Matrix.

	Factor 1	Factor 2
FLUORID	-,41835	,80514
CHLORID_	,83562	,32044
SULFAT_	,71925	-,07934
BOR	,73471	-,24498
NA	,85375	,35855

Bei dem Faktorladungsplot (siehe Abb. 53) kann man sehen, daß Natrium und Chlorid<sub>hwL</sub> sehr nahe beisammen und Sulfat und Bor<sub>hwL</sub> in der Nähe sind. Fluorid dagegen verhält sich total anders.

Der nächste Scatterplot (siehe Abb. 54) zeigt nun die Lage der Biotonnen-Anlagen, errechnet aufgrund der neuen Werte (alter Wert x Eigenvalue) für die "Sonstigen Parameter" (zusammengeführt in den zwei Faktoren) in der Fläche, welche von den zwei Hauptkomponenten aufgespannt wird. Im linken oberen Viertel findet man die Ausreißer, die man schon vom Boxplot der Verteilung für Fluorid kennt (vgl. Abb. 52). Die Anlage 1 hat sehr hohe Werte in den Parametern der ersten Hauptkomponente (v.a. Sulfat<sub>hwL</sub> und Bor<sub>hwL</sub>).

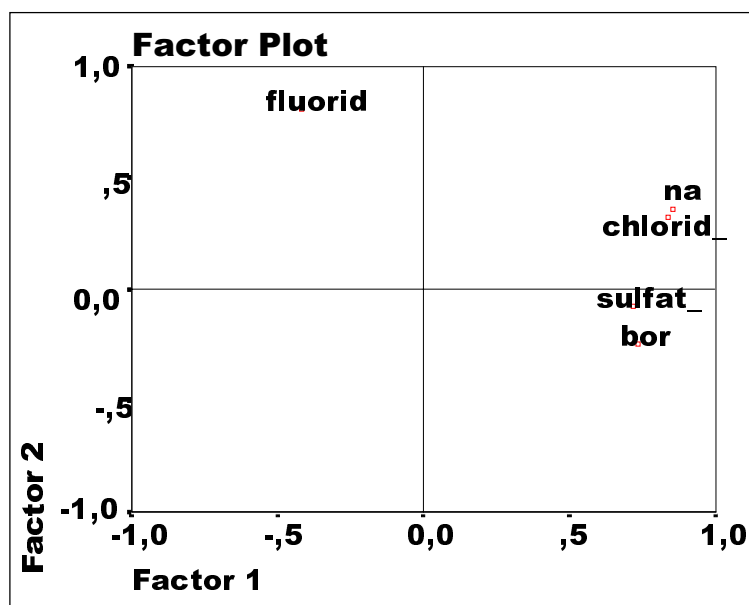


Abb. 53: Hauptkomponentenanalyse "Biotonne-Sonstige Parameter": Plot der Faktorladungen der Parameter.

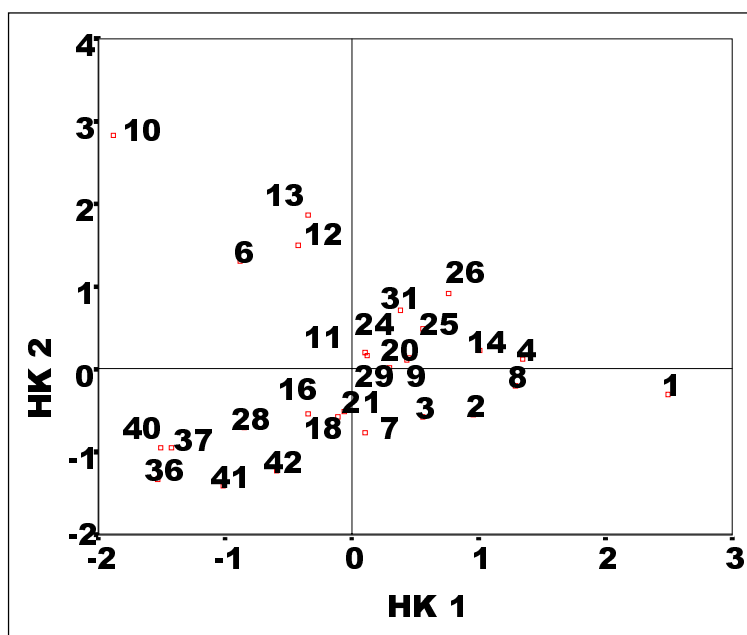


Abb. 54: Hauptkomponentenanalyse "Biotonne-Sonstige Parameter": Scatterplot mit neuer Lage der Biotonnen-Anlagen aufgrund der "Sonstigen Parameter".

Die Korrelationen innerhalb der Gruppe der "Sonstigen Parameter" bei den Biotonnen-Anlagen zeigt Tab. 46. Es wird der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet. Ein Stern bedeutet, daß die Korrelation auf dem 95 % Niveau signifikant ist. Die Signifikanz auf dem 99 % Niveau ist durch zwei Sterne gekennzeichnet.

Tab. 46: Korrelationen der Werte für die "Sonstigen Parameter" der Biotonnen-Komposte.

Pearson Correlation

	BOR	CHLORID_	FLUORID	NA	SULFAT_
BOR	1.000	.402*	-.296	.455*	.515**
CHLORID_	.402*	1.000	-.224	.821**	.411*
FLUORID	-.296	-.224	1.000	-.168	-.203
NA	.455*	.821**	-.168	1.000	.453*
SULFAT_	.515**	.411*	-.203	.453*	1.000

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

### 8.4.3.2 Clusteranalyse

Die Clusteranalyse klassifiziert die Anlagen in Kategorien.

Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lufttrockene Trockensubstanz (30°C) durchgeführt.

Bei der Gruppe der sonstigen Parameter lassen sich die Anlagen in zwei Cluster einteilen. Zum ersten Cluster gehören die Anlagen 37, 40, 36, 41, 42, 16, 28, 21, 12, 13, 6 und 10. Dieser Anlagen-Cluster zeichnet sich durch niedrigere Mittelwerte bei den Parametern Na,  $\text{Cl}_{\text{hwl.}}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  und  $\text{B}_{\text{hwl.}}$  gegenüber dem zweiten Cluster (Anlagen 26, 31, 25, 9, 20, 11, 29, 24, 2, 7, 18, 4, 14, 3, 8, 1) aus. Beim Parameter F<sup>-</sup> hingegen weist der erste Cluster Anlagen mit höheren Gehalten auf.

Bei der Clusteranalyse mit den zwei Hauptkomponenten werden die Anlagen in drei Gruppen eingeteilt. Hier wird im wesentlichen der erste Cluster der Hauptkomponentenanalyse mit den "normalen" Werten in zwei Cluster aufgeteilt: Der erste Cluster mit den Anlagen 12, 13, 6 und 10 ist durch hohe positive Werte in der zweiten Hauptkomponente gekennzeichnet. Der zweite Cluster, der aus den Anlagen 27, 40, 36, 41, 42 und 28 gebildet wird, besitzt in der zweiten Hauptkomponente hohe negative Werte. Die restlichen Anlagen bilden den großen dritten Cluster.

#### 8.4.4 Gesamtbetrachtung der Gruppe "Sonstige Parameter" – Grünschnitt-Anlagen

Bei der Gruppe der "Sonstigen Parameter" werden folgende Parameter betrachtet und in die statistische Analyse einbezogen: Sulfat<sub>heißwasserlöslich</sub> ( $\text{SO}_4^{2-}$ <sub>hw.</sub>), Natrium (Na), Chlorid<sub>heißwasserlöslich</sub> ( $\text{Cl}^-$ <sub>hw.</sub>), Bor<sub>heißwasserlöslich</sub> ( $\text{B}_{hw.}$ ) und Fluorid ( $\text{F}^-$ ).

Es wurden 14 Grünschnitt-Anlagen untersucht.

##### 8.4.4.1 Hauptkomponentenanalyse und Korrelationen

Innerhalb der Gruppe der "Sonstigen Parameter" wurden Korrelationen errechnet, um Beziehungen und Zusammenhänge zwischen den einzelnen Parametern in Grünschnitt-Komposten herauszufinden. Dazu wurde zuerst eine Hauptkomponentenanalyse zur Datenreduktion durchgeführt.

Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lufttrockene Trockensubstanz (30°C) durchgeführt.

Die Hauptkomponentenanalyse zeigt, daß man für die Gruppe der "Sonstigen Parameter" zwei Hauptkomponenten braucht, damit sind 74,3 % der Varianz erklärt.

Tab. 47 zeigt die Ladungen für die einzelnen Parameter und Faktoren. Eine starke Beeinflussung durch den Parameter liegt vor, wenn der Faktor mit einer Ladung > 0,6 bestimmt wird. Für die erste Hauptkomponente sind Chlorid<sub>heißwasserlöslich</sub> und Natrium nicht von Bedeutung. Sie bestimmen die zweite Hauptkomponente. Dies ist auch im Plot der Faktorladungen sehr gut sichtbar (siehe Abb. 55).

Tab. 47: Hauptkomponentenanalyse "Grünschnitt-Sonstige Parameter": Factor Matrix.

	Factor 1	Factor 2
FLUORID	,92217	-,06496
CHLORID	-,04509	,89366
SULFAT	,95371	,07274
BOR	,61947	-,08666
NA	,09812	,86130

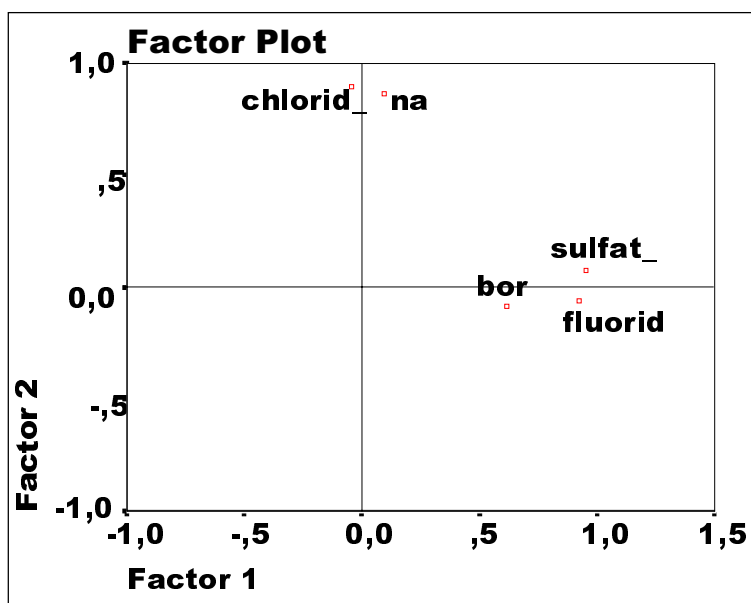


Abb. 55: Hauptkomponentenanalyse "Grünschnitt – Sonstige Parameter": Plot der Faktorladungen der Parameter.

In Abb. 56 ist der Scatterplot mit der neuen Lage der Anlagen dargestellt aufgrund der neuen Werte (alter Wert x Eigenvalue) für die "Sonstigen Parameter" (zusammengeführt in den zwei Faktoren). Man kann zwei Ausreißer erkennen. Die Anlage 39 hat hohe Werte bei den für die erste Hauptkomponente relevanten Parametern. Die Anlage 17 hat einen hohen Wert bei dem Parameter Chlorid<sub>heißwasserlöslich</sub>.

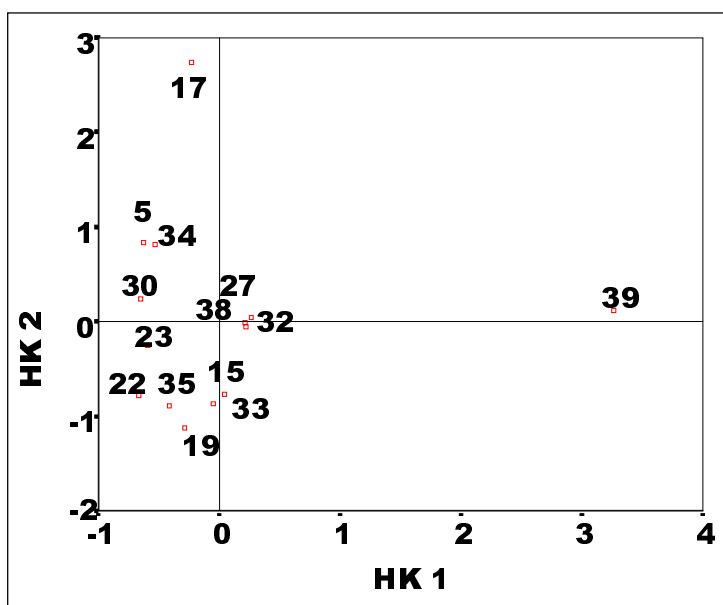


Abb. 56: Hauptkomponentenanalyse "Grünschnitt – Sonstige Parameter": Scatterplot mit neuer Lage der Grünschnitt-Anlagen aufgrund der "Sonstigen Parameter".

Die Korrelationen innerhalb der Gruppe "Sonstige Parameter" bei den Grünschnitt-Anlagen zeigt Tab. 48. Es wird der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet. Ein Stern bedeutet, daß die Korrelation auf dem 95 % Niveau signifikant ist. Die Signifikanz auf dem 99 % Niveau ist durch zwei Sterne gekennzeichnet.

Tab. 48: Korrelationen der Werte für die "Sonstigen Parameter" der Grünschnitt-Komposte.

Pearson Correlation

	BOR	CHLORID_	FLUORID	NA	SULFAT_
BOR	1.000	-.254	.320	.197	.409
CHLORID_	-.254	1.000	-.020	.545*	.074
FLUORID	.320	-.020	1.000	-.066	.915**
NA	.197	.545*	-.066	1.000	.080
SULFAT_	.409	.074	.915**	.080	1.000

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

\*\*. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

#### 8.4.4.2 Clusteranalyse

Die Clusteranalyse klassifiziert die Anlagen in Kategorien.

Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lufttrockene Trockensubstanz (30°C) durchgeführt.

Die "Sonstigen Parameter" teilen die Grünschnitt-Anlagen in vier Gruppen. Die Anlage 39 besitzt extrem hohe Werte bei Sulfat<sub>heißwasserlöslich</sub> und Fluorid. Sie bildet einen eigenen Cluster. Auch die Anlage 17 bildet einen eigenen Cluster, da sie hohe Werte bei Natrium und Chlorid<sub>heißwasserlöslich</sub> besitzt. Den dritten Cluster bilden die Anlagen 15, 33 und 38. Die restlichen Anlagen bilden den vierten Cluster (Anlagen 34, 23, 30, 27, 32, 22, 35, 19). Diese beiden Cluster unterscheiden sich vor allem durch die Bor<sub>heißwasserlöslich</sub>-Werte, welche beim vierten Cluster niedriger sind.

Bei der Clusteranalyse mit den zwei Hauptkomponenten der "Sonstigen Parameter" werden der dritte und der vierte Cluster vereinigt, die Anlagen 39 und 17 bilden wiederum je einen eigenen Cluster.

#### 8.4.5 Gesamtbetrachtung der Gruppe "Sonstige Parameter" – Sämtliche Kompostanlagen

##### 8.4.5.1 Korrelationen

Tab. 49 zeigt die Korrelationen innerhalb der Gruppe "Sonstige Parameter" aufgrund der Werte aller 42 Kompostanlagen.

Tab. 49: Korrelationen der Werte für die "Sonstigen Parameter" aller 42 Kompostanlagen.

Pearson Correlation

	BOR	CHLORID_	FLUORID	NA	SULFAT_
BOR	1.000	.274	-.036	.355*	.439**
CHLORID_	.274	1.000	-.216	.868**	.289
FLUORID	-.036	-.216	1.000	-.205	.470**
NA	.355*	.868**	-.205	1.000	.307*
SULFAT_	.439**	.289	.470**	.307*	1.000

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

\*\*. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).



### 8.4.5.2 Clusteranalyse

Es wurde eine Clusteranalyse mit den Werten für die “Sonstigen Parameter” (Sulfat<sub>heißwasserlöslich</sub>, Natrium, Chlorid<sub>heißwasserlöslich</sub>, Bor<sub>heißwasserlöslich</sub> und Fluorid) aller 42 Kompostanlagen durchgeführt, um herauszufinden, in welche Gruppen sich die Anlagen aufteilen. Um mögliche Ursachen bzw. bestimmende Faktoren für die Gruppenbildung herauszufinden, wurden die Daten aus der Fragebogenerhebung herangezogen

Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lufttrockene Trockensubstanz (30 C) durchgeführt.

Bei der Gruppe der “Sonstigen Parameter” teilen sich die Anlagen in zwei Gruppen, welche im wesentlichen die Anlagentypen Biotonnen-Anlagen und Grünschnitt-Anlagen repräsentieren.

- Der erste Cluster mit höheren Werten vor allem bei Natrium und Chloridheißwasserlöslich wird fast ausschließlich von Biotonnen-Anlagen gebildet, weiters überwiegen die Einzugsgebietstypen Stadt-Land und Land (Anlagen 12, 13, 6, 16, 17, 21, 2, 7, 18, 9, 20, 11, 29, 24, 26, 31, 25, 4, 14, 3, 8, 1).
- Der zweite Cluster (Anlagen 37, 40, 23, 30, 22, 36, 35, 5, 34, 28, 27, 32, 10, 19, 15, 33, 41, 38, 42, 39) beinhaltet sämtliche Hausgarten-Komposte und überwiegend Grünschnitt-Anlagen.

In *Tab. 50* ist eine Zusammenfassung der signifikanten Unterschiede zwischen Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen bzw. zwischen den drei Einzugsgebietstypen Stadt, Land und Stadt-Land dargestellt.

*Tab. 50: Statistisch signifikante Unterschiede der Gehalte an “Sonstigen Parametern” zwischen Biotonnen (BT)- und Grünschnitt-Anlagen (GS) bzw. zwischen den drei Einzugsgebietstypen Stadt, Land und Stadt-Land (t-Test).*

Parameter	Unterschied	Konfidenzintervall
Chlorid <sub>hwl.</sub>	BT > GS	95 %
	Stadt-Land > Stadt	95 %
	Land > Stadt	95 %
Na	BT > GS	95 %
	Stadt-Land > Stadt	90 %
	Land > Stadt	95 %

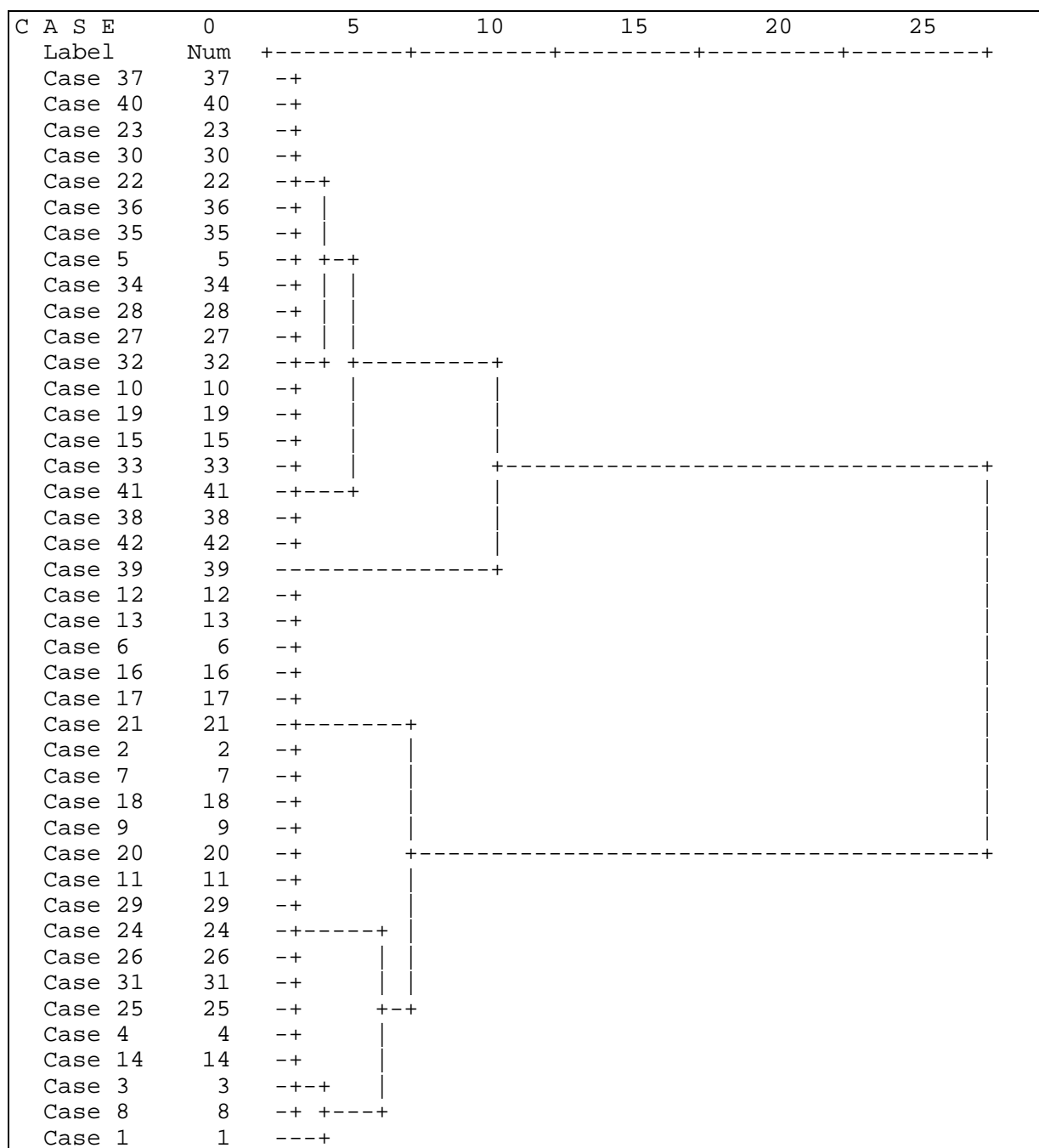


Abb. 57: Clusteranalyse aller 42 Kompostanlagen aufgrund der gemessenen Werte für die "Sonstigen Parameter" der Komposte, "Case .." = Kompostanlage.

#### 8.4.6 Diskussion und Schlußfolgerungen

- **Bor**

In der ÖNORM S 2200 wird sowohl für Anwendungstyp A ("Mischkomponente in Kultursubstraten") als auch für Anwendungstyp B ("Bodenverbesserungsmittel") ein  $Bor_{hwl}$ -Gehalt von  $\leq 10$  mg/kg TS gefordert. 15 der untersuchten 42 Komposte überschreiten diesen Grenzwert (=36 %). Es wird jedoch angenommen, daß die Variation des Bor-Gehaltes im Kompost größtenteils geogen oder vom Pflanzenmaterial bestimmt wird, wodurch keine nennenswerten

Absenkung der Borgehalte im Kompost durch Variation der Kompost-Inputmaterialien erreicht werden kann.

Nach der Verordnung zum Düngemittelgesetz (BGBl. 1007/1994) ist der Hinweis "Borgehalt des Produktes beachten!" bei Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen oder Pflanzenhilfsmitteln anzubringen, wenn jährlich mehr als 50 g/ha Bor ausgebracht werden (das entspricht bei einer Kompostmenge von 10 t TM/ha und Jahr einem Borgehalt von 5 mg/kg TS).

Im Pflanzenmaterial, welches der Haupteintragspfad für Bor im Kompost ist, werden Bor<sub>gesamt</sub>-Gehalte von 2–80 mg/kg TS gemessen (siehe Tab. 51). Baumlaub weist Borgehalte von 15 bis 40 mg/kg TM auf.

Tab. 51: Borgehalte verschiedener Pflanzenarten (BERGMANN, 1994).

Pflanzenart	Bor <sub>gesamt</sub> in mg/kg TS	Pflanzenart	Bor <sub>gesamt</sub> in mg/kg TS
Gerste	2,3	Tomate	15,0
Roggen	3,1	Erbse	21,7
Weizen	3,3	Weißkohl	37,1
Mais	5,0	Linse	41,4
Spinat	10,9	Radieschen	64,5
Kartoffel	13,9	Löwenzahn	80,0

Entscheidend für die B-Ernährung der Pflanzen ist der leicht nachlieferbare B-Anteil ( $B_{hwl}$ ), generell ist die B-Verfügbarkeit bei saurem pH-Wert höher. Bei niedrigem pH-Wert kann es daher am ehesten zu Toxizitätserscheinungen aufgrund von Bor-Überschuß kommen. Hingegen tritt Bor-Mangel vorwiegend auf grob texturierten, leichten bis mittleren Sandböden in Gebieten mit hohen Niederschlägen, auf Böden mit von Natur aus geringen Gesamt-B-Gehalten oder auf stark aufgekalkten, ehemals sauren Böden auf (BERGMANN, 1993).

In der 20 cm tiefen Ackerkrume sind Borgehalte von 15 bis 300 kg/ha vorhanden. Die Verfügbarkeit ist stark vom pH-Wert und den Wasserverhältnissen abhängig, durchschnittlich wird mit Verlusten von 450 g/ha Bor jährlich über die Pflanzenentzüge und die Versickerung gerechnet (STURM et al., 1994). Durch die Abfuhr von Pflanzenmaterial bei der Ernte werden bei Pflanzen mit geringem Borbedarf 50–200 g B/ha entzogen, bei borbedürftigen Pflanzen sind es allerdings 400–2.000 g B/ha.

Bei einer überschlägigen Bilanzierung der Borentzüge und der Boreinträge würde daher in der Regel ein negativer Saldo entstehen. Eine Kompostmenge von 10 t TM/ha pro Jahr mit einer überschlägigen Borfracht von 100–200 g/ha wird daher nicht als pflanzengefährdend angesehen, zumal Düngemaßnahmen bei Mangelerscheinungen u. U. häufig in zehnfacher Höhe (1.000 bis 1.500 g B/ha) durchgeführt werden.

Eine Anhebung des Bor-Grenzwertes für Anwendungstyp A von 10 auf 15 mg/kg TS würde eher den natürlichen Gegebenheiten Rechnung tragen, ab diesem Gehalt sollte der Kompost eher für borbedürftige Pflanzen (z.B. Rüben, Raps, Kohl, Leguminosen, Kartoffeln) verwendet werden und mit dem Vermerk "Borgehalt beachten" versehen werden. Für Anwendungstyp B sollte ein Grenzwert von 20 mg/kg B festgesetzt werden.

#### • Sulfat

Der Schwefelbedarf landwirtschaftlicher Nutzpflanzen ist durchaus bedeutend (Getreide: 18–25 kg S/ha), besonders Cruziferen wie Raps, Senf oder Kohl nehmen vergleichsweise große Schwefelmengen auf (40–70 kg S/ha).

Der S-Gehalt der Pflanzen liegt im Bereich von 0,1–0,5 % in der Trockensubstanz (SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL, 1984). Der mittlere Schwefel-Gehalt der Kompostproben dieser Studie beträgt 0,04 % TS (Median: 0,03 % TS). Bei einer Ausbringung von 10–20 t TM Kompost werden somit zwischen 3 und 8 kg S/ha ausgebracht.

- **Chlorid**

Bezüglich Chlorid ist in der Verordnung zum Düngemittelgesetz (Düngemittelverordnung, DMVo, BGBl. 1007/1994) festgehalten, daß Düngemittel, Bodenhilfsstoffe oder Pflanzenhilfsmittel mit einem Cl-Gehalt zwischen 2 % und 10 % als "minderchloridhaltig", mit einem Cl-Gehalt von über 10 % als "chloridhaltig" zu bezeichnen sind.

Im Rahmen dieser Studie wurde ein mittlerer Chlorid-Gehalt von 0,26 % gemessen (Median: 0,23 %), der Maximalwert beträgt 0,61 % und ist damit, selbst bei Gaben von 10 t TM, deutlich von dem Grenzwert der Düngemittelverordnung entfernt.

## 8.5 Schwermetalle

Folgende Parameter wurden gemessen: Arsen (As), Blei (Pb), Cadmium (Cd), Chrom (Cr), Kobalt (Co), Kupfer (Cu), Nickel (Ni), Mangan (Mn), Molybdän (Mo), Quecksilber (Hg) und Zink (Zn).

Die Aufschlüsse für die Bestimmung der Gesamtgehalte erfolgten gemäß ÖNORM S 2023 ("Untersuchungsmethoden und Güteüberwachung von Komposten") mit Königswasser.

Die Analyse von Blei (Pb), Cadmium (Cd), Chrom (Cr), Kupfer (Cu), Nickel (Ni), Mangan (Mn), Zink (Zn), Molybdän (Mo) und Kobalt (Co) erfolgte mittels ICP-AES Gerät Optima 3000 XL (Fa. Perkin Elmer) in Anlehnung an ÖNORM M 6279.

Die Analyse der Elemente As und Hg erfolgte aus den Königswasseraufschlüssen mittels Kaltdampf-/Hydridtechnik mittels Fließinjektion FIAS 200 in Verbindung mit dem Atomabsorptionsspektrometer 1100 B (Fa. Perkin Elmer) in Anlehnung an DIN 38405, TI.18(As) sowie DIN 38406, TI.12 (Hg).

Es wurden bei allen Analysen Doppelbestimmungen durchgeführt. Laborintern wurden Vertrauensbereiche definiert, die von den Einzelwerten der Doppelbestimmung eingehalten werden mußten. Proben, deren Einzelanalyse diesen Bereich überschritten, wurden durch eine weitere Doppelbestimmung überprüft.

### 8.5.1 Chrom (Cr), Nickel (Ni), Blei (Pb), Kobalt (Co)

Die Cr-, Ni-, Pb- und Co-Gehalte der einzelnen Kompostproben können dem Anhang, Tabelle 5 (S. 312ff) entnommen werden.

#### 8.5.1.1 Statistische Eckdaten

Die statistischen Eckdaten zu den Cr-, Ni-, Pb- und Co-Gehalten aller Kompostproben können Tab. 52 entnommen werden.

Tab. 52: Cr-, Ni-, Pb- und Co-Gehalte der Kompostproben bezogen auf 105°C TS (auf 30 % Glühverlust standardisiert), Bestimmungsgrenze in mg/kg TS (lufttr.).

n = 42 Anlagen	Cr	Ni	Pb	Co
	in mg/kg TS <sub>105°C</sub>			
Minimumwert	8	5	14	3,4
Maximalwert	1661	177	209	56,7
Mittelwert	69,6	29,9	71,6	9,3
Median	28,5	22,5	60,5	7,2
unteres Quartil	23,3	19,0	45,5	5,6
oberes Quartil	33,0	30,8	81,3	10,4
Standardabweichung	251,9	26,2	44,0	8,3
Bestimmungsgrenze in mg/kg TS (lufttr.)	(2)	(2)	(5)	(0,2)

### 8.5.1.2 Trennung nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen

In Abb. 58 ist die Verteilung der **Chrom**-Gehalte getrennt nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen angegeben.

Ein Extremwert bei den Grünschnitt-Anlagen ist die Anlage 17. Die Ausreißer bei den Biotonnen-Anlagen sind die Anlagen 13, 20 und 28.

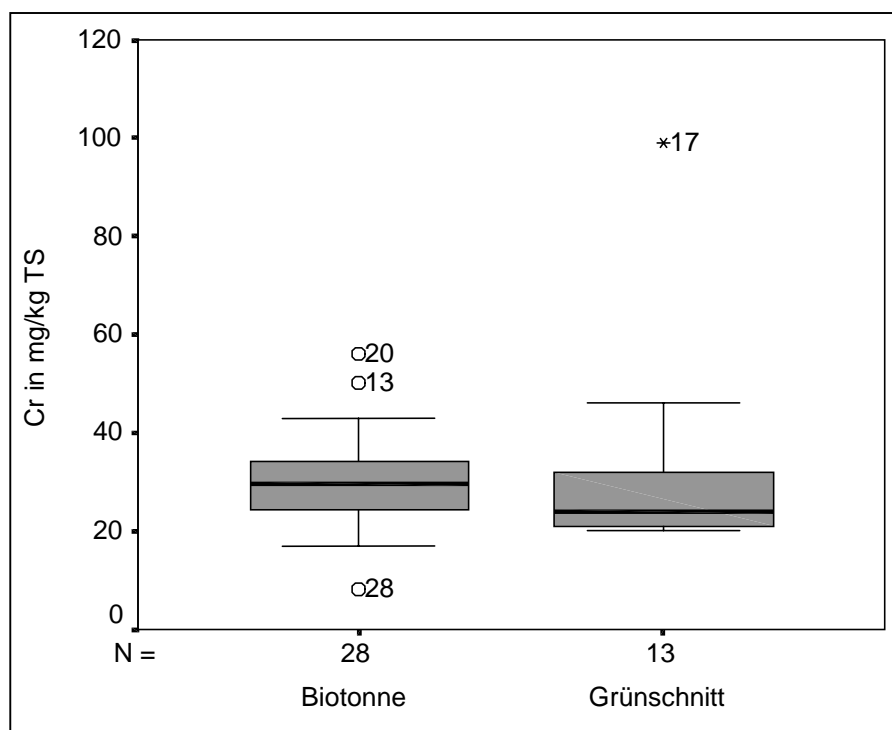


Abb. 58: Boxplot: Cr-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf TS<sub>105°C</sub> (auf 30 % Glühverlust standardisiert). Der Wert der Anlage 39 (1661 mg/kg TS) wurde nicht berücksichtigt, da er als Extremwert die Boxplot-Darstellung verzerrt.

Beim Parameter **Nickel** (siehe Abb. 59) sind die Meßwerte sowohl bei den Biotonnen- als auch bei Grünschnitt-Anlagen am unteren Ende der Box gehäuft. Bei den Biotonnen-Anlagen gibt es einen Ausreißer, die Anlage 13, und einen Extremwert, die Anlage 20, während bei den Grünschnitt-Anlagen die Anlage 17 einen höheren Wert hat und damit als Extremwert bezeichnet werden kann.

Bezüglich der Einzugsgebietstypen sind die Nickel-Werte der Komposte der Kategorie Land signifikant höher, als jene der Kategorie Stadt.

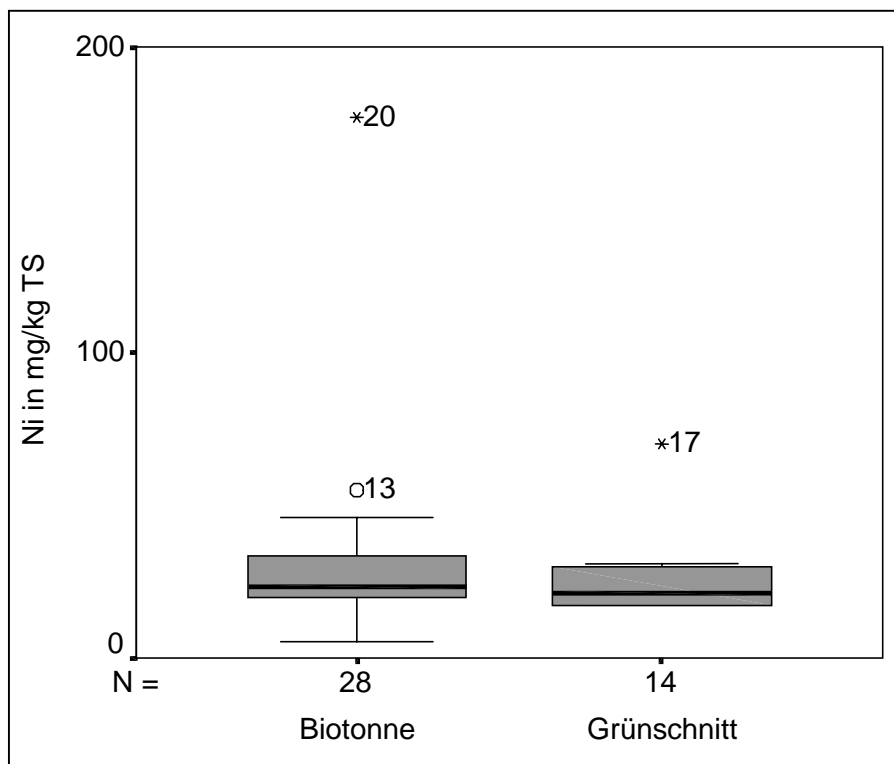


Abb. 59: Boxplot: Ni-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf  $TS_{105^{\circ}C}$  (auf 30 % Glühverlust standardisiert).

Die Meßwerte liegen beim Parameter **Blei** bei beiden Anlagentypen im selben Bereich (siehe Abb. 60). Jedoch liegt der Median bei den Grünschnitt-Anlagen im unteren Bereich der Box, während er bei den Biotonnen-Anlagen knapp in der oberen Hälfte liegt. Bei den Biotonnen-Anlagen gibt es zwei Ausreißer, die Anlagen 9 und 16, die Anlage 13 ist ein Extremwert. Bei den Grünschnitt-Anlagen ist der Ausreißer die Anlage 33, die Anlage 17 ist ein Extremwert.

Beim Parameter **Kobalt** (siehe Abb. 61) ist die Anlage 20 bei den Biotonnen-Anlagen ein Ausreißer. Bei den Grünschnitt-Anlagen ist die Anlage 17 ein Extremwert.

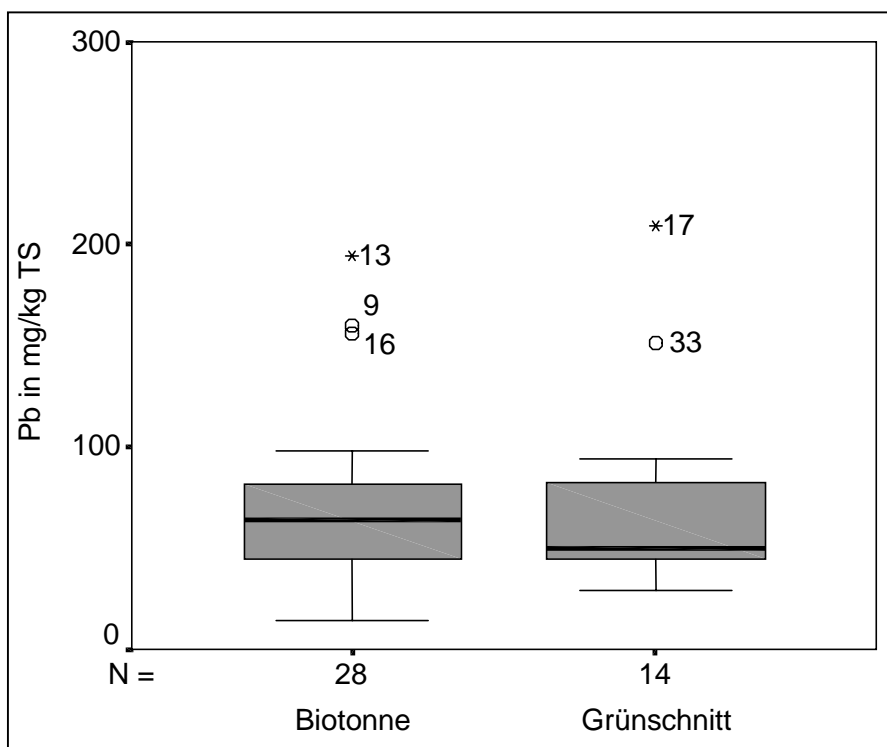


Abb. 60: Boxplot: Pb-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf  $TS_{105^{\circ}C}$  (auf 30 % Glühverlust standardisiert).

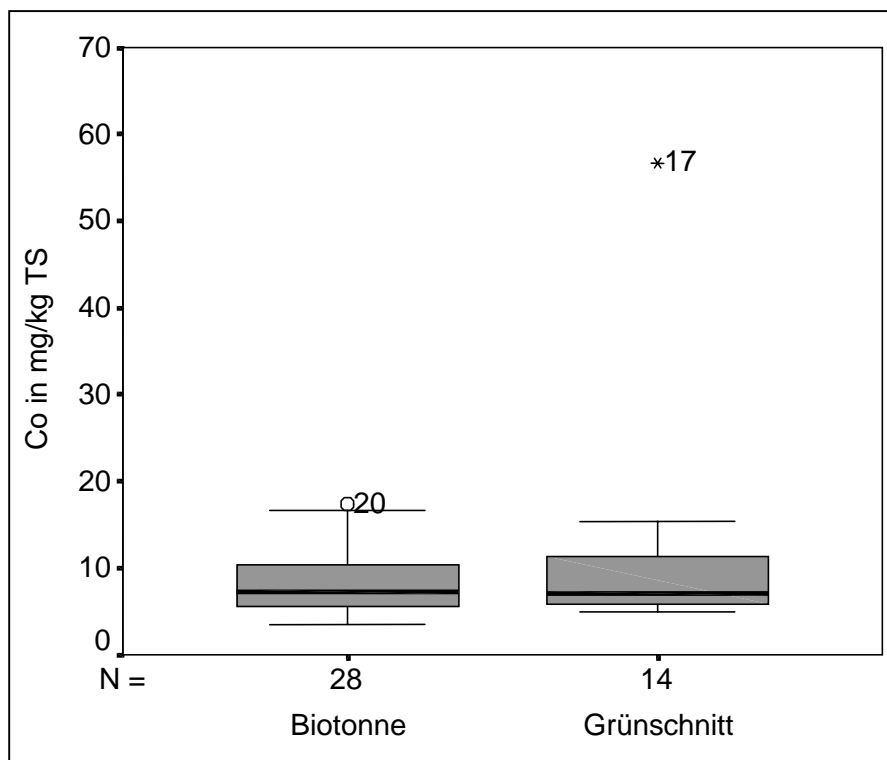


Abb. 61: Boxplot: Co-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf  $TS_{105^{\circ}C}$  (auf 30 % Glühverlust standardisiert).

## 8.5.2 Kupfer (Cu), Zink (Zn), Mangan (Mn), Molybdän (Mo)

Die Cu-, Zn-, Mn-, und Mo-Gehalte der einzelnen Kompostproben können dem Anhang, Tabelle 5 (S. 312ff) entnommen werden.

### 8.5.2.1 Statistische Eckdaten

Die statistischen Eckdaten zu den Cu-, Zn-, Mn-, und Mo-Gehalten aller Kompostproben können Tab. 53 entnommen werden.

Tab. 53: Cu-, Zn-, Mn-, und Mo-Gehalte der Kompostproben bezogen auf 105°C TS (auf 30 % Glühverlust standardisiert), Bestimmungsgrenze in mg/kg TS (lufttr.).

n = 42 Anlagen	Cu	Zn	Mn	Mo
	in mg/kg TS <sub>105°C</sub>			
Minimumwert	19	67	282	1,3
Maximalwert	605	885	3009	12,2
Mittelwert	80,6	254,5	830,2	2,7
Median	66,5	229,5	643,0	2,2
unteres Quartil	43,3	165,3	487,5	2,0
oberes Quartil	84,3	290,8	935,5	2,8
Standardabweichung	89,6	142,0	561,4	1,7
Bestimmungsgrenze in mg/kg TS (lufttr.)	(10)	(10)	(13)	(0,5)

### 8.5.2.2 Trennung nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen

Beim Parameter **Kupfer** (siehe

Abb. 62) ist die Anlage 24 bei den Biotonnen-Anlagen ein Ausreißer, bei den Grünschnitt-Anlagen die Anlage 38. Die Werte der Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen sind symmetrisch verteilt.

Bei dem Parameter **Zink** (siehe Abb. 63) gibt es bei beiden Anlagentypen jeweils einen Ausreißer. Bei den Biotonnen-Anlagen ist dies die Anlage 9 und bei den Grünschnitt-Anlagen die Anlage 17.

Der Parameter **Mangan** (siehe Abb. 64) ist bei den Biotonnen-Anlagen symmetrisch verteilt, während der Median bei den Grünschnitt-Anlagen in der unteren Hälfte der Box liegt. Bei den Biotonnen-Anlagen ist die Anlage 1 ein Ausreißer und die Anlage 41 ein Extremwert. Bei den Grünschnitt-Anlagen weist die Anlage 38 einen Extremwert auf.

Bezüglich des Parameters **Molybdän** (siehe Abb. 65) weist bei den Biotonnen-Anlagen die Anlage 18 einen Ausreißerwert auf. Bei den Grünschnitt-Anlagen sind es die Anlagen 32 und 38, welche Extremwerte aufweisen. Die Mo-Werte der Biotonnen-Anlagen sind annähernd symmetrisch verteilt, während der Median bei den Mo-Werten der Grünschnitt-Anlagen in der unteren Hälfte der Box liegt.



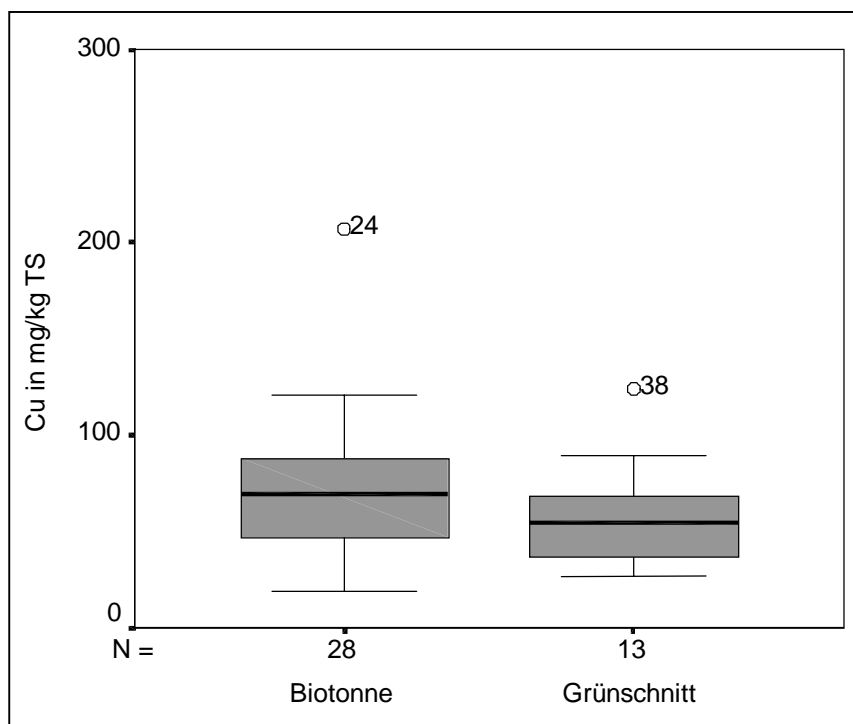


Abb. 62: Boxplot: Cu-Gehalte von Biotonne- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf  $TS_{105^{\circ}C}$  (auf 30 % Glühverlust standardisiert). Der Wert der Grünschnitt-Anlage 17 (605 mg/kg TS) wurde nicht berücksichtigt, da er als Extremwert die Boxplot-Darstellung verzerrt.

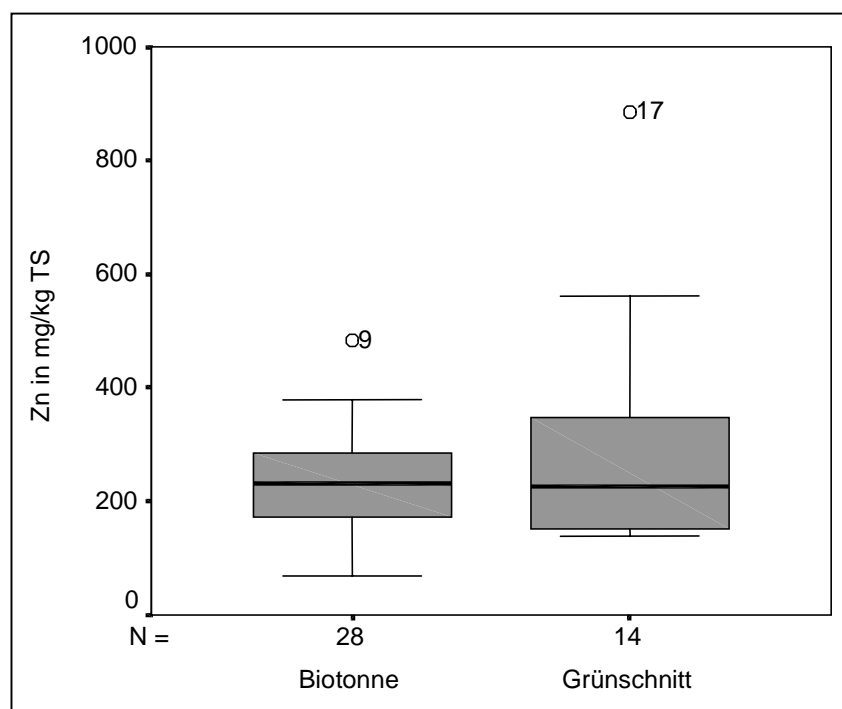


Abb. 63: Boxplot: Zn-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf  $TS_{105^{\circ}C}$  (auf 30 % Glühverlust standardisiert).

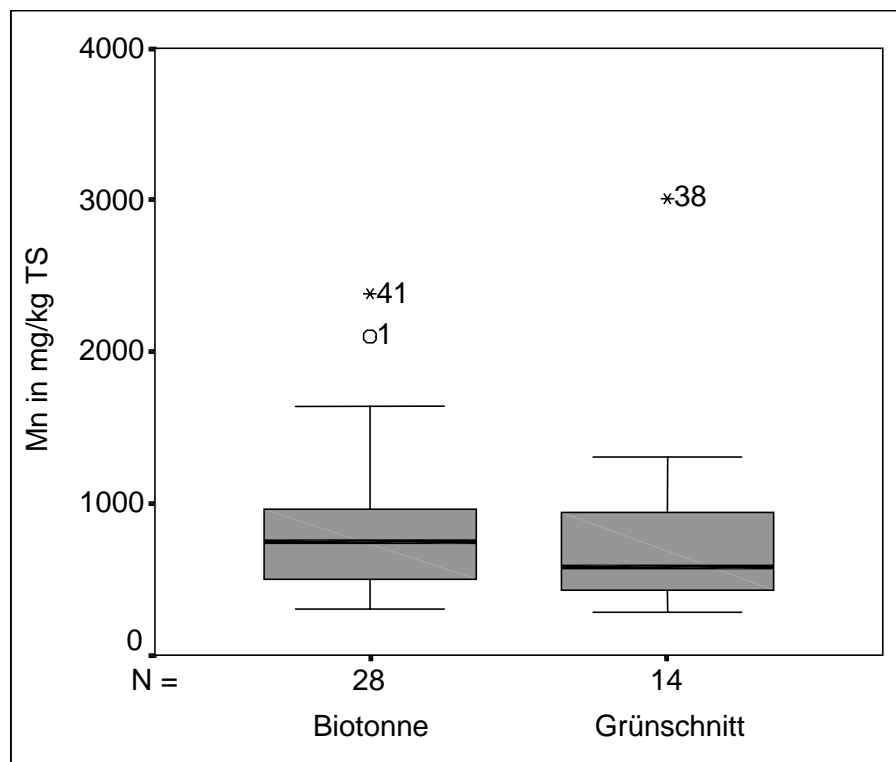


Abb. 64: Boxplot: Mn-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf  $TS_{105^{\circ}C}$  (auf 30 % Glühverlust standardisiert).

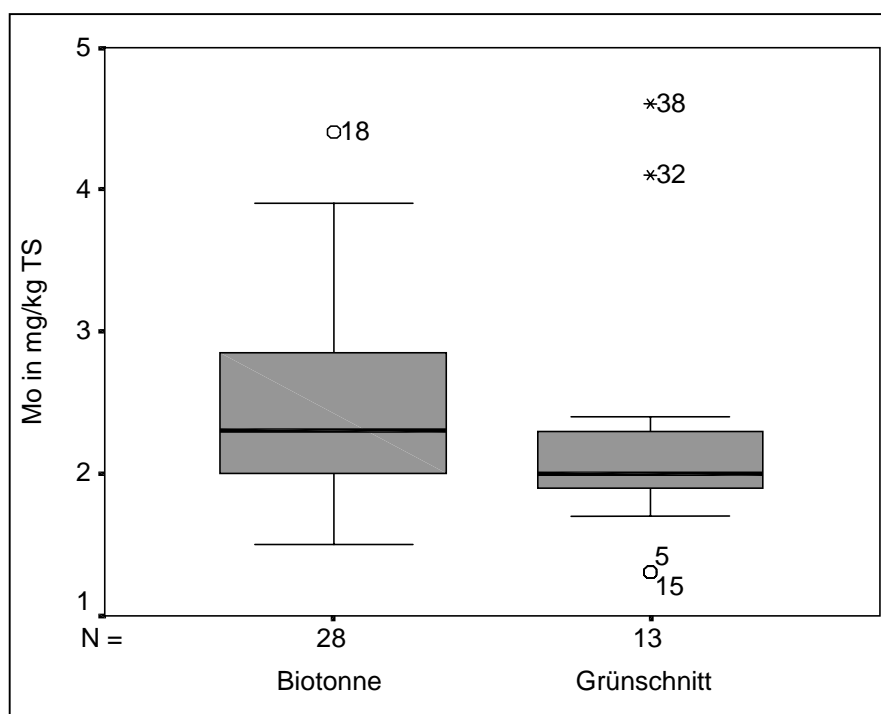


Abb. 65: Boxplot: Mo-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf  $TS_{105^{\circ}C}$  (auf 30 % Glühverlust standardisiert). Der Wert der Grünschnitt-Anlage 17 (12,2 mg/kg TS) wurde nicht berücksichtigt, da er als Extremwert die Boxplot-Darstellung verzerrt.

### 8.5.3 Cadmium (Cd), Quecksilber (Hg) und Arsen (As)

Die Cd- Hg- und As-Gehalte der einzelnen Kompostproben können dem Anhang, Tabelle 5 (S. 312ff) entnommen werden.

#### 8.5.3.1 Statistische Eckdaten

Die statistischen Eckdaten zu den Cd-, Hg- und As-Gehalten aller Kompostproben können Tab. 54 entnommen werden.

Tab. 54: Cd-, Hg- und As-Gehalte der Kompostproben bezogen auf 105°C TS (auf 30 % Glühverlust standardisiert), Bestimmungsgrenze in mg/kg TS (luftr.).

n = 42 Anlagen	Cd	Hg	As
	in mg/kg TS <sub>105°C</sub>		
Minimumwert	0,2	0,0	1,7
Maximalwert	1,1	0,6	28,9
Mittelwert	0,7	0,2	6,4
Median	0,7	0,2	5,7
unteres Quartil	0,6	0,1	4,5
oberes Quartil	0,8	0,3	6,9
Standardabweichung	0,2	0,1	4,2
Bestimmungsgrenze in mg/kg TS (luftr.)	(0,2)	(0,03)	(0,03)

#### 8.5.3.2 Trennung nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen

Die Schwermetallgehalte bezüglich des Parameters **Cadmium** (siehe Abb. 66) sind sowohl bei den Biotonnen- als auch bei Grünschnitt-Anlagen annähernd symmetrisch verteilt und liegen im selben Bereich. Bei den Biotonnen-Anlagen gibt es einen Ausreißer nach unten, die Anlage 10.

Bei **Quecksilber** (siehe Abb. 67) sind die Hg-Gehalte der Komposte der Biotonnen-Anlagen symmetrisch verteilt, während bei den Grünschnitt-Anlagen die Hg-Gehalte gehäuft am unteren Ende der Box liegen, es liegt jedoch kein signifikanter Unterschied der Mediane vor. Die Anlage 33 weist einen Extremwert auf.

Die **Arsen**-Werte liegen bei Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen im selben Meßbereich und sind symmetrisch verteilt (siehe Abb. 68). Bei den Biotonnen-Anlagen fällt die Anlage 31 als Extremwert auf (sie wurde in Abb. 68 nicht berücksichtigt), einen Ausreißerwert weist die Anlage 36 auf. Bei den Grünschnitt-Anlagen ist die Anlage 32 ein Ausreißer.

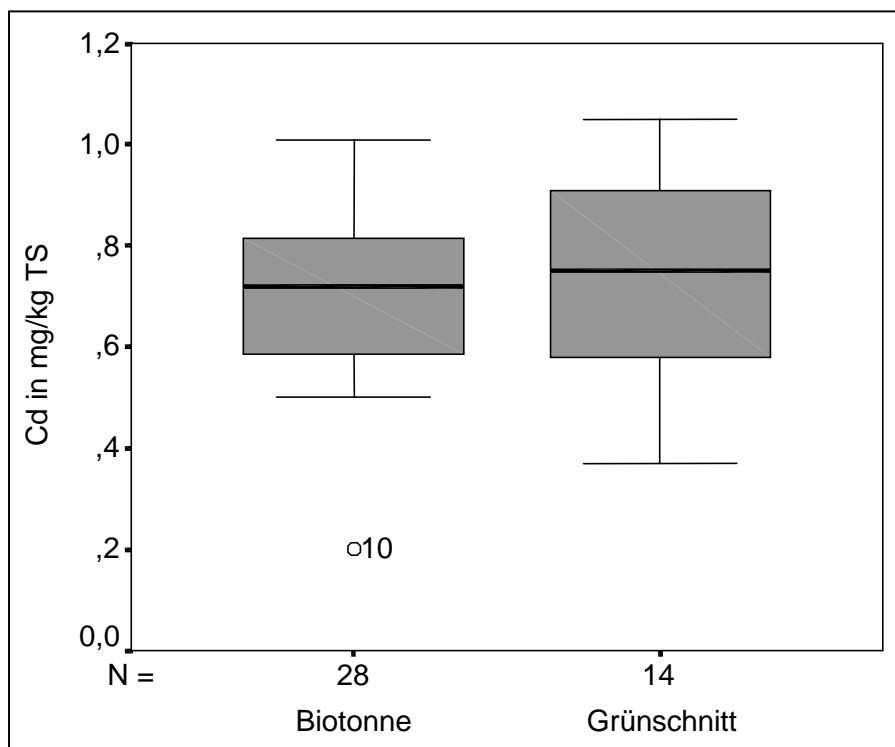


Abb. 66: Boxplot: Cd-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf  $TS_{105^{\circ}C}$  (auf 30 % Glühverlust standardisiert).

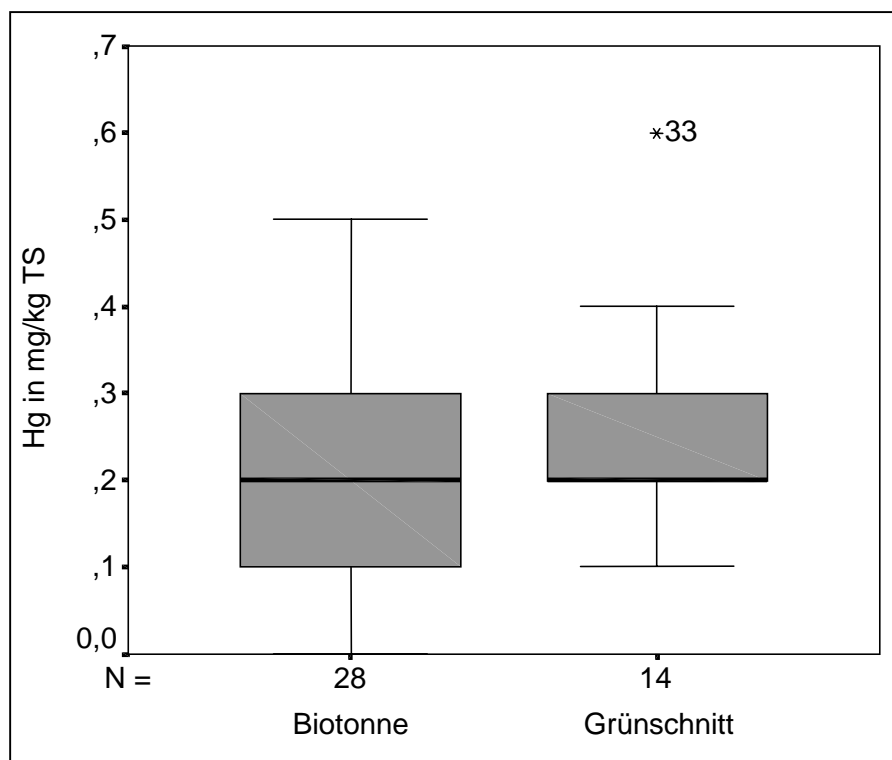


Abb. 67: Boxplot: Hg-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf  $TS_{105^{\circ}C}$  (auf 30 % Glühverlust standardisiert).

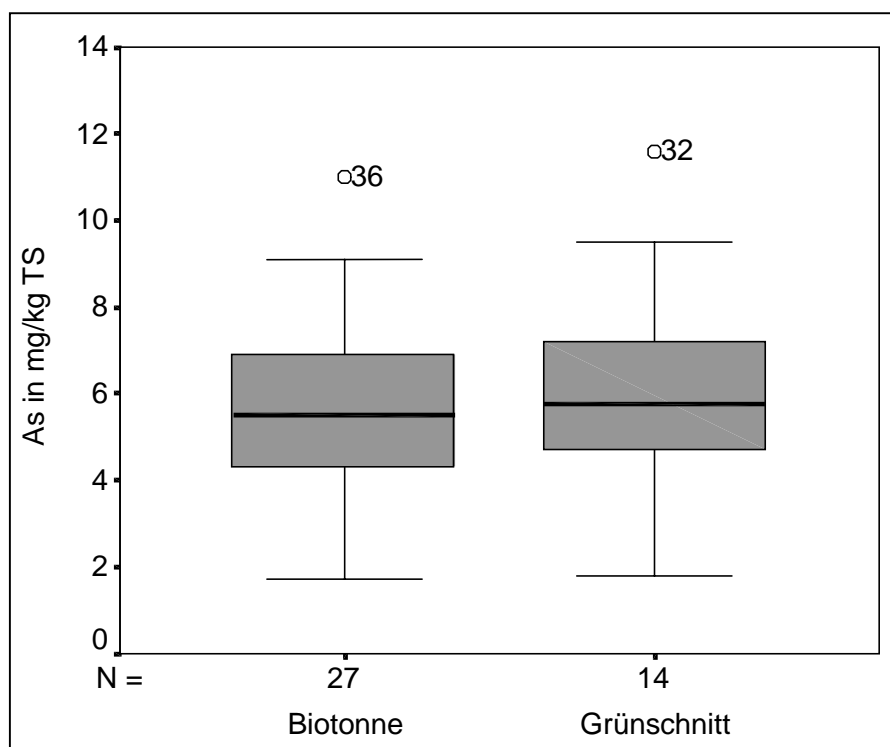


Abb. 68: Boxplot: As-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf  $TS_{105^{\circ}C}$  (auf 30 % Glühverlust standardisiert). Der Wert der Biotonnen-Anlage 31 (28,9 mg/kg TS) wurde nicht berücksichtigt, da er als Extremwert die Boxplot-Darstellung verzerrt.

#### 8.5.4 Gesamtbetrachtung der Gruppe der Schwermetalle – Biotonnen-Anlagen

Bei der Gruppe der Schwermetalle werden folgende Parameter betrachtet und in die statistische Analyse einbezogen: Chrom (Cr), Kobalt (Co), Nickel (Ni), Blei (Pb), Kupfer (Cu), Zink (Zn), Mangan (Mn), Molybdän (Mo), Cadmium (Cd), Quecksilber (Hg).

Es wurden 28 Biotonnen-Anlagen untersucht.

##### 8.5.4.1 Hauptkomponentenanalyse und Korrelationen

Innerhalb der Gruppe der Schwermetalle (siehe Kapitel 8.5.1–8.5.3, mit Ausnahme von Arsen) wurden Korrelationen errechnet, um Beziehungen und Zusammenhänge zwischen den einzelnen Schwermetallen in Komposten herauszufinden. Dazu wurde zuerst eine Hauptkomponentenanalyse zur Datenreduktion durchgeführt.

Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lufttrockene Trockensubstanz (30°C) durchgeführt.

Wie bei den Nährstoffen besitzen auch bei den Schwermetallen die ersten drei Faktoren Eigenwerte über 1. Sie erklären 75,4 % der Varianz.

Tab. 55 zeigt die Ladungen für die einzelnen Parameter und Faktoren. Eine starke Beeinflussung durch die Parameter liegt vor, wenn der Faktor mit einer Ladung  $> 0,6$  bestimmt wird. Es ist zu erkennen, daß der erste Faktor von allen Parametern außer Nickel, Kobalt und Molybdän gebildet wird. Den zweiten Faktor bilden Chrom, Nickel und Kobalt. Molybdän ist beim dritten Faktor positiv, während Mangan negativ ist.

Die meisten Elemente der Gruppe der Schwermetalle treten gemeinsam und in gleichem Maß auf.

Tab. 55: Hauptkomponentenanalyse "Biotonne-Schwermetalle": Factor Matrix .

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
CD	,79853	-,36515	-,14316
CR	,66437	,58243	,09998
CU	,65295	-,44513	,19889
HG	,72409	-,23250	,20073
NI	,40634	,76816	,37533
PB	,74229	-,12802	-,27156
ZN	,85221	-,27158	-,21407
CO	,27116	,83946	-,10206
MN	,45755	,36780	-,67296
MO	,51137	-,03510	,66442

Beim Faktorladungsplot (siehe Abb. 69) kann man sehen, daß Blei, Zink und Cadmium in allen drei Faktoren sehr ähnlich ist. Die drei entscheidenden Parameter für Faktor 2 (Cr, Ni, Co) trennen sich gut von den anderen Parametern.

### Factor Plot

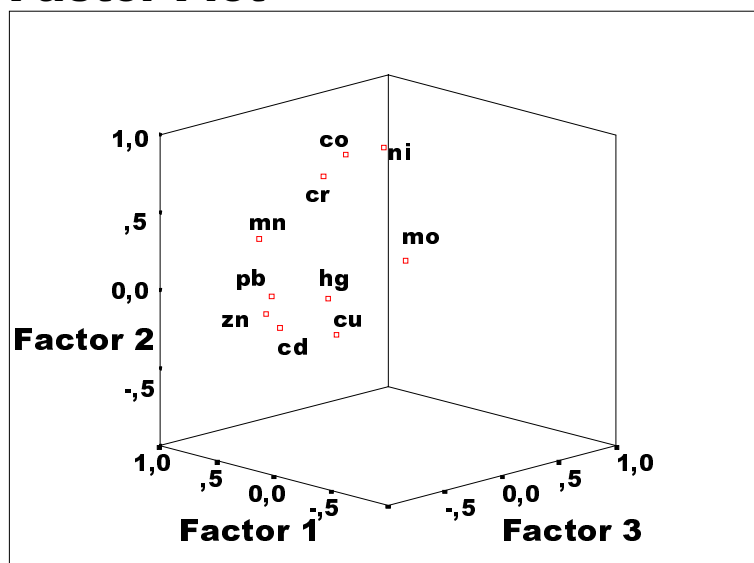
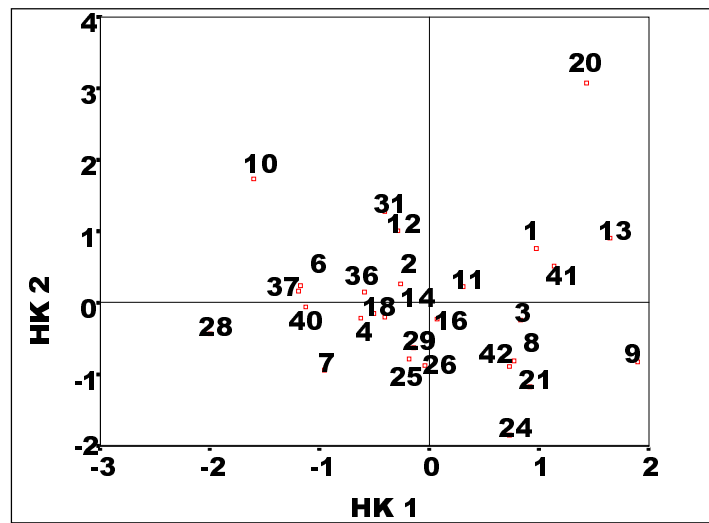


Abb. 69: Hauptkomponentenanalyse "Biotonne-Schwermetalle": Plot der Faktorladungen der Parameter.

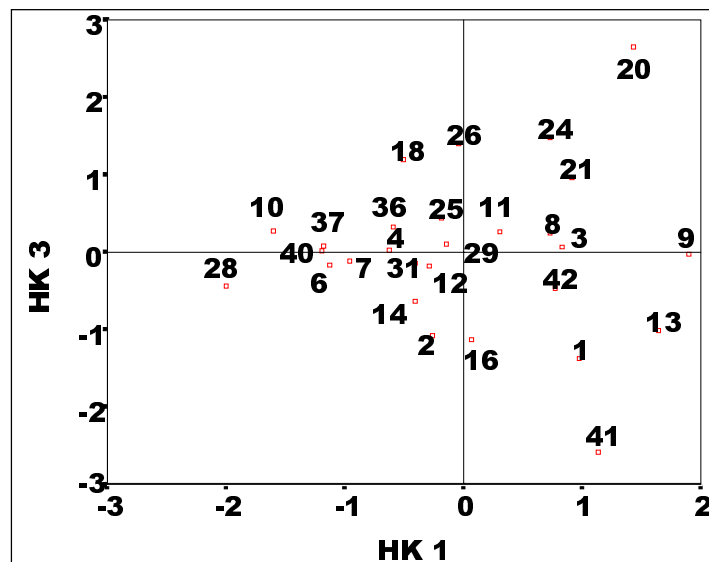
Die nächsten Scatterplots zeigen nun die Lage der Biotonnen-Anlagen, errechnet aufgrund der neuen Werte (alter Wert x Eigenvalue) für die Schwermetallgehalte (zusammengeführt in den drei Faktoren) im Raum, welcher durch drei Hauptkomponenten festgelegt werden kann.

Die Anlage 20 hat bei den für die zweite Hauptkomponente relevanten Parametern immer die höchsten Werte und einen hohen Molybdänwert. Bei der Anlage 42 ist der Manganwert sehr hoch und der Molybdänwert sehr niedrig. Die Anlage 9 ist bei vielen der für die Hauptkomponente 1 verantwortlichen Parameter relativ hoch.

a)



b)



c)

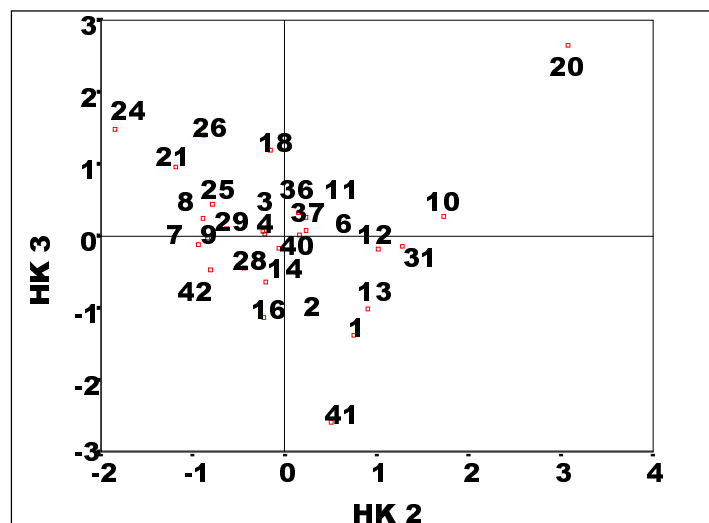


Abb. 70 a, b, c: Hauptkomponentenanalyse "Biotonne-Schwermetalle": Scatterplots mit neuer Lage der Biotonnen-Anlagen aufgrund der Schwermetallgehalte.

Die Korrelationen innerhalb der Gruppe der Schwermetalle bei den Biotonnen-Anlagen zeigt *Tab. 56*. Es wird der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet. Ein Stern bedeutet, daß die Korrelation auf dem 95 % Niveau signifikant ist. Die Signifikanz auf dem 99 % Niveau ist durch zwei Sterne gekennzeichnet.

#### **8.5.4.2 Clusteranalyse**

Die Clusteranalyse faßt die Anlagen in Gruppen zusammen. Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lufttrockene Trockensubstanz (30°C) durchgeführt.

Bezüglich der Schwermetalle kann man zwei Gruppen (Cluster) an Biotonnen-Anlagen unterscheiden. Zum ersten Cluster gehören die Anlagen 6, 37, 40, 4, 28, 2, 14, 11, 12, 36, 25, 29, 7, 16, 18, 10 und 31. Sie unterscheiden sich vom zweiten Cluster vor allem durch niedrigere Schwermetallwerte, v.a. Cd-, Cu- und Hg-Werte.

Eine Clusteranalyse durchgeführt mit den drei Hauptkomponenten der Schwermetallwerte (siehe Kapitel 8.5.4.1) ergibt im wesentlichen dieselben zwei Cluster. Die erste Hauptkomponente trennt die beiden Cluster bei den Schwermetallen. Der eine Cluster mit den Anlagen 1,13, 41, 21, 24, 8, 42, 3,11, 9 und 20 hat positive Werte in dieser Hauptkomponente, während die Anlagen des anderen Cluster durchwegs negative Werte haben.



Tab. 56: Korrelationen der Schwermetallwerte der Biotonnen-Anlagen.

Pearson Correlation		CR	NI	PB	CO	CU	ZN	MN	MO	CD	HG	AS
CR		1.000	.720**	.519**	.524**	.163	.400*	.381*	.362	.233	.266	.076
NI		.720**	1.000	.107	.688**	.039	.069	.184	.341	.009	.180	.254
PB		.519**	.107	1.000	-.013	.321	.685**	.338	.203	.589**	.459*	-.224
CO		.524**	.688**	-.013	1.000	-.116	.018	.482**	-.014	-.016	.082	.593**
CU		.163	.039	.321	-.116	1.000	.608**	.023	.334	.652**	.578**	-.047
ZN		.400*	.069	.685**	.018	.608**	1.000	.393*	.293	.757**	.597**	-.243
MN		.381*	.184	.338	.482**	.023	.393*	1.000	-.066	.347	.107	.017
MO		.362	.341	.203	-.014	.334	.293	-.066	1.000	.373	.387*	-.003
CD		.233	.009	.589**	-.016	.652**	.757**	.347	.373	1.000	.548**	.053
HG		.266	.180	.459*	.082	.578**	.597**	.107	.387*	.548**	1.000	-.130
AS		.076	.254	-.224	.593**	-.047	-.243	.017	-.003	.053	-.130	1.000

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

### 8.5.5 Gesamtbetrachtung der Gruppe der Schwermetalle – Grünschnitt-Anlagen

Bei der Gruppe der Schwermetalle werden folgende Parameter betrachtet und in die statistische Analyse einbezogen: Chrom (Cr), Kobalt (Co), Nickel (Ni), Blei (Pb), Kupfer (Cu), Zink (Zn), Mangan (Mn), Molybdän (Mo), Cadmium (Cd), Quecksilber (Hg).

Es wurden 14 Grünschnitt-Anlagen untersucht.

#### 8.5.5.1 Hauptkomponentenanalyse und Korrelationen

Innerhalb der Gruppe der Schwermetalle (siehe Kapitel 8.5.1–8.5.3, mit Ausnahme von Arsen) wurden Korrelationen errechnet, um Beziehungen und Zusammenhänge zwischen den einzelnen Schwermetallen in Komposten herauszufinden. Dazu wurde zuerst eine Hauptkomponentenanalyse zur Datenreduktion durchgeführt.

Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lufttrockene Trockensubstanz (30°C) durchgeführt.

Bei den Schwermetallen, wie auch bei den Nährstoffen, genügen zwei Faktoren, um 74,2 % der gesamten Varianz zu erklären. *Tab. 57* zeigt die Ladungen für die einzelnen Parameter und Faktoren. Eine starke Beeinflussung durch den Parameter liegt vor, wenn der Faktor mit einer Ladung  $> 0,6$  bestimmt wird. Für den ersten Faktor sind alle Parameter von Bedeutung außer Chrom, Quecksilber und Mangan. Die Ladung von Quecksilber ist beim zweiten Faktor positiv, während die von Chrom negativ ist.

*Tab. 57: Hauptkomponentenanalyse "Grünschnitt-Schwermetalle": Factor Matrix.*

	<b>Factor 1</b>	<b>Factor 2</b>
CD	,56466	,55030
CR	-,04246	-,60067
CU	,96532	-,19970
HG	,40316	,80191
NI	,93977	-,28014
PB	,86657	,18163
ZN	,93411	,14716
CO	,91607	-,37508
MN	,27420	,23744
MO	,92378	-,23799

Der Plot in *Abb. 71* zeigt die Faktorladungen der Parameter. Man kann die Gruppe sehen, die für die erste Hauptkomponente verantwortlich ist.

Der Scatterplot in *Abb. 72* zeigt die Lage der Grünschnitt-Anlagen, errechnet aufgrund der neuen Werte (alter Wert x Eigenvalue) für die Schwermetallgehalte (zusammengeführt in den zwei Faktoren) in der Fläche, welche von den zwei Hauptkomponenten aufgespannt wird.

Die meisten Grünschnitt-Anlagen konzentrieren sich um die Nullachse. Wie man schon bei den Boxplots gesehen hat, ist die Anlage 17 bei den meisten Mitgliedern dieser Gruppe ein Ausreißer. Die Anlage 39 hat einen hohen Chromwert, der sich negativ auf die zweite Hauptkomponente auswirkt.

Die Korrelation innerhalb der Gruppe der Schwermetalle bei den Grünschnitt-Anlagen zeigt *Tab. 58*. Es wird der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet. Ein Stern bedeutet, daß die Korrelation auf dem 95 % Niveau signifikant ist. Die Signifikanz auf dem 99 % Niveau ist durch zwei Sterne gekennzeichnet.

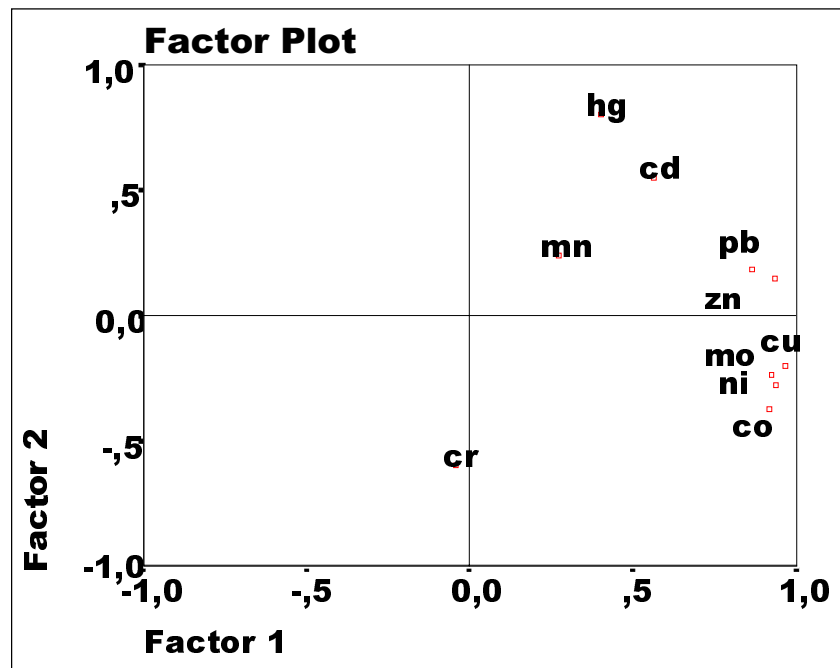


Abb. 71: Hauptkomponentenanalyse "Grünschnitt-Schwermetalle": Plot der Faktorladungen der Parameter.

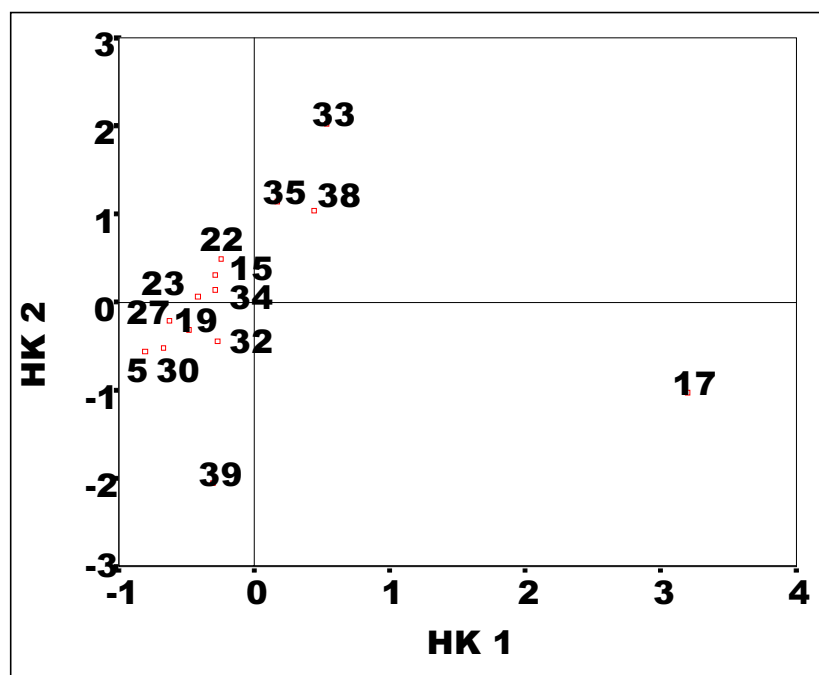


Abb. 72: Hauptkomponentenanalyse "Grünschnitt-Schwermetalle": Scatterplot mit neuer Lage der Grünschnitt-Anlagen aufgrund der Schwermetallgehalte.

Tab. 58: Korrelationen der Schwermetallgehalte der Grünschnitt-Komposte.

Pearson Correlation		CR	NI	PB	CO	CU	ZN	MN	MO	CD	HG	AS
CR		1.000	.137	-.115	.130	-.017	-.052	-.111	-.060	-.125	-.309	.414
NI		.137	1.000	.695**	.967**	.946**	.795**	.276	.969**	.425	.145	.324
PB		-.115	.695**	1.000	.723**	.816**	.922**	-.052	.666**	.442	.604*	.082
CO		.130	.967**	.723**	1.000	.964**	.786**	.099	.945**	.311	.061	.319
CU		-.017	.946**	.816**	.964**	1.000	.873**	.212	.952**	.372	.206	.111
ZN		-.052	.795**	.922**	.786**	.873**	1.000	.179	.755**	.524	.561*	.078
MN		-.111	.276	-.052	.099	.212	.179	1.000	.331	.469	.084	-.486
MO		-.060	.969**	.666**	.945**	.952**	.755**	.331	1.000	.394	.097	.191
CD		-.125	.425	.442	.311	.372	.524	.469	.394	1.000	.578*	-.010
HG		-.309	.145	.604*	.061	.206	.561*	.084	.097	.578*	1.000	-.062
AS		.414	.324	.082	.319	.111	.078	-.486	.191	-.010	-.062	1.000

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

### 8.5.5.2 Clusteranalyse

Die Clusteranalyse klassifiziert die Anlagen in Kategorien. Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lufttrockene Trockensubstanz (30°C) durchgeführt.

Bezüglich der Schwermetalle kann man die Grünschnitt-Anlagen in drei Gruppen (Cluster) einteilen:

- Die Anlage 17 bildet einen Cluster. Sie besitzt bei fast allen Parametern sehr hohe Werte.
- Den zweiten Cluster bilden die Anlagen 33, 35 und 38. Sie unterscheiden sich vom dritten Cluster durch höhere Werte bei Cadmium, Kupfer und Zink.
- Die restlichen Anlagen bilden den dritten Cluster.

## 8.5.6 Gesamtbetrachtung der Gruppe der Schwermetalle – Sämtliche Kompostanlagen

### 8.5.6.1 Korrelationen

In *Tab. 59* können die Korrelationen innerhalb der Gruppe "Schwermetalle" aufgrund der Werte aller 42 Kompostanlagen entnommen werden.

### 8.5.6.2 Clusteranalyse

Es wurde eine Clusteranalyse mit den Schwermetallgehalten (Chrom, Kobalt, Nickel, Blei, Kupfer, Zink, Mangan, Molybdän, Cadmium, Quecksilber) aller 42 Kompostanlagen durchgeführt, um herauszufinden, in welche Gruppen sich die Anlagen aufteilen. Um mögliche Ursachen bzw. bestimmende Faktoren für die Gruppenbildung herauszufinden, wurden die Daten aus der Fragebogenerhebung herangezogen.

Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lufttrockene Trockensubstanz (30°C) durchgeführt.

Das Ergebnis der Clusteranalyse ist dem Dendrogramm in *Abb. 73* zu entnehmen. Wie auch schon bei den Boxplot-Darstellungen ersichtlich, zeigt sich keine Gruppierung in Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen aufgrund der Schwermetallergebnisse, auch eine Differenzierung der Anlagen nach dem Einzugsgebiet (Stadt, Stadt-Land und Land) kann nur sehr eingeschränkt getroffen werden (siehe *Tab. 60*). Folgende vier Gruppen sind ersichtlich:

- Die Anlage 17 ist bei fast allen Parametern der Gruppe der Schwermetalle ein Ausreißer und bildet daher einen eigenen Cluster.
- Der zweite Cluster wird von den Anlagen 6, 37, 30, 4, 28, 27, 40, 7, 5, 10, 32, 36, 18, 2, 14, 34, 12, 31 und 39 gebildet. Dieser Cluster unterscheidet sich vom dritten Cluster durch höhere Cr- und niedrigere Cd-, Cu-, Hg-, Zn- und Mn-Werte.
- Der dritte Cluster wird von den Anlagen 1, 41 und 38 gebildet. Bei diesen fallen v.a. die höheren Mn-Werte auf.
- Die restlichen Anlagen bilden den vierten Cluster (9, 13, 16, 33, 23, 29, 19, 22, 25, 11, 15, 21, 26, 35, 42, 3, 8, 24, 20). Dieser Cluster unterscheidet sich vom zweiten Cluster durch höhere Cd-, Cu-, Hg-, Pb- und Zn-Werte, während der Unterschied zum dritten Cluster in den niedrigeren Mn-Werten liegt.

Tab. 59: Korrelationen der Schwermetallwerte aller 42 Kompostanlagen.

Pearson Correlation		CR	NI	PB	CO	CU	ZN	MN	MO	CD	HG	AS
CR		1.000	.034	-.052	.163	.017	.011	-.072	-.018	-.049	-.150	.125
NI		.034	1.000	.206	.483**	.258	.205	.185	.362*	.073	.145	.265
PB		-.052	.206	1.000	.419**	.570**	.767**	.165	.450**	.533**	.515**	-.147
CO		.163	.483**	.419**	1.000	.827**	.633**	.187	.820**	.182	.082	.296
CU		.017	.258	.570**	.827**	1.000	.808**	.139	.881**	.394**	.286	.013
ZN		.011	.205	.767**	.633**	.808**	1.000	.245	.662**	.593**	.554**	-.109
MN		-.072	.185	.165	.187	.139	.245	1.000	.192	.393*	.093	-.100
MO		-.018	.362*	.450**	.820**	.881**	.662**	.192	1.000	.336*	.178	.051
CD		-.049	.073	.533**	.182	.394**	.593**	.393*	.336*	1.000	.563**	.033
HG		-.150	.145	.515**	.082	.286	.554**	.093	.178	.563**	1.000	-.114
AS		.125	.265	-.147	.296	.013	-.109	-.100	.051	.033	-.114	1.000

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

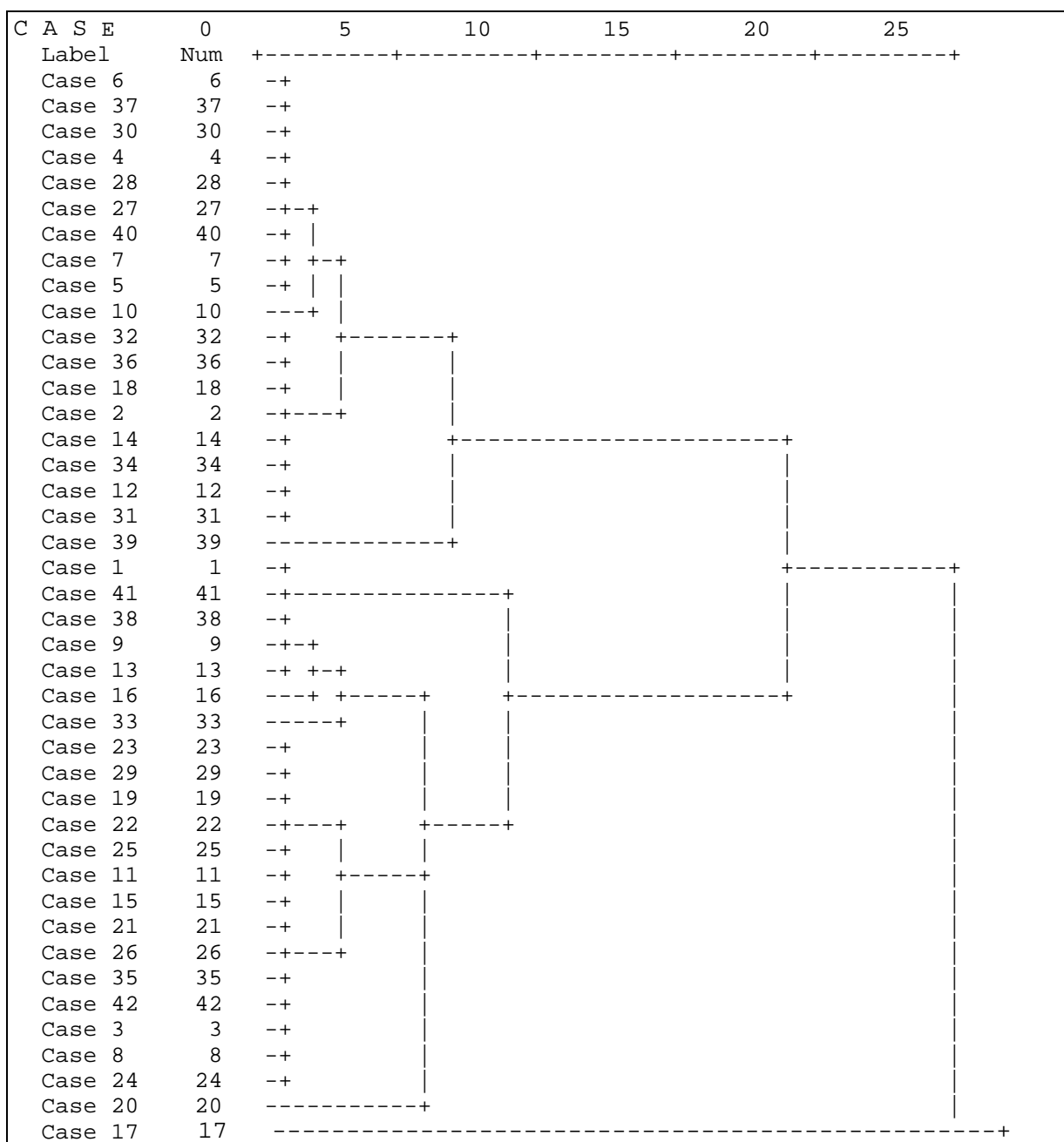


Abb. 73: Clusteranalyse aller 42 Kompostanlagen aufgrund der gemessenen Schwermetallgehalte der Komposte, "Case .." = Kompostanlage.

In Tab. 60 ist eine Zusammenfassung der signifikanten Unterschiede zwischen Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen bzw. zwischen den drei Einzugsgebietstypen Stadt, Land und Stadt-Land dargestellt.

Tab. 60: Statistisch signifikante Unterschiede der Schwermetallgehalte zwischen Biotonnen (BT)- und Grünschnitt-Anlagen (GS) bzw. zwischen den drei Einzugsgebietstypen Stadt, Land und Stadt-Land (t-Test).

Parameter	Unterschied	Konfidenzintervall
Ni	Stadt < Land	90 %
Mn	Stadt-Land < Land	90 %

## 8.5.7 Diskussion und Schlußfolgerungen

### 8.5.7.1 Schwermetallgehalte in Ausgangsmaterialien

Tab. 61 gibt Größenordnungen und Spannweiten der Schwermetallgehalte der verschiedensten Inputmaterialien im Vergleich zu normalen Gehalten in Boden und Pflanze an.

Die Kenntnis des Anreicherungsfaktors für Schadstoffe während der Rotte ist für die Abschätzung der erzielbaren Qualitäten bei bekanntem Mengengerüst von Bedeutung. Die tatsächliche Anreicherung ist vom Ausgangsgehalt an organischer Substanz und deren tatsächlichem Abbau abhängig. Die Abbauleistung beträgt in der Regel zwischen 50 und 70 %. Die einfachste Möglichkeit besteht in der Normierung der Schadstoffgehalte auf 30 % GV, wie dies in der ÖNORM S 2200 für die Schwermetalle vorgesehen ist.

RIESS et al. (1993) beschrieben Anreicherungen der Schwermetallgehalte in einem Gras-Hackschnitzelgemisch durch die Mineralisierung von 110–230 %. Zwar zeigte sich, daß mit Saug-Mähverfahren gemähtes Böschungsmähgut deutlich höher belastet ist, als von Hand gemähtes, aber bei Umrechnung der Schwermetallgehalte auf die Basis "30 % org. Substanz" hebt sich der Unterschied aufgrund des niedrigeren Aschegehaltes im Hand-Mähgut wieder auf oder kehrt sich zum Teil um. Die richtige Abschätzung der potentiellen Mineralisierung für die Interpretation der Qualität von Inputmaterialien darf also nicht unbeachtet bleiben.

Tab. 61: Schwermetallgehalte in organischen Reststoffen (in mg/kg TS) (Zitate ohne Fußnoten aus MAIER et al., 1993).

Material	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Boden (normal)	0,1–0,3	20–40	20–30	0,05–0,1	20–40	20–30	60–80
Pflanzen (normal)	< 0,1–1	< 0,1–1	3–15	< 0,1–0,5	0,1–5	1–5	15–150
Druckerzeugnisse	Spuren- 12	Spuren- 68	Spuren- 109900		Spuren-248	Spuren- 1040	16–32800
Garten- und Parkabf. <sup>2</sup>	0,07–0,65	14,3–24,6	15,5–68,8	0,05–0,18	11,3–17,0	13,8–30,3	63,5–100
Holzhäcksel <sup>3</sup>	0,1–4,2	0,9–29	3,3–38	0,02–0,2	1,4–36	1,4–138	21–296
Mittelwert	0,4	10,6	11,7	0,05	6,6	15,4	60,5
Böschungsmähgut <sup>2</sup>							
Ernte maschinell	0,36	7,5	13,6	0,124	5,3	44,0	63,5
Ernte von Hand	0,25	2,0	7,5	0,079	1,5	21,7	39,5
Rindermist	0,1–0,6	3–20	20–40	0,01–0,1	5–50	5–10	100–300
Hornmaterial	0,1–1,0	10–60	4–10	< 0,01		1–10	100–150
Blutmehl	< 0,1	0,1–10	4–25	< 0,001		1–5	10–50
Tierkörpermehl		1,4	70–100				70–130
Ledermehl		< 500					
Guano	5	60	10	0,03		10	105
Milchschlamm			125				
Rizinusschrot	0,1–0,3	1–20	15–30	< 0,1	2–15	2–15	70–150
Ölsaatenrückstände	0,03–0,05	< 0,1	1,0	0,01	1,0–3,0	0,1–0,4	3,8
Kakaoschalen	0,25	< 0,5	7–12	0,02	< 0,3	0,39	89
Holzhäcksel	< 0,1		5–20	< 0,1			20–100
Rindenmulch	0,1–2,0	500–1000	10–30	0,1–0,3	30–60	50–100	40–500
Papierfangstoffe	0,1–0,15	30–300	15–100	0,2–0,5	5–15	70–90	150–1500
Extrahierte Heilkräuter	0,4–1,0	20–30	20–80	0,01–0,1	10–25	2–40	80–400
Gemüseabfälle	0,2–0,4	1,5–2,5	3,0–7,0	0,01–0,02	2,0–4,0	1,0–2,0	70–100
Dörripflaumen	0,06	0,6	20–30	0,006	2,0–4,0	3,0–5,0	250–300
Obsttrester	< 0,2	0,02–0,1	9,5	< 0,03	2,0–4,0	0,3–1,0	20–30
Rebtrester	0,5	2,5–7,5	100–200	0,02–0,04	1,0–4,0	< 1,0	60–80
Biertreber	< 0,3	16	5,5	0,04	16	1,0	138
Vinasse	< 0,2	n.n.	1,0–7,0	n.n.	n.n.	< 5,0	10–50

<sup>2</sup> FISCHER und JAUCH (1988)

<sup>3</sup> RASP (1995)



### 8.5.7.2 Schwermetallgehalte in Kompost

- **Vergleich der Ergebnisse mit österreichischen Grenzwerten**

Entsprechend der ÖNORM S 2202 sind von den 42 untersuchten Komposten 11 der Klasse I (unterliegen keiner schwermetallabhängigen Frachtenregelung),

17 der Klasse II (unterliegen einer schwermetallabhängigen Frachtenregelung),

11 der Klasse III (darf nur zur einmaligen Anwendung für Rekultivierungsmaßnahmen, im Landschaftsbau, im Sportstättenbau, im Deponiebau und für technische Anwendungsbereiche (z.B. Filterbau) verwendet werden) zuzuordnen.

3 Komposte weisen Schwermetallwerte über den Grenzwerten für Komposte der Klasse III auf, es betrifft dies eine Grünschnitt-Anlage (Cu), eine Biotonnen-Anlage (Ni) und einen Hausgartenkompost (Cr) (siehe Tab. 63).

Ein Vergleich der statistischen Kennzahlen der Schwermetallgehalte der untersuchten Komposte mit den Grenz- und Richtwerten der Düngemittelverordnung (BGBl. 1007/1994) ist Tab. 62 zu entnehmen. Bei einer Überschreitung der Richtwerte für Kupfer und Zink sind die Komposte unter Angabe des Schwermetallgehaltes zu kennzeichnen. Eine Unterteilung der untersuchten Komposte in Biotonnen- und Grünschnittkomposte in Tab. 62 wurde deshalb vorgenommen, weil die Düngemittelverordnung diese qualitative Unterscheidung trifft. Aufgrund der Schwermetallergebnisse ergeben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen Biotonnen- und Grünschnittkomposten.

Tab. 62: Grenz- und Richtwerte für Schwermetalle nach der Düngemittelverordnung (DMVo) und statistische Kennzahlen der UBA-Komposte (getrennt nach Biotonnen- (BT) und Grünschnittkomposten (GS)), Angaben in mg/kg TS, normiert auf 30 % Glühverlust.

	Grenzwert DMVo	Richtwert DMVo	UBA-Komposte					
			Mittelwert BT	Mittelwert GS	Median BT	Median GS	75%-Quartil BT	75%-Quartil GS
<b>Pb</b>	150	-	73,4	81,3	67,5	58,0	80,3	91,0
<b>Cd</b>	1	-	0,72	0,69	0,74	0,71	0,82	0,77
<b>Cr</b>	100	-	31,3	31,9	31,0	24,0	35,3	30,5
<b>Cu</b>	-	100	76,0	104,1	70,0	46,0	90,0	64,8
<b>Ni</b>	60	-	33,3	25,0	23,0	19,0	37,8	22,3
<b>Hg</b>	1	-	0,22	0,25	0,20	0,20	0,30	0,30
<b>Zn</b>	-	300	236,7	301,7	236,5	180,5	282,5	360,0

Der Qualitätsunterschied von Komposten aus der getrennten Sammlung organischer Abfälle im Vergleich zu Müllkomposten kann eindeutig festgestellt werden. Schwermetalluntersuchungen von Müllkomposten (z.B. GRUNWALDT, 1977, GARVERT & KICK, 1979, KÜMMLE, 1985) zeigen 3 x (Cu) bis 12 x (Pb) so hohe Konzentrationen im Vergleich zu den hier dargestellten Biotonnen- und Grünschnittkompost-Ergebnissen.

Tab. 63: Schwermetallgehalte der 42 Komposte (normiert auf 30 % Glühverlust) und Klassifizierung der Komposte gemäß ÖNORM 2202.

Anlagen	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
mg/kg TS <sub>105°C</sub>							
1	0,93	43	99	0,2	45	61	280
2	0,66	32	64	0,1	30	67	251
3	0,81	37	89	0,3	29	79	363
4	0,54	32	70	0,1	20	53	260
5	0,37	20	37	0,2	17	43	138
6	0,51	28	47	0,1	23	34	138
7	0,61	17	63	0,2	16	71	174
8	0,86	30	114	0,3	25	84	314
9	0,99	39	101	0,3	28	160	482
10	0,2	33	24	0,1	36	19	67
11	0,71	33	75	0,3	43	77	238
12	0,55	36	47	0,2	45	50	203
13	0,84	50	69	0,3	55	194	290
14	0,74	25	70	0,1	23	51	235
15	0,58	21	68	0,3	17	82	406
16	0,77	35	54	0,1	18	156	216
17	0,91	99	605	0,3	70	209	885
18	0,62	28	38	0,1	15	39	178
19	0,75	21	27	0,1	19	50	222
20	0,66	56	78	0,3	177	73	241
21	0,77	33	120	0,5	20	93	291
22	0,75	25	55	0,3	20	94	197
23	0,78	26	51	0,2	19	66	164
24	0,88	22	207	0,3	19	60	274
25	0,68	24	86	0,3	20	68	219
26	0,81	22	58	0,4	20	57	169
27	0,58	20	31	0,2	17	45	143
28	0,52	8	19	0	5	14	102
29	0,73	30	76	0,2	18	79	229
30	0,56	23	41	0,1	17	44	151
31	0,79	29	63	0,1	46	28	118
32	0,66	32	37	0,2	31	29	150
33	0,92	32	89	0,6	23	151	561
34	0,75	23	67	0,2	22	48	230
35	1,05	46	72	0,4	25	70	320
36	0,69	25	42	0,2	26	34	174
37	0,56	23	34	0,1	21	33	149
38	1,02	24	124	0,3	31	49	346
39	0,64	1661	66	0,1	30	47	230
40	0,5	24	35	0,2	20	51	163
41	0,82	25	79	0,4	31	98	379
42	1,01	29	93	0,3	22	95	349

Legende:

	Klasse I
	Klasse II

	Klasse III
	über Klasse III

Die bei Anlage 17 auffällig hohen Schwermetallgehalte, weshalb die Anlage auch bei der Clusteranalyse eine eigene Gruppe bildet (siehe *Abb. 73*), könnten zumindest teilweise auf den Zuschlagstoff Hühnermist (rund 13 Vol%) zurückzuführen sein, in keiner anderen untersuchten Anlage wird Hühnermist zugegeben. Die Anlage 17 weist Ausreißerwerte bei den Parametern Chrom, Kupfer, Nickel, Blei, Zink, Kobalt und Molybdän auf. In BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST e. V. (1996) wurde Hühnermist als Zuschlagstoff zu Kompost hinsichtlich seiner Nährstoff- und Schwermetallgehalte untersucht. Neben einer Erhöhung der Nährstoffgehalte kam es auch zu einer Erhöhung der Schwermetallgehalte im Endprodukt Kompost, vor allem bei Kupfer und Zink. Die Schwermetallanalysen des Hühnermistes und des Kompostes sind in *Tab. 64* dargestellt.

*Tab. 64: Schwermetallanalysen von Hühnermist (BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST e.V., 1996), Angaben in mg/kg TS (bezogen auf 30 % Glühverlust).*

	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn
Hühnermist	11,1	1,6	26,9	992,0	38,1	0,2	1.756,3
Hühnermist + Biokompost	66,5	0,7	23,4	172,6	13,6	0,1	583,0

- **Darstellung der Schwermetallergebnisse in tatsächlichen Meßwerten in der Trockensubstanz**

Die in diesem Bericht veröffentlichten Schwermetallmeßwerte werden normiert auf 30 % Glühverlust angegeben, wie es in der ÖNORM S 2200 gefordert wird. Zur einheitlichen Bewertung von Schwermetallgehalten in Komposten unterschiedlicher Ausgangsmaterialien und Rottegrade werden die jeweils ermittelten Schwermetallgehalte auf die Basis eines Standardkompostes mit 70 % mineralischem Anteil und 30 % organischer Trockensubstanz bezogen. Die Berechnung des normierten Analysenwertes erfolgt durch Multiplikation mit dem Faktor  $f_{GV30}$ :

$$f_{GV30} = 70/(100-GV), \quad GV = \text{Glühverlust} = \text{organische Substanz}$$

Mit dieser Normierung wird der Grad der Anreicherung der Schwermetalle während der Kompostierung abgeschätzt, weder Neubildung, noch Abnahme während des Rottevorganges werden dabei berücksichtigt (KRAUSS et al., 1995). Bei Glühverlusten > 95 %, wie dies bei Holzproben der Fall sein kann, steigt der Faktor  $f_{GV30}$  extrem an, dadurch kommt es zu rechnerisch hohen Schwermetallgehalten. Die Umrechnung auf 30 % Glühverlust ist ein mathematischer und kein notwendigerweise realer Vorgang (nicht alle verglühbaren Substanzen sind in endlichen Zeiten auch der Kompostierung zugänglich) (KRAUSS et al., 1995).

Im Entwurf zur Deutschen Bioabfall- und Kompostverordnung (BioKompV) werden, im Unterschied zu den vorher in Deutschland gültigen Güterrichtlinien und zu den österreichischen Regelungen, Grenzwerte für Schwermetalle als tatsächliche Meßwerte angegeben und nicht normiert auf 30 % Glühverlust (BGK, 1997).

Aufgrund dieser gesetzlichen zu erwartenden Lage werden Ergebnisse von Untersuchungen der deutschen Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. bereits in tatsächlichen Meßwerten i. d.TS angegeben.

So wurden zeitliche Trends der Schwermetallgehalte in Komposten aus Bio-, Garten- und Parkabfällen für die Jahre 1991–1995 untersucht (siehe *Tab. 65*). Es handelt sich dabei um Komposte aus sortenreinen Bio-, Garten- und Parkabfällen, deren Gehalt an Fremdstoffen weniger als 0,5 Gew.% beträgt (Gütezeichenrichtwert der Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V.). Es zeigte sich, daß sich die Schwermetallgehalte seit fünf Jahren auf ein- und demselben Niveau bewegen und somit die Größenordnung "Hintergrundwerte" darstellen.

Als "Hintergrundwerte" werden Gehalte bezeichnet, die in den zugelassenen Ausgangsstoffen und damit den daraus erzeugten Komposten natürlich gegeben sind und durch technisch/organisatorische Maßnahmen der Sammlung und Behandlung nicht beeinflusst werden können. Diese mittleren Werte sind in Tab. 65 angegeben und den tatsächlichen Meßwerten bezogen auf die Trockensubstanz der in dieser Studie untersuchten Komposte vergleichend gegenübergestellt. Es zeigt sich die im Durchschnitt gute Qualität der österreichischen Komposte.

Tab. 65: Entwicklung der Konzentrationen von Schwermetallen in Kompost ("Hintergrundwerte") (BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST e.V., 1996) und statistische Kennzahlen der UBA-Komposte. Tatsächliche Meßwerte i.d.TS, alle Angaben in mg/kg TS.

	1991	1992	1993	1994	1995	UBA-Mittelwert	UBA-Median	UBA - 75 % Quartil
Blei (Pb)	63,3	66,7	67,7	60,9	59,3	61,9	55,2	68,5
Cadmium (Cd)	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7
Chrom (Cr)	33,0	32,0	31,7	28,5	26,4	58,8	25,1	31,0
Kupfer (Cu)	39,3	40,2	46,0	44,8	45,5	67,5	58,8	73,1
Nickel (Ni)	18,6	19,3	19,5	17,9	16,3	26,3	20,1	27,9
Quecksilber (Hg)	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,21	0,22
Zink (Zn)	182,9	194,5	208,2	198,5	196,7	220,6	199,0	245,2

• **Mögliche Einschleppungspfade von Schwermetallen in Biotonnen- und Grünschnittkomposte**

Nach den bisherigen Erkenntnissen (KRAUSS et al., 1995, FRICKE & VOGTMANN, 1994) gibt es folgende Einschleppungswege für Schwermetalle in Komposte aus der getrennten Sammlung:

- Über Fehlwürfe in Form von Hausmüllanteilen: In häuslichen Abfällen können v.a. hohe Blei-, Kupfer-, Zink- und Cadmium-Werte enthalten sein. KRAUSS et al. (1995) identifizierten v.a. folgende durch Fehlwürfe eingeschleppte Quellen für Schwermetalle:
  - Blei: Kugeln aus Spielzeuggewehren, Folien von Flaschenkapseln, Lametta, Lötzinn, Gitterbruchstücke und Bleioxid-Teilchen aus Autobatterien.
  - Kupfer: Kupferdraht, Kupferblech, Messingdraht, Messingdruckknöpfe, Messingformteile wie Zahnrädchen, Patronenhülsen, Schrauben, Muttern, Draht.
  - Zink: Messingteile (s. o.), Zinkblechstücke, Batterien.
  - Quecksilber: Batterien, Thermometer.
  - Cadmium: Ni/Cd-Kleinakkumulatoren, PVC (Stabilisatoren), cadmierte Eisenteile.
  - Chrom: Leder, verchromte Metallstücke, Cr/Ni-Stahlgegenstände (z. B. Stecknadeln).
- Eine mögliche Quelle von Schwermetallen in häuslichen Abfällen ist Hausstaub, v. a. in Staubsaugerbeuteln, welche ebenfalls durch Fehlwürfe in den Biotonnenkompost gelangen können.
- Stoffspezifische Einträge: über die natürliche Hintergrundbelastung von pflanzlichem Gewebe und von Gesteins- und Bodenmaterial. Vor allem Bodenmaterial aus Kleingärten führen FRICKE & VOGTMANN (1994) als mögliche Eintragsquelle von Schwermetallen in Kompost an. Mögliche Ursachen sehen die Autoren darin, daß in Kleingärten oft größere Mengen an Bodenverbesserungsmitteln verwendet, Blätter und Zweige und Straßenstaub mitkompostiert und schwermetallhaltige Dünge- und Pflanzenschutzmittel in größeren Mengen ausgebracht werden.

- Über die Zugabe von Asche aus Hausfeuerungsanlagen.
- Über Stäube, welche sich vor allem auf Blattoberflächen ablagern.
- In geringerem Umfang über behandelte Altholzsortimente: Behandelte Althölzer können enorme Mengen an anorganischen als auch an organischen Schadstoffen enthalten. Vor allem durch fixierende Holzschutzmittel kann eine Anreicherung von Schadstoffen im Endprodukt Kompost stattfinden. Aufgrund des hohen Anteils an organischer Substanz in Holz ist schon bei geringer Verunreinigung des Ausgangsmaterials durch behandelte Hölzer mit einer gravierenden Schwermetallkontamination im Endprodukt Kompost zu rechnen. Diese Problematik muß verstärkt in der Bevölkerung bewußt gemacht werden (siehe Kapitel 8.10).
- Geographische Nähe der Ausgangsmaterialien zu Verkehrswegen.
- Durch die Zugabe von Zeitungspapier, welches einen hohen Anteil an organischer Substanz aufweist, kann es zu einer Anreicherung von Kupfer und Zink im Kompost im Verlauf des Kompostierungsprozesses kommen (FRICKE & VOGTMANN, 1994).

- **Jahreszeit**

Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Schwermetallgehalten in Biotonnen- und Grünschnittkomposten und dem Sammelzeitraum (Frühjahr, Sommer, Herbst und Winter) konnte nicht gefunden werden.

FRICKE & VOGTMANN (1990) beschreiben hingegen im Rahmen der Witzenhauser Versuche auch nach Eliminierung der Hausbrandasche aus der Bioabfallsammlung in "Winterkomposten" erhöhte Blei- und Zinkwerte. KOWALD (1989) führt erhöhte Blei-, Kupfer- und Zinkgehalte während der Wintermonate in der Kompostanlage Aßlar (BRD) vornehmlich auf einen erhöhten Anteil an Küchenabfällen und – damit einhergehend – auch auf einen Anstieg an Störstoffen zurück.

WIEGEL (1992) untersuchte die Kompostqualität von Eigenkompostieranlagen und stellte bei Frühjahrskomposten auffällig hohe Zink- und Bleigehalte fest, welche v. a. auf den Input durch Küchenmaterialien zurückgeführt wurden.

- **Biotonnen- und Grünschnittkomposte**

Die in der Düngemittelverordnung 1994 (BGBl. 1007/1994) getroffene Unterscheidung hinsichtlich der Qualität von Komposten aus reinen Garten- und Parkabfällen und Bioabfallkomposten ist eine generelle, da ausschließlich Komposte aus dem Garten- und Grünflächenbereich als Bestandteile organischer Düngemittel oder in Kultursubstraten zugelassen sind.

Diese Unterscheidung erscheint aufgrund der Schwermetallanalysen der 42 österreichischen, im Rahmen dieser Studie beprobten Kompostanlagen nicht gerechtfertigt. Es konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen Biotonnen- und Grünschnittkomposten hinsichtlich ihrer Schwermetallgehalte festgestellt werden (siehe *Tab. 60, Tab. 62*).

POLETSCHNY (1993) konstatiert bei Bioabfallkomposten 10–20 % höhere Blei-, Kupfer- und Zinkgehalte. Aber auch Friedhofsabfälle können bisweilen erhöhte Werte aufweisen. Nach STÖPPLER-ZIMMER et al. (1993) und auf Basis umfangreicher Literaturauswertungen und der Datenerhebung von FRICKE et al. (1991) sind Verallgemeinerungen auf diesem Gebiet noch nicht angebracht, da sich in stärker mit Emittenten belasteten Regionen durch die Filterwirkung für schwermetallbeladene Stäube die Verhältnisse umkehren können.

BREUER et al. (1996) stellten in ihren Untersuchungen von Komposten in Baden-Württemberg meist geringere Schwermetallgehalte in Grüngutkomposten als in Bioabfall-

komposten fest. Die Autoren führen daher die Belastung mit Schwermetallen nicht alleine auf die allgemeine Umweltbelastung und damit das Strukturmaterial (Grüngut) zurück, sondern zu einem erheblichen Teil auf Fehlwürfe und somit das Einbringen von Fremdmaterial in Biokompost.

In einer Untersuchung von KRAUSS et al. (1995) wurden die verschiedenen Eingangsmaterialien für Komposte separat auf Schwermetalle analysiert. Es zeigte sich, daß Küchenabfälle die am geringsten mit Schwermetallen kontaminierte Fraktion sind.

- **Einzugsgebiet – Siedlungsstruktur**

Ein Zusammenhang zwischen Schwermetallgehalten und der Verkehrs- und Siedlungsstruktur des Sammelgebietes liegt nahe, da mit unterschiedlichen Anteilen an Grünschnitt auch unterschiedlich große Oberflächen für die Aufnahme der im wesentlichen an die Staubpartikel gebundenen Schwermetalle zur Verfügung stehen (z.B. Laub). Ein anderer Pfad ist wieder in den erhöhten Störstoffanteilen in den von Küchenabfällen dominierten Innenstadtkomposten möglich.

Im Rahmen dieser Untersuchungen konnten jedoch Unterschiede zwischen den Komposten verschiedener Einzugsgebietstypen nur bezüglich Mangan und Nickel festgestellt werden: Generell höhere Mn- und Ni-Gehalte sind in ländlichen Komposten anzutreffen.

Auch in einer Untersuchung von FRICKE & VOGTMANN (1994), bei der die Schwermetallgehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten in Zusammenhang mit dem ländlichen oder städtischen Ursprung der Komposte betrachtet wurden, konnten höhere Nickelgehalte bei Komposten aus ländlichen Einzugsgebieten festgestellt werden. Neben geologischen und anthropogenen Ursachen führen die Autoren auch die Möglichkeit des Nickel- und Chromeintrags durch den Abrieb von Häckselmaschinen an (Cr-Ni-Legierung).

Eine Clusteranalyse zeigt weiters, daß sich eine Gruppe bestehend aus 5 Komposten des Einzugsgebietstyps Land (Anlagen 1, 8, 9, 13 und 33) mit höheren Cd-Gehalten bildet (Mittelwert: 0,908 mg/kg TS). Dieselbe Gruppe weist auch höhere Cu- (Mittelwert: 94,4 mg/kg TS), Pb- (Mittelwert: 130 mg/kg TS) und Zn-Gehalte (Mittelwert 385 mg/kg TS) auf. Dieses Schwermetallmuster deutet auf Fehlwürfe in Form von Hausmüllanteilen hin (siehe oben). Ein Grund für die höheren Schwermetallgehalte in diesen Komposten könnte auch eine nicht ausreichende Sortierung der Eingangsmaterialien in diesen kleineren, ländlichen Anlagen sein.

KROGMANN und RAAIJ (1995) wiesen leicht erhöhte Gehalte bei Blei, Cadmium, Kupfer und Zink im Kompost aus dem Stadtgebiet gegenüber einer Vorortregion Hamburgs nach. Die Hauptanteile des Cadmiums und Bleis waren in der Feinfraktion (< 10 mm) sowie in Laub und gemischten Gartenabfällen zu finden, also stets in Fraktionen mit erhöhten Staub- und Feinanteilen.

ELINGHAUS (1990) zeigte bei hessischen und Frankfurter Gartenböden und -komposten einerseits den Zusammenhang zwischen Boden- und Kompostbelastung auf, andererseits stellte er in Gartenkomposten im Stadtgebiet auch deutlich höhere Schwermetallwerte als im Landesdurchschnitt fest.

Die Auswertung der Qualitätserhebungen von FRICKE et al. (1991) erbrachte keine belegbaren Unterschiede zwischen Stadt- und Landkomposten in Deutschland.

## 8.6 Sonstige Metalle

Folgende Parameter wurden bei 15 Kompostproben (9 Biotonnen- und 6 Grünschnitt-Anlagen) gemessen: Antimon (Sb), Vanadium (V), Thallium (Tl), Beryllium (Be), Aluminium (Al) und Zinn (Sn).

Die Aufschlüsse für die Bestimmung der Gesamtgehalte an V, Tl, Be, Al und Sn erfolgten gemäß ÖNORM S 2023 mit Königswasser. Die Analyse erfolgte mittels ICP-AES Gerät Optima 3000 XL (Fa. Perkin Elmer) in Anlehnung an ÖNORM M 6279.

Die Analyse des Elementes Sb erfolgte aus den Königswasseraufschlüssen mittels Kalt-dampf-/Hydridtechnik mittels Fließinjektion FIAS 200 in Verbindung mit dem Atomabsorptionsspektrometer 1100 B (Fa. Perkin Elmer) in Anlehnung an DIN 38405, TI.18(As) sowie DIN 38406, TI.12 (Hg).

Es wurden bei allen Analysen Doppelbestimmungen durchgeführt. Laborintern wurden Vertrauensbereiche definiert, die von den Einzelwerten der Doppelbestimmung eingehalten werden mußten. Proben, deren Einzelanalyse diesen Bereich überschritten, wurden durch eine weitere Doppelbestimmung überprüft.

Die Gehalte der einzelnen Kompostproben können dem Anhang, Tabelle 5 (S. 312ff) entnommen werden.

### 8.6.1 Statistische Eckdaten

Die statistischen Eckdaten zu den Sb-, V-, Tl-, Be-, Al- und Sn-Gehalten aller 15 Kompostproben können Tab. 66 entnommen werden. Die Thallium-Gehalte aller 15 Komposte liegen unter der Bestimmungsgrenze. Zinn konnte nur bei Anlage 17 oberhalb der Bestimmungsgrenze gemessen werden mit einem Wert von 18 mg/kg TS<sub>lufftr.</sub>, das sind normiert auf 30 % Glühverlust und bezogen auf 105°C Trockensubstanz 28 mg/kg TS.

Tab. 66: Sb-, V-, Tl-, Be-, Al- und Sn-Gehalte der Kompostproben bezogen auf 105°C TS (auf 30 % Glühverlust standardisiert), Bestimmungsgrenze in mg/kg TS (lufftr.).

n = 15 Anlagen	Sb	V	Tl	Be	Al	Sn
	in mg/kg TS <sub>105°C</sub>					
Min	0,5	18	<BG	0,2	7.331	<BG
Max	4,8	47	<BG	0,7	17.705	28
Mittelwert	1,8	29		0,5	11.880	
Median	1,2	26		0,5	11.541	
Unteres Quartil	1,0	24		0,5	10.079	
Oberes Quartil	2,4	32		0,6	13.526	
Standardabweichung	1,2	9		0,1	2.983	
Bestimmungsgrenze in mg/kg TS (lufftr.)	(0,3)	(5)	(2,5)	(0,2)	(5.000)	(5)

BG.. Bestimmungsgrenze

### 8.6.2 Trennung nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen

In den Abb. 74–Abb. 77 sind die Verteilungen der **Antimon-, Vanadium, Beryllium-** und **Aluminium-**Gehalte getrennt nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen angegeben. Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen Biotonnen- und Grünschnitt-Komposten so-

wie auch hinsichtlich des Einzugsgebietstyps (Stadt, Stadt-Land, Land) oder zwischen Hausgartenkomposten und Anlagen gefunden werden. Einzig bezüglich der Beryllium-Gehalte weisen die Biotonnen-Anlagen höhere Werte auf als die Grünschnitt-Anlagen (Konfidenzniveau von 90 %).

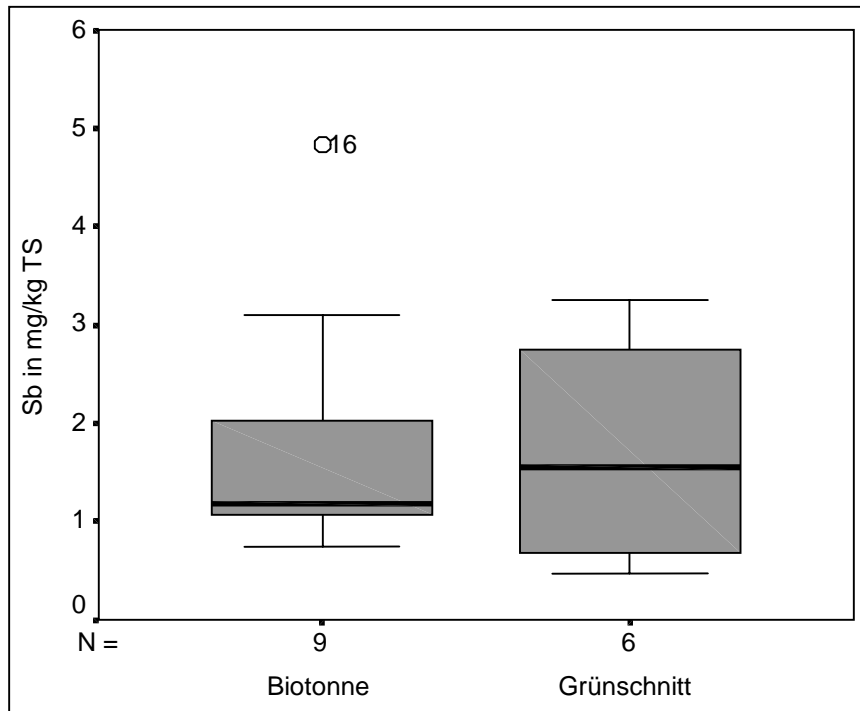


Abb. 74: Boxplot: Antimon-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf  $TS_{105^\circ C}$  (auf 30 % Glühverlust standardisiert).

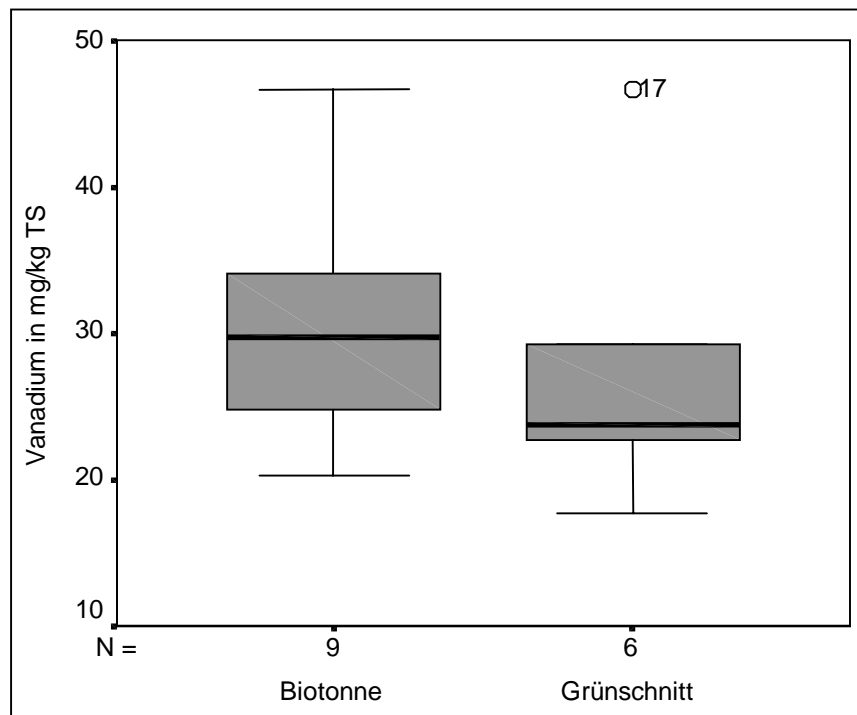


Abb. 75: Boxplot: Vanadium-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf  $TS_{105^\circ C}$  (auf 30 % Glühverlust standardisiert).



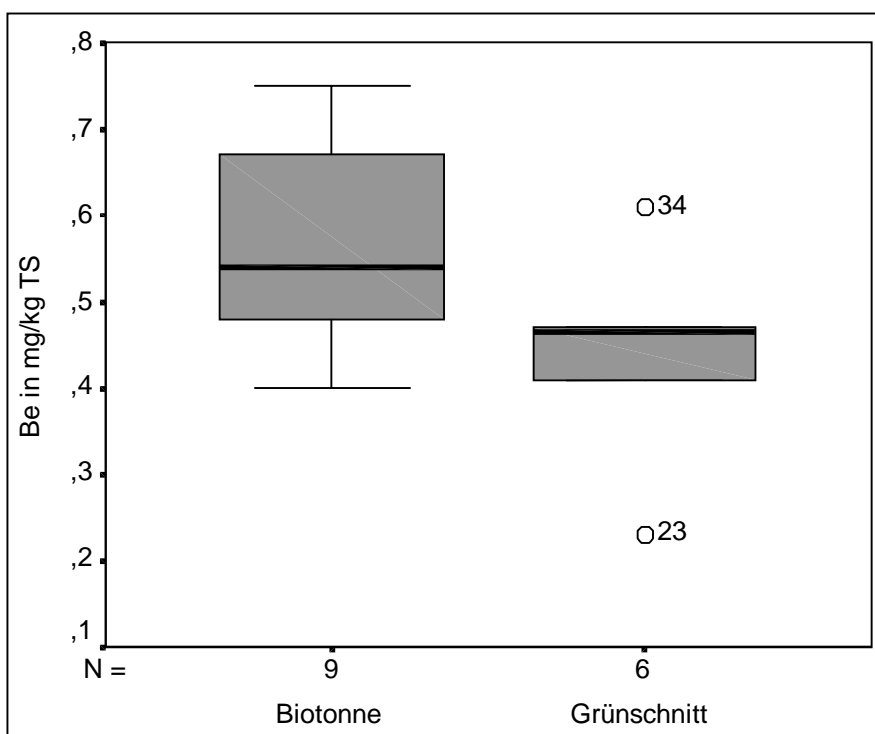


Abb. 76: Boxplot: Beryllium-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf  $TS_{105^{\circ}C}$  (auf 30 % Glühverlust standardisiert).

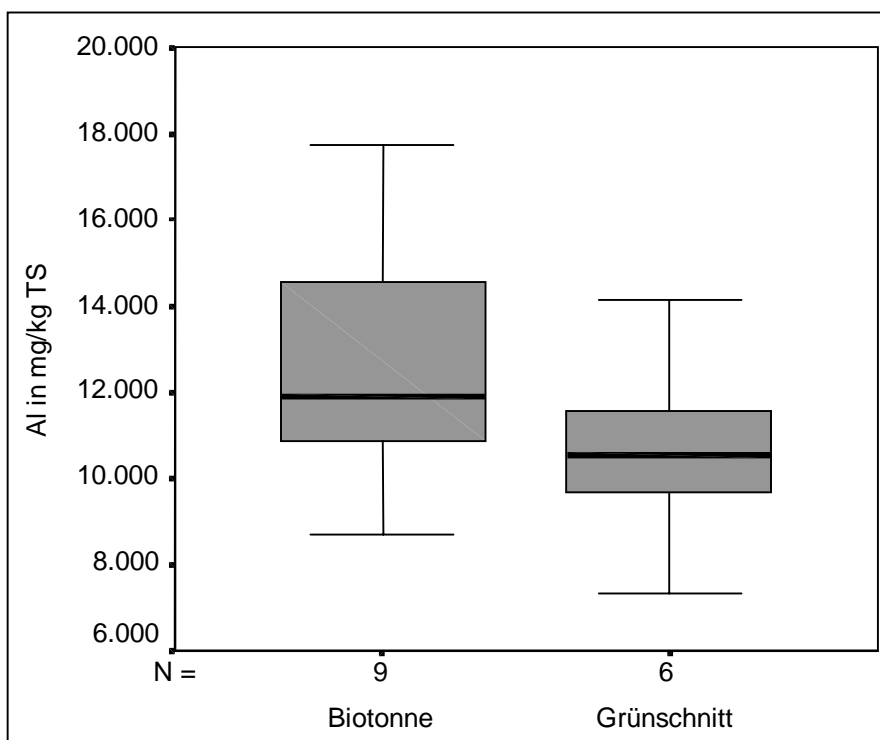


Abb. 77: Boxplot: Aluminium-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf  $TS_{105^{\circ}C}$  (auf 30 % Glühverlust standardisiert).

### 8.6.3 Diskussion und Schlußfolgerungen

Bundeseinheitliche Hintergrundgehalte Deutschlands für Antimon-Gehalte von Ackerböden und Grünlandflächen in ländlich geprägten Regionen liegen zwischen 0,3–0,6 mg/kg TS (Median). Thallium-Hintergrundgehalte von Acker- und Grünlandböden in Bremen wurden mit 0,006–0,2 mg/kg TS bestimmt, in Thüringen wurden Hintergrundgehalte von 0,46 mg TI/kg TS in Acker- und Grünland-Oberböden gemessen (ROSENKRANZ et al., 1995).

In Tab. 67 sind nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für diese Metalle im Boden von EIKMANN & KLOKE (1993) angegeben.

Dabei bildet der Bodenwert I die Grundlage für die Abschätzung eines tolerierbaren Schadstoffeintrags (EIKMANN & KLOKE, 1993). Die Einträge sind unter Berücksichtigung der Austräge an der Differenz zwischen dem im Boden vorliegenden Gehalt und dem BW I zu messen und sollten so niedrig gehalten werden, daß der BW I in vertretbaren Zeiträumen (100–200 Jahren) nicht überschritten wird. Einzig beim Parameter Antimon (Sb) liegen die gemessenen Gehalte in Komposten über diesem BW I -Wert im Boden.

Tab. 67: Auswahl an nutzungs- und schutzgutbezogenen Orientierungswerten für (Schad-)stoffe (Gesamtgehalte) in Böden, aufgeteilt nach "Schutzgut Mensch" und "Andere Schutzgüter". Werte in mg/kg TS.

mg/kg TS	Nutzungsarten	BW	Sb	V	Tl	Be	Sn
Schutzgut Mensch	Multifunktionale Nutzungsmöglichkeiten	BW I *	1	50	0,5	1	50
		BW II *	2	50	0,5	1	50
		BW III *	10	200	10	5	250
	Haus- und Kleingärten	BW II *	4	100	2	2	100
		BW III *	10	400	20	5	500
	Park- und Freizeitanlagen	BW II *	4	200	5	5	200
BW III *		20	800	30	15	1000	
Andere Schutzgüter	Multifunktionale Nutzungsmöglichkeiten	BW I *	1	50	0,5	1	50
		BW II *	5	100	2	2	100
	Landwirtschaftliche Nutzflächen, Obst- und Gemüseanbau	BW III *	25	400	10	5	500

\* *BW I = Bodenwert I = Basiswert = Hintergrundwert. oberer, geogen oder pedogen bedingter Istwert natürlicher Böden ohne wesentliche – anthropogen bedingte – Einträge.*

*BW II = Bodenwert II = Prüfwert = Sanierungszielwert (auch Toleranz- oder spezieller Nutzungswert): Bei der Festsetzung des BW II müssen Kriterien des Schadstoffs, des Standorts, der Nutzung und des Schutzgutes berücksichtigt werden.*

*BW III = Bodenwert III = Eingreifwert (Interventionswert): Gehalt im Boden, bei dem Schäden an Schutzgütern erkennbar werden können. Der BW II ist ein phyto-, zoo-, human- und ökotoxikologisch abgeleiteter Wert.*

In der ÖNORM L 1075 sind Richtwerte für Thallium- und Vanadiumgehalte in landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden enthalten (Angabe in mg/kg TS):

Element	Belastungsverdacht	Richtwert
Tl	0,5	1
V	50	50

## 8.7 Organische Schadstoffe

Es wurden folgende Stoffgruppen untersucht:

- PAH (= PAK, = Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe)
- PCB (= Polychlorierte Biphenyle)
- Chlorkohlenwasserstoffe:
  - HCH (Hexachlorcyclohexan),
  - HCB (Hexachlorbenzol),
  - AOX (adsorbierbare halogenierte organische Verbindungen),
  - EOX (extrahierbare halogenierte organische Verbindungen, nur bei einigen Kompostproben),
  - Chlorinsektizide,
  - PCP (Pentachlorphenol)
- Dioxine und Furane
- LAS (Lineare Alkylbenzolsulfonate)
- Pyrethroide: bei 15 Kompostproben
- Thiabendazol: bei 15 Kompostproben
- Chlorphenole (exklusive PCP): bei 15 Kompostproben
- Insektizide Chlorkohlenwasserstoffe (DDX): bei 15 Kompostproben

### 8.7.1 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)

In Untersuchungen über die Kontamination der Umwelt mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH) wurde in der Vergangenheit häufig nur Benzo(a)pyren als Indikator für das Ausmaß der Verbreitung von PAHs bestimmt. Dieser einzelnen Substanz kann jedoch als Bestandteil der stets vorkommenden Polyzyklengemische nur ein geringer Anteil der gesamten carcinogenen Wirkung zugeordnet werden (LINNE & MARTENS, 1978).

Folgende Parameter der Gruppe der PAH wurden im Rahmen dieser Studie gemessen: Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthren, Pyren, Triphenylen, Benzo(a)anthracen, Chrysen, Benzo(e)pyren, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Benzo(a)pyren, Dibenzo(a,h)anthracen, Benzo(g,h,i)perylen, Indeno(1,2,3cd)pyren und Coronen.

Für die Bestimmung von PAH in Kompost erfolgte folgende Probenvorbereitung:

- Extraktion im Soxhlett mit n-Hexan
- Einengen des Extraktionsmittels
- Reinigung des n-Hexanextraktes über PAH SOIL Festphase
- Elution mit n-Hexan/Dichlormethan
- Zugabe von Acetonitril
- Einengen des Lösemittelgemisches auf 500 µl

Die qualitative und quantitative Bestimmung erfolgte mittels HPLC: Alle PAH ausgenommen Acenaphthylen wurden durch Fluoreszenz-Detektion mit selektivem Anregungs- und Emissionswellenlängenprogramm bestimmt, Acenaphthylen wurde mittels Diodearray-Detektion bei 229 nm gemessen.

Vorsäule : Vorsäulenkartusche Bakerbond PAH 16-Plus, 20 mm x 3 mm ID

Trennsäule: Bakerbond PAH 16-Plus, 250 mm x 3 mm ID

lineare Gradientenelution: Acetonitril/Wasser

Die Kalibration wurde mit externen Standards durchgeführt.

Es wurden bei allen Analysen Doppelbestimmungen durchgeführt. Laborintern wurden Vertrauensbereiche definiert, die von den Einzelwerten der Doppelbestimmung eingehalten werden mußten. Proben, deren Einzelanalyse diesen Bereich überschritten, wurden durch eine weitere Doppelbestimmung überprüft.

Die Werte für die einzelnen Parameter der Gruppe der PAH können dem Anhang, Tabelle 5 (S. 312ff) entnommen werden.

### 8.7.1.1 Statistische Eckdaten

Die statistischen Eckdaten für die einzelnen Vertreter der Gruppe der PAH können Tab. 68 entnommen werden.

Tab. 68: PAH-Werte der Kompostproben bezogen auf 105°C TS, Nachweis- und Bestimmungsgrenzen bezogen auf TS lyo (n.n. = nicht nachweisbar).

n = 42 Anlagen	Acenaphthylen	Acenaphthen	Fluoren	Phenanthren	Anthracen	Fluoranthren	Pyren
in µg/kg TS <sub>105°C</sub>							
Min	n.n.	n.n.	< BG	11,8	< BG	15,7	14,5
Max	n.n.	n.n.	178	1.273,9	300,4	1.930,7	1521,3
Mittelwert	n.n.	n.n.	10,0	111,3	20,8	256,4	191,3
Median	n.n.	n.n.	0,0	52,8	8,6	148,0	107,3
unteres Quartil	n.n.	n.n.	0,0	29,6	3,9	78,5	64,4
oberes Quartil	n.n.	n.n.	7,5	112,6	23,3	326,1	244,1
Standardabweichung	n.n.	n.n.	28,3	199,3	46,6	318,0	248,4
Bestimmungsgrenze (µg/kg TS lyo)	(30)	(29,0)	(9,37)	(3,60)	(1,24)	(9,22)	(6,74)
Nachweisgrenze (µg/kg TS lyo)	(15)	(14,5)	(4,69)	(1,80)	(0,62)	(4,61)	(3,37)
n = 42 Anlagen	Triphenylen	Benzo(a)-anthracen	Chrysen	Benzo(e)-pyren	Benzo(b)-fluoranthren	Benzo(k)-fluoranthren	Benzo(a)-pyren
in µg/kg TS <sub>105°C</sub>							
Min	n.n.	n.n.	6,2	n.n.	7,4	2,5	3,2
Max	63,2	834,0	811,6	1264,7	749,5	353,4	879,8
Mittelwert	14,8	124,5	145,0	180,4	155,8	68,7	136,4
Median	11,2	71,8	89,2	98,1	95,2	42,4	63,3
unteres Quartil	0,00	38,8	63,8	61,1	69,3	27,2	38,3
oberes Quartil	18,2	164,7	185,9	194,2	213,3	94,3	174,8
Standardabweichung	16,7	155,0	152,9	230,5	154,1	71,9	174,1
Bestimmungsgrenze (µg/kg TS lyo)	(6,45)	(6,18)	(2,21)	(23,0)	(3,72)	(1,88)	(1,58)
Nachweisgrenze (µg/kg TS lyo)	(3,22)	(3,09)	(1,10)	(11,5)	(1,86)	(0,94)	(0,79)

Tab. 68 (Fortsetzung): PAH-Werte der Kompostproben bezogen auf 105°C TS, Nachweis- und Bestimmungsgrenzen bezogen auf TS lyo. n.n. = nicht nachweisbar.

n = 42 Anlagen	Dibenzo (a,h)-anthracen	Benzo (g,h,i)-perylen	Indeno (1,2,3-cd)pyren	Coronen
in µg/kg TS <sub>105°C</sub>				
Min	n.n.	3,7	3,6	n.n.
Max	40,6	364,6	703,7	90,1
Mittelwert	11,7	76,0	136,9	18,6
Median	6,7	54,4	85,7	16,5
unteres Quartil	4,4	30,8	52,8	7,5
oberes Quartil	15,3	95,9	166,1	20,0
Standardabweichung	11,7	76,7	144,5	18,6
Bestimmungsgrenze (µg/kg TS lyo)	(5,59)	(4,62)	(3,45)	(9,57)
Nachweisgrenze (µg/kg TS lyo)	(2,80)	(2,31)	(1,73)	(4,79)

### 8.7.1.2 Trennung nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen

Die PAH-Vertreter Acenaphtyhlen und Acenaphthen werden bei der weiteren statistischen Analyse außer Acht gelassen, da sie bei keiner Anlage nachweisbar waren (siehe Tab. 68).

Der Parameter **Fluoren** (siehe Abb. 78) wurde bei vielen Kompostproben nicht nachgewiesen, deshalb wurde der Median bei Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen gleich Null gesetzt. Bei den Grünschnitt-Anlagen werden daher die drei Anlagen, bei denen ein Wert gemessen wurde (Anlagen 5, 35, 39), als Extremwerte ausgewiesen. Bei den Biotonnen-Anlagen wurde bei 13 Anlagen ein Wert gemessen, hier weist die Anlage 41 einen Extremwert auf. Auf Basis eines 90 %igen Konfidenzintervalls besteht ein signifikanter Unterschied zwischen Biotonnen- und Grünschnitt-Komposten.

In Abb. 79 ist die Verteilung der **Phenanthren**-Werte getrennt nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen angegeben.

Die Meßwerte von Phenanthren sind bei den Grünschnitt-Anlagen meist klein. Es gibt zwei Ausreißer, die Anlagen 15 und 35, und einen Extremwert, die Anlage 5. Bei den Biotonnen-Anlagen ist die Streuung größer. Der Median liegt jedoch auch im unteren Bereich der Box. Der Ausreißer ist die Anlage 40, der Extremwert die Anlage 41 (beides Hausgartenkomposte). Auf Basis eines 90 %igen Konfidenzintervalls besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den Phenanthren-Gehalten von Biotonnen- und Grünschnitt-Komposten

Beim Parameter **Anthracen** (siehe Abb. 80) weist die Biotonnen-Anlage 41 einen Extremwert auf. Es gibt bei den Grünschnitt-Anlagen einen Extremwert, die Anlage 5, und einen Ausreißer, die Anlage 15. Bei den Biotonnen-Anlagen weisen die Anlagen 4 und 40 Ausreißerwerte auf.

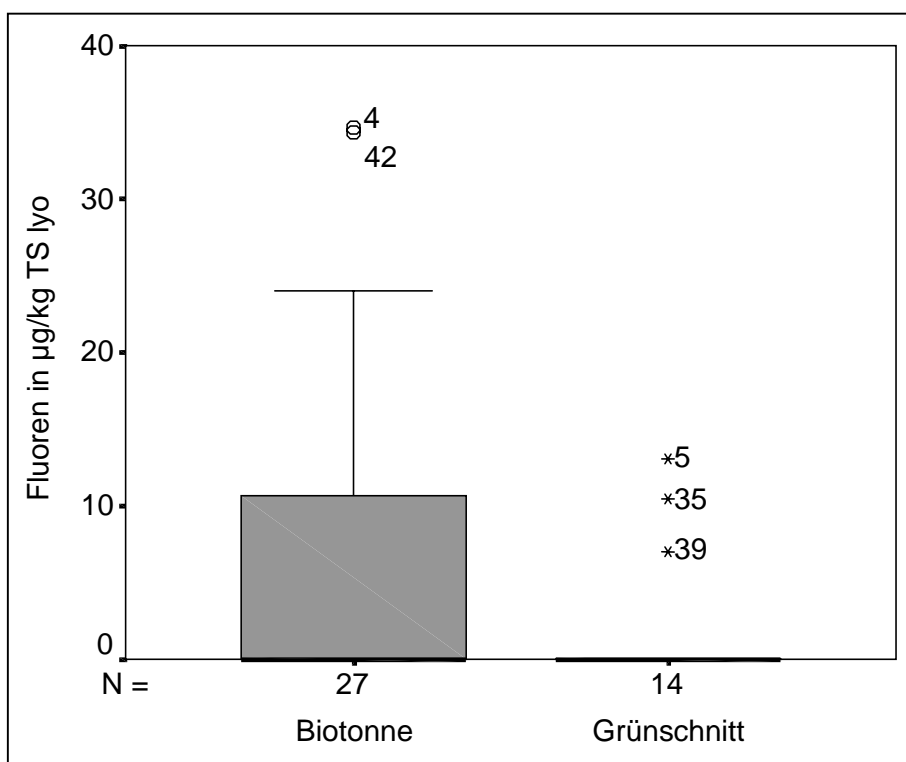


Abb. 78: Boxplot: Fluoren-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo). Der Wert der Biotonnen-Anlage 41 (175 µg/kg TS) wurde nicht berücksichtigt, da er als Extremwert die Boxplot-Darstellung verzerrt.

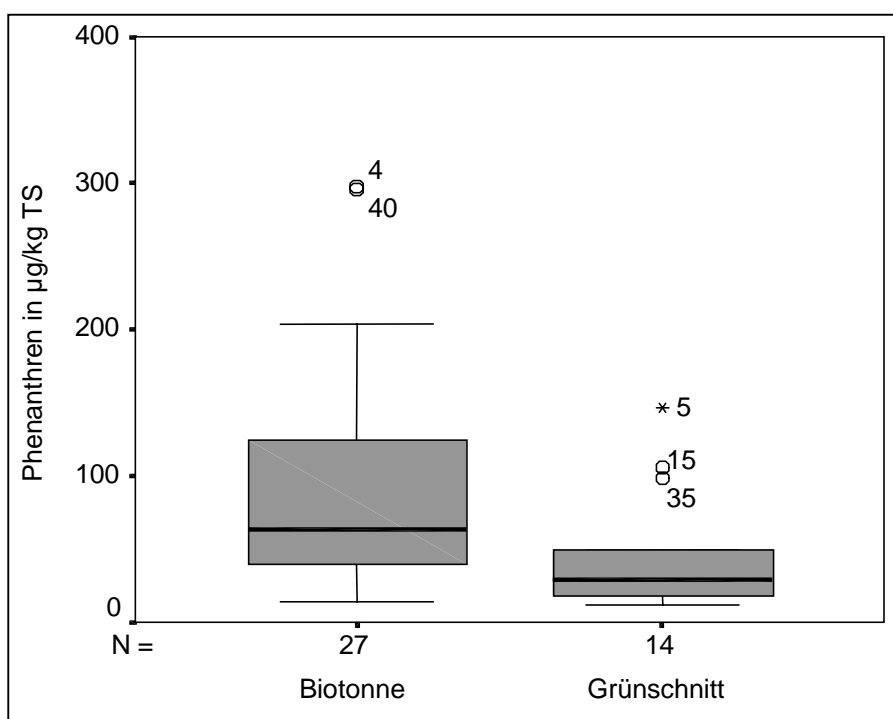


Abb. 79: Boxplot: Phenanthren-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo). Der Wert der Biotonnen-Anlage 41 (1.251 µg/kg TS) wurde nicht berücksichtigt, da er als Extremwert die Boxplot-Darstellung verzerrt.

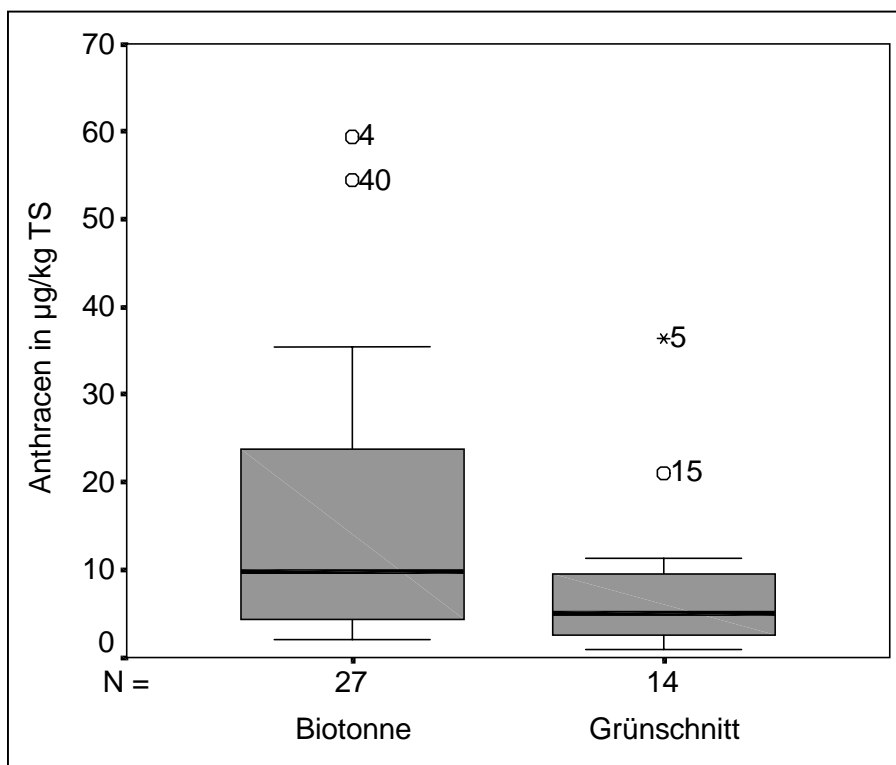


Abb. 80: Boxplot: Anthracen-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo). Der Wert der Biotonnen-Anlage 41 (295 µg/kg TS) wurde nicht berücksichtigt, da er als Extremwert die Boxplot-Darstellung verzerrt.

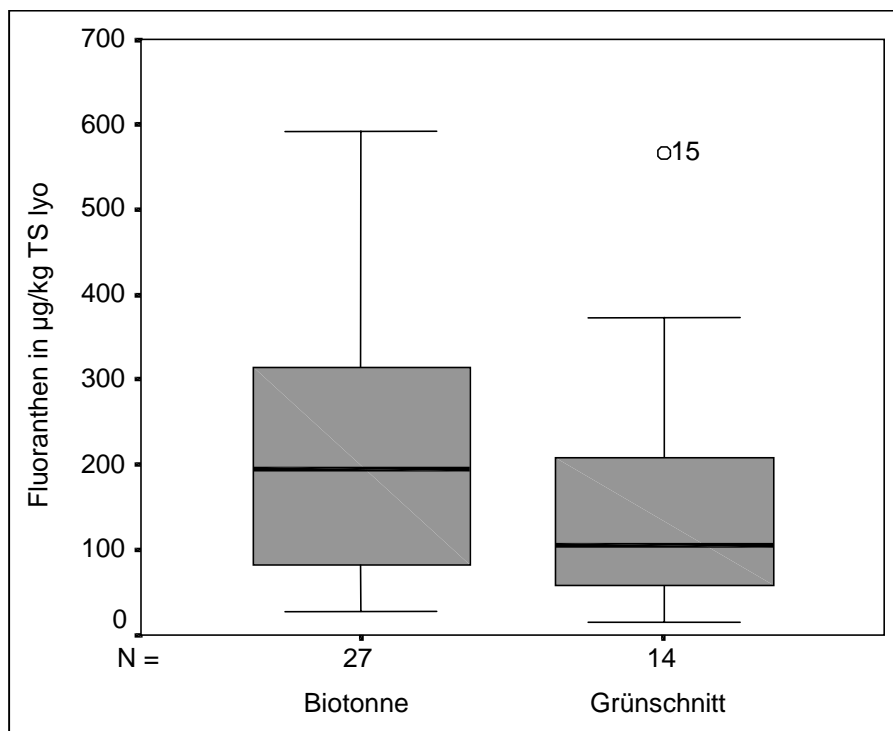


Abb. 81: Boxplot: Fluoranthen-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo). Der Wert der Biotonnen-Anlage 41 (1.896 µg/kg TS) wurde nicht berücksichtigt, da er als Extremwert die Boxplot-Darstellung verzerrt.

Beim Parameter **Fluoranthren** (siehe Abb. 81) ist die Verteilung der Werte bei den Biotonnen-Anlagen symmetrisch, während bei den Grünschnitt-Anlagen der Median in der unteren Hälfte der Box liegt. Es gibt bei den Biotonnen-Anlagen einen Extremwert, die Anlage 41, und bei den Grünschnitt-Anlagen einen Ausreißer, die Anlage 15. Auf Basis eines 90 %igen Konfidenzintervalls weisen Komposte des Einzugsgebietstyps "Stadt" einen signifikant höheren Fluoranthren-Gehalt auf, als jene des Einzugsgebietstyps "Land".

Die Verteilung der gemessenen **Pyren**-Werte (siehe Abb. 82) ist bei Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen symmetrisch. Bei den Biotonnen-Anlagen ist die Anlage 41 der Extremwert. Bei den Grünschnitt-Anlagen ist die Anlage 5 ein Ausreißer und die Anlage 15 ein Extremwert.

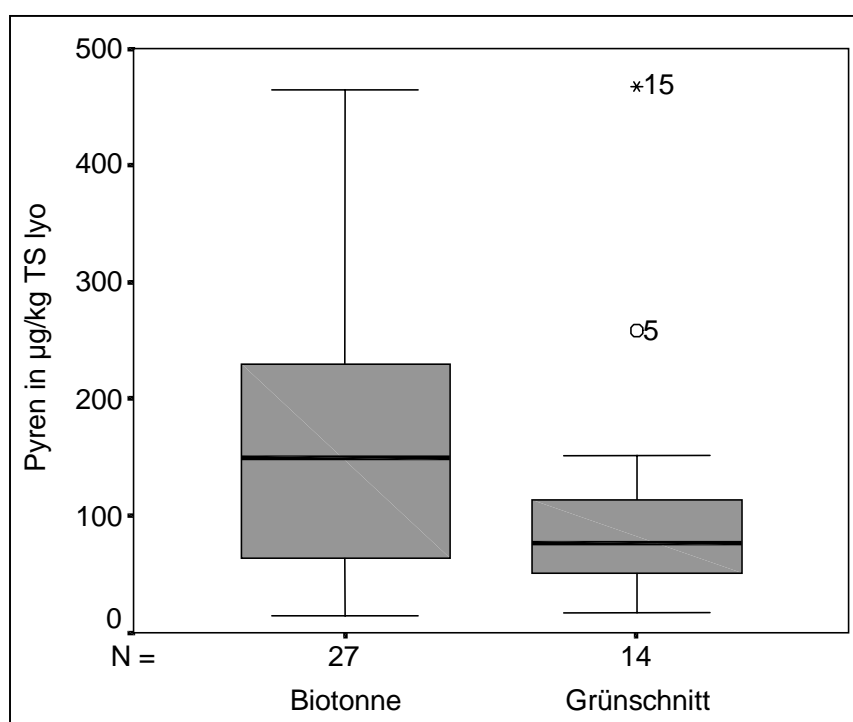


Abb. 82: Boxplot: Pyren-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo). Der Wert der Biotonnen-Anlage 41 (1.494 µg/kg TS) wurde nicht berücksichtigt, da er als Extremwert die Boxplot-Darstellung verzerrt.

Der Median liegt beim Parameter **Triphenylen** (siehe Abb. 83) bei den Biotonnen-Anlagen in der oberen Hälfte der Box, während er bei den Grünschnitt-Anlagen im unteren Bereich der Box liegt. Die Ausreißer bei den Biotonnen-Anlagen sind die Anlagen 21, 41 und 42. Bei den Grünschnitt-Anlagen ist die Anlage 15 ein Extremwert. Auf Basis eines 95 %igen Konfidenzintervalls weisen Komposte des Einzugsgebietstyps Stadt einen signifikant höheren Triphenylen-Gehalt auf, als jene des Einzugsgebietstyps Land.

Die **Benzo(a)anthracen**-Werte der Grünschnitt-Anlagen (siehe Abb. 84) sind symmetrisch verteilt, während bei den Biotonnen-Anlagen der Median im unteren Bereich der Box liegt. Bei den Biotonnen-Anlagen ist der Extremwert die Anlage 41, bei den Grünschnitt-Anlagen die Anlage 15. Die Biotonnen-Anlage 4 weist einen Ausreißer-Wert auf. Auf Basis eines 95 %igen Konfidenzintervalls weisen Komposte des Einzugsgebietstyps Stadt einen signifikant höheren Benzo(a)anthracen-Gehalt auf, als jene der Einzugsgebietstypen Land und Stadt-Land.



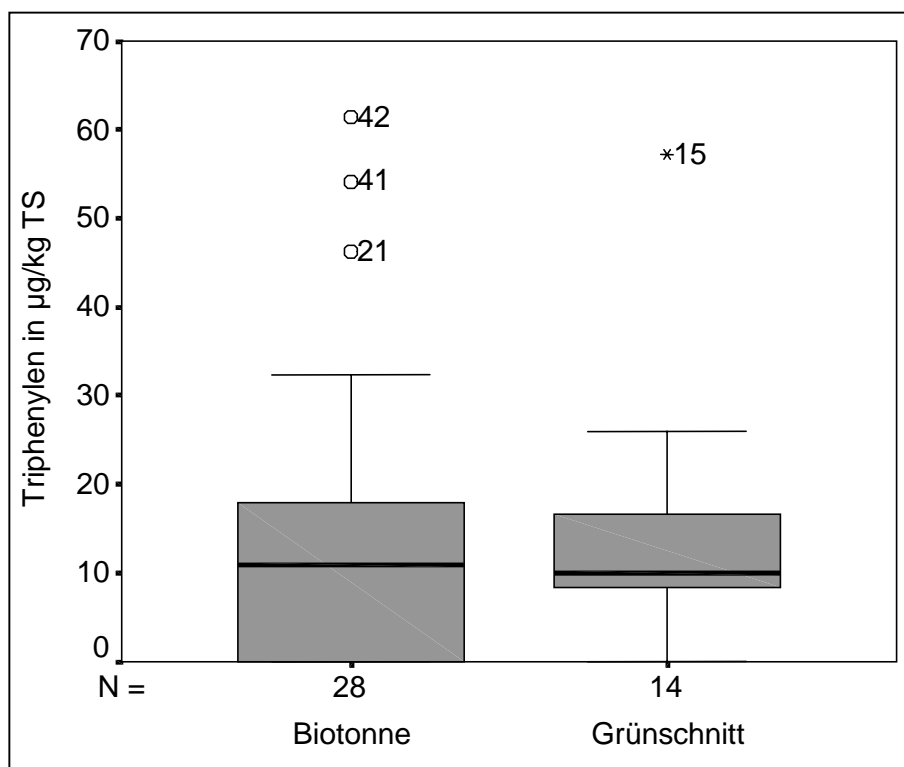


Abb. 83: Boxplot: Triphenylen-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo).

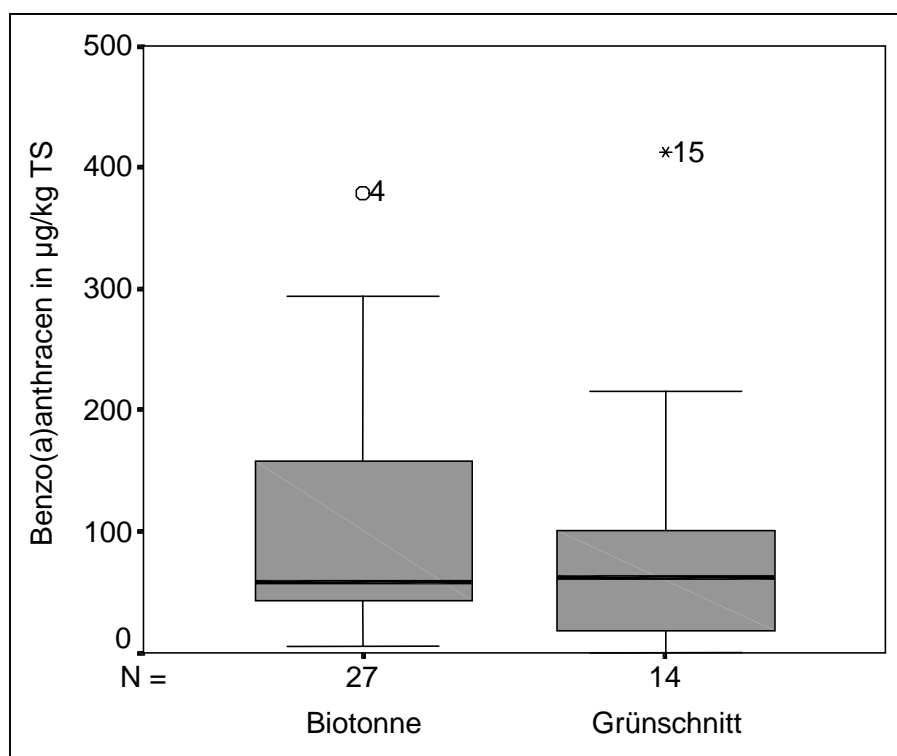


Abb. 84: Boxplot: Benzo(a)anthracen-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo). Der Wert der Biotonnen-Anlage 41 (819 µg/kg TS) wurde nicht berücksichtigt, da er als Extremwert die Boxplot-Darstellung verzerrt.

Beim Parameter **Chrysen** (siehe Abb. 85) ist auffällig, daß der Median bei beiden Anlagentypen gleich hoch ist. Jedoch liegt er bei den Biotonnen-Anlagen am unteren Ende der Box, während er bei den Grünschnitt-Anlagen in der Mitte liegt. Der Extremwert bei den Biotonnen-Anlagen ist die Anlage 41, der Ausreißer die Anlage 4. Bei den Grünschnitt-Anlagen weist die Anlage 15 einen Extremwert auf. Auf Basis eines 90 %igen Konfidenzintervalls weisen Komposte des Einzugsgebietstyps Stadt einen signifikant höheren Chrysen-Gehalt auf, als jene der Einzugsgebietstypen Land und Stadt-Land.

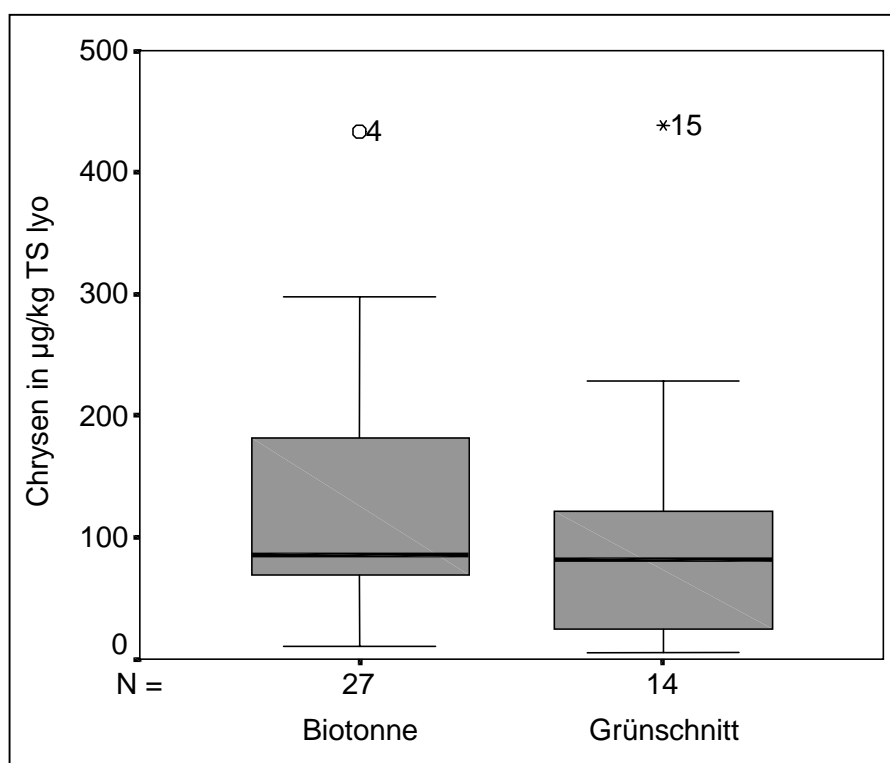


Abb. 85: Boxplot: Chrysen-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo). Der Wert der Biotonnen-Anlage 41 (797 µg/kg TS) wurde nicht berücksichtigt, da er als Extremwert die Boxplot-Darstellung verzerrt.

Bei dem Parameter **Benzo(e)pyren** (siehe Abb. 86) liegt der Median bei Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen in derselben Höhe. Die Anlagen 4, 16, 40 und 42 sind bei den Biotonnen-Anlagen Ausreißer und die Anlage 41 ein Extremwert. Bei den Grünschnitt-Anlagen ist die Anlage 35 ein Ausreißer und die Anlage 15 ein Extremwert. Auf Basis eines 90 %igen Konfidenzintervalls weisen Komposte des Einzugsgebietstyps Stadt einen signifikant höheren Benzo(e)pyren-Gehalt auf, als jene der Einzugsgebietstypen Land und Stadt-Land.

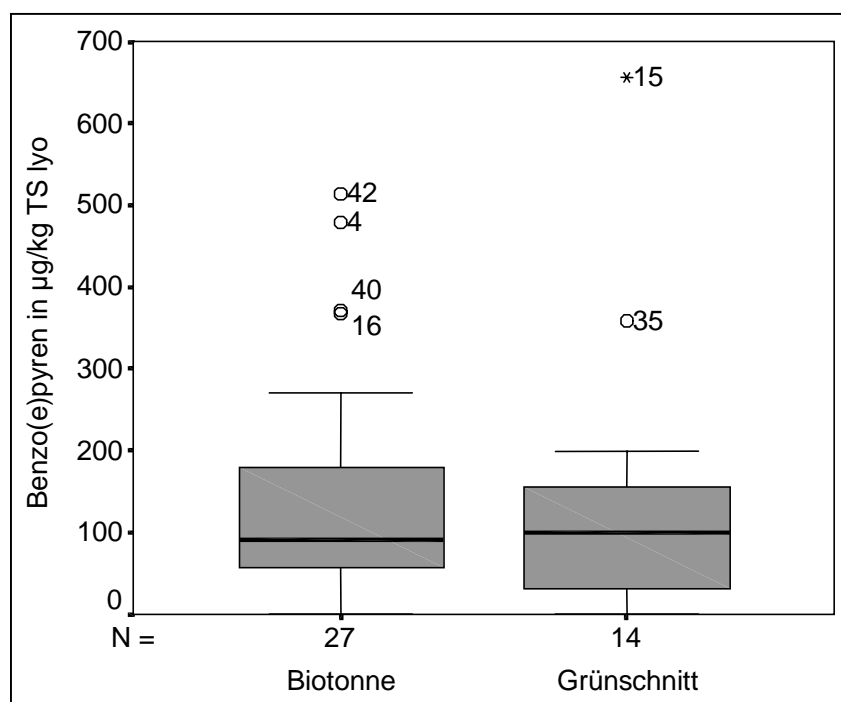


Abb. 86: Boxplot: Benzo(e)pyren-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo). Der Wert der Biotonnen-Anlage 41 (1.242 µg/kg TS) wurde nicht berücksichtigt, da er als Extremwert die Boxplot-Darstellung verzerrt.

Der Parameter **Benzo(b)fluoranthen** (siehe Abb. 87) hat bei beiden Anlagentypen eine große Box. Die Mediane liegen jeweils in der unteren Hälfte der Box und sind etwa in derselben Höhe. Bei den Biotonnen-Anlagen ist die Anlage 41 ein Extremwert, die Anlagen 4 und 42 sind Ausreißer. Bei den Grünschnitt-Anlagen weist die Anlage 15 einen Ausreißerwert auf. Auf Basis eines 95 %igen Konfidenzintervalls weisen Komposte des Einzugsgebietstyps Stadt einen signifikant höheren Benzo(b)fluoranthen-Gehalt auf, als jene des Einzugsgebietstyps Land.

Der Parameter **Benzo(k)fluoranthen** (siehe Abb. 88) hat eine ganz ähnliche Verteilung wie der Parameter Benzo(b)fluoranthen. Auf Basis eines 95 %igen Konfidenzintervalls weisen Komposte des Einzugsgebietstyps Stadt einen signifikant höheren Benzo(k)fluoranthen-Gehalt auf, als jene des Einzugsgebietstyps Land.

Die Werte für den Parameter **Benzo(a)pyren** (siehe Abb. 89) sind weder bei den Biotonnen- noch bei den Grünschnitt-Anlagen symmetrisch verteilt. Die Anlagen 4 und 42 weisen bei den Biotonnen-Anlagen Ausreißerwerte auf und die Anlage 41 ist ein Extremwert, während es bei den Grünschnitt-Anlagen nur einen Ausreißer gibt, die Anlage 15. Auf Basis eines 95 %igen Konfidenzintervalls weisen Komposte des Einzugsgebietstyps Stadt einen signifikant höheren Benzo(a)pyren-Gehalt auf, als jene der Einzugsgebietstypen Land und "Stadt-Land".

Beim Parameter **Dibenzo(a,h)anthracen** (siehe Abb. 90) gibt es nur bei den Grünschnitt-Anlagen zwei Ausreißer, dies sind die Anlagen 15 und 35. Die Lage des Medians ist bei den beiden Anlagentypen sehr unterschiedlich. Er liegt bei den Grünschnitt-Anlagen in der oberen Hälfte der Box und bei den Biotonnen-Anlagen in der unteren, ist aber etwa gleich hoch. Auf Basis eines 95 %igen Konfidenzintervalls weisen Komposte des Einzugsgebietstyps "Stadt" einen signifikant höheren Dibenzo(a,h)anthracen-Gehalt auf, als jene des Einzugsgebietstyps "Land".

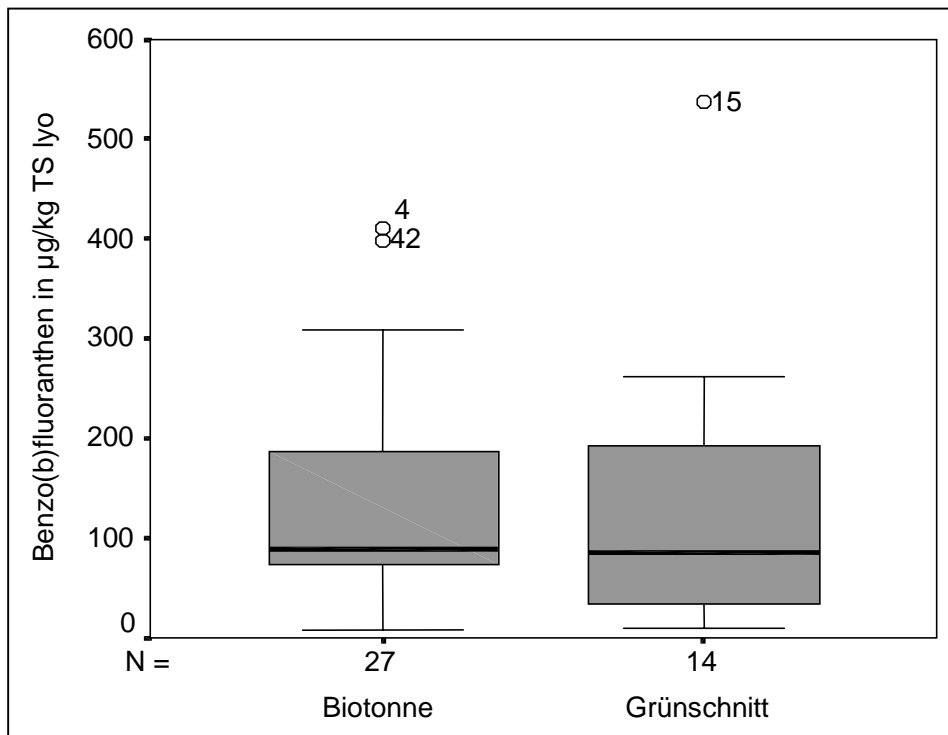


Abb. 87: Boxplot: Benzo(b)fluoranthene-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo). Der Wert der Biotonnen-Anlage 41 (736 µg/kg TS) wurde nicht berücksichtigt, da er als Extremwert die Boxplot-Darstellung verzerrt.

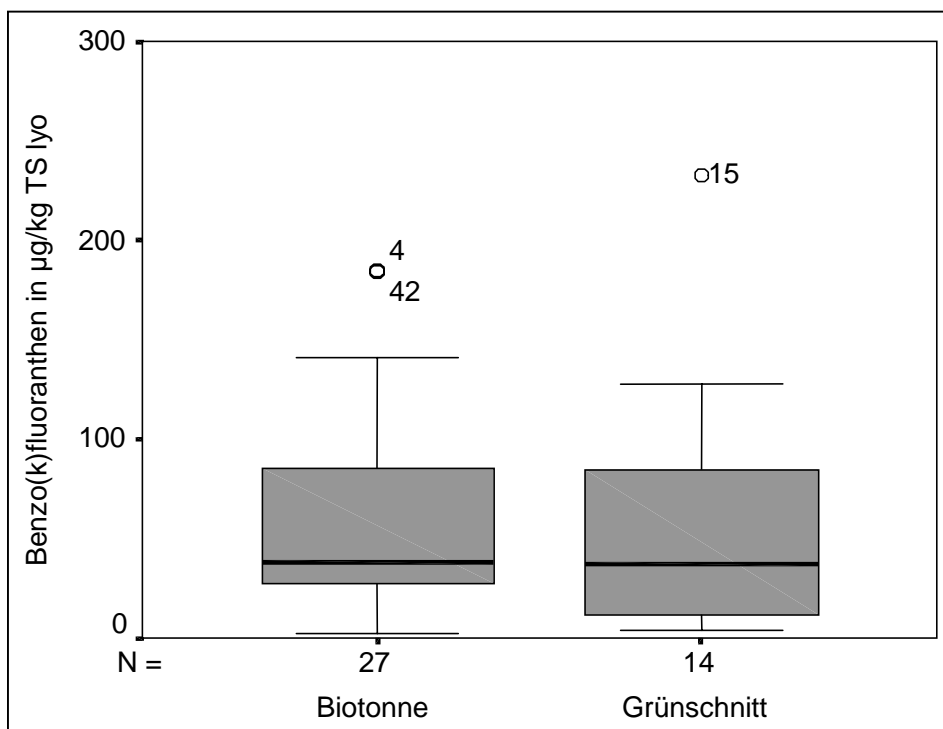


Abb. 88: Boxplot: Benzo(k)fluoranthene-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo). Der Wert der Biotonnen-Anlage 41 (347 µg/kg TS) wurde nicht berücksichtigt, da er als Extremwert die Boxplot-Darstellung verzerrt.

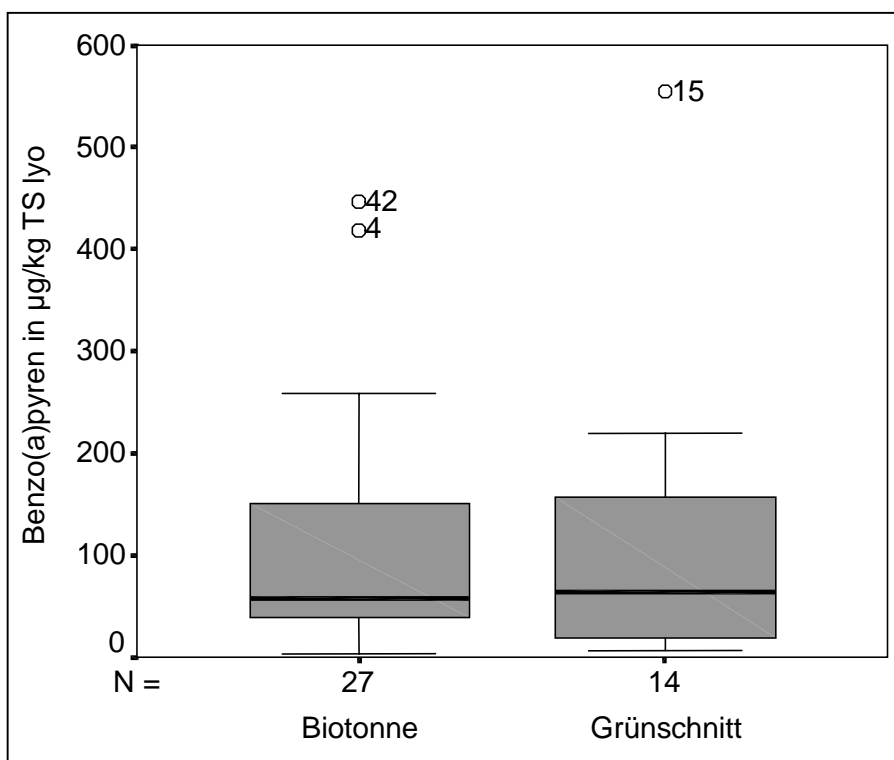


Abb. 89: Boxplot: Benzo(a)pyren-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo). Der Wert der Biotonnen-Anlage 41 (864 µg/kg TS) wurde nicht berücksichtigt, da er als Extremwert die Boxplot-Darstellung verzerrt.

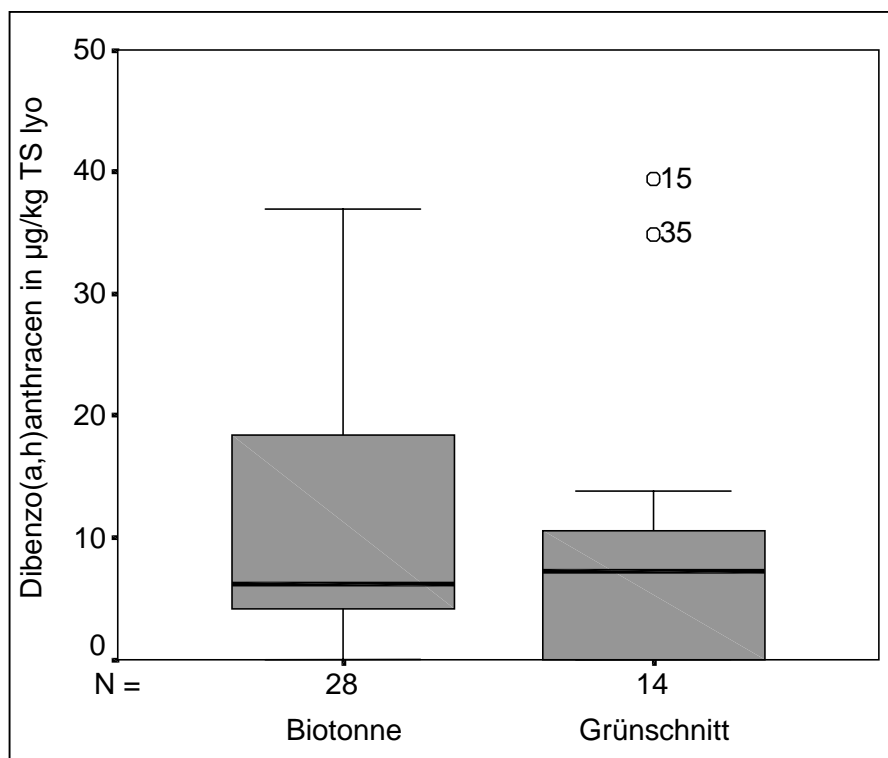


Abb. 90: Boxplot: Dibenzo(a,h)anthracen-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo).

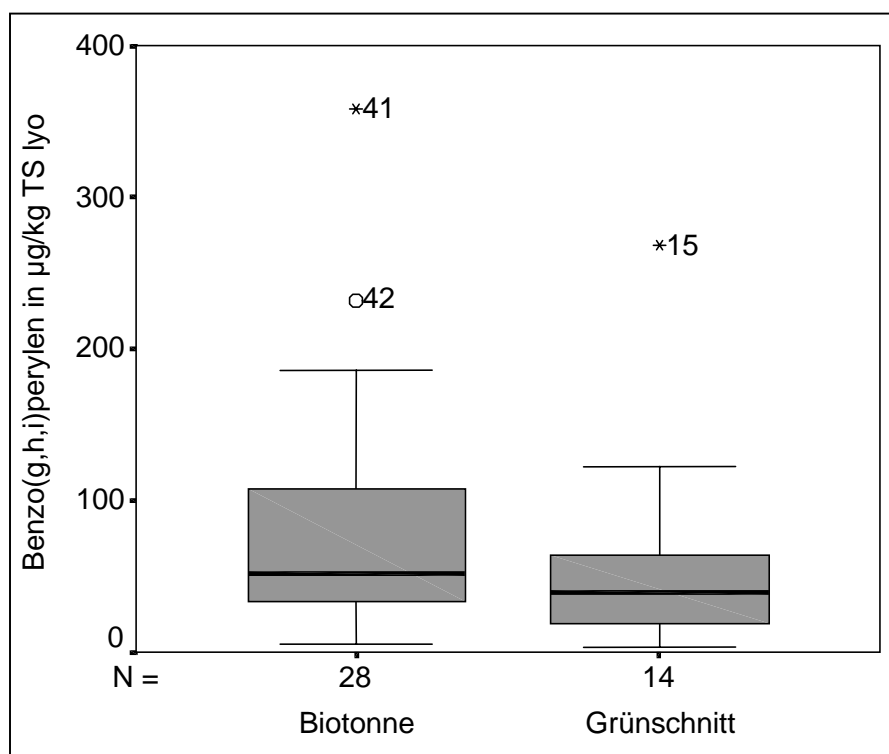


Abb. 91: Boxplot: Benzo(g,h,i)perylene-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo).

Der Median beim Parameter **Benzo(g,h,i)perylene** (siehe Abb. 91) ist bei Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen annähernd gleich hoch, jedoch liegt er bei den Grünschnitt-Anlagen in der Mitte der Box und bei den Biotonnen-Anlagen in der unteren Hälfte der Box. Es gibt den Extremwert 41 bei den Biotonnen-Anlagen und den Ausreißerwert der Anlage 42. Bei den Grünschnitt-Anlagen ist der Extremwert die Anlage 15. Auf Basis eines 90 %igen Konfidenzintervalls weisen Komposte des Einzugsgebietstyps "Stadt" einen signifikant höheren Benzo(g,h,i)perylene-Gehalt auf, als jene der Einzugsgebietstypen "Land" und "Stadt-Land".

Die Box der beiden Anlagentypen ist bei dem Parameter **Indeno(1,2,3cd)pyren** (siehe Abb. 92) annähernd gleich hoch, der Unterschied liegt im Median. Er liegt bei den Grünschnitt-Anlagen in der Mitte der Box und ist damit höher, als bei den Biotonnen-Anlagen. Die Anlage 41 weist einen Extremwert auf und die Anlage 42 einen Ausreißerwert. Bei den Grünschnitt-Anlagen ist der Extremwert die Anlage 15. Auf Basis eines 95 %igen Konfidenzintervalls weisen Komposte des Einzugsgebietstyps "Stadt" einen signifikant höheren Indeno(1,2,3cd)pyren-Gehalt auf, als jene der Einzugsgebietstypen "Land" und "Stadt-Land".

Der Werte des Parameters **Coronen** (siehe Abb. 93) sind bei den Biotonnen-Anlagen annähernd symmetrisch verteilt. Ausreißer sind die Anlagen 40 und 42, die Anlage 41 weist einen Extremwert auf. Bei den Grünschnitt-Anlagen gibt es einen Extremwert, die Anlage 15. Der Median dieses Anlagentyps liegt am unteren Ende der Box. Auf Basis eines 90 %igen Konfidenzintervalls weisen Komposte des Einzugsgebietstyps "Stadt" einen signifikant höheren Coronen-Gehalt auf, als jene des Einzugsgebietstyps "Land".

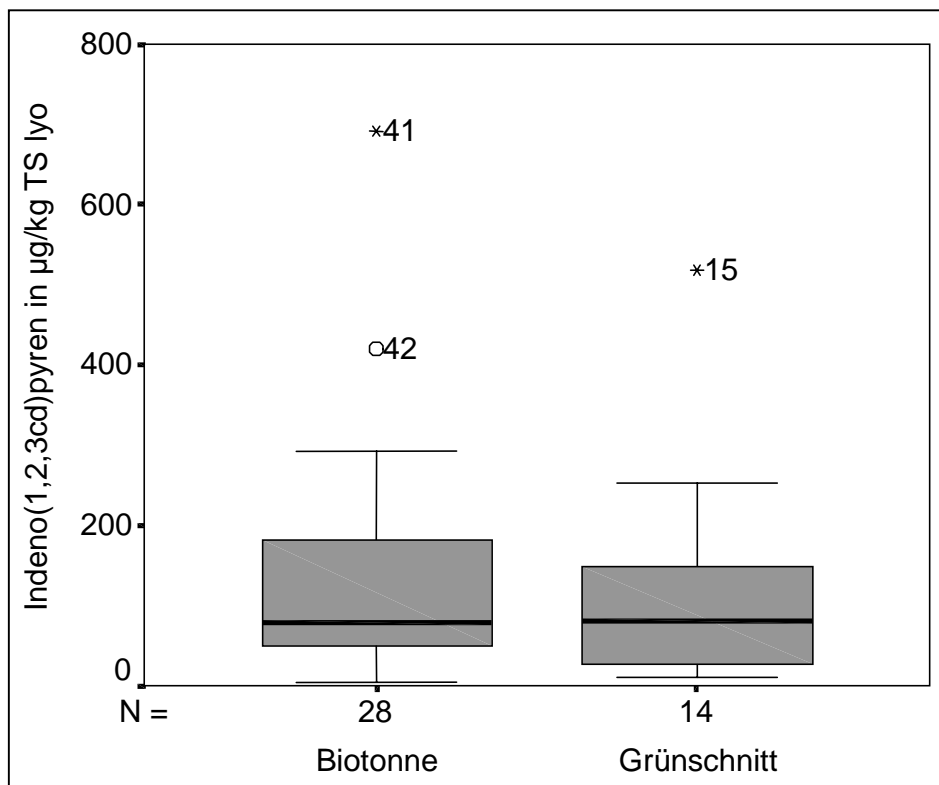


Abb. 92: Boxplot: Indeno(1,2,3cd)pyren-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo).

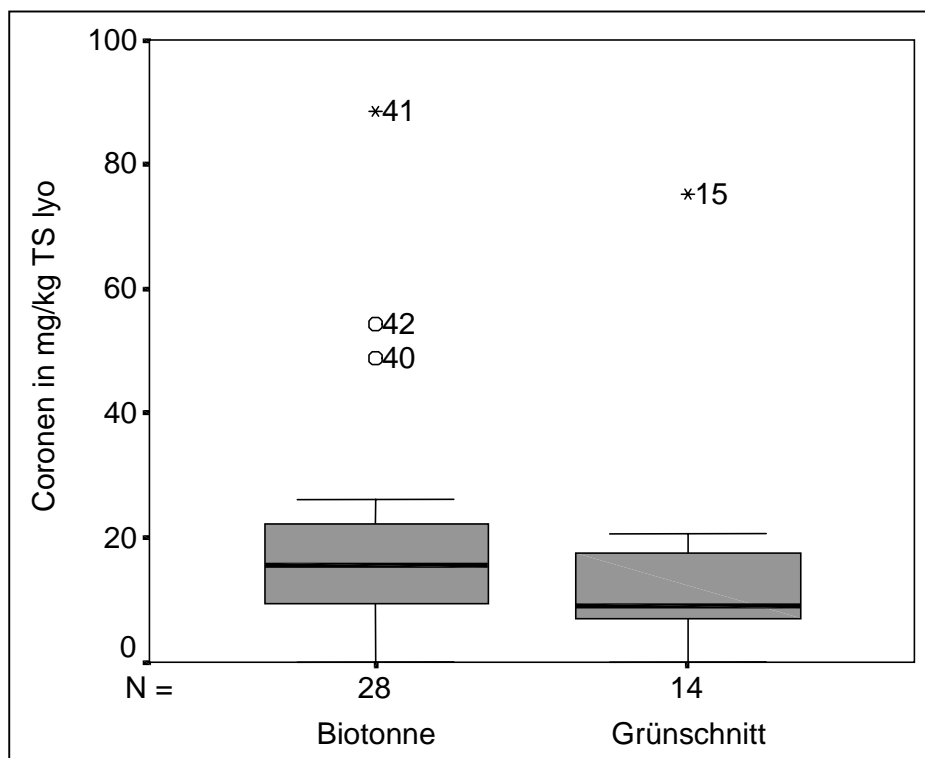


Abb. 93: Boxplot: Coronene-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo).

### 8.7.1.3 Gesamtbetrachtung der Gruppe der PAH – Biotonnen-Anlagen

Folgende Parameter der Gruppe der PAH werden in die statistische Analyse einbezogen: Acenaphtyhlen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthren, Pyren, Triphenylen, Benzo(a)anthracen, Chrysen, Benzo(e)pyren, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Benzo(a)pyren, Dibenzo(a,h)anthracen, Benzo(g,h,i)perylen, Indeno(1,2,3cd)pyren und Coronen. Die PAH-Parameter Acenaphtyhlen und Acenaphthen werden nicht einbezogen, da sie bei keiner Anlage unterhalb der Nachweisgrenze lagen (siehe *Tab. 68*).

Es wurden 28 Biotonnen-Anlagen untersucht.

#### 8.7.1.3.1 Hauptkomponentenanalyse und Korrelationen

Innerhalb der Gruppe der PAH wurden Korrelationen errechnet, um Zusammenhänge zwischen den einzelnen PAH-Parametern herauszufinden. Dazu wurde zuerst eine Hauptkomponentenanalyse zur Datenreduktion durchgeführt. Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lyophilisierte Trockensubstanz (TS lyo) durchgeführt.

Als Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse zeigt sich, daß bei der Gruppe der PAH bereits mit dem ersten Faktor 88,9 % der Varianz erklärt werden, der einen Eigenwert von 14,23 hat.

*Tab. 69* zeigt die Ladungen für die einzelnen Variablen und den Faktor. Eine starke Beeinflussung durch die Variable liegt vor, wenn der Faktor mit einer Ladung  $> 0,6$  bestimmt wird. Es sind alle Ladungen sehr hoch. Daraus läßt sich schließen, daß wenn ein PAH-Parameter einen hohen Wert aufweist, die anderen PAH-Parameter auch hoch sind.

*Tab. 69: Hauptkomponentenanalyse "Biotonne – PAH": Factor Matrix.*

	Factor 1
FLUOREN	,91900
PHENANTH	,92714
ANTHRACE	,92702
FLUORANT	,97400
PYREN	,96657
TRIPHENY	,71371
BENZOANT	,98928
CHRYSEN	,97821
BENZOEPY	,99418
BENZOBFL	,98128
BENZOKFL	,98435
BENZOAPY	,98875
DIBENZO	,82643
BENZOPER	,96854
CORONEN	,92062
INDENOPY	,98417

Die Korrelationen innerhalb der Gruppe der PAH bei den Biotonnen-Anlagen zeigt *Tab. 70*. Es sind alle Korrelationen über 0,5 und auf dem 99 % Niveau signifikant. Dieses Ergebnis bestätigt auch die Beobachtungen der Faktoranalyse oben. Ein hoher PAH Meßwert einer Anlage tritt mit Abstrichen immer gemeinsam mit anderen hohen Meßwerten der Anlage auf. Dies gilt besonders für hochmolekulare Verbindungen wie Benzo(a)pyren, so daß dieser PAH als Stellvertreterverbindung abgeleitet werden kann. Häufig verwendete PAH Gruppierungen, wie die 6 PAH der Grundwasserschwellenwert-Verordnung (BGBl. 502/1991) nach dem Wasserrecht, zur Charakterisierung der PAH sind ebenfalls hoch signifikant abgesichert.



Tab. 70: Korrelationen der PAH-Werte der Komposte aller Biotonnen-Anlagen.

Pearson Correlation																
	FLUOREN	PHENANTH	ANTHRACE	FLUORANT	PYREN	TRIPHENY	BENZOANT	CHRYSEN	BENZOEPY	BENZOBFL	BENZOKFL	BENZOAPY	DIBENZO	BENZOPER	INDENOPIY	CORONEN
FLUOREN	1,000	.985**	.985**	.952**	.956**	.537**	.891**	.867**	.925**	.841**	.850**	.892**	.601**	.824**	.853**	.838**
PHENANTH	.985**	1,000	.990**	.973**	.976**	.522**	.907**	.892**	.935**	.866**	.863**	.889**	.601**	.830**	.858**	.840**
ANTHRACE	.985**	.990**	1,000	.962**	.987**	.534**	.913**	.890**	.932**	.854**	.861**	.892**	.618**	.823**	.857**	.833**
FLUORANT	.952**	.973**	.962**	1,000	.997**	.624**	.962**	.953**	.963**	.934**	.939**	.946**	.721**	.908**	.928**	.869**
PYREN	.956**	.976**	.967**	.997**	1,000	.633**	.948**	.935**	.964**	.919**	.924**	.935**	.689**	.895**	.919**	.875**
TRIPHENY	.537**	.522**	.534**	.624**	1,000	.667**	.667**	.640**	.686**	.703**	.704**	.697**	.693**	.707**	.752**	.770**
BENZOANT	.891**	.907**	.913**	.962**	.948**	.667**	1,000	.994**	.985**	.986**	.987**	.983**	.846**	.961**	.971**	.870**
CHRYSEN	.867**	.892**	.890**	.953**	.935**	.640**	.994**	1,000	.970**	.988**	.987**	.972**	.838**	.961**	.961**	.849**
BENZOEPY	.922**	.925**	.932**	.963**	.954**	.686**	.985**	.970**	1,000	.971**	.974**	.988**	.829**	.958**	.977**	.917**
BENZOBFL	.841**	.856**	.854**	.934**	.919**	.703**	.986**	.988**	.971**	1,000	.999**	.985**	.868**	.986**	.986**	.882**
BENZOKFL	.850**	.863**	.861**	.939**	.924**	.704**	.988**	.987**	.974**	.999**	1,000	.988**	.867**	.987**	.988**	.887**
BENZOAPY	.892**	.889**	.892**	.946**	.935**	.697**	.983**	.972**	.988**	.985**	.988**	1,000	.849**	.975**	.985**	.895**
DIBENZO	.601**	.601**	.618**	.721**	.689**	.693**	.846**	.838**	.829**	.867**	.867**	.849**	1,000	.869**	.866**	.725**
BENZOPER	.824**	.830**	.823**	.908**	.895**	.707**	.961**	.961**	.968**	.987**	.987**	.975**	.869**	1,000	.987**	.903**
INDENOPIY	.853**	.858**	.857**	.928**	.919**	.752**	.971**	.961**	.977**	.986**	.988**	.985**	.866**	.987**	1,000	.930**
CORONEN	.838**	.840**	.833**	.869**	.875**	.770**	.870**	.849**	.917**	.882**	.887**	.895**	.725**	.903**	.930**	1,000

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Tab. 71: Korrelationen der PAH-Werte der Komposte aller Grünschnitt-Anlagen.

Pearson Correlation																
	FLUOREN	PHENANTH	ANTHRACE	FLUORANT	PYREN	TRIPHENY	BENZOANT	CHRYSEN	BENZOEPY	BENZOBFL	BENZOKFL	BENZOAPY	DIBENZO	BENZOPER	INDENOPIY	CORONEN
FLUOREN	1,000	.781**	.704**	.449	.318	.149	.319	.302	.272	.234	.285	.168	.343	.289	.204	-.056
PHENANTH	.781**	1,000	.941**	.797**	.792**	.645**	.737**	.731**	.692**	.675**	.698**	.636	.644	.737**	.651*	.503
ANTHRACE	.704**	.941**	1,000	.673**	.761**	.555	.622	.624	.570	.581*	.585	.554	.460	.652	.541*	.462
FLUORANT	.449	.797**	.673**	1,000	.934**	.851**	.983**	.978**	.965**	.964**	.980**	.948**	.934**	.967**	.959**	.772*
PYREN	.318	.792**	.761**	.934**	1,000	.876**	.949**	.951**	.923**	.939**	.934**	.945**	.794**	.965**	.930**	.850**
TRIPHENY	.149	.645**	.555	.851**	1,000	.876**	.916**	.916**	.926*	.888**	.881**	.909**	.824**	.938**	.907**	.958**
BENZOANT	.319	.737**	.622	.983**	.949**	.916**	1,000	.998**	.993**	.987**	.992**	.982**	.933**	.989**	.989**	.857**
CHRYSEN	.302	.731**	.624	.978**	.951**	.916**	.998**	1,000	.993**	.992**	.993**	.986**	.929**	.987**	.992**	.863**
BENZOEPY	.272	.692**	.570	.965**	.923**	.926*	.993**	.993**	1,000	.987**	.987**	.978**	.949**	.977**	.993**	.875**
BENZOBFL	.234	1,000**	.781**	.704**	.449**	.318**	.319**	.319**	.302**	.272	.234**	.285**	.168**	.343**	.289**	.204**
BENZOKFL	.285	.781**	1,000	.941**	.797**	.792**	.645**	.737**	.692**	.675	.692**	.698**	.636**	.737**	.737**	.651**
BENZOAPY	.168	.704**	.941**	1,000	.673**	.761**	.555**	.622**	.624**	.570**	.581**	.585**	.554**	.652**	.652**	.541**
DIBENZO	.343	.449**	.797**	.673**	1,000	.934**	.983**	.978**	.965**	.964**	.980**	.948**	.934**	.967**	.959**	.772**
BENZOPER	.289	.318**	.792**	.761**	.934**	1,000	.876**	.951**	.923**	.939**	.934**	.945**	.794**	.965**	.930**	.903**
INDENOPIY	.204	.149**	.645**	.555**	.851**	.876**	1,000*	.916**	.916**	.926**	.888**	.881**	.909**	.938**	.907**	.907**
CORONEN	-.056	.319	.737	.622**	.983**	.949**	.916**	1,000*	.998**	.993**	.987**	.982**	.933**	.989**	.989**	.857**

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

### 8.7.1.3.2 Clusteranalyse

Die Clusteranalyse klassifiziert die Anlagen in Kategorien. Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lyophilisierte Trockensubstanz (TS lyo) durchgeführt.

Die Biotonnen-Anlagen kann man aufgrund der PAH-Gehalte der Komposte in drei Cluster einteilen. Dabei bildet die Anlage 41 einen eigenen Cluster. Sie hat bei vielen Parametern dieser Gruppe einen extrem hohen Wert und ist so keiner anderen Anlage ähnlich. Auch die Anlagen 7, 11, 40, 16, 21, 4 und 42, die einen Cluster bilden, unterscheiden sich vom dritten Cluster bei fast allen PAH-Parametern durch höhere Werte. Bei diesen Anlagen wurde der Sammelzeitraum der Komposte mit Herbst-Winter angegeben, also der Heizperiode, in der auch vermehrt Asche als Abfall anfällt. Weiters handelt es sich fast ausschließlich um Anlagen des Einzugsgebietstyps Stadt. Im dritten Cluster überwiegen Biotonnen-Anlagen der Einzugsgebietstypen Land und Stadt-Land.

Bei der Clusteranalyse mit der Hauptkomponente der PAH werden die Biotonnen-Anlagen in dieselben drei Cluster eingeteilt.

### 8.7.1.4 Gesamtbetrachtung der Gruppe der PAH – Grünschnitt-Anlagen

Folgende Parameter der Gruppe der PAH werden in die statistische Analyse einbezogen: Acenaphtyhlen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthen, Pyren, Triphenylen, Benzo(a)anthracen, Chrysen, Benzo(e)pyren, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(a)pyren, Dibenzo(a,h)anthracen, Benzo(g,h,i)perylen, Indeno(1,2,3cd)pyren und Coronen. Die PAH-Parameter Acenaphtyhlen und Acenaphthen werden nicht einbezogen, da sie bei keiner Anlage nachweisbar waren (siehe *Tab. 68*).

Es wurden 14 Grünschnitt-Anlagen untersucht.

#### 8.7.1.4.1 Hauptkomponentenanalyse und Korrelationen

Innerhalb der Gruppe der PAH wurden Korrelationen errechnet, um Zusammenhänge zwischen den einzelnen PAH-Parametern herauszufinden. Dazu wurde zuerst eine Hauptkomponentenanalyse zur Datenreduktion durchgeführt.

Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lyophilisierte Trockensubstanz (TS lyo) durchgeführt.

Bei den Grünschnitt-Anlagen, wie auch bei den Biotonnen-Anlagen (siehe Kapitel 8.7.1.3.1), ist die Gruppe der PAH sehr kompakt. Ein Faktor erklärt schon 83,3 % der gesamten Varianz.

Wie *Tab. 72* zeigt, sind die Ladungen fast aller Variablen sehr hoch. Ausgenommen ist der Parameter Fluoren, dessen Ladung bei 0,35 liegt.

Die Korrelationen innerhalb der Gruppe der PAH bei den Grünschnitt-Anlagen zeigt *Tab. 71*. Für die Korrelation der Grünschnittkomposte gilt gleiches bezüglich der Stellvertreterverbindungen (siehe 8.7.1.4.1). Mit Ausnahme des PAH Fluoren, welches ein Merkmal der Grünschnittkomposte sein könnte.

Tab. 72: Hauptkomponentenanalyse "Grünschnitt-PAH": Factor Matrix.

	Factor 1
FLUOREN	,34794
PHENANTH	,77652
ANTHRACE	,67965
FLUORANT	,98113
PYREN	,96357
TRIPHENY	,92385
BENZOANT	,99538
CHRYSEN	,99534
BENZOEPY	,98695
BENZOBFL	,98234
BENZOKFL	,98535
BENZOAPY	,97594
DIBENZO	,92047
BENZOPER	,99265
CORONEN	,86771
INDENOPY	,98108

#### 8.7.1.4.2 Clusteranalyse

Die Clusteranalyse klassifiziert die Anlagen in Kategorien (Gruppen). Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lyophilisierte Trockensubstanz (TS lyo) durchgeführt.

Die Gruppe der PAH teilt die Grünschnitt-Anlagen in zwei Gruppen, wobei fast alle Parameter beim zweiten Cluster höher sind als beim ersten. Zu diesem zweiten Cluster gehören die Anlagen 5, 35 und 15. Eine Auftrennung nach dem Einzugsgebietstyp (Stadt, Stadt-Land und Land) ist nicht erkennbar.

Bei der Clusteranalyse mit der einen Hauptkomponente der PAH werden die Grünschnitt-Anlagen in dieselben zwei Gruppen geteilt.

#### 8.7.1.5 Gesamtbetrachtung der Gruppe der PAH – Sämtliche Kompostanlagen

##### 8.7.1.5.1 Korrelationen

Die Korrelationen zwischen den Parametern der Gruppe der PAH aller 42 Kompostanlagen zeigt Tab. 73. Auch in der Gesamtschau ergeben sich durchwegs hochsignifikante Korrelationen der hochmolekularen PAH. Die Unterschiede zwischen den Grünschnitt- und Biotonnenmerkmalen treten dabei naturgemäß in den Hintergrund.

##### 8.7.1.5.2 Clusteranalyse

Es wurde eine Clusteranalyse mit den PAH-Werten aller 42 Kompostanlagen durchgeführt, um herauszufinden, in welche Gruppen sich die Anlagen aufteilen. Um mögliche Ursachen bzw. bestimmende Faktoren für die Gruppenbildung herauszufinden, wurden die Daten aus der Fragebogenerhebung herangezogen.

Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lyophilisierte Trockensubstanz (TS lyo) durchgeführt.

Tab. 73: Korrelationen der PAH-Werte der Komposte sämtlicher 42 Kompost-Anlagen.

Pearson Correlation																
	FLUOREN	PHENANTH	ANTHRACE	FLUORANT	PYREN	TRIPHENY	BENZOANTH	CHRYSEN	BENZOEPY	BENZOBFL	BENZOKFL	BENZOAPY	DIBENZC	BENZOPER	INDENOPY	CORONEN
FLUOREN	1,000															
PHENANTH	.983**	1,000														
ANTHRACE	.982**	.989**	1,000													
FLUORANT	.922**	.954**	.940**	1,000												
PYREN	.924**	.958**	.948**	.992**	1,000											
TRIPHENY	.464**	.480**	.487**	.631**	.639**	1,000										
BENZOANTH	.823**	.857**	.858**	.937**	.937**	.711**	1,000									
CHRYSEN	.794**	.839**	.832**	.945**	.925**	.692**	.994**	1,000								
BENZOEPY	.834**	.857**	.860**	.946**	.931**	.735**	.985**	.973**	1,000							
BENZOBFL	.725**	.764**	.758**	.904**	.885**	.750**	.978**	.982**	.970**	1,000						
BENZOKFL	.746**	.781**	.775**	.916**	.895**	.747**	.983**	.984**	.975**	.998**	1,000					
BENZOAPY	.786**	.808**	.809**	.921**	.909**	.746**	.979**	.985**	.985**	.987**	.987**	1,000				
DIBENZO	.488**	.515**	.515**	.705**	.654**	.725**	.841**	.880**	.851**	.882**	.851**	.851**	1,000			
BENZOPER	.718**	.757**	.742**	.887**	.878**	.764**	.960**	.963**	.975**	.984**	.975**	.975**	.884**	1,000		
INDENOPY	.726**	.757**	.752**	.893**	.893**	.792**	.964**	.959**	.983**	.989**	.983**	.983**	.884**	.884**	1,000	
CORONEN	.679**	.716**	.708**	.807**	.824**	.815**	.851**	.842**	.892**	.866**	.884**	.884**	.899**	.909**	.909**	1,000

\*\* : Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Wie in *Abb. 94* zu sehen ist, werden die Kompostanlagen in drei Gruppen (Cluster) eingeteilt.

C A S E	0	5	10	15	20	25
Label	Num	+-----+-----+-----+-----+-----+				
Case 10	10	-+				
Case 23	23	-+				
Case 26	26	-+				
Case 33	33	-+				
Case 31	31	-+				
Case 32	32	-+-+				
Case 38	38	-+				
Case 3	3	-+				
Case 8	8	-+				
Case 20	20	-+				
Case 29	29	-+				
Case 2	2	-+				
Case 18	18	-+	+-----+-----+-----+-----+-----+			
Case 25	25	-+				
Case 5	5	-+				
Case 6	6	-+				
Case 22	22	-+				
Case 36	36	-+				
Case 14	14	-+				
Case 28	28	-+-+				
Case 1	1	-+				
Case 30	30	-+				
Case 34	34	-+				
Case 17	17	-+				
Case 37	37	-+				
Case 27	27	-+				
Case 39	39	-+				
Case 12	12	-+				
Case 19	19	-+				
Case 13	13	-+				
Case 24	24	-+				
Case 9	9	-+				
Case 15	15	-+-----+				
Case 42	42	-+				
Case 16	16	-+				
Case 35	35	-+	+-----+			
Case 7	7	-+				
Case 11	11	-+				
Case 40	40	-+-----+		+-----+		
Case 21	21	-+				
Case 4	4	-+				
Case 41	41	-----+				

*Abb. 94:* Clusteranalyse aller 42 Kompostanlagen aufgrund der gemessenen PAH-Gehalte der Komposte, "Case .." = Kompost-Anlage.

- Die Anlage 41 bildet einen eigenen Cluster, da sie bei allen Parametern als Ausreißer auftritt.
- Der zweite Cluster wird von den Anlagen 17, 37, 27, 39, 12, 19, 13, 24, 9, 15, 42, 16, 35, 7, 11, 40, 21 und 4 gebildet. Er unterscheidet sich vom dritten Cluster durch in der Tendenz höhere PAH-Werte, besonders groß ist der Unterschied bei den Parametern Triphenylen und Benzo(g,h,i)perylen.
- Die restlichen Anlagen bilden den dritten Cluster.

Tendenziell überwiegen beim zweiten Cluster Kompostanlagen des Einzugsgebietstyps Stadt und beim dritten Cluster Anlagen der Einzugsgebietstypen Land und Stadt-Land.

In *Tab. 74* ist eine Zusammenfassung der signifikanten Unterschiede zwischen Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen bzw. zwischen den drei Einzugsgebietstypen Stadt, Land und Stadt-Land dargestellt.

*Tab. 74: Statistisch signifikante Unterschiede der PAH-Gehalte zwischen Biotonnen (BT)- und Grünschnitt-Anlagen (GS) bzw. zwischen den drei Einzugsgebietstypen Stadt, Land und Stadt-Land (t-Test).*

Parameter	Unterschied	Konfidenzintervall
Fluoren	BT > GS	90 %
Phenanthren	BT > GS	90 %
Fluoranthren	Stadt > Land	90 %
Triphenylen	Stadt > Land Stadt > Stadt-Land	95 % 90 %
Benzo(a)anthracen	Stadt > Land Stadt > Stadt-Land	95 % 95 %
Chrysen	Stadt > Land Stadt > Stadt-Land	90 % 90 %
Benzo(e)pyren	Stadt > Land Stadt > Stadt-Land	90 % 95 %
Benzo(b)fluoranthren	Stadt > Land Stadt > Stadt-Land	95 % 90 %
Benzo(k)fluoranthren	Stadt > Land Stadt > Stadt-Land	95 % 90 %
Benzo(a)pyren	Stadt > Land Stadt > Stadt-Land	95 % 95 %
Dibenzo(a,h)anthracen	Stadt > Land Stadt > Stadt-Land	95 % 90 %
Benzo(g,h,i)perylen	Stadt > Land Stadt > Stadt-Land	90 % 90 %
Indeno(1,2,3cd)pyren	Stadt > Land Stadt > Stadt-Land	95 % 95 %
Coronen	Stadt > Land	90 %

### 8.7.1.6 Diskussion und Schlußfolgerungen

Die Stoffgruppe der PAH umfaßt zahlreiche (einige 100) aromatische Verbindungen von 2 oder mehr Benzolringen, sie gehören zu weitverbreiteten Umweltschadstoffen (LITZ, 1990). Die Bestimmung erfolgt üblicherweise über die Messung von Benzo(a)pyren als Leitsubstanz, der Bestimmung von 6 ausgewählten PAH (ÖSTERREICHISCHES LEBENSMITTELBUCH, 1993; ANONYM, 1980) oder von 16 PAH nach der "EPA Pollutant List" (EPA: US-Environmental Protection Agency). Zu diesen Verbindungen gehören auch einige stark karzinogene (Benzo(a)pyren, Dibenzo(a,h)anthracen) Substanzen sowie karzinogene (Benzo(b)fluoranthene) und schwach karzinogene (Indeno(123,cd)pyrene) Vertreter (DZOMBAK & LUTHY, 1984).

Quellen für PAH sind hauptsächlich unvollständige Verbrennungsvorgänge bei fossilen und organischen Energieträgern, wodurch Ballungszentren durch die PAH-Immissionssituation

meist stärker belastet sind. 1994 wurden in Österreich 458 t PAH emittiert, wobei der überwiegende Anteil dieser Emissionen auf den Hausbrand zurückzuführen ist und somit vorrangig auf die Wintermonate beschränkt ist (KÖNIG et al., 1997). Neben dem Hausbrand stellen noch Heizkraftwerke, verschiedene Industriebetriebe (z. B. Gaswerke, Kokereien, Raffinerien) und der Kfz-Verkehr PAH-Emissionsquellen dar. FABIG (1986) schätzt eine Immissionsfracht von 70 bis 140  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{a}$ . Die Persistenz der Stoffgruppe, insbesondere der hochmolekularen Verbindungen, wird abgesehen von den leicht flüchtigen oder wasserlöslichen Verbindungen als äußerst hoch eingeschätzt. Ein mikrobieller Abbau von Verbindungen mit mehr als 4 Benzolringen konnte nicht eindeutig beobachtet werden (HUND & SCHENK, 1994). Waldstandorte sind besonders häufig höher mit PAH belastet, als offene Landflächen.

Für Böden wurde beobachtet, daß die Abbauraten mit zunehmender Anfangskonzentration steigen und innerhalb der Stoffgruppe der PAH mit der Zahl der kondensierten Ringe sinken (SIMS & OVERCASH, 1983). Der Abbau von PAH im Boden geht jedoch nicht zwingend einher mit einer Verringerung des Gefährdungspotentials, da die Abbauprodukte bzw. Metabolite meist besser wasserlöslich und damit mobiler sind als die PAH-Ausgangsverbindungen selbst.

Für die Summe 6 PAH (Fluoranthen, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(a)pyren, Indeno(123)pyren, Benzo(ghi)perylen) wurde nach der Grundwasserschwel­lenwertverordnung (BGBl. 502/1991) nach dem Wasserrechtsgesetz 1990 ein Schwellenwert von 0,1  $\mu\text{g}/\text{l}$  für Grundwasser eingeführt.

Für den uneingeschränkten Anbau von Nahrungsmitteln wird ein Grenzwert für Benzo(a)pyren im Boden von 2 mg/kg TS empfohlen (KOMMUNALVERBAND RUHRGEBIET; 1992). Da sich die PAH-Konzentrationsverhältnisse zueinander relativ stabil verhalten – wie in den Meßergebnissen ebenfalls abzulesen – kann, da Benzo(a)pyren immer 10 bis 15 % der Gesamt PAH beträgt (KONTEYE, 1988) ein Richtwert von etwa 20 mg/kg TS Gesamt-PAH-Gehalt abgeleitet werden.

DOCK et al. (1991) empfehlen dagegen eine Grenzziehung bei 10 mg/kg PAH-Gesamt und 0,1 mg/kg TS für Benzo(a)pyren.

Aus den vorliegenden Ergebnissen ist ebenfalls ein stabiles Verhältnis des Gesamt PAH-Wertes zu dem Summenwert der 6 PAH für Trinkwasser (ÖSTERREICHISCHES LEBENS-MITTELBUCH, 1993; ANONYM, 1980) von etwa 1:2 feststellbar. Diesem Umstand folgend kann für die gesamte Gruppe ein Prüfwert von 5 mg/kg TS abgeleitet werden.

SCHWADORF et al. (1996) zeigten für die 16 EPA-PAH eine zeitpunktabhängige Veränderung der Gehalte. Besonders deutlich fielen bei der Mehrfachbeprobung und Analyse einiger Komposte die Spannen von max. 4 bis 10 mg/kg TS aus, die Mischproben daraus lagen durchwegs über dem Mittelwert der Einzelproben. Es kann daraus gefolgert werden, daß die Probenahme darauf abgestimmt sein sollte, etwa durch Mehrfachbeprobung oder Zweifachbestimmung.

Tab. 75: Übersicht über die Summen von PAH in den Komposten – den vorgeschlagenen Prüfwerten und Gefahrenwerten von Böden für die allgemeine landwirtschaftliche Nutzung (UBA, 1995) und abgeleiteten Prüfwerten (#) gegenübergestellt.

Summe n=42	Gefahrenwert	Prüfwert	Minimum	Maximum	Median
PAH 16 mg/kg TS		10,0#)	0,102	11,002	0,962
PAH 6 mg/kg TS		5,0#)	0,047	4,892	0,502
PAH I mg/kg TS*)	1,5	0,75	0,006	1,616	0,154
PAH II mg/kg TS**)	2,0	1,0	0,010	1,064	0,154
PAH III mg/kg TS***)	2,5	1,25	0,004	0,691	0,049
PAH IV mg/kg TS****)	----	5,0	0,070	7,058	0,521

#) Abgeleitete Prüfwerte

**Gruppierung nach UBA (1995):**

\*) PAH I: Summe aus (Benzo(c)phenanthren), Benzo(a)anthracen, Chrysen

\*\*\*) PAH II: Summe aus Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthren, (Benzo(j)fluoranthren), (Dibenzo(a,c)anthracen), Dibenzo(a,h)anthracen

\*\*\*\*) PAH III: Summe aus (Dibenzo(a,h)pyren), (Dibenzo(a,i)pyren), (Dibenzo(a,l)pyren), Indeno(123-cd)pyren

\*\*\*\*\*) PAH IV: Summe aus PAH ohne kanzerogenes Potential

() PAH-Vertreter in Klammer wurden nicht analysiert, mit der Folge, daß diese Summen in der Tab. 75 etwas unterschätzt sind.

In Lebensmitteln und verschiedenen Pflanzen sind PAH in sehr unterschiedlichen Konzentrationen nachgewiesen worden. Die Deposition über die Atmosphäre auf einzelne Pflanzenteile ist die Hauptursache von PAH-Gehalten in Pflanzen, v. a. in industrialisierten Landstrichen ist einer einer ubiquitären PAH-Belastung von Pflanzen kaum aus dem Wege zu gehen (STARKE et al., 1991). Die PAH-Konzentrationen sind im Wurzel- und Knollenbereich in der Regeln niedriger, woraus sich schließen läßt, daß die Deposition über die Atmosphäre die Hauptursache von PAH-Gehalten in Pflanzen darstellt. Die aktive PAH-Aufnahme durch Pflanzenwurzeln ist nur in Gebieten mit PAH-Kontaminationen relevant (STARKE et al, 1991). In Tab. 76 sind Beispiele für Benzo(a)pyren-Gehalte in Pflanzen dargestellt.

Tab. 76: Benzo(a)pyren-Gehalte in Pflanzen (SIMS & OVERCASH, 1983).

Werte in µg/kg TS	Laub	Kartoffeln, Karotten	Blattgemüse	Früchte
Benzo(a)pyren	22–88	0,07–6,0	0,05–50	0,02–0,04

Allgemein kann aus den obigen Arbeiten abgeleitet werden, daß Komposte generell deutlich mit PAH belastet sind. Es besteht z. T. ein Unterschied zwischen Grünschnitt- und Biotonnenkomposten (siehe Tab. 74), entscheidender dürfte jedoch die Struktur des Einzugsgebietstyps sein (städtischer oder ländlicher Bereich) und damit die Nähe zu Emissionsquellen.

Wenn Kompost u. U. in großen Mengen ab 100 Tonnen pro Hektar auf den Boden gelangt oder als Hauptbestandteil von Kultursubstrat im Wohnbereich oder zur Nahrungsmittelproduktion verwendet wird, kann die PAH-Belastung nicht vernachlässigt werden. Die PAH-Gehalte in den Komposten können generell durch strikte Vermeidung von Asche und sonstigen Verbrennungsrückständen als Eingangsmaterialien der Kompostanlagen auf ein vertretbares Maß reduziert werden. Die Untersuchung der Komposte auf die Belastung mit PAH sollte sich – auf Grund vertretbarer Mittelwerte in der Untersuchung – auf Verdachtsmaterialien und besondere Anwendungsfälle beschränken lassen.



## 8.7.2 Polychlorierte Biphenyle (PCB)

Polychlorierte Biphenyle (PCB) wurden über Jahrzehnte hinweg großtechnisch hergestellt. Insgesamt gibt es 209 Einzelverbindungen (PCB-Kongenere), meistens werden 6 davon analysiert (= PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153, PCB 180). Die Summe dieser 6 PCB-Kongenere (Ballschmitter-Summe) umfaßt an die 30 % der gesamten PCB (VOGTMANN et al., 1993). In jüngster Zeit wird den sogenannten koplanaren PCB (PCB 77, PCB 81, PCB 126, PCB 169) vermehrt Aufmerksamkeit geschenkt, da sie denselben Wirkmechanismus wie toxische Dioxine und Furane aufweisen und neuerdings auch mit Äquivalenzfaktoren zur Berechnung von toxischen Äquivalenten belegt werden (vgl. Kap. 8.7.5) (WHO, 1998).

Im Rahmen dieser Studie wurden folgende PCB-Einzelverbindungen untersucht: PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153, PCB 180 (= Summe 6 Ballschmitter), PCB 77, PCB 81, PCB 126 und PCB 169 (koplanare PCB).

Die Probenvorbereitung für die Bestimmung von PCB umfaßte:

- Extraktion am Soxhlet mit n-Hexan.
- Entschwefeln mit Kupferpulver.
- säulenchromatographische Reinigung an Florisil (4 % Wasser).
- Fraktion 1 (n-Hexan, n-Hexan/Toluol): enthält PCB, HCB, HCH und Chlorinsektizide ohne  $\beta$ -Endosulfan
- Fraktion 2 (Toluol): enthält  $\beta$ -Endosulfan
- säulenchromatographische Reinigung der Fraktion 2 an Kieselgel/Silbernitrat
- Volumenreduktion der Extrakte (Fraktion 1 und Extrakt nach Kieselgelreinigung) auf je 1 ml
- Zugabe von Decachlorbiphenyl als Injektionsstandard zu jedem Extrakt

Die qualitative und quantitative Analyse erfolgte mit GC-ECD auf DB5 und DB1301, die Auswertung wurde nach der internen Standardmethode durchgeführt. Weiters umfaßte die Analyse eine niederauflösende MS-Absicherung nach SIM.

Es wurden bei allen Analysen Doppelbestimmungen durchgeführt. Laborintern wurden Vertrauensbereiche definiert, die von den Einzelwerten der Doppelbestimmung eingehalten werden mußten. Proben, deren Einzelanalyse diesen Bereich überschritten, wurden durch eine weitere Doppelbestimmung überprüft.

Die Werte für die einzelnen PCB-Kongenere können dem Anhang, Tabelle 5 (S. 312ff) entnommen werden.

### 8.7.2.1 Statistische Eckdaten

Die statistischen Eckdaten für die einzelnen PCB-Einzelverbindungen können *Tab. 77* entnommen werden. Die Bestimmungsgrenze für alle PCB-Kongenere lag jeweils bei 0,8  $\mu\text{g}/\text{kg}$  TS lyo, die Nachweisgrenze bei 0,4  $\mu\text{g}/\text{kg}$  TS lyo.

Tab. 77: PCB-Gehalte der Kompostproben bezogen auf 105°C TS.

n = 42 Anlagen	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 138	PCB 153	PCB 180	Summe 6 Ballschmitter
in µg/kg TS <sub>105°C</sub>							
Min	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	< BG	n.n.	0,9
Max	1,5	0,9	3,7	12,0	12,7	9,0	34,7
Mittelwert	0,4	0,2	1,2	4,4	4,0	3,1	13,6
Median	0,6	n.n.	0,9	4,0	3,3	2,8	11,6
unteres Quartil	n.n.	n.n.	0,6	2,2	2,0	1,4	6,3
oberes Quartil	0,6	0,5	1,6	6,5	6,2	4,5	20,4
Standard- abweichung	0,4	0,3	1,1	3,1	2,9	2,3	9,1

Neben den obengenannten PCB – Kongenere worden in den 42 Anlagen auch die koplana- ren PCB 77, 81, 126 und 169 gemessen. Lediglich für PCB 77 konnte ein Meßwerte unter- halb der Bestimmungsgrenze festgestellt werden.

### 8.7.2.2 Trennung nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen

Bei der weiteren statistischen Auswertung wurden die PCB-Kongenere 77, 81, 126 und 169 nicht beachtet, da sie bei allen Proben unterhalb der Nachweisgrenze war. Bei den Bioton- nen-Anlagen wird PCB 77 mit einbezogen, da bei einer Biotonnen-Anlage dieses Kongener nachgewiesen wurde, allerdings unterhalb der Bestimmungsgrenze.

In *Abb. 98* ist die Verteilung der **PCB 28**-Werte, aufgeteilt nach Biotonnen- und Grünschnitt- Anlagen dargestellt. Es gibt es keine Ausreißer. Bei den Grünschnitt-Anlagen liegt die Kon- zentration der Werte am unteren Ende der Box, da bei vielen Anlagen kein Wert nachgewie- sen werden konnte. Bei den Biotonnen-Anlagen liegen die Werte vieler Anlagen zwischen Nachweis- und Bestimmungsgrenze (zwischen 0,4 und 0,8 µg/kg TS<sub>105°C</sub>). Dort befindet sich auch die Konzentration der Werte (der Median), am oberen Ende der Box.

**PCB 52** (siehe *Abb. 96*) konnte nur bei zwei Grünschnitt-Anlagen nachgewiesen werden (Anlagen 15 und 34), welche dadurch als Extremwerte eingezeichnet sind. Ihr PCB 52-Wert liegt zwischen Bestimmungs- und Nachweisgrenze. Bei den Biotonnen-Anlagen liegt die Konzentration der Werte (Median) auch bei Null, d. h. beim Großteil der Anlagen war PCB 52 nicht nachweisbar.

Bei dem Parameter **PCB 101** (siehe *Abb. 97*) ist der Median der Biotonnen-Anlagen knapp in der unteren Hälfte der Box. Drei Anlagen weisen einen Ausreißerwert auf, die Anlagen 14, 29 und 42. Bei den Grünschnitt-Anlagen gibt es keine Ausreißer und der Median liegt in der unteren Hälfte der Box.

Der Parameter **PCB 138** (siehe *Abb. 98*) ist bei beiden Anlagentypen annähernd gleich und symmetrisch verteilt. Es gibt keine Ausreißer.

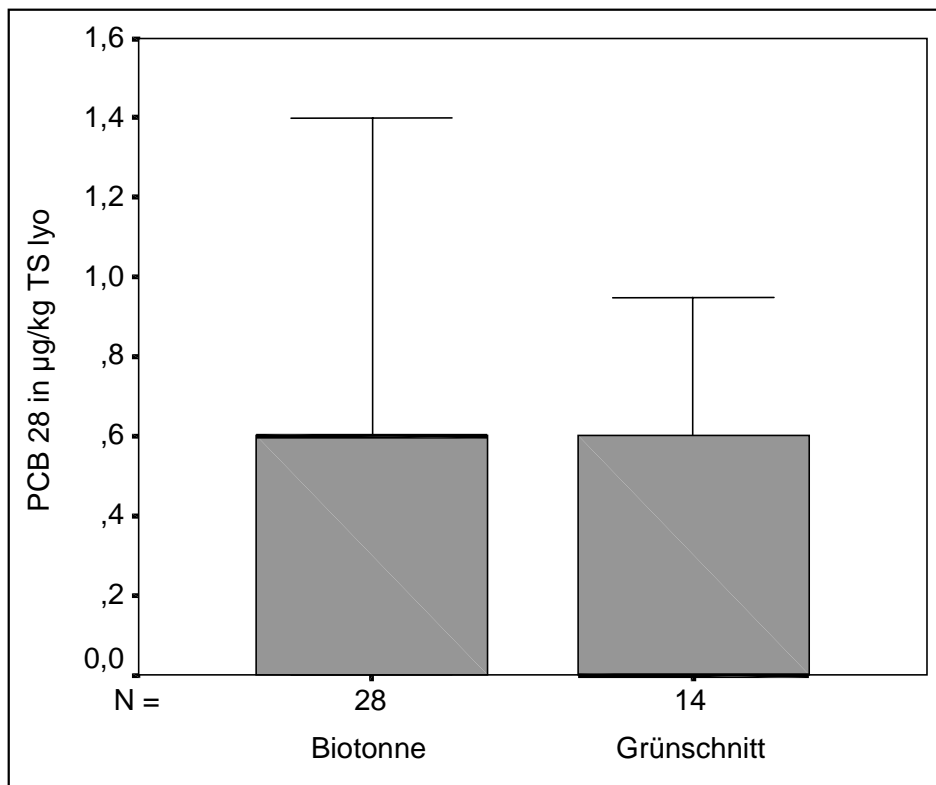


Abb. 95: Boxplot: PCB 28-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo).

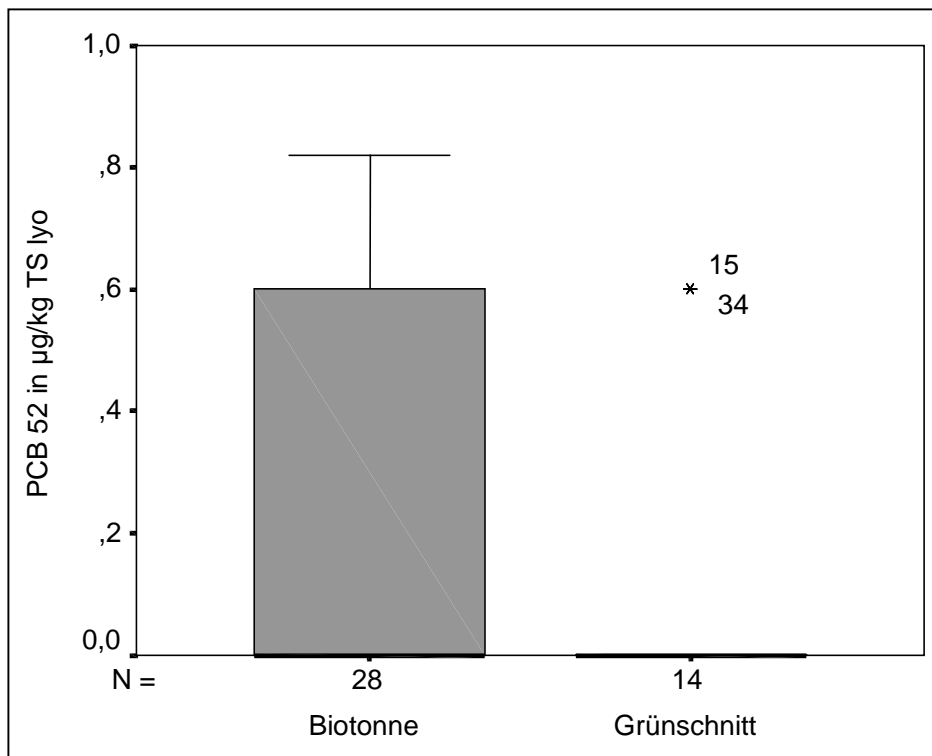


Abb. 96: Boxplot: PCB 52-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo).

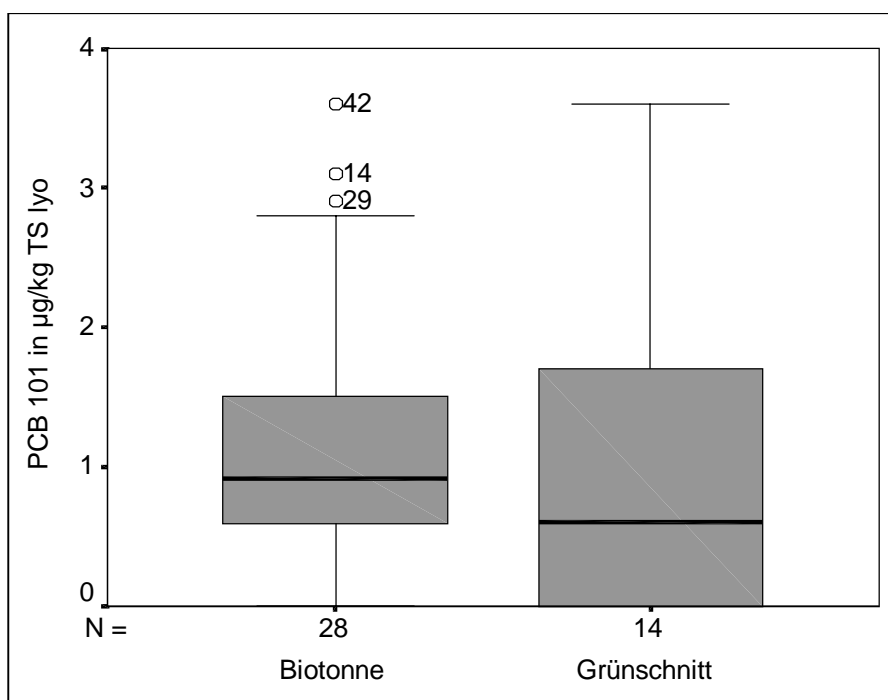


Abb. 97: Boxplot: PCB 101-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS Iyo).

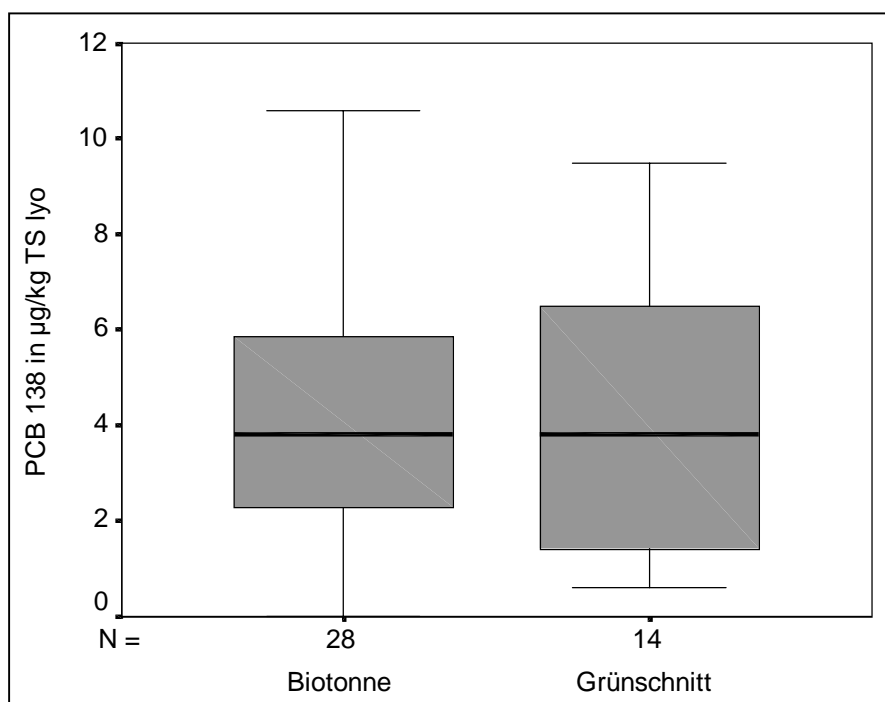


Abb. 98: Boxplot: PCB 138-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS Iyo).

Beim **PCB 153** (Abb. 99) sind die Werte bei Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen annähernd gleich verteilt. Bei den Biotonnen-Anlagen gibt es einen Ausreißer, die Anlage 37.

Bei **PCB 180** (Abb. 100) liegen die Mediane der Meßwerte bei Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen annähernd gleich hoch. Bei den Biotonnen-Anlagen gibt es aber zwei Ausreißer, die Anlagen 16 und 37. Bei den Grünschnitt-Anlagen gibt es keine Ausreißer.

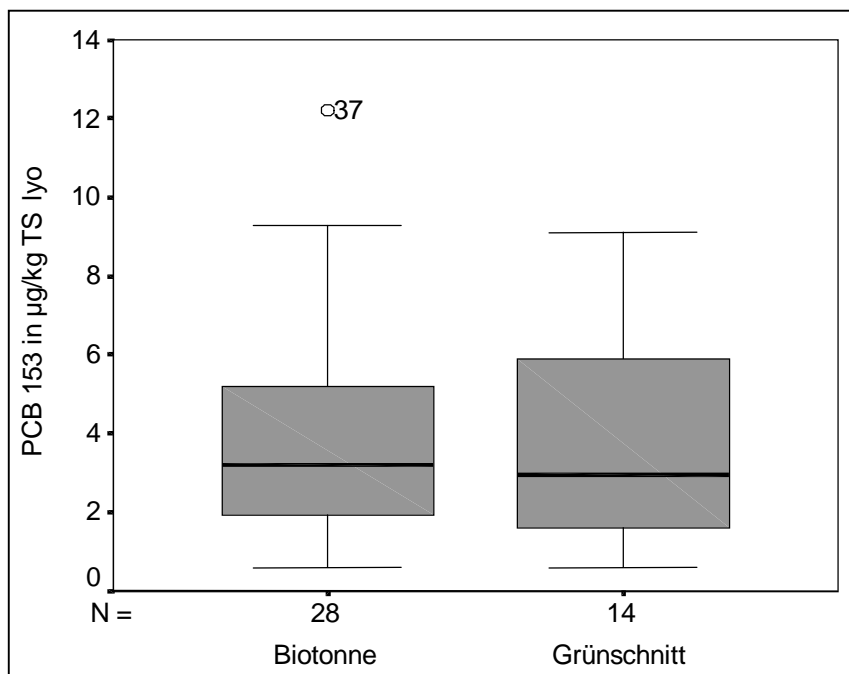


Abb. 99: Boxplot: PCB 153-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo).

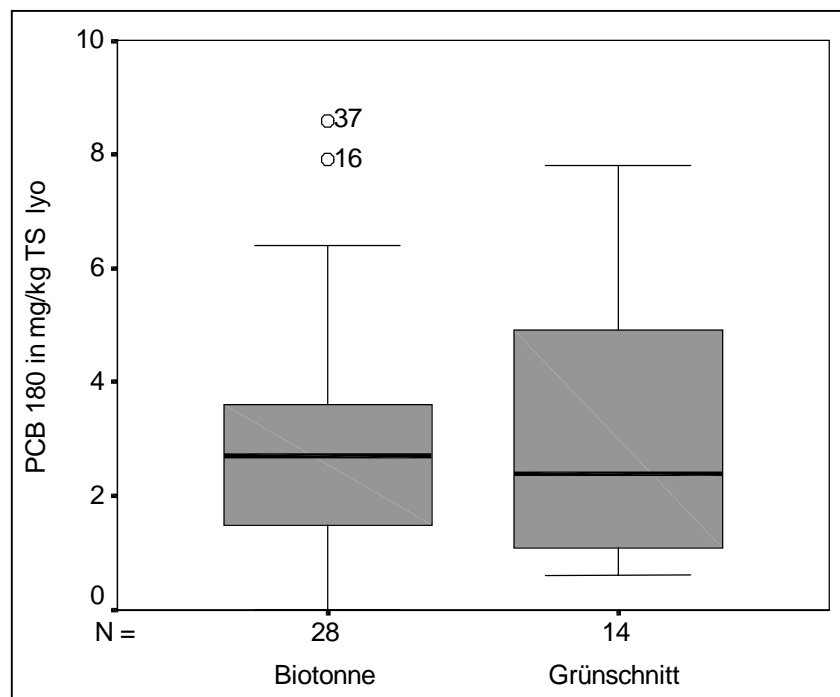


Abb. 100: Boxplot: PCB 180-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo).

Es gibt eine einzige Biotonnen-Anlage, in der ein **PCB 77**-Wert zwischen Bestimmungs- und Nachweisgrenze nachgewiesen wurde.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, daß kein signifikanter Unterschied zwischen den PCB-Gehalten von Biotonnen- und Grünschnitt-Komposten ermittelt wurde. Bezüglich der Einzugsgebietstypen ist auffällig, daß die Komposte der Kategorie Einzugsgebiet Land signifikant niedrigere PCB-Gehalte aufweisen, als jene der Einzugsgebietstypen Stadt und Stadt-Land.

### 8.7.2.3 Gesamtbetrachtung der Gruppe PCB – Biotonnen-Anlagen

Folgende Parameter der Gruppe der PCB werden in die statistische Analyse einbezogen: PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153, PCB 180 (= Summe 6 Ballschmitter) und PCB 77. Die PCB-Kongener 81, 126 und 169 werden nicht beachtet, da sie bei keiner Probe nachweisbar waren.

Es wurden 28 Biotonnen-Anlagen untersucht.

#### 8.7.2.3.1 Hauptkomponentenanalyse und Korrelationen

Innerhalb der Gruppe der PCB wurden Korrelationen errechnet, um Zusammenhänge zwischen den einzelnen PCB-Parametern herauszufinden. Dazu wurde zuerst eine Hauptkomponentenanalyse zur Datenreduktion durchgeführt.

Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lyophilisierte Trockensubstanz (TS lyo) durchgeführt.

Bei den PCB dieser Gruppe sind zwei Faktoren nötig, um 80,7 % der Varianz zu erklären. Die Tabelle mit den Faktorladungen zeigt (siehe *Tab. 78*), daß der zweite Faktor nur für das PCB 77 gebraucht wird. Dieses Kongener konnte jedoch nur bei einer einzigen Anlage nachgewiesen werden. Man könnte diesen Faktor aus praktischen Überlegungen auch weglassen, er wurde in der Folge jedoch weiter behandelt.

*Tab. 78: Hauptkomponentenanalyse "Biotonne-PCB": Factor Matrix.*

	<b>Factor 1</b>	<b>Factor 2</b>
PCB101	,84725	,15196
PCB138	,92672	-,32493
PCB153	,88025	-,43471
PCB180	,88672	-,42567
PCB28	,71180	,42337
PCB52	,68827	,49620
PCB77	,46404	,62408

Der Faktorladungsplot (siehe *Abb. 101*) zeigt eine Gruppe gebildet aus PCB 138, PCB 153 und PCB 180. Eine zweite Gruppe bilden die Parameter PCB 28 und PCB 52.

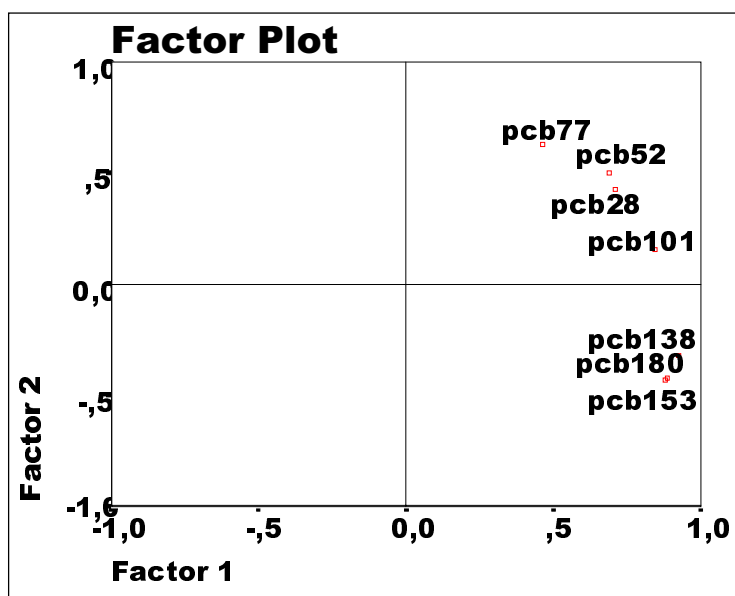


Abb. 101: Hauptkomponentenanalyse "Biotonne-PCB": Plot der Faktorladungen der Variablen.

Der nächste Scatterplot (siehe Abb. 102) zeigt nun die Lage der Biotonnen-Anlagen, errechnet aufgrund der neuen Werte (alter Wert x "Eigenvalue") für die PCB (zusammengeführt in den zwei Faktoren) in der Fläche, welche von den zwei Hauptkomponenten aufgespannt wird. Man kann die Anlage 29 gut erkennen. Sie ist die Anlage, wo PCB 77 nachgewiesen werden konnte. Die Anlage 37 fällt auch heraus, da sie hohe Werte beim PCB 180 und PCB 153 hat, die sich negativ auf die zweite Hauptkomponente auswirken.

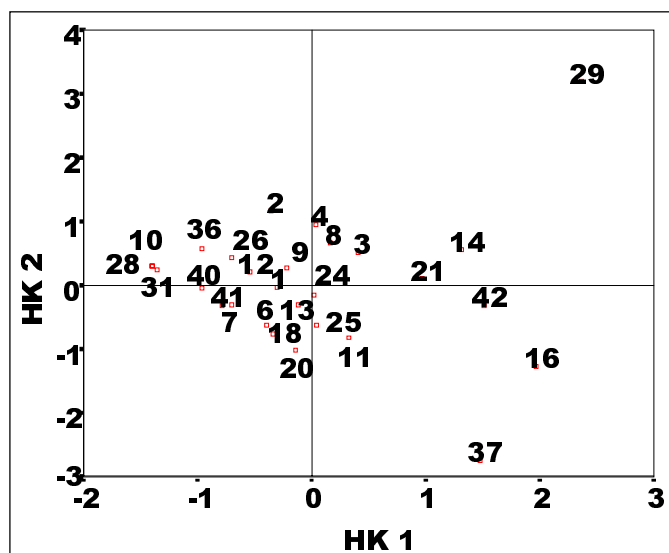


Abb. 102: Hauptkomponentenanalyse "Biotonne-PCB": Scatterplot mit neuer Lage der Biotonnen-Anlagen aufgrund der PCB-Werte.

Die Korrelationen innerhalb der Gruppe der PCB bei den Biotonnen-Anlagen zeigt Tab. 79. Es wird der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet. Ein Stern bedeutet, daß die Korrelation auf dem 95 % Niveau signifikant ist. Die Signifikanz auf dem 99 % Niveau ist durch zwei Sterne gekennzeichnet.

Tab. 79: Korrelationen der PCB-Werte der Biotonnen-Komposte.

Pearson Correlation

	PCB101	PCB138	PCB153	PCB180	PCB28	PCB52	PCB77
PCB101	1.000	.691**	.613**	.659**	.552**	.725**	.362
PCB138	.691**	1.000	.964**	.954**	.520**	.445*	.284
PCB153	.613**	.964**	1.000	.967**	.461*	.354	.200
PCB180	.659**	.954**	.967**	1.000	.427*	.384*	.201
PCB28	.552**	.520**	.461*	.427*	1.000	.601**	.484**
PCB52	.725**	.445*	.354	.384*	.601**	1.000	.405*
PCB77	.362	.284	.200	.201	.484**	.405*	1.000

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

### 8.7.2.3.2 Clusteranalyse

Die Clusteranalyse faßt die Anlagen in Kategorien (Gruppen) zusammen. Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lyophilisierte Trockensubstanz (TS lyo) durchgeführt.

Bei den PCB lassen sich die Biotonnen-Anlagen in zwei Gruppen einteilen. Eine Gruppe wird aus den Anlagen 4, 8, 3, 2, 14, 21, 16, 42, 29 und 37 gebildet, bei dieser Gruppe ist der Mittelwert bei allen Parametern höher als bei der anderen Gruppe.

Bei der Clusteranalyse mit den zwei Hauptkomponenten werden die Biotonnen-Anlagen ebenfalls in zwei Gruppen aufgeteilt, ihre Zugehörigkeit hat sich jedoch etwas geändert. Der eine Cluster besteht aus den Anlagen 14, 21, 42, 16, 37 und 29, dies sind wiederum die Anlagen mit den höheren Mittelwerten. Dieser Cluster besitzt hohe positive Werte in der ersten Hauptkomponente. Die restlichen Anlagen bilden den zweiten Cluster. Sie haben in der ersten Hauptkomponente entweder negative oder leicht positive Ladungen. Dieser Unterschied zu den Meßwerten liegt im stattfindenden Informationsverlust durch die Faktoranalyse begründet.

### 8.7.2.4 Gesamtbetrachtung der Gruppe der PCB – Grünschnitt-Anlagen

Folgende Parameter der Gruppe der PCB werden in die statistische Analyse einbezogen: PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153 und PCB 180 (= Summe 6 Ballschmitter). Die PCB-Kongenere 81, 126, 169 und 77 werden nicht beachtet, da sie bei keiner Probe nachweisbar waren.

Es wurden 14 Grünschnitt-Anlagen untersucht.

#### 8.7.2.4.1 Hauptkomponentenanalyse und Korrelationen

Innerhalb der Gruppe der PCB wurden Korrelationen errechnet, um Zusammenhänge zwischen den einzelnen PCB-Parametern herauszufinden. Dazu wurde zuerst eine Hauptkomponentenanalyse zur Datenreduktion durchgeführt.

Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lyophilisierte Trockensubstanz (TS lyo) durchgeführt.

Die Hauptkomponentenanalyse ergibt, daß sich diese Gruppe durch einen einzigen Faktor erklären läßt. Der erste Faktor erklärt bereits 74,1 % der Varianz. Die Faktormatrix (siehe Tab. 80) zeigt die Ladungen für die einzelnen Parameter und den Faktor. Es sind alle La-



dungen sehr hoch, so daß von einem gleichmäßigen Vorkommen der PCB ausgegangen werden kann. Nur PCB 28 hat wenig Einfluß auf diesen Faktor.

Tab. 80: Hauptkomponentenanalyse "Grünschnitt-PCB": Factor Matrix.

	Factor 1
PCB101	,94124
PCB138	,97092
PCB153	,97573
PCB180	,97017
PCB28	,29370
PCB52	,79975

Die Korrelationen innerhalb der Gruppe der PCB bei den Grünschnitt-Anlagen zeigt Tab. 81. Es wird der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet. Ein Stern bedeutet, daß die Korrelation auf dem 95 % Niveau signifikant ist. Die Signifikanz auf dem 99 % Niveau ist durch zwei Sterne gekennzeichnet. Es kann auf Grund der Faktoranalyse und der Korrelation beim Auftreten von PCB im Kompost von einer gleichmäßigen Hintergrundbelastung mit PCB mit Ausnahme von PCB 28 ausgegangen werden, die für Grünschnittkomposte typisch sein dürfte.

Tab. 81: Korrelationen der PCB-Werte der Grünschnitt-Komposte.

Pearson Correlation						
	PCB101	PCB138	PCB153	PCB180	PCB28	PCB52
PCB101	1.000	.918**	.931**	.884**	.196	.662**
PCB138	.918**	1.000	.984**	.937**	.222	.687**
PCB153	.931**	.984**	1.000	.962**	.188	.679**
PCB180	.884**	.937**	.962**	1.000	.222	.749**
PCB28	.196	.222	.188	.222	1.000	.267
PCB52	.662**	.687**	.679**	.749**	.267	1.000

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

#### 8.7.2.4.2 Clusteranalyse

Die Clusteranalyse klassifiziert die Anlagen in Kategorien (Gruppen). Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lyophilisierte Trockensubstanz (TS lyo) durchgeführt.

Bei der Gruppe PCB lassen sich die Grünschnitt-Anlagen in zwei Cluster einteilen, die sich vor allem hinsichtlich PCB 153, PCB 138 und PCB 180 unterscheiden. Einen Cluster bilden die Anlagen 15, 34, 17, 19 und 22, diese Gruppe weist höhere Werte speziell bei diesen drei PCB-Kongeneren auf. Die restlichen Anlagen mit den niedrigeren PCB-Werten bilden den zweiten Cluster.

Bei der Clusteranalyse mit den Hauptkomponenten der PCB erhält man dieselbe Anlagen-gruppierung.

### 8.7.2.5 Gesamtbetrachtung der Gruppe der PCB – Sämtliche Kompostanlagen

#### 8.7.2.5.1 Korrelationen

Die Korrelationen innerhalb der Gruppe der PCB aufgrund der Werte aller 42 Kompostanlagen zeigt *Tab. 82*. Es wird der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet. Ein Stern bedeutet, daß die Korrelation auf dem 95 % Niveau signifikant ist. Die Signifikanz auf dem 99 % Niveau ist durch zwei Sterne gekennzeichnet.

*Tab. 82: Korrelationen der PCB-Werte der Komposte aller 42 Kompostanlagen.*

Pearson Correlation

	PCB101	PCB138	PCB153	PCB180	PCB28	PCB77
PCB101	1.000	.785**	.737**	.748**	.387*	.262
PCB138	.785**	1.000	.970**	.948**	.380*	.216
PCB153	.737**	.970**	1.000	.964**	.349*	.159
PCB180	.748**	.948**	.964**	1.000	.324*	.154
PCB28	.387*	.380*	.349*	.324*	1.000	.412**
PCB77	.262	.216	.159	.154	.412**	1.000

\*\* · Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* · Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Es kann auf Grund der Korrelation beim Auftreten von PCB im Kompost von einer gleichmäßigen Hintergrundbelastung mit PCB – mit Ausnahme von PCB 28 – ausgegangen werden. Dies kann besonders für die höherchlorierten PCB und daher beständigeren PCB gelten. Niedrig chlorierte PCB nehmen dabei eine Sonderstellung ein, insbesondere PCB 28.

#### 8.7.2.5.2 Clusteranalyse

Es wurde eine Clusteranalyse mit den PCB-Werten aller 42 Kompostanlagen durchgeführt, um herauszufinden, in welche Gruppen sich die Anlagen aufteilen. Um mögliche Ursachen bzw. bestimmende Faktoren für die Gruppenbildung herauszufinden, wurden die Daten aus der Fragebogenerhebung herangezogen. Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lyophilisierte Trockensubstanz (TS lyo) durchgeführt.

Wie in *Abb. 103* zu sehen ist, werden die Kompostanlagen in drei Gruppen (Cluster) eingeteilt. Einen Cluster bilden die Anlagen 14, 21, 15, 16, 42, 34, 19, 37 und 29. Sie sind durch hohe PCB-Meßwerte, vor allem bei PCB 101, PCB 138 und PCB 153 charakterisiert. Es handelt sich fast ausschließlich um Kompostanlagen des Einzugsgebietstyps Stadt. Einen weiteren Cluster bilden die Anlagen 10, 28, 31, 5, 39, 27, 41, 7, 30, 40, 35, 38, 32, 36, 12, 33 und 26. Sie weisen niedrige PCB-Meßwerte, vor allem bei PCB 153 und PCB 101 auf, hier sind Kompostanlagen aller Einzugsgebietstypen vertreten. Die restlichen Anlagen bilden den dritten Cluster, wo ebenfalls alle drei Einzugsgebietstypen vertreten sind.

In *Tab. 83* ist eine Zusammenfassung der signifikanten Unterschiede zwischen Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen bzw. zwischen den drei Einzugsgebietstypen Stadt, Land und Stadt-Land dargestellt. Anhand dieser Differenzen von Stadt- und Landgebieten kann von einer stärkeren Belastung der Stadtgebiete ausgegangen werden.

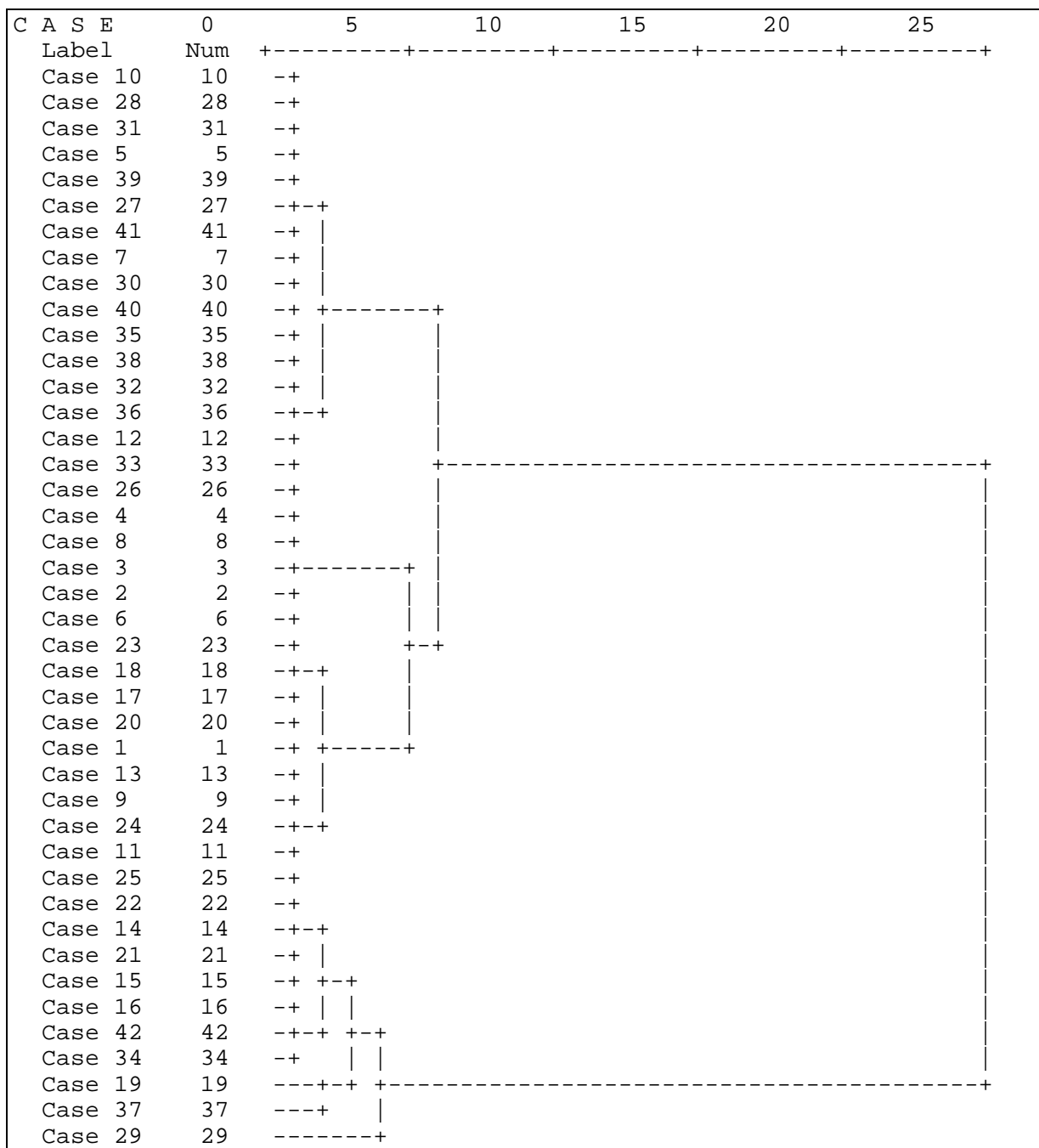


Abb. 103: Clusteranalyse aller 42 Kompostanlagen aufgrund der gemessenen PCB-Werte der Komposte, "Case .." = Nummer der Kompostanlage.

Tab. 83: Liste der statistisch signifikanten Unterschiede der PCB-Gehalte zwischen Biotonnen (BT)- und Grünschnitt-Anlagen (GS) bzw. zwischen den drei Einzugsgebietstypen Stadt, Land und Stadt-Land (t-Test).

Parameter	Unterschied	Konfidenzintervall
Summe 6 PCB	Stadt > Land	95 %
	Stadt > Stadt-Land	95 %

### 8.7.2.6 Diskussion und Schlußfolgerungen

Die gefundenen und oberhalb der Nachweisgrenze gelegenen PCB Meßwerte sind vorwiegend auf die höherchlorierten Verbindungen (PCB 153, 138, 180) konzentriert. In der österreichischen Düngemittelverordnung des Düngemittelgesetzes (1994) wurden die 6 Ballschmücker-PCB mit 0,2 mg/kg TS begrenzt.

Der Baden-Württemberger Komposterlaß sieht eine Begrenzung der einzelnen Kongenere mit 0,033 mg/kg TS vor. In der Regel umfassen die angeführten 6 PCB etwa 30 % der in verschiedenen Umweltkompartimenten gefundenen Kongenere (FRICKE & VOGTMANN, 1994).

Die gemessenen Werte liegen deutlich von diesen Grenzwerten entfernt. SCHWADORF et al. (1996) fanden in den Komposten vergleichsweise höhere Mittelwerte in Baden-Württemberg, tendenziell zeigt sich eine leicht höhere Belastung der Biotonnen-Komposte. Bei wiederholter Probenahme über das Jahr schwankten die Meßwerte wenig verglichen mit den wiederholten Beprobungen und Messungen aus einer Kompostmiete. Die Schwankungsbreite lag zwischen 0,04 und 0,09 mg/kg TS, die Mischprobe aus diesen Proben lieferte teilweise jedoch – mit Abstrichen – brauchbare Ergebnisse. FRICKE et al. (1989) berichten von Abbauvorgängen für PCB während der Kompostierung von durchschnittlich 45 % in drei Monaten, wovon die relativ geringen Konzentrationen an niederchlorierten PCB im Kompost herrühren könnten.

### 8.7.3 Chlorkohlenwasserstoffe

Folgende Chlorkohlenwasserstoffe wurden gemessen: HCB (Hexachlorbenzol), HCH ( $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH,  $\gamma$ -HCH (=Lindan),  $\delta$ -HCH), Chlorinsektizide (Chlordan cis, Chlordan trans, Aldrin, Dieldrin, Endrin, Heptachlor, Heptachlorepoxyd,  $\alpha$ -Endosulfan,  $\beta$ -Endosulfan), Pentachlorphenol, AOX und EOX.

Die Probenvorbereitung für die Bestimmung von HCB, HCH und Chlorinsektiziden umfaßte:

- Extraktion am Soxhlet mit n-Hexan
- Entschwefeln mit Kupferpulver
- säulenchromatographische Reinigung an Florisil (4 % Wasser)
- Fraktion 1 (n-Hexan, n-Hexan/Toluol): enthält PCB, HCB, HCH und Chlorinsektizide ohne  $\beta$ -Endosulfan
- Fraktion 2 (Toluol): enthält  $\beta$ -Endosulfan
- säulenchromatographische Reinigung der Fraktion 2 an Kieselgel/Silbernitrat
- Volumenreduktion der Extrakte (Fraktion 1 und Extrakt nach Kieselgelreinigung) auf je 1 ml
- Zugabe von Decachlorbiphenyl als Injektionsstandard zu jedem Extrakt

Die qualitative und quantitative Analyse erfolgte mit GC-ECD auf DB5 und DB1301, die Auswertung wurde nach der internen Standardmethode durchgeführt. Weiters umfaßte die Analyse eine niederauflösende MS-Absicherung nach SIM.

Die Bestimmung von AOX erfolgte nach DIN 38414, Teil 18 modifiziert. Zur Probenvorbereitung wurde die Probe mit Natriumnitratlösung und Aktivkohle versetzt, am Überkopfschüttler 1 Stunde geschüttelt, und danach über halogenfreie Polycarbonatfilter abfiltriert. Die Analyse erfolgte durch Verbrennen des Filters und des Filterrückstandes im Sauerstoffstrom bei 950°C und mikrocoulometrischer Detektion des gebildeten Halogenids.

Die Bestimmung von EOX in Kompost wurde gemäß DIN 38409, Teil 8 modifiziert durchgeführt. Die Probenvorbereitung erfolgte durch Extraktion am Soxhlet mit n-Hexan und Einengen des Extraktes auf 2 ml. Zur Analyse wurde ein Aliquot im Sauerstoffstrom bei 950°C verbrannt und das gebildete Halogenid durch mikrocoulometrische Detektion bestimmt.

Die Bestimmungsmethode von Pentachlorphenol ist im Kapitel 8.7.9 Chlorphenole nachzulesen.

Es wurden bei allen Analysen Doppelbestimmungen durchgeführt. Laborintern wurden Vertrauensbereiche definiert, die von den Einzelwerten der Doppelbestimmung eingehalten werden mußten. Proben, deren Einzelanalyse diesen Bereich überschritten, wurden durch eine weitere Doppelbestimmung überprüft.

Die Werte für die einzelnen Parameter der Gruppe der Chlorkohlenwasserstoffe können dem Anhang, Tabelle 5\_(S. 312ff) entnommen werden.

### 8.7.3.1 Statistische Eckdaten

Die statistischen Eckdaten für die einzelnen Parameter der Gruppe der Chlorkohlenwasserstoffe können *Tab. 84* entnommen werden.

Bei allen Kompostanlagen sind  $\delta$ -HCH sowie die Chlorinsektizide Aldrin und Heptachlor nicht nachweisbar.

Bei den Grünschnitt-Anlagen sind die Parameter  $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH sowie die Chlorinsektizide Chlordan cis und Chlordan trans nicht nachweisbar.

Der Parameter  $\alpha$ -HCH konnte bei nur einer Biotonnen-Anlage bestimmt werden, beim Parameter  $\beta$ -HCH wurde bei zwei Biotonnen-Anlagen ein Wert zwischen Bestimmungs- und Nachweisgrenze gemessen.

Bei einem Biotonnenkompost wurde ein Chlordan cis-Wert zwischen Bestimmungs- und Nachweisgrenze gemessen, bei demselben Kompost konnte auch der einzige Chlordan trans-Wert bestimmt werden.

Das Chlorinsektizid  $\alpha$ -Endosulfan konnte nur bei einem Grünschnitt-Hausgartenkompost bestimmt werden, derselbe Hausgartenkompost weist auch den höchsten  $\beta$ -Endosulfan-Wert auf.

*Tab. 84: Werte für die Chlorkohlenwasserstoffe der Kompostproben (bezogen auf 105°C TS).*

n = 42 Anlagen	HCB	$\alpha$ -HCH	$\beta$ -HCH	$\gamma$ -HCH	$\delta$ -HCH
in $\mu\text{g}/\text{kg TS}_{105^\circ\text{C}}$					
Min	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Max	3,1	0,85	< BG	3,8	n.n.
Mittelwert	0,8			0,6	
Median	0,6			0,6	
unteres Quartil	0,6			0,0	
oberes Quartil	1,0			0,8	
Standardabweichung	0,7			0,7	
Bestimmungsgrenze ( $\mu\text{g}/\text{kg TS lyo}$ )	(0,8)	(0,8)	(0,8)	(0,8)	(0,8)
Nachweisgrenze ( $\mu\text{g}/\text{kg TS lyo}$ )	(0,4)	(0,4)	(0,4)	(0,4)	(0,4)

Tab.84: (Fortsetzung): Werte für die Chlorkohlenwasserstoffe der Kompostproben bezogen auf 105°C TS.

n = 42 Anlagen	Chlordan cis	Chlordan trans	Aldrin	Dieldrin	Endrin
in µg/kg TS <sub>105°C</sub>					
Min	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Max	< BG	1,3	n.n.	< BG	41,9
Mittelwert				0,1	2,5
Median				0,0	1,4
unteres Quartil				0,0	0,6
oberes Quartil				0,0	2,3
Standardabweichung				0,2	6,3
Bestimmungsgrenze (µg/kg TS lyo)	(0,8)	(0,8)	(0,8)	(0,8)	(0,8)
Nachweisgrenze (µg/kg TS lyo)	(0,4)	(0,4)	(0,4)	(0,4)	(0,4)
n = 42 Anlagen	α-Endosulfan	β-Endosulfan	Heptachlor	Heptachlore- poxid	
in µg/kg TS <sub>105°C</sub>					
Min	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	
Max	13,11	38,0	n.n.	< BG	
Mittelwert		1,3		0,1	
Median		0,0		0,0	
unteres Quartil		0,0		0,0	
oberes Quartil		0,6		0,0	
Standardabweichung		5,9		0,2	
Bestimmungsgrenze (µg/kg TS lyo)	(0,8)	(0,8)	(0,8)	(0,8)	
Nachweisgrenze (µg/kg TS lyo)	(0,4)	(0,4)	(0,4)	(0,4)	
n = 42 Anlagen	Pentachlor- phenol	EOX	AOX		
in µg/kg TS <sub>105°C</sub>		in mg/kg TS <sub>105°C</sub>			
Min	2,6	< BG	36		
Max	2.263,8	2,2	272		
Mittelwert	75,5	0,9	75,9		
Median	16,8	0,6	67,0		
unteres Quartil	7,4	0,5	52,8		
oberes Quartil	32,9	1,1	91,7		
Standardabweichung	346,4	0,6	38,7		
Bestimmungsgrenze (µg/kg TS lyo)	(2,0)	(1,0 mg/kg)	(35,0 mg/kg)		
Nachweisgrenze (µg/kg TS lyo)	(1,0)		(20,0 mg/kg)		

Der Parameter EOX wurde nur bei 15 Kompostanlagen untersucht (9 Biotonnen-Anlagen und 6 Grünschnitt-Anlagen).

### 8.7.3.2 Trennung nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen

Bei dem Parameter **HCB** (siehe Abb. 104) sind bei den Biotonnen-Anlagen die Anlagen 1 und 42 Extremwerte und bei den Grünschnitt-Anlagen ist die Anlage 15 ein Extremwert und die Anlage 17 ein Ausreißer. Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen.

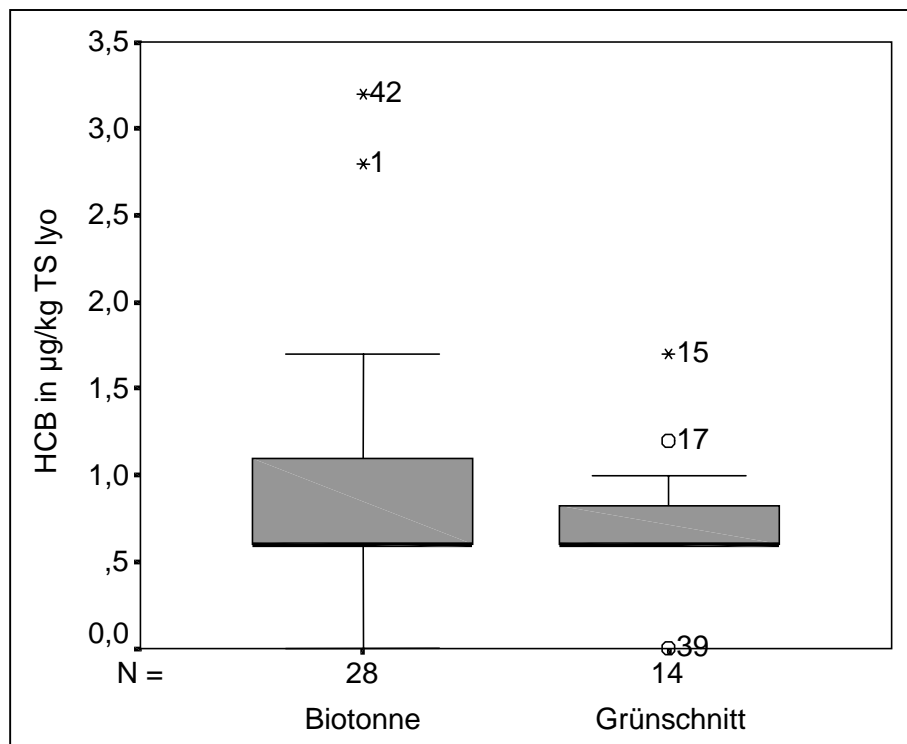


Abb. 104: Boxplot: HCB-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo).

Der Parameter  **$\alpha$ -HCH** konnte nur bei einer Biotonnen-Anlage (Anlage 42) bestimmt werden, der Wert beträgt  $0,83 \mu\text{g/kg TS lyo}$ .

Der Parameter  **$\beta$ -HCH** ist bei den Grünschnitt-Anlagen konstant nicht nachweisbar, bei den Biotonnen-Anlagen konnte bei zwei Anlagen (Anlage 3 und 21) ein Wert zwischen Nachweis- und Bestimmungsgrenze nachgewiesen werden ( $0,4 \leq x \leq 0,8 \mu\text{g/kg TS lyo}$ ).

Beim Parameter  **$\gamma$ -HCH** (siehe Abb. 105) ist der Median bei beiden Anlagentypen gleich hoch, jedoch liegt er bei den Biotonnen-Anlagen am oberen Ende der Box, während er bei den Grünschnitt-Anlagen eher in der Mitte der Box liegt. Bei letzteren gibt es auch einen Ausreißer, die Anlage 35.

Bei einem Signifikanzniveau von 0,1 weisen Grünschnitt-Anlagen einen signifikant höheren  $\gamma$ -HCH-Gehalt auf, als Biotonnen-Anlagen. Bezüglich des Unterscheidungsmerkmals "Einzugsgebietstyp" weisen Komposte der Kategorie Stadt auf dem 95 % Konfidenzniveau höhere Werte auf, als Komposte der Kategorie Land.

Weiters sind bei Hausgartenkomposten die  $\gamma$ -HCH-Gehalt signifikant höher, als bei den sonstigen Kompostanlagen (95 % Konfidenzniveau).

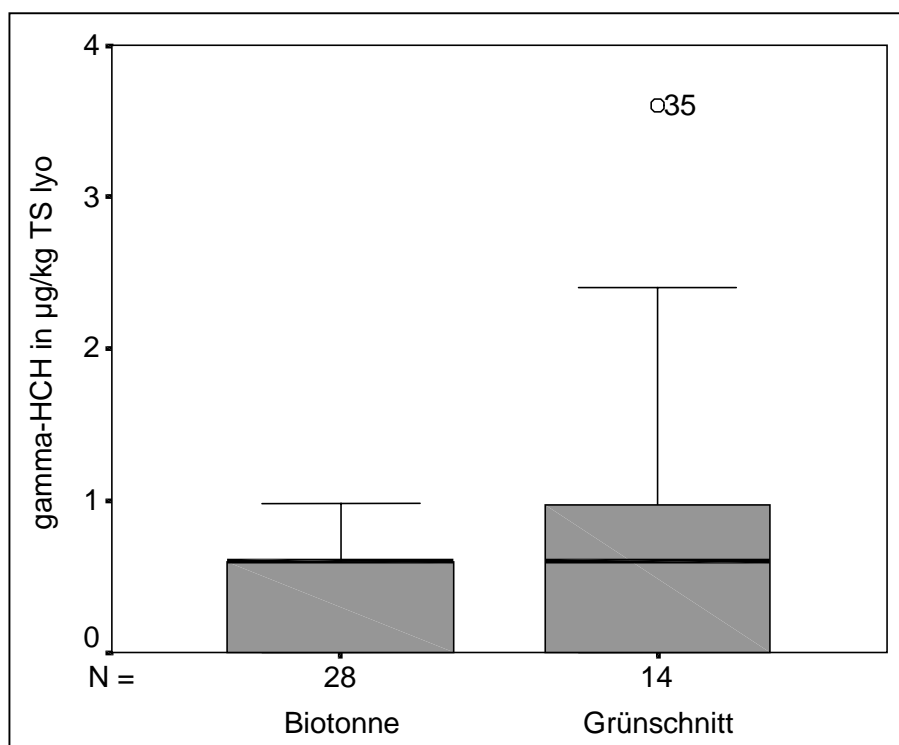


Abb. 105: Boxplot:  $\gamma$ -HCH-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo).

Der Parameter  $\delta$ -HCH ist bei keiner Anlagen nachweisbar.

**Chlordan cis** und **Chlordan trans** konnten nur bei der Biotonnen-Anlage 14 nachgewiesen werden. Bei Chlordan cis liegt der Wert zwischen Nachweis- und Bestimmungsgrenze ( $0,4 \leq x \leq 0,8 \mu\text{g/kg TS lyo}$ ), und bei Chlordan trans beträgt er  $1,2 \mu\text{g/kg TS lyo}$ .

**Aldrin** war in keinem Kompost nachweisbar. Dagegen konnte **Dieldrin** insgesamt bei fünf Anlagen nachgewiesen werden, wobei die Werte allerdings zwischen der Bestimmungs- und Nachweisgrenze liegen ( $0,4 \leq x \leq 0,8 \mu\text{g/kg TS lyo}$ ). Dabei handelt es sich um die Biotonnen-Anlagen 1, 3, 12 und 16 und um die Grünschnitt-Anlage 39.

Beim Parameter **Endrin** (siehe Abb. 106) sind die Werte bei beiden Anlagentypen annähernd gleich verteilt. Bei den Grünschnitt-Anlagen gibt es einen Extremwert, die Anlage 32.

Der Wirkstoff  **$\alpha$ -Endosulfan** konnte nur bei der Anlage 39, einer Grünschnitt-Anlage (Hausgartenkompost), nachgewiesen werden. Der Wert beträgt  $12,6 \mu\text{g/kg TS lyo}$ .

**$\beta$ -Endosulfan** (siehe Abb. 107) ist bei jenen Grünschnitt-Anlagen, wo ein Wert gemessen wurde (Anlagen 39, 32, 35), als Extremwert ausgewiesen. Bei allen anderen Grünschnitt-Anlagen war kein  $\beta$ -Endosulfan nachweisbar. Bei den Biotonnen-Anlagen weisen die Anlagen 36 und 37 Extremwerte auf, das bedeutet, daß insgesamt vier der fünf Extremwerte, welche in Abb. 107 ausgewiesen sind, bei Hausgartenkomposten festgestellt wurden. Der Unterschied zwischen den Hausgartenkomposten und den sonstigen Anlagen ist auch statistisch signifikant (95 % Konfidenzniveau).

Der Parameter **Heptachlor** war bei keinem Kompost nachweisbar. **Heptachlorepoxid** konnte nur bei den Biotonnen-Anlagen 3, 7 und 16 und bei den Grünschnitt-Anlagen 15 und 17 nachgewiesen werden, die Werte liegen alle zwischen Nachweis- und Bestimmungsgrenze ( $0,4 \leq x \leq 0,8 \mu\text{g/kg TS lyo}$ ).



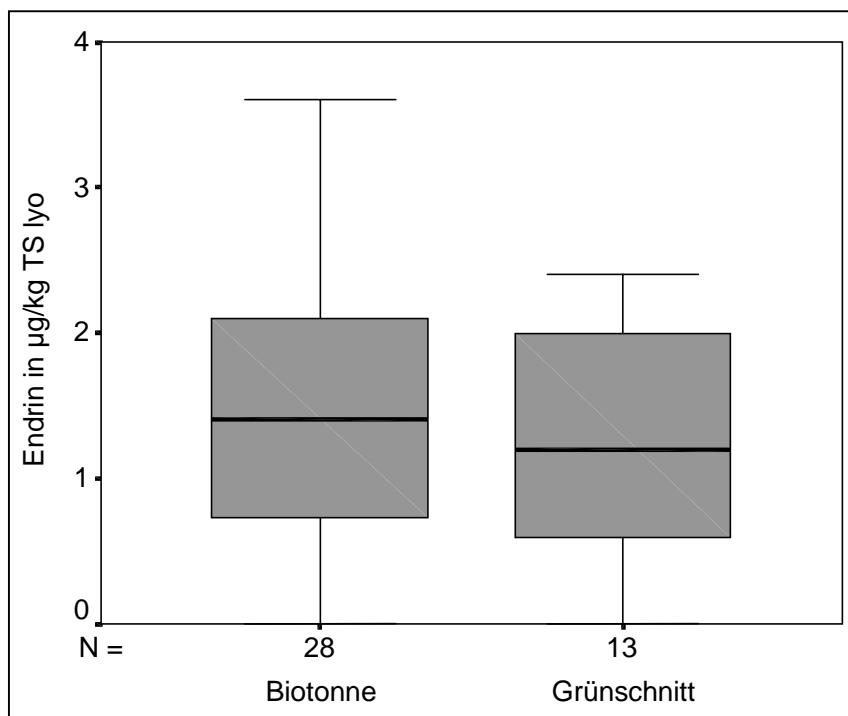


Abb. 106: Boxplot: Endrin-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo). Der Wert der Grünschnitt-Anlage 32 (42,5 µg/kg TS lyo ) wurde nicht berücksichtigt, da er als Extremwert die Boxplot-Darstellung verzerrt.

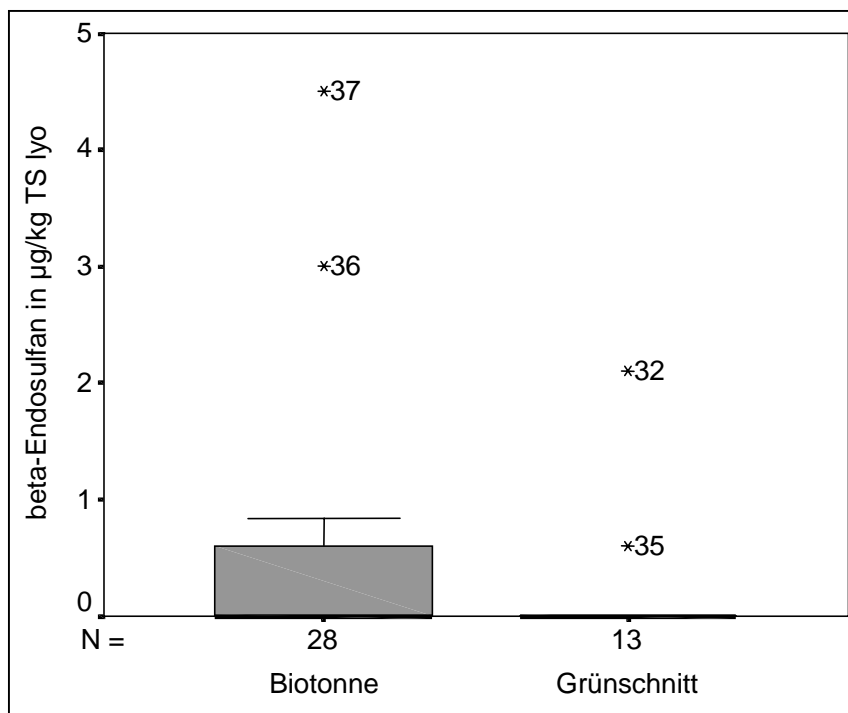
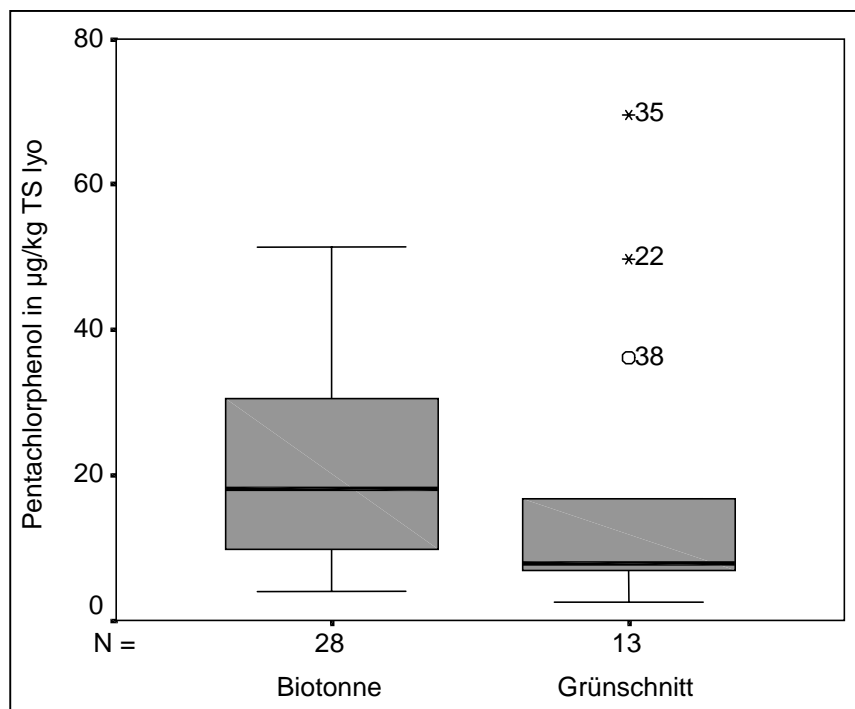


Abb. 107: Boxplot:  $\beta$ -Endosulfan-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo). Der Wert der Grünschnitt-Anlage 39 (36,5 µg/kg TS lyo ) wurde nicht berücksichtigt, da er als Extremwert die Boxplot-Darstellung verzerrt.

Beim Parameter **Pentachlorphenol** (siehe *Abb. 108*) fällt die Grünschnitt-Anlage 39 als Extremwert auf, sie ist in *Abb. 108* nicht dargestellt. Der Unterschied zwischen den PCP-Werten der Hausgartenkomposte und jenen der anderen Kompostanlagen ist signifikant auf dem 95 %-Niveau.



*Abb. 108: Boxplot: Pentachlorphenol-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo). Der Wert der Grünschnitt-Anlage 39 (2.175 µg/kg TS lyo) wurde nicht berücksichtigt, da er als Extremwert die Boxplot-Darstellung verzerrt.*

Der Parameter **AOX** (siehe *Abb. 109*) konnte bei den Anlagen 24 und 25 nicht analysiert werden. Bei den Biotonnen-Anlagen gibt es den Extremwert der Anlage 42, der Median liegt knapp in der unteren Hälfte der Box. Der Median bei den Grünschnitt-Anlagen liegt am unteren Ende der Box, es gibt keine Ausreißer.

Statistisch signifikant (95 % Konfidenzniveau) höhere Werte weisen die Komposte des Einzugsgebietstyps Stadt im Unterschied zur Kategorie Land auf. Ebenso weisen die Hausgartenkomposte im Unterschied zu den sonstigen Anlagen signifikant höhere Werte auf.

Der Parameter **EOX** (siehe *Abb. 110*) wurde nur bei 15 Kompostanlagen analysiert. Bei den Biotonnen-Anlagen (n = 9) liegt der Median am unteren Ende der Box, während er bei den Grünschnitt-Anlagen (n = 6) in der Mitte liegt. Es gibt keine Ausreißer. Dieser Summenparameter stellte sich als unbrauchbar für die Matrix des Kompostes heraus, sodaß nach Dafürhalten der Autoren in Zukunft darauf verzichtet werden sollte.

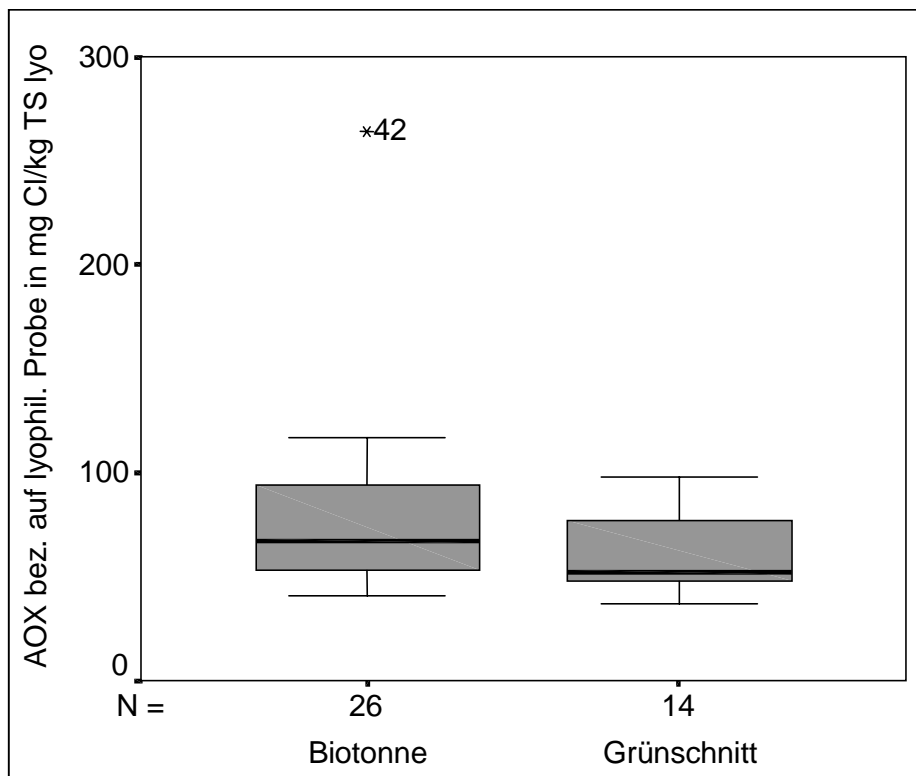


Abb. 109: Boxplot: AOX-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo).

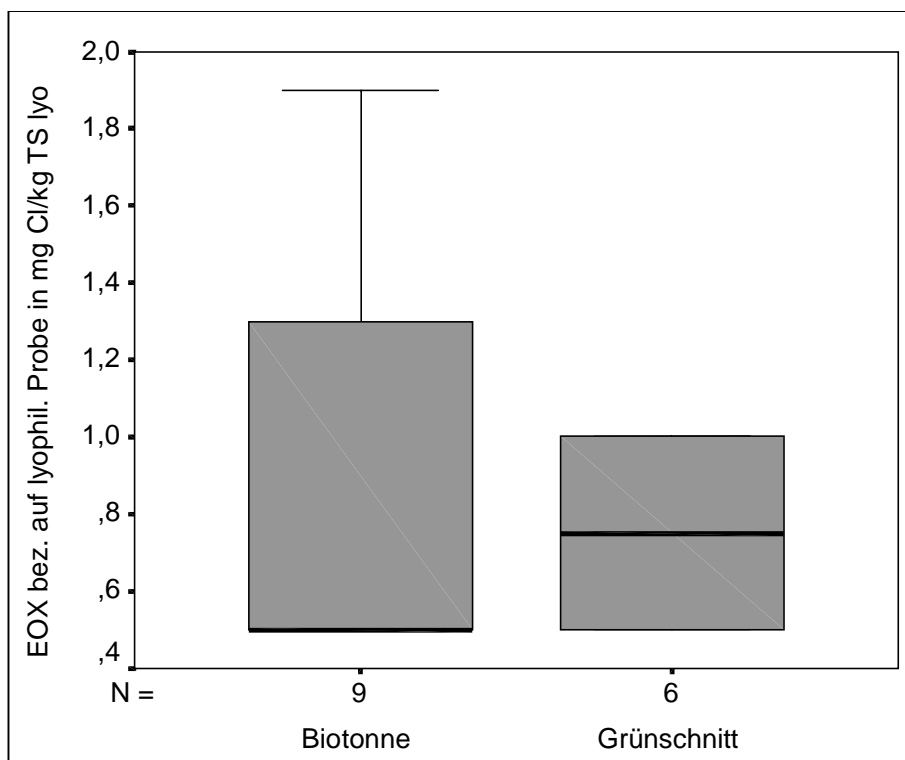


Abb. 110: Boxplot: EOX-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo).

### 8.7.3.3 Gesamtbetrachtung der Gruppe der Chlorkohlenwasserstoffe – Biotonnen-Anlagen

Folgende Parameter der Gruppe der Chlorkohlenwasserstoffe werden in die statistische Analyse einbezogen: HCB (Hexachlorbenzol),  $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH,  $\gamma$ -HCH, Chlordan cis, Chlordan trans, Dieldrin, Endrin,  $\beta$ -Endosulfan, Heptachlorepoxid, Pentachlorphenol (PCP) und AOX. Dies sind jene Parameter aus der Gruppe der Chlorkohlenwasserstoffe, bei denen bei zumindest einer Biotonnen-Anlage ein Wert gemessen wurde.

Es wurden 28 Biotonnen-Anlagen untersucht.

#### 8.7.3.3.1 Hauptkomponentenanalyse und Korrelationen

Innerhalb der Gruppe der Chlorkohlenwasserstoffe wurden Korrelationen errechnet, um Zusammenhänge zwischen den einzelnen Parametern herauszufinden. Dazu wurde zuerst eine Hauptkomponentenanalyse zur Datenreduktion durchgeführt. Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lyophilisierte Trockensubstanz (TS lyo) durchgeführt.

Tab. 85 zeigt die Ladungen für die einzelnen Parameter und Faktoren. Eine starke Beeinflussung durch den Parameter liegt vor, wenn der Faktor mit einer Ladung  $> 0,6$  bestimmt wird. Der erste Faktor wird von HCB,  $\alpha$ -HCH (in Tab. 85 als A\_HCH bezeichnet) und AOX gebildet. Für den zweiten Faktor sind Chlordan cis und trans von Bedeutung. Der dritte Faktor wird von  $\beta$ -HCH (in Tab. 85 als B\_HCH bezeichnet), Dieldrin und Heptachlorepoxid bestimmt. Der fünfte Faktor wird für  $\beta$ -Endosulfan (in Tab. 85 als B\_ENDOSU bezeichnet) benötigt.

Tab. 85: Hauptkomponentenanalyse "Biotonne-Chlorkohlenwasserstoffe": Factor Matrix.

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
HCB	,79232	-,03855	,03933	-,36342	,17651
A_HCH	,82672	-,26349	,08195	-,23847	-,21996
B_HCH	-,16954	,04537	,71470	,24740	-,26176
G_HCH	,54414	,01855	,07593	,42419	,39049
CHLO_CIS	,21678	,94853	-,13191	-,05922	,07079
CHLO_TRA	,21678	,94853	-,13191	-,05922	,07079
DIELDRIN	-,08389	-,01431	,69066	-,37467	,47167
ENDRIN	,57710	,18541	,35578	,15381	-,01665
B_ENDOSU	,08044	-,21538	-,20240	,57083	,59912
HEPTACHE	-,28988	,01401	,67766	-,22281	,29359
PENTACHL	,04506	,27573	,56879	,47962	-,34449
AOX	,88197	-,29991	,08827	,07889	-,16321

Die Hauptkomponentenanalyse ergibt, daß bei der Gruppe der Chlorkohlenwasserstoffe fünf Faktoren notwendig sind, um 79,2 % der Varianz in der Gruppe zu erklären. Daraus kann abgeleitet werden, daß sich diese Gruppe in ihrem Auftreten stark unterscheidet und daher eine Unterteilung auf Grund der Korrelationen noch notwendig macht. Diese Aufteilung ergab jedoch keine bessere Auftrennung, so daß die gewählte Gruppierung beibehalten wurde. Auffällig ist auch, daß Pentachlorphenol in keinem Faktor eine hohe Ladung aufweist und daher die gänzlich anderen Quelle unterstreicht, aus der diese Verbindung im Vergleich zu den Pestiziden stammt.

Beim Faktorladungsplot (siehe Abb. 111) kann man sehen, daß die Ladungen von Heptachlorepoxid, Dieldrin und  $\beta$ -HCH ähnlich sind, ebenso die Ladungen von  $\gamma$ -HCH und HCB sowie von  $\alpha$ -HCH und AOX.

### Factor Plot

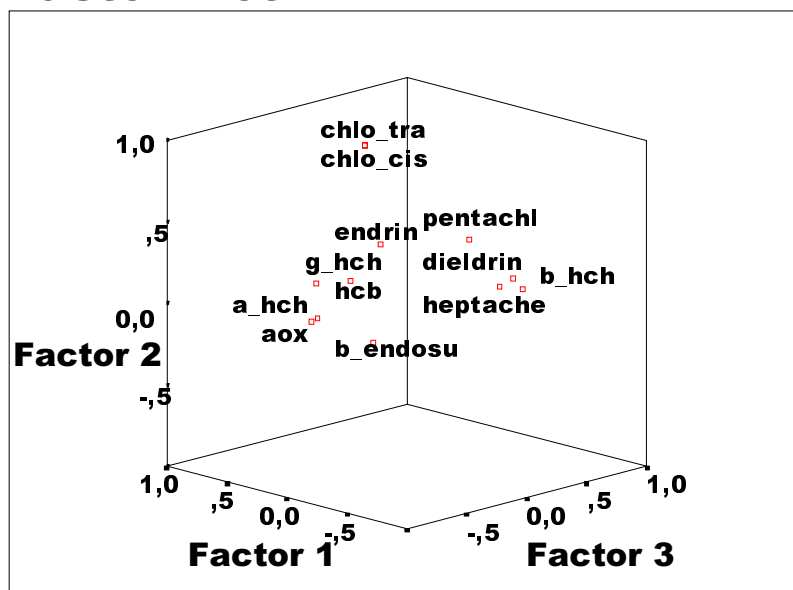


Abb. 111: Hauptkomponentenanalyse "Biotonne-Chlorkohlenwasserstoffe": Plot der Faktorladungen der Parameter.

Die nächsten drei Scatterplots (Abb. 112 a, b, c) zeigen nun die Lage der Biotonnen-Anlagen, errechnet aufgrund der neuen Werte (alter Wert x Eigenvalue) für die Chlorkohlenwasserstoff-Gehalte, in der Fläche, welche von je zwei Hauptkomponenten aufgespannt wird. Es werden die Scatterplots für die ersten drei Hauptkomponenten dargestellt.

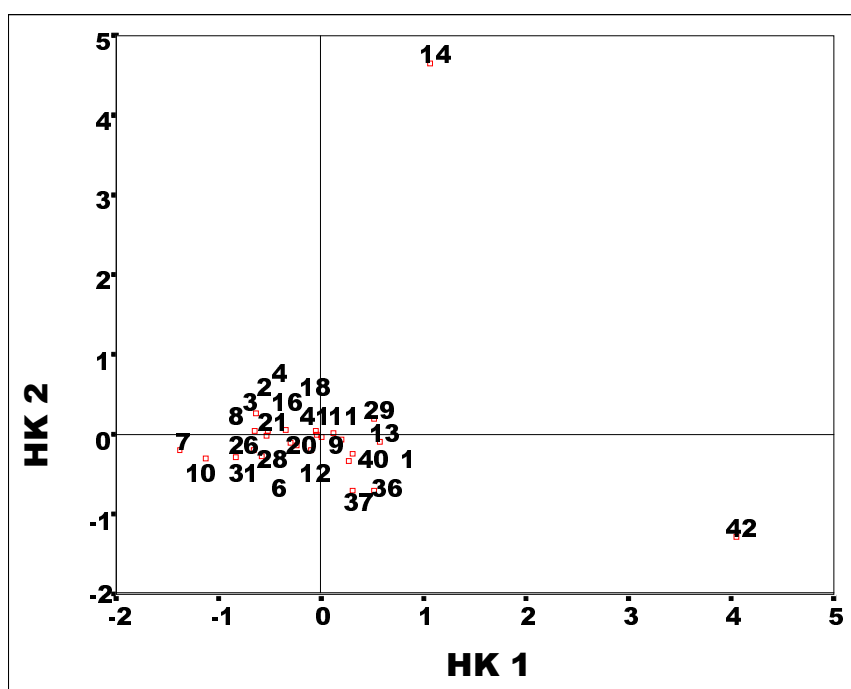


Abb. 112 a: Hauptkomponentenanalyse "Biotonne-Chlorkohlenwasserstoffe": Scatterplots mit neuer Lage der Biotonnen-Anlagen aufgrund der Chlorkohlenwasserstoff-Gehalte.

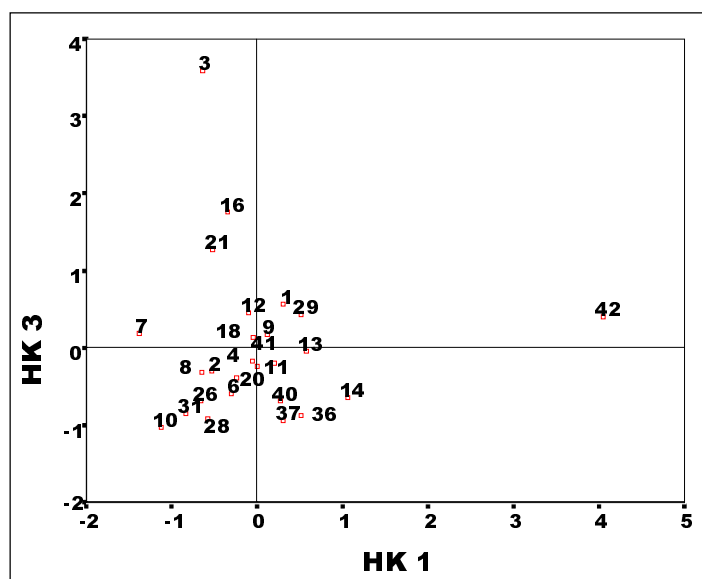


Abb. 112 b: Hauptkomponentenanalyse "Biotonne-Chlorkohlenwasserstoffe": Scatterplots mit neuer Lage der Biotonnen-Anlagen aufgrund der Chlorkohlenwasserstoff-Gehalte.

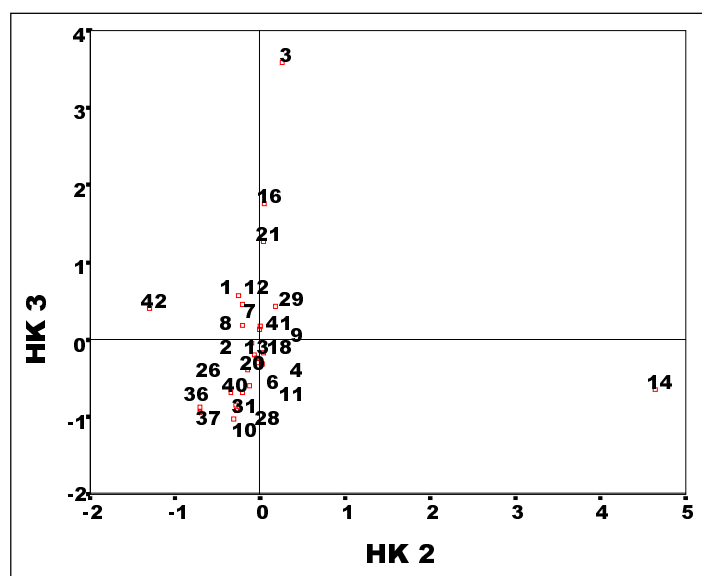


Abb. 112 c: Hauptkomponentenanalyse "Biotonne-Chlorkohlenwasserstoffe": Scatterplots mit neuer Lage der Biotonnen-Anlagen aufgrund der Chlorkohlenwasserstoff-Gehalte.

Die Anlage 42 (siehe Abb. 112 a) hat einen hohen Wert in der ersten Hauptkomponente, es ist dies die Biotonnen-Anlage mit einem relativ hohen HCB-Wert, dem einzig gemessenen  $\alpha$ -HCH-Wert sowie dem höchsten AOX-Wert. Die Anlage 14 ist die einzige Kompostanlage, wo Chlordan cis und Chlordan trans nachgewiesen wurden. Die Biotonnen-Anlage 3 hat einen hohen positiven Wert in der dritten Hauptkomponente (siehe Abb. 112 b, c), sie ist jene Anlage, bei der alle drei diese Hauptkomponente bestimmenden Parameter nachgewiesen wurden.

Die Korrelationen innerhalb der Gruppe der Chlorkohlenwasserstoffe bei den Biotonnen-Anlagen zeigt Tab 86. Es wird der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet. Ein Stern bedeutet, daß die Korrelation auf dem 95 % Niveau signifikant ist. Die Signifikanz auf dem 99 % Niveau ist durch zwei Sterne gekennzeichnet.

Tab. 86: Korrelationen der Chlorkohlenwasserstoff-Werte der Biotonnen-Anlagen

	Pearson Correlation												
	HCB	A_HCH	B_HCH	G_HCH	CHLO_CIS	CHLO_TRA	DIELDRIN	ENDRIN	B_ENDOSU	HEPTACHE	PENTACHL	AOX	EOX
HCB	1.000	.609**	-.200	.308	.145	.145	.238	.286	-.032	-.204	-.067	.624**	-.405
A_HCH	.609**	1.000	-.053	.239	-.037	-.037	-.079	.337	-.088	-.067	-.089	.875**	.
B_HCH	-.200	-.053	1.000	-.112	-.053	-.053	.283	.076	-.042	.352	.404*	.029	.546
G_HCH	.308	.239	-.112	1.000	.089	.089	.012	.218	.243	-.040	.121	.373	-.276
CHLO_CIS	.145	-.037	-.053	.089	1.000*	1.000*	-.079	.174	-.088	-.067	.094	-.080	-.284
CHLO_TRA	.145	-.037	-.053	.089	1.000*	1.000*	-.079	.174	-.088	-.067	.094	-.080	-.284
DIELDRIN	.238	-.079	.283	.012	-.079	1.000	1.000	.090	-.062	.519**	.101	-.133	-.188
ENDRIN	.286	.337	.076	.218	.174	.090	1.000	1.000	-.021	-.003	.280	.423*	.405
B_ENDOSU	-.032	-.088	-.042	1.000	-.088	-.062	-.021	1.000	1.000	-.088	-.177	.149	-.284
HEPTACHE	-.204	-.067	.352	-.040	-.067	.519**	-.003	-.088	1.000	1.000	.090	-.210	.035
PENTACHL	-.067	-.089	.404*	.121	.094	.101	.280	-.177	.090	1.000	1.000	.064	.633
AOX	.624**	.875**	.029	.373	-.080	-.133	.423*	.149	-.210	-.210	.064	1.000	.323
EOX	-.405	.	.546	-.276	-.284	-.188	.405	-.284	.035	.035	.633	.323	1.000

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

### 8.7.3.3.2 Clusteranalyse

Die Clusteranalyse klassifiziert die Anlagen in Kategorien. Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lyophilisierte Trockensubstanz (TS lyo) durchgeführt.

Folgende Parameter wurden miteinbezogen: HCB,  $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH,  $\gamma$ -HCH, Chlordan cis und trans, Dieldrin, Endrin,  $\beta$ -Endosulfan, Heptachlorepoxyd, Pentachlorphenol. Die Parameter AOX und EOX konnten aufgrund fehlender Werte bei einigen Anlagen nicht in die statistische Analyse einbezogen werden.

Die Gruppe der Chlorkohlenwasserstoffe spaltet die Anlagen in fünf Cluster auf, wobei ein Cluster nur von einer Anlage gebildet wird.

- Die Anlage 14 bildet einen eigenen Cluster, sie ist durch die Nachweisbarkeit von Chlordan cis und trans gekennzeichnet.
- Die Anlagen 18, 24, 11, 4, 29, 9, 41 und 13 bilden einen Cluster.
- Weiters bilden die Anlagen 6, 28, 40, 36, 37 und 42 einen Cluster, wobei drei von vier Hausgartenkomposten in diesem Cluster vertreten sind.
- Den vierten Cluster bilden die Anlagen 10, 31, 26, 2, 8, 20, 25, 21 und 7. Bei diesen Anlagen konnte kein  $\gamma$ -HCH (Lindan) nachgewiesen werden.
- Der fünfte Cluster beinhaltet die Anlagen 1, 12, 3 und 16. Nur bei diesen Anlagen konnte Dieldrin nachgewiesen werden.

Die Hauptkomponenten der Chlorkohlenwasserstoffe teilen die Anlagen ähnlich in fünf Cluster.

### 8.7.3.4 Gesamtbetrachtung der Gruppe der Chlorkohlenwasserstoffe – Grünschnitt-Anlagen

Folgende Parameter der Gruppe der Chlorkohlenwasserstoffe werden in die statistische Analyse einbezogen: HCB (Hexachlorbenzol),  $\gamma$ -HCH, Dieldrin, Endrin,  $\alpha$ -Endosulfan,  $\beta$ -Endosulfan, Heptachlorepoxyd, Pentachlorphenol (PCP) und AOX. Dies sind jene Parameter aus der Gruppe der Chlorkohlenwasserstoffe, bei denen bei zumindest einer Grünschnitt-Anlage ein Wert gemessen wurde.

Es wurden 14 Grünschnitt-Anlagen untersucht.

#### 8.7.3.4.1 Hauptkomponentenanalyse und Korrelationen

Innerhalb der Gruppe der Chlorkohlenwasserstoffe wurden Korrelationen errechnet, um Zusammenhänge zwischen den einzelnen Parametern herauszufinden. Dazu wurde zuerst eine Hauptkomponentenanalyse zur Datenreduktion durchgeführt.

Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lyophilisierte Trockensubstanz (TS lyo) durchgeführt.

Bei der Gruppe der Chlorkohlenwasserstoffe werden bei den Grünschnitt-Anlagen zwei Faktoren benötigt, um 74,8 % der gesamten Varianz zu erklären.

Tab. 87 zeigt die Ladungen für die einzelnen Parameter und Faktoren. Eine starke Beeinflussung durch den Parameter liegt vor, wenn der Faktor mit einer Ladung  $> 0,6$  bestimmt wird.



Tab. 87: Hauptkomponentenanalyse "Grünschnitt-Chlorkohlenwasserstoffe": Factor Matrix.

	Factor 1	Factor 2
HCB	-,68412	,67474
G_HCH	,60066	,08556
DIELDRIN	,95664	,10976
ENDRIN	-,18141	-,46714
HEPTACHE	-,27569	,88248
A_ENDOSU	,95664	,10976
B_ENDOSU	,95376	,08185
PENTACHL	,96328	,10333
AOX	,75160	,24103

Auf den ersten Faktor nehmen  $\gamma$ -HCH, Dieldrin,  $\alpha$ -Endosulfan,  $\beta$ -Endosulfan, PCP und AOX mit positiven Ladungen Einfluß, während die Ladung von HCB negativ ist. Der zweite Faktor wird von den Ladungen von HCB und Heptachlorepoxid beeinflusst, die Ladung von Endrin ist negativ.

Der Plot in Abb. 113 zeigt die Faktorladungen der Parameter. Im rechten oberen Viertel findet man jene Elemente, die positiv in die erste Hauptkomponente eingehen. Die anderen drei Elemente verhalten sich anders.

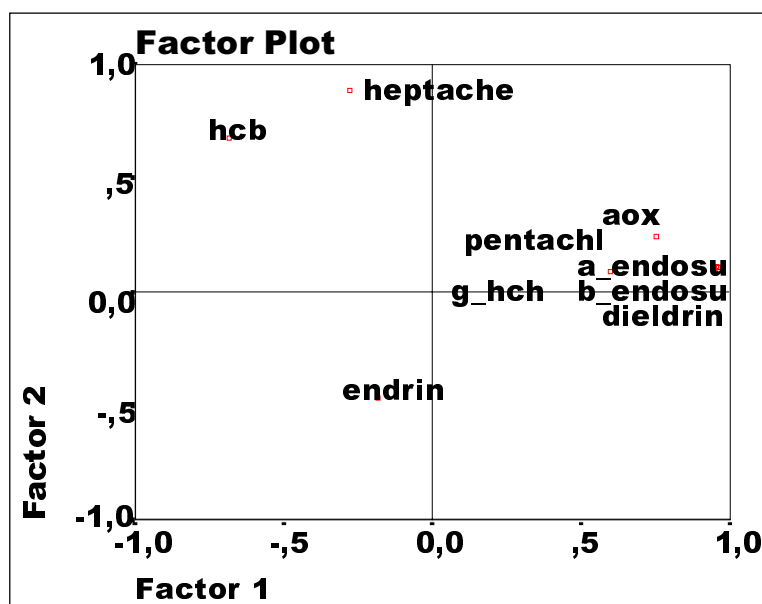


Abb. 113: Hauptkomponentenanalyse "Grünschnitt-Chlorkohlenwasserstoffe": Plot der Faktorladungen der Parameter.

Der Scatterplot in Abb. 114 zeigt nun die Lage der Grünschnitt-Anlagen, errechnet aufgrund der neuen Werte (alter Wert x Eigenvalue) für die Chlorkohlenwasserstoff-Gehalte, in der Fläche, welche von den zwei Hauptkomponenten aufgespannt wird. Die Anlage 39 hat bei Pentachlorphenol einen sehr hohen Wert. Außerdem ist sie die einzige Grünschnitt-Anlage, wo bei den Parametern  $\alpha$ -Endosulfan und Dieldrin etwas nachgewiesen werden konnte. Die Anlagen 15 und 17 besitzen hohe HCB Werte, die sich in der zweiten Hauptkomponente auswirken.

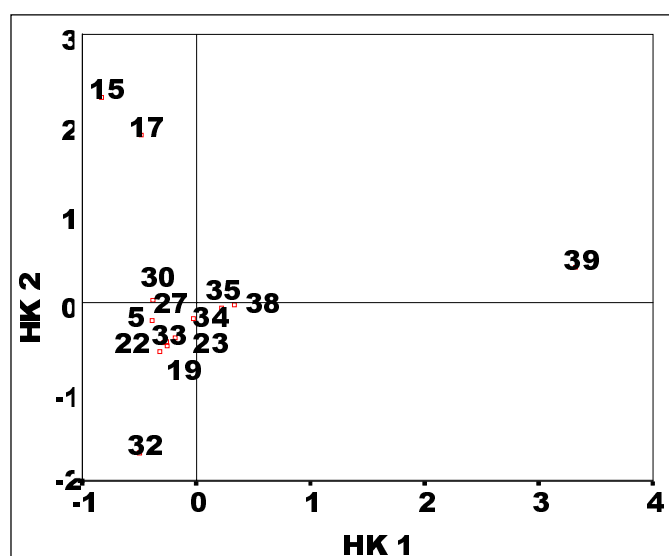


Abb. 114: Hauptkomponentenanalyse "Grünchnitt-Chlorkohlenwasserstoffe": Scatterplot mit neuer Lage der Grünchnitt-Anlagen aufgrund der Chlorkohlenwasserstoffwerte.

Die Korrelationen innerhalb der Gruppe der Chlorkohlenwasserstoffe bei den Grünchnitt-Komposten zeigt Tab. 88. Es wird der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet. Ein Stern bedeutet, daß die Korrelation auf dem 95 % Niveau signifikant ist. Die Signifikanz auf dem 99 % Niveau ist durch zwei Sterne gekennzeichnet.

Tab. 88: Korrelationen der Chlorkohlenwasserstoff-Werte der Grünchnitt-Komposte.

Pearson Correlation									
	HCB	G_HCH	DIELDRIN	ENDRIN	A_ENDOSU	B_ENDOSU	HEPTACHE	PENTACHL	AOX
HCB	1.000	-.401	-.540*	-.057	-.540*	-.549*	.800**	-.551*	-.416
G_HCH	-.401	1.000	.406	-.257	.406	.406	-.167	.431	.743**
DIELDRIN	-.540*	.406	1.000	-.109	1.000**	.998**	-.113	.999**	.603*
ENDRIN	-.057	-.257	-.109	1.000	-.109	-.053	-.076	-.115	-.388
A_ENDOSU	-.540*	.406	1.000*	-.109	1.000	.998**	-.113	.999**	.603*
B_ENDOSU	-.549*	.406	.998**	-.053	.998**	1.000	-.122	.998**	.590*
HEPTACHE	.800**	-.167	-.113	-.076	-.113	-.122	1.000	-.125	-.083
PENTACHL	-.551*	.431	.999**	-.115	.999**	.998**	-.125	1.000	.615*
AOX	-.416	.743**	.603*	-.388	.603*	.590*	-.083	.615*	1.000

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

#### 8.7.3.4.2 Clusteranalyse

Die Clusteranalyse klassifiziert die Anlagen in Kategorien. Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lyophilisierte Trockensubstanz (TS lyo) durchgeführt.

Durch die Chlorkohlenwasserstoffe werden die Grünchnitt-Anlagen in vier Cluster geteilt. Die Anlage 39, ein Hausgartenkompost, bildet einen eigenen Cluster, da sie bei Pentachlorphenol,  $\alpha$ - und  $\beta$ -Endosulfan und AOX hohe Werte besitzt. Der zweite Cluster mit den Anlagen 15 und 17 hat bei Pentachlorphenol niedrige Werte, jedoch bei HCB die höchsten Werte. Der Cluster mit den Anlagen 34, 38 und 35 (Hausgartenkomposte) besitzt hohe Werte bei AOX.

Bei der Clusteranalyse der Hauptkomponenten der Chlorkohlenwasserstoffe kann man ebenfalls vier Cluster erkennen.

### 8.7.3.5 Gesamtbetrachtung der Gruppe der Chlorkohlenwasserstoffe – Sämtliche Kompostanlagen

#### 8.7.3.5.1 Korrelationen

Die Korrelationen innerhalb der Gruppe der Chlorkohlenwasserstoffe aufgrund der Werte der 42 Kompostanlagen zeigt *Tab. 89*. Es wird der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet. Ein Stern bedeutet, daß die Korrelation auf dem 95 % Niveau signifikant ist. Die Signifikanz auf dem 99 % Niveau ist durch zwei Sterne gekennzeichnet.

#### 8.7.3.5.2 Clusteranalyse

Es wurde eine Clusteranalyse mit den Chlorkohlenwasserstoff-Werten aller 42 Kompostanlagen durchgeführt (siehe *Abb. 115*), um herauszufinden, in welche Gruppen sich die Anlagen aufteilen. Um mögliche Ursachen bzw. bestimmende Faktoren für die Gruppenbildung herauszufinden, wurden die Daten aus der Fragebogenerhebung herangezogen.

Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lyophilisierte Trockensubstanz (TS lyo) durchgeführt.

Folgende Parameter dieser Gruppe wurden bei allen Kompostanlagen gemessen und daher in die Clusteranalyse eingebunden: HCB (Hexachlorbenzol),  $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH,  $\gamma$ -HCH, Chlordan cis, Chlordan trans, Dieldrin, Endrin, Heptachlorepoxyd,  $\alpha$ -Endosulfan,  $\beta$ -Endosulfan und Pentachlorphenol.

Bei allen Kompostanlagen sind  $\delta$ -HCH sowie die Chlorinsektizide Aldrin und Heptachlor nicht nachweisbar. Der Parameter EOX wurde nur bei 15 Kompostanlagen untersucht (9 Biotonnen-Anlagen und 6 Grünschnitt-Anlagen) und daher ebenfalls nicht in die Clusteranalyse einbezogen, beim Parameter AOX waren die Kompostproben von zwei Anlagen nicht analysierbar.

Die Anlage 39 bildet einen eigenen Cluster, der zu dem zweiten Cluster mit den Anlagen 15, 17, 7, 1, 12, 3 und 16 erst relativ spät hinzukommt. Die restlichen Anlagen bilden einen relativ homogenen Block, d.h. sie sind bezüglich ihrer Chlorkohlenwasserstoffgehalte relativ ähnlich, einzig die Anlagen 32, 21, 42 und 14 stoßen erst nach und nach zu den anderen hinzu.

Tab. 89: Korrelationen der Werte für die Chlorkohlenwasserstoffe aller 42 Kompostanlagen.

Pearson Correlation		HCB	DIELDRIN	ENDRIN	A_ENDOSU	B_ENDOSU	HEPTACHE	PENTACHL	AOX	A_HCH	B_HCH	G_HCH	CHLO_CIS	CHLO_TRA	EOX
HCB	1,000														
DIELDRIN	.124	1,000													
ENDRIN	-.002	-.060	1,000												
A_ENDOSU	-.193	.425**	-.060	1,000											
B_ENDOSU	-.197	.416**	-.012	.988**	1,000										
HEPTACHE	.011	.319*	-.036	-.057	1,000										
PENTACHL	-.198	.428**	-.065	.999**	.986**	1,000									
AOX	.525**	.000	.416**	-.012	.988**	.986**	1,000								
A_HCH	.578**	-.057	.319*	-.036	-.057	1,000									
B_HCH	-.173	.263	-.022	.988**	.986**	.986**	1,000								
G_HCH	-.022	.135	-.147	.408**	.413**	.413**	.429**	1,000							
CHLO_CIS	.144	-.057	-.001	-.024	-.035	-.035	-.024	-.027	.834**	1,000					
CHLO_TRA	.144	-.057	-.001	-.024	-.035	-.035	-.024	-.021	-.044	-.024	1,000				
EOX	-.394	-.098	.258	-.024	-.024	-.210	-.036	.437	.388	.102	-.210	1,000			

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

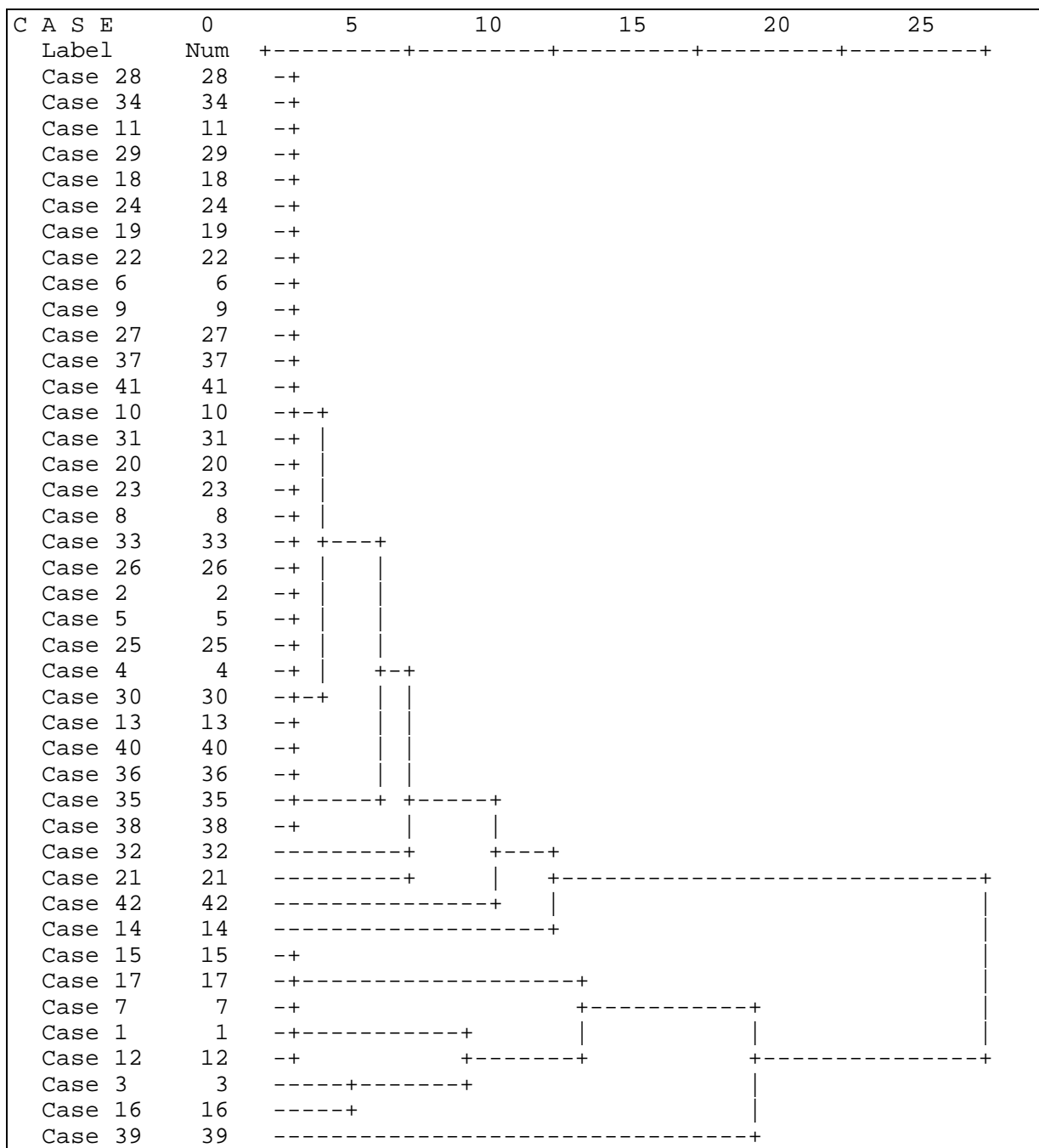


Abb. 115: Clusteranalyse aller 42 Kompostanlagen aufgrund der gemessenen Chlorkohlenwasserstoff-Gehalte der Komposte, "Case .." = Kompostanlage.

In Tab. 90 ist eine Zusammenfassung der signifikanten Unterschiede zwischen Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen bzw. zwischen den drei Einzugsgebietstypen Stadt, Land und Stadt-Land dargestellt.

Tab. 90: Statistisch signifikante Unterschiede der Chlorkohlenwasserstoff-Gehalte zwischen Biotonnen (BT)- und Grünschnitt-Anlagen (GS) bzw. zwischen den drei Einzugsgebietstypen Stadt, Land und StadtLand sowie zwischen Hausgarten-Komposten (HG) und den restlichen Kompostanlagen (t-Test).

Parameter	Unterschied	Konfidenzintervall
$\gamma$ -HCH	GS > BT	90 %
	Stadt > Land	95 %
	Stadt > Stadt-Land	90 %
	HG > restl. Anlagen	95 %
$\beta$ -Endosulfan	HG > restl. Anlagen	95 %
Pentachlorphenol	HG > restl. Anlagen	95 %
AOX	BT > GS	90 %
	Stadt > Land	95 %
	Stadt > Stadt-Land	90 %
	HG > restl. Anlagen	95 %

### 8.7.3.6 Diskussion und Schlußfolgerungen

Die zusammengefaßte Gruppe der chlorierten Kohlenwasserstoffe besteht aus äußerst unterschiedlichen chemischen Verbindungen. Die gezeigten Parallelen und Unterschiede sind nicht immer vollständig begründbar.

Sichtbar wurde das Vorkommen von Pestiziden tendenziell eher in Grünschnittkomposten. Einige Vertreter dieser Gruppe waren in beinahe allen Proben zu finden. **Lindan**, ein chlorierter Kohlenwasserstoff, der zu 99 % aus dem gamma-Isomer des Hexachlorcyclohexans (HCH) besteht, ist in Pflanzenschutzmitteln enthalten, die zur Insektenbekämpfung verwendet werden. In Österreich wird Lindan in der Landwirtschaft zur Saatgutbehandlung (z. B. Raps) gegen Schadinsekten eingesetzt. Für alle anderen Anwendungen in der Land- und Forstwirtschaft und als Schädlingsbekämpfungsmittel im Lebensmittel- und Haushaltsbereich ist der Wirkstoff seit 1992 verboten (BGBl. Nr. 97/1992). Früher wurde Lindan vor allem als Insektizid gegen Bodenschädlinge und im Forst gegen Rüssel- und Borkenkäfer verwendet. Die in der Landwirtschaft eingesetzten Wirkstoffmengen betragen im Jahr 1994 12 t; im Jahr 1995 8 t (BMUJF, 1996).

Die gemessenen Lindangehalte in den Komposten sind gering. Der Grenzwert gemäß ÖNORM S 2200 beträgt 100  $\mu\text{g}/\text{kg}$  FS, der gefundene Maximalwert 1,5  $\mu\text{g}/\text{kg}$  FS.

In deutschen Untersuchungen (FRICKE & VOGTMANN, 1994) konnte bezüglich der HCH-Konzentration in Biotonnen-Komposten ebenfalls ein signifikanter Unterschied zwischen städtischen und ländlichen Einzugsgebieten festgestellt werden, die Werte städtischer Komposte lagen im Mittel um eine Zehnerpotenz höher (Mittelwert der Summe HCH: 9,57  $\mu\text{g}/\text{kgTS}$  (Stadt) bzw. 3,94  $\mu\text{g}/\text{kg}$  TS (Land)). FRICKE et al. (1989) stellten fest, daß HCH-Verbindungen durch den Rotteprozeß in erheblichem Umfang abgebaut werden. Die durchschnittliche Abnahme der Summe HCH nach dreimonatiger Rottedauer betrug 86 % (Schwankungsbereich 74–93 %), dabei konnte durch unterschiedliche Umsetzhäufigkeiten keine Veränderungen im Abbauverhalten festgestellt werden.

Besonders auffällig war ein Meßwert von **Pentachlorphenol** (Anlage 39), der in einem Hausgartenkompost auftrat und sicher einen Sonderfall darstellt. Bei Anwendung der Extremwert – Ausschlußregel ist dieser Wert aus den Gesamtbetrachtungen auszuschließen.

Die Gehalte an Chlorkohlenwasserstoffen sind somit als einigermaßen vertretbar zu bezeichnen. Eine Routineuntersuchung aller mögliche Verbindungen scheint daher nicht notwendig zu sein. Der ÖNORM S 2200 folgend könnten sich Stichproben von Komposten mit hohem Holzanteil, die v. a. als Mulchmaterial zur Bodenbedeckung verwendet werden, zur Untersuchung auf PCP, AOX sowie  $\gamma$ -HCH als sinnvoll erweisen.

#### 8.7.4 DDT und seine Abbauprodukte (DDX)

Insektizide Chlorkohlenwasserstoffe (DDX) wurden seit den Vierzigerjahren immer häufiger als Insektizide in einer Menge von bis zu 35 kg/ha verwendet. Relativ bald stellte sich die äußerst hohe Persistenz und die Verteilung der Verbindung über die ganze Hemisphäre heraus, sodaß in den meisten europäischen Staaten in den Siebzigerjahren ein Anwendungsverbot erlassen wurde. In der ehemaligen DDR gab es noch 1988 eine legale Anwendung von DDT (RIPPEN, 1997). In Österreich wurden nach dem Lebensmittelgesetz 1987 und 1993 Verbotserordnungen nach dem Lebensmittelrecht und 1992 Verbote als Pflanzenschutzmittelwirkstoff nach dem Chemikaliengesetz erlassen.

Die genaue Bezeichnung des gebräuchlichen Synonyms "DDT" lautet p,p'-DDT (1,1-Bis-(4-chlorphenyl)-2,2,2-trichlorethan. Das aktive Wirkstoffgemenge besteht zu 70 % aus p,p'-DDT und zu 30 % aus o,p'-DDT. Hauptumwandlungsprodukt von p,p'-DDT ist p,p'-DDE (1,1-Bis-(4-chlorphenyl)-2,2-dichlorethen), daneben auch o,p'-DDE sowie p,p'-DDD und o,p'-DDD. Sämtliche aufgezählte Verbindungen werden in der vorliegenden Untersuchung analysiert, deren Summe wird als DDX angegeben (vgl. auch WEISS, 1998).

Für die Bestimmung von DDX in Kompost erfolgte folgende Probenvorbereitung:

- Extraktion am Soxhlet mit n-Hexan
- Entschwefeln mit Kupferpulver
- mehrstufige säulenchromatographische Reinigung
- Kieselgel/Silbernitrat mit 4 % Wasser, Elution: n-Hexan, n-Hexan/Toluol
- Florisil mit 4 % Wasser, Elution: n-Hexan
- Volumenreduktion des Extraktes auf 1 ml
- Zugabe von Decachlorbiphenyl als Injektionsstandard

Die qualitative und quantitative Analyse wurde mittels GC-ECD auf DB5 und DB1301 durchgeführt. Die Auswertung erfolgte nach der internen Standardmethode, weiters wurde eine MS-Absicherung mittels SIM durchgeführt.

Es wurden bei allen Analysen Doppelbestimmungen durchgeführt. Laborintern wurden Vertrauensbereiche definiert, die von den Einzelwerten der Doppelbestimmung eingehalten werden mußten. Proben, deren Einzelanalyse diesen Bereich überschritten, wurden durch eine weitere Doppelbestimmung überprüft.

Die Werte für die einzelnen Isomere der Gruppe der DDX in den Komposten können dem Anhang, Tabelle 5 (S. 312ff) entnommen werden.

##### 8.7.4.1 Statistische Eckdaten

Die statistischen Eckdaten für die einzelnen Vertreter der Gruppe der DDX können *Tab. 91* entnommen werden. Die Bestimmungsgrenze für alle DDX-Isomere lag bei 0,8 µg/kg TS Iyo, die Nachweisgrenze bei 0,4 µg/kg TS Iyo. Insgesamt wurden 15 Anlagen, davon 9 Biotonnen- und 6 Grünschnittkomposte analysiert.

Tab. 91: DDX-Gehalte der Kompostproben bezogen auf 105°C TS.

n = 15 Anlagen	op'-DDE	pp'-DDE	Op'-DDD	pp'-DDD	op'-DDT	pp'-DDT	Summe 6 DDX-Isomere
in µg/kg TS <sub>105°C</sub>							
Min	n.n.	1,6	< BG	< BG	n.n.	n.n.	3,9
Max	< BG	15,8	2,6	2,6	1,1	4,7	21,2
Mittelwert		7,1	1,4	1,1	0,2	1,1	11,3
Median		4,9	1,4	1,0	0,0	0,6	10,9
unteres Quartil		4,1	1,0	0,7	0,0	0,6	7,5
oberes Quartil		9,9	1,7	1,5	0,0	0,7	14,4
Standard-abweichung		4,6	0,5	0,6	0,4	1,4	5,3

#### 8.7.4.2 Trennung nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen

Bei der weiteren statistischen Auswertung wurden die DDX-Isomere op'-DDE und op'-DDT nicht beachtet, da sie bei beinahe allen Proben unterhalb der Bestimmungs- oder Nachweisgrenze waren.

In Abb. 116 ist die Verteilung der p,p'-DDE-Werte, aufgeteilt nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen dargestellt.

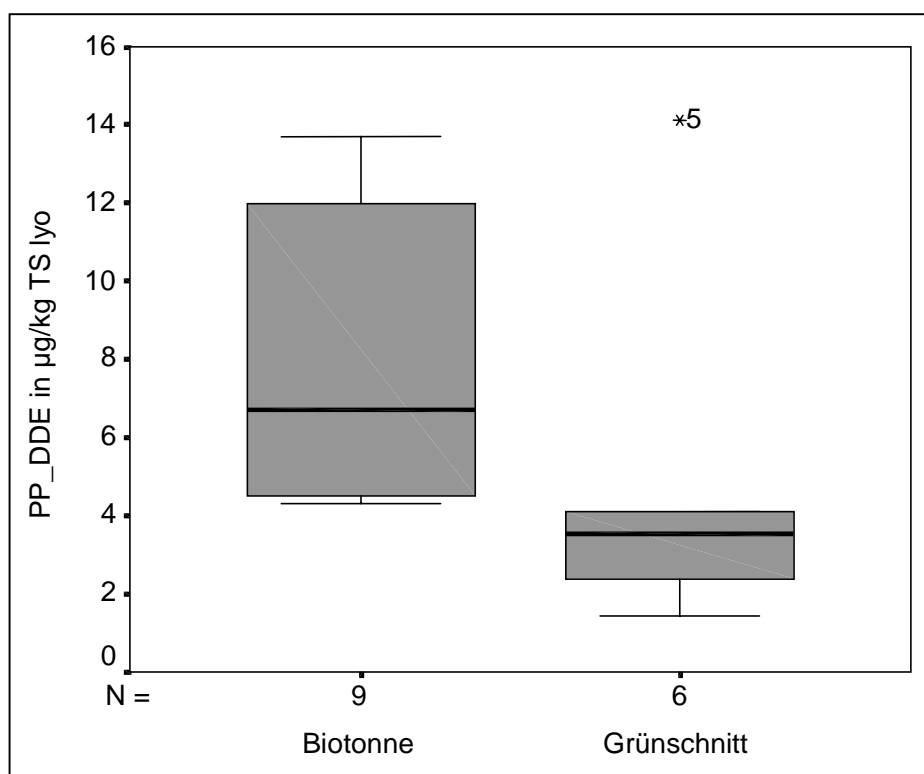
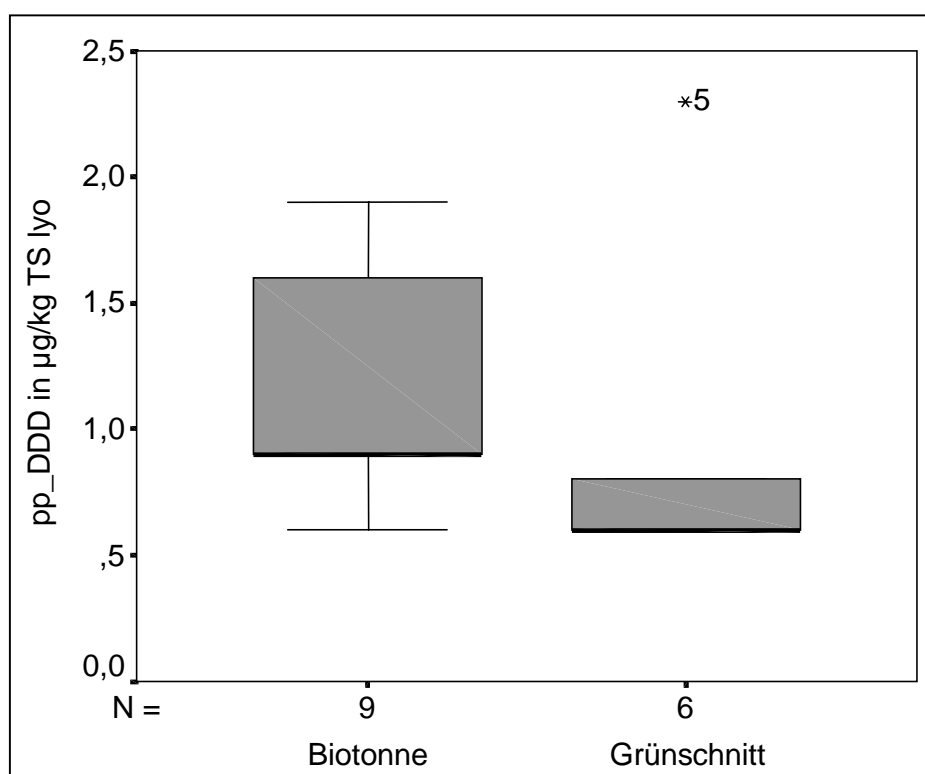


Abb. 116: Boxplot: pp'-DDE-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo).



Die Konzentration der Werte bei Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen unterscheidet sich signifikant ( $p=95\%$ ). Bei allen Anlagen konnten Werte bestimmt werden. Bei den Biotonnen-Anlagen streuen die Werte normal um den Median. Bei den Grünschnittkomposten liegt das Zentrum der p,p'-DDE-Werte deutlich darunter – abgesehen von einem Extremwert, die Werte konzentrieren sich im unteren Bereich.

Beim Parameter p,p'-DDD (siehe *Abb. 117*) liegt der Median der Grünschnitt-Anlagen deutlich unter dem der Biotonnen-Anlagen, die Mediane unterscheiden sich signifikant auf dem 90 %-Signifikanzniveau (allerdings 4 der 6 Grünschnittkompost-Werte liegen unter der Bestimmungsgrenze).



*Abb. 117: Boxplot: p,p'-DDD-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo).*

In *Abb. 118* ist die Verteilung der p,p'-DDT-Werte dargestellt. Von den 15 untersuchten Kompostproben liegen 12 p,p'-DDT-Werte unter der Bestimmungsgrenze, zwei der Komposte mit bestimmbarem p,p'-DDT-Wert sind Hausgartenkomposte (Eigenkompostierer).

In *Abb. 119* ist die Verteilung der o,p'-DDD-Werte, aufgeteilt nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen dargestellt. Die Mediane von Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen liegen in derselben Höhe.

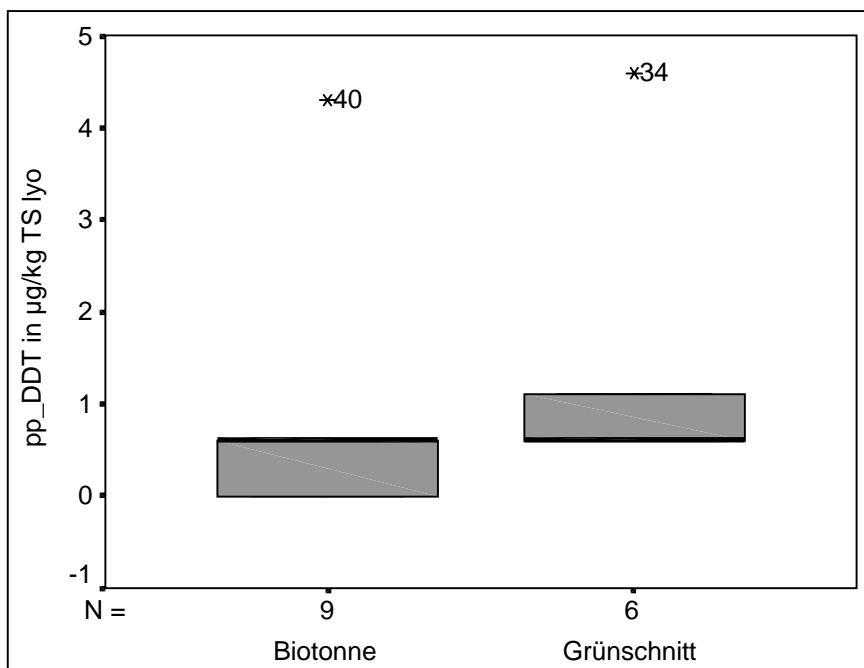


Abb. 118: Boxplot: p,p'-DDT-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo).

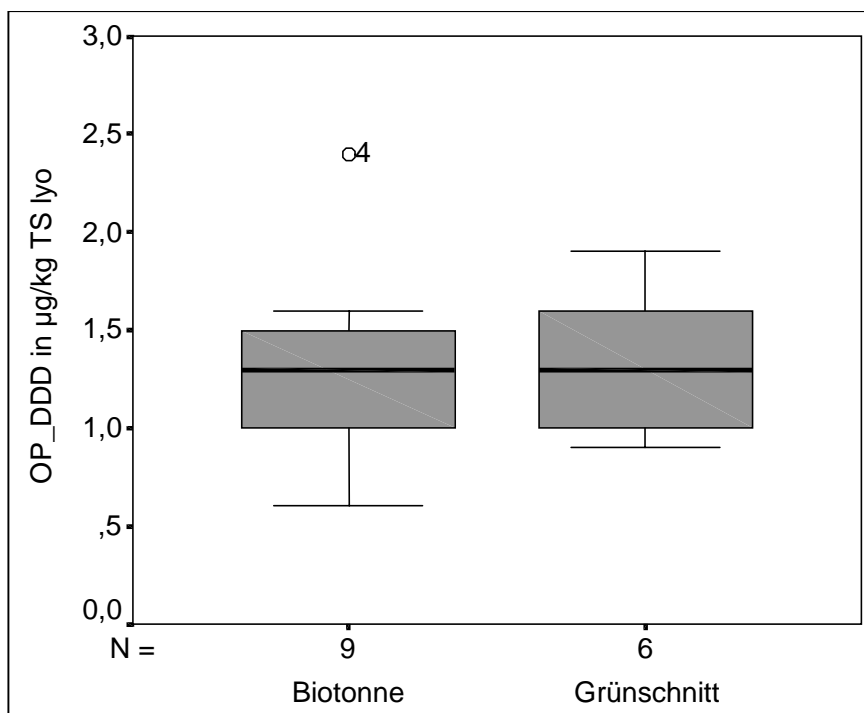


Abb. 119: Boxplot: o,p'-DDD-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo).

Bei der Summe der 6 DDX-Isomere (siehe Abb. 120) zeigt sich, daß die Konzentration der Werte bei Biotonnen-Anlagen über denen der Grünschnitt-Anlagen liegt, der Unterschied zwischen Biotonnen- und Grünschnitt-Komposten ist jedoch nicht signifikant. Ebenso ist für die Summe der 6 DDX der Unterschied zwischen den Einzugsgebietstypen und zwischen Hausgartenkomposten und Anlagenkomposten nicht signifikant.

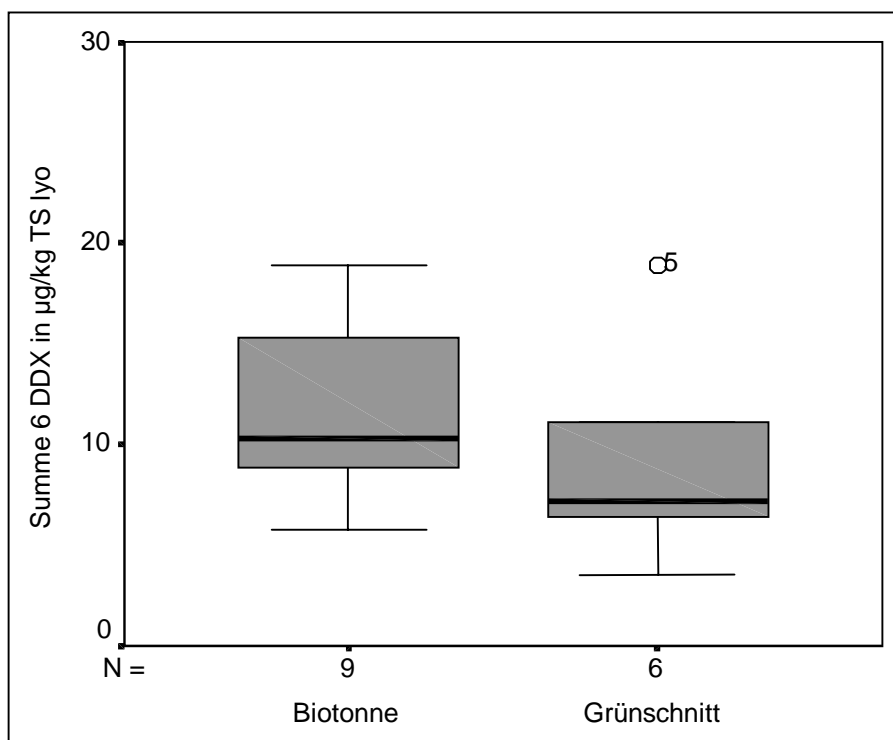


Abb. 120: Boxplot: Summe der 6 DDX-Isomere von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo).

In Tab. 92 ist eine Zusammenfassung der signifikanten Unterschiede zwischen Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen bzw. zwischen den drei Einzugsgebietstypen Stadt, Land und Stadt-Land sowie zwischen Hausgartenkomposten (n = 2) und Anlagenkomposten (n = 13) dargestellt.

Tab. 92: Statistisch signifikante Unterschiede der DDX-Gehalte zwischen Biotonnen (BT)- und Grünschnitt-Anlagen (GS) sowie zwischen Hausgarten-Komposten (HG) und den restlichen Kompostanlagen (Mann-Whitney-U-Test).

Parameter	Unterschied	Konfidenzintervall
o,p'-DDT	HG > restl. Anlagen	95 %
p,p'-DDD	BT > GS	90 %
p,p'-DDE	BT > GS	95 %
p,p'-DDT	HG > restl. Anlagen	95 %

### 8.7.4.3 Diskussion und Schlußfolgerungen

In 0–5 cm Grünland- und 0–20 cm Ackerböden Oberösterreichs wurden im Durchschnitt 0,6 bzw. 1,0 µg DDX/kg TS festgestellt (AMT DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESMINISTERIUM, 1993). Die DDX-Werte im Auflagehumus österreichischer Hintergrund-Waldstandorte betragen von n.n. bis 21,99 µg/kg TS (Median: 7,79 µg/kg TS) (WEISS, 1998).

Der biologische Abbau im Boden erfolgt extrem langsam. Als Halbwertszeiten im Boden werden 3–10 Jahre (DDT), < 10 Jahre (DDD) und > 20 Jahre (DDE) angegeben (RIPPEN, 1997). Die Pflanzenaufnahme von DDX über die Wurzeln ist vernachlässigbar bis nicht vorhanden, die Belastung über die Luft ist für die DDX-Konzentration in den Pflanzen maßgeblich (REISCHL et al., 1989, RIPPEN, 1997).

Als wichtiger Indikator für Hinweise auf den zurückliegenden Zeitraum der Anwendung gilt das Verhältnis von p,p'-DDT zu p,p'-DDE: Aufgrund von Umwandlungsprozessen (p,p'-DDT => p,p'-DDE) deutet ein höherer Anteil an p,p'-DDE auf eine ältere Anwendung hin (ATLAS & GIAM, 1988, IWATA et al., 1993, TREMOLADA et al., 1996). Bei den untersuchten Komposten aus Anlagen liegen die p,p'-DDT-Werte unter der Nachweisgrenze bzw. zwischen Nachweis- und Bestimmungsgrenze, während die p,p'-DDE-Werte oberhalb der Bestimmungsgrenze gemessen wurden. Dies deutet auf länger zurückliegende Quellen von DDT hin bzw. zeigt, daß in den Inputmaterialien der Komposte bereits Umwandlungsprozesse von p,p'-DDT zu p,p'-DDE stattgefunden haben. Eine Verhältniszahl p,p'-DDT/p,p'-DDE kann jedoch nicht gesichert angegeben werden, da bis auf einen Meßwert alle anderen p,p'-DDT-Werte unter der Bestimmungsgrenze liegen. Dagegen sind bei den beiden Hausgartenkomposten noch meßbare Mengen an p,p'-DDT zu finden, was auf eine noch nicht so lange zurückliegende Anwendung von DDT hinweist. Das Verhältnis p,p'-DDT/p,p'-DDE beträgt 1,92 bzw. 0,96. Im Wald-Auflagehumus gemessene p,p'-DDT/p,p'-DDE-Verhältnisse liegen vergleichsweise > 2 (siehe WEISS, 1998).

In der österreichischen Düngemittelverordnung 1994 (DMVo, BGBl. Nr. 1007/1994) ist ein Summengrenzwert für alle Organochlorpestizide von 1 mg/kg TS vorgesehen. Diese Gruppe soll folgende Verbindungen beinhalten: Aldrin, Dieldrin, Endrin Heptachlor die Summe der HCH, DDT und DDE, Chlordan und Hexachlorbenzol. Summiert man nun alle Extremwerte dieser Untersuchung unabhängig von den dazugehörigen verschiedenen Anlagen auf, so wird ein fiktiver Gesamtwert von 71,06 µg/kg TS erreicht. Immerhin tragen die DDX u. U. zu einem Drittel zu diesem Wert bei. Daraus kann aber im Vergleich zum Grenzwert aus der DMVO abgeleitet werden, daß sich die Belastung der Komposte mit Chlorpestiziden – über diese Untersuchung hinaus – in Grenzen hält. Eine Routineuntersuchung der Komposte sollte daher nicht oder nur bei Materialien stattfinden müssen, bei denen ein begründeter Verdacht vorliegt.

### 8.7.5 Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F)

Polychlorierte Dibenzodioxine (PCDD) und polychlorierte Dibenzofurane (PCDF), kurz als Dioxine und Furane bezeichnet, entstehen vor allem bei thermischen Prozessen und bei Prozessen der Chlorchemie als Spurenverunreinigungen. Sie bilden eine Gruppe von 210 verschiedenen Kongeneren. Die typische Zusammensetzung der Mischung aus einzelnen Kongeneren läßt einen Rückschluß auf die Emissionsquellen der Substanzen zu. Auf Grund der sensiblen chemischen Analytik können die Verbindungen ubiquitär in den Umweltmedien (Boden, Sediment, Luft, Pflanzen, Tiere) wiedergefunden werden.

Die Bestimmung von Dioxinen im Kompost erfolgte nach folgender Probenvorbereitung:

- Zugabe der Surrogates ( $17\ ^{13}\text{C}_{12}$  Standards)
- Extraktion im Soxhlet mit Toluol
- mehrstufige säulenchromatographische Reinigung (Celite/Schwefelsäure, gr. Alox, Mischbett)
- Zugabe des Injektionsstandards ( $^{13}\text{C}_{12}$  1,2,3,4 TCDF)
- Volumenreduktion des Extraktes auf 100  $\mu\text{l}$

Die Analyse der Dioxine umfaßte folgende Schritte:

- GC/HRMS bei einer Auflösung zwischen 8000 und 9000
- zwei Kapillarsäulen (DB Dioxin, DB5)
- Quantifizierung über das Gesamtverfahren nach der Isotopenverdünnungsmethode
- Auswertung nach 17 Einzelisomeren und Summe der Chlorierungsgrade
- Berechnung des Toxizitätsäquivalentes

Es wurden bei allen Analysen Doppelbestimmungen durchgeführt. Laborintern wurden Vertrauensbereiche definiert, die von den Einzelwerten der Doppelbestimmung eingehalten werden mußten. Proben, deren Einzelanalyse diesen Bereich überschritten, wurden durch eine weitere Doppelbestimmung überprüft.

Die Werte für die einzelnen Parameter der Gruppe der Dioxine und Furane können dem Anhang, Tabelle 5 (S. 312ff) entnommen werden.

Die Bestimmungsgrenzen der einzelnen Kongenere sind nicht immer gleich, so daß *Tab. 93* die Bestimmungsgrenzen der 2,3,7,8-Isomere über das Gesamtverfahren wiedergibt.

*Tab. 93: Bestimmungsgrenzen der 2,3,7,8-Isomere über das Gesamtverfahren.*

2378-TCDD	0,04 ng/kgTS (Iyo)	2378-TCDF	0,04 ng/kgTS (Iyo)
12378-PeCDD	0,08 ng/kgTS (Iyo)	12378-PeCDF	0,04 ng/kgTS (Iyo)
		23478-PeCDF	0,04 ng/kgTS (Iyo)
123478-HxCDD	0,08 ng/kgTS (Iyo)	123478-HxCDF	0,08 ng/kgTS (Iyo)
123678-HxCDD	0,08 ng/kgTS (Iyo)	123678-HxCDF	0,08 ng/kgTS (Iyo)
123789-HxCDD	0,08 ng/kgTS (Iyo)	234678-HxCDF	0,08 ng/kgTS (Iyo)
		123789-HxCDF	0,08 ng/kgTS (Iyo)
1234678-HpCDD	0,12 ng/kgTS (Iyo)	1234678-HpCDF	0,08 ng/kgTS (Iyo)
		1234789-HpCDF	0,08 ng/kgTS (Iyo)
OCDD	0,16 ng/kgTS (Iyo)	OCDF	0,16 ng/kgTS (Iyo)

Die Gruppe der sogenannten 2,3,7,8-substituierten Einzelisomere wird als besonders toxisch eingestuft. In dieser Gruppe ist besonders das als "Seveso-Gift" bekannt gewordene 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin von herausragender Toxizität.

PCDD/PCDF, vor allem die höher chlorierten, sind schlecht wasserlöslich, schwer flüchtig und adsorbieren stark an Partikeln und Oberflächen. Wegen ihrer hohen Persistenz reichern sie sich in der Umwelt an, so daß man zumindest für einige Kongenere eine ubiquitäre Verteilung annehmen kann.

Wie üblich wurden folgende PCDD/PCDF-Kongenere und Homologensummen untersucht:

2378-TCDD, 12378-PeCDD, 123478-HxCDD, 123678-HxCDD, 123789-HxCDD, 1234678-HpCDD, OCDD, Summe TCDD, Summe PeCDD, Summe HxCDD, Summe HpCDD.

2378-TCDF, 12378-PeCDF, 23478-PeCDF, 123478-HxCDF, 123678-HxCDF, 234678-HxCDF, 123789-HxCDF, 1234678-HpCDF, 1234789-HpCDF, OCDF, Summe TCDF, Summe PeCDF, Summe HxCDF, Summe HpCDF.

Es wurden folgende Summenparameter gebildet: Summe PCDD, Summe PCDF, Summe PCDD/PCDF, Summe 2378-Isomere.

Weiters wurden die Toxizitätsäquivalente errechnet (TEQ (ITEF)), welche das Toxizitätspotential der gefundenen Dioxin- und Furankongenere angeben.

### 8.7.5.1 Statistische Eckdaten

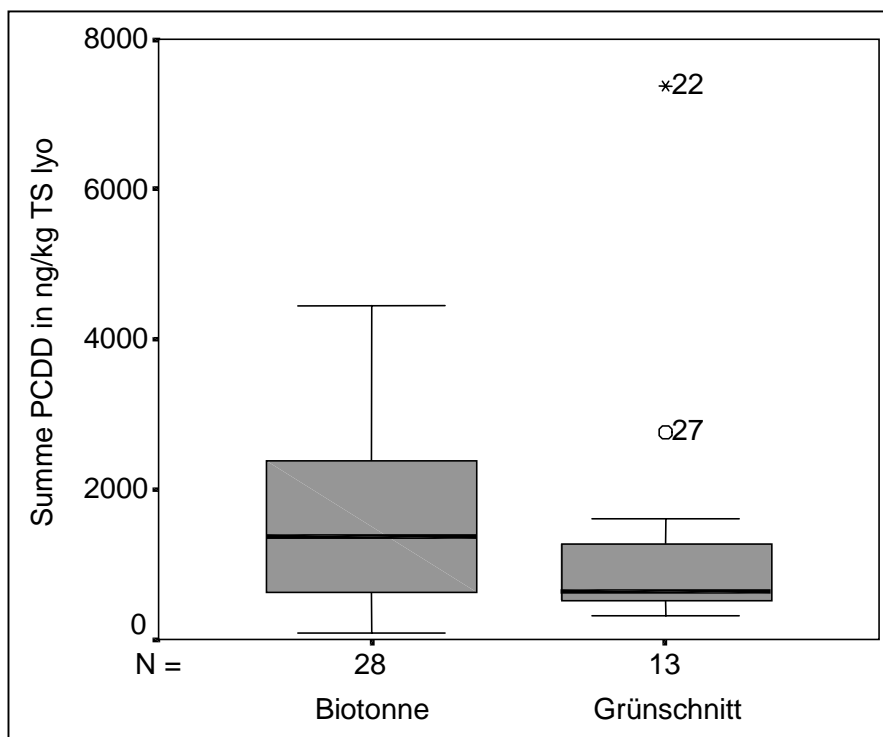
Die statistischen Eckdaten für die einzelnen Parameter der Gruppe der Dioxine und Furane können *Tab. 94* entnommen werden.

*Tab. 94: Dioxin-Gehalte der Kompostproben, Werte in ng/kg TS 105°C.*

	Min	Max	Mittelwert	Median	unteres Quartil	oberes Quartil	Standardabweichung
2378-TCDD	n.n.	1,0	0,4	0,3	0,2	0,5	0,2
12378-PeCDD	0,1	5,5	1,1	1,0	0,5	1,3	0,9
123478-HxCDD	0,2	9,4	1,7	1,4	0,7	2,2	1,5
123678-HxCDD	0,3	122,3	7,1	4,0	2,1	5,5	18,5
123789-HxCDD	0,3	32,6	3,1	2,2	1,3	3,4	4,9
1234678-HpCDD	13,1	3.565,2	295,5	146,2	68,7	277,8	566,3
OCDD	57,8	19.160,0	1.639,8	871,2	418,1	1.913,2	2.974,2
Summe TCDD	0,4	40,7	10,2	7,9	4,1	15,7	8,3
Summe PeCDD	0,2	94,7	15,5	11,5	5,9	21,0	15,2
Summe HxCDD	4,3	606,5	58,4	40,6	24,3	61,8	91,9
Summe HpCDD	22,9	5.871,7	491,3	242,8	125,3	522,6	931,5
2378-TCDF	0,5	9,5	2,8	2,4	1,6	3,1	2,0
12378-PeCDF	0,2	5,1	1,4	1,2	0,7	1,7	1,2
23478-PeCDF	0,3	9,5	2,3	1,7	1,0	2,6	2,0
123478-HxCDF	0,2	36,4	3,0	1,7	0,9	2,4	5,8
123678-HxCDF	0,2	6,5	1,8	1,5	0,8	2,1	1,4
234678-HxCDF	0,3	7,8	1,9	1,6	0,8	2,1	1,6
123789-HxCDF	0,0	0,4	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1
1234678-HpCDF	1,7	388,9	24,9	14,2	9,5	21,0	58,7
1234789-HpCDF	0,2	20,0	1,8	1,2	0,8	1,7	3,0
OCDF	3,0	781,3	54,9	29,0	18,8	48,8	119,5
Summe TCDF	5,1	150,6	35,0	27,4	19,1	47,0	27,1
Summe PeCDF	3,5	83,8	28,0	24,9	11,8	35,0	21,0
Summe HxCDF	3,0	266,2	29,8	22,4	12,1	32,7	41,1
Summe HpCDF	3,4	817,3	56,2	32,4	20,7	42,5	124,1
Summe PCDD	85,6	25.773,6	2.215,2	1.140,3	595,3	2.556,4	4.010,7
Summe PCDF	18,3	1.970,5	203,8	147,2	98,2	197,6	297,8
Summe PCDD/PCDF	103,9	27.744,1	2.419,1	1.345,5	682,9	2.689,1	4.297,5
Summe 2378-Isomere	78,5	24.145,7	2.043,47	1.081,51	555,2	2.342,9	3.746,0
TEQ (ITEF)	0,6	86,8	9,18	6,43	3,4	10,1	13,2

### 8.7.5.2 Trennung nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen

Die **PCDD-Gehalte** der Kompostproben, aufgeteilt nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen sind der *Abb. 121* zu entnehmen. Die Verteilung der Werte ist bei den Biotonnen-Anlagen symmetrisch, bei den Grünschnitt-Anlagen liegt der Median im unteren Bereich der Box. Bei den Grünschnitt-Anlagen gibt es einen Ausreißer, die Anlage 27, und einen Extremwert, die Anlage 22. Der Unterschied zwischen Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen ist nicht signifikant.



*Abb. 121: Boxplot: Summe PCDD-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS<sub>lyo</sub>). Der Wert der Anlage 39 (24.763,7 ng/kg TS<sub>lyo</sub>) wurde nicht berücksichtigt, da er als Extremwert die Boxplot-Darstellung verzerrt.*

Bei der Summe der **PCDF-Gehalte** (siehe *Abb. 122*) liegen die Werte bei beiden Anlagentypen nicht symmetrisch verteilt, während der Median bei den Biotonnen-Anlagen im oberen Bereich der Box liegt, liegt er bei den Grünschnitt-Anlagen in der unteren Hälfte der Box. Ausreißer bei den Biotonnen-Anlagen sind die Anlagen 9 und 41, bei den Grünschnitt-Anlagen die Anlage 22.

Bei der **Verhältniszahl der Summe der PCDD zur Summe der PCDF** zeigt sich, daß die Werte bei beiden Anlagentypen annähernd symmetrisch verteilt sind und keine Ausreißer oder Extremwerte auftreten (siehe *Abb. 123*).

Bei der **Summe der 2378-Isomere** liegt der Median der Grünschnitt-Komposte im unteren Bereich der Box und damit unter jenem der Biotonnen-Anlagen (siehe *Abb. 124*). Der Unterschied zwischen Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen ist allerdings statistisch nicht signifikant.

Bei den **Toxizitätsäquivalenten (I-TEQ)** liegt der Median der Grünschnitt-Komposte unter dem Median der Biotonnen-Anlagen (siehe *Abb. 125*), der Unterschied zwischen Grünschnitt- und Biotonnenanlagen ist jedoch statistisch nicht signifikant. Erst bei Eliminierung der extremen TEQ-Werte der beiden Grünschnitt-Anlagen 39 und 22 ergibt sich ein signifikanter Unterschied ( $p=95\%$ ) der Mittelwerte zwischen den Biotonnen- und den Grünschnitt-Anlagen.

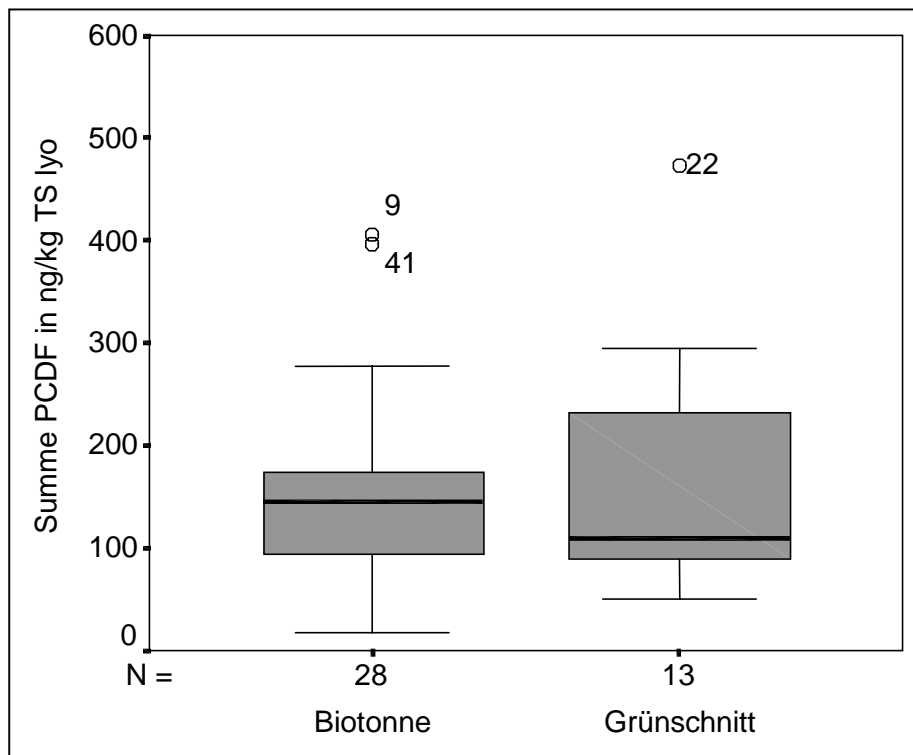


Abb. 122: Boxplot: Summe PCDF-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS ( $TS_{lyo}$ ). Der Wert der Anlage 39 ( $1.893,3 \text{ ng/kg } TS_{lyo}$ ) wurde nicht berücksichtigt, da er als Extremwert die Boxplot-Darstellung verzerrt.

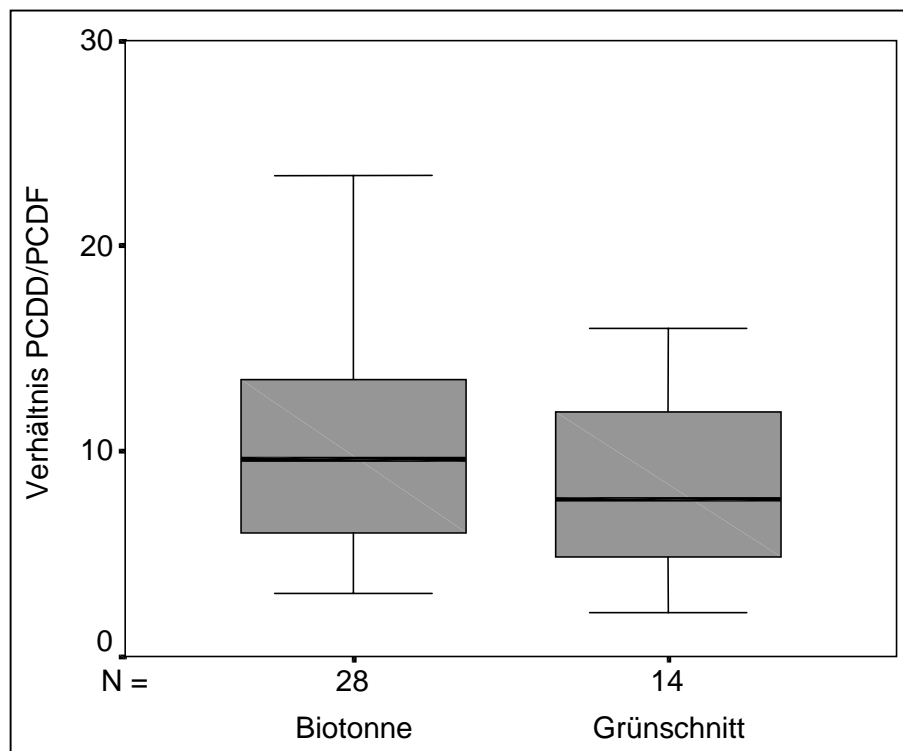


Abb. 123: Boxplot: Verhältnis Summe PCDD- zu Summe PCDF-Gehalten von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, berechnet aus den Werten bezogen auf lyophilisierte TS ( $TS_{lyo}$ ).



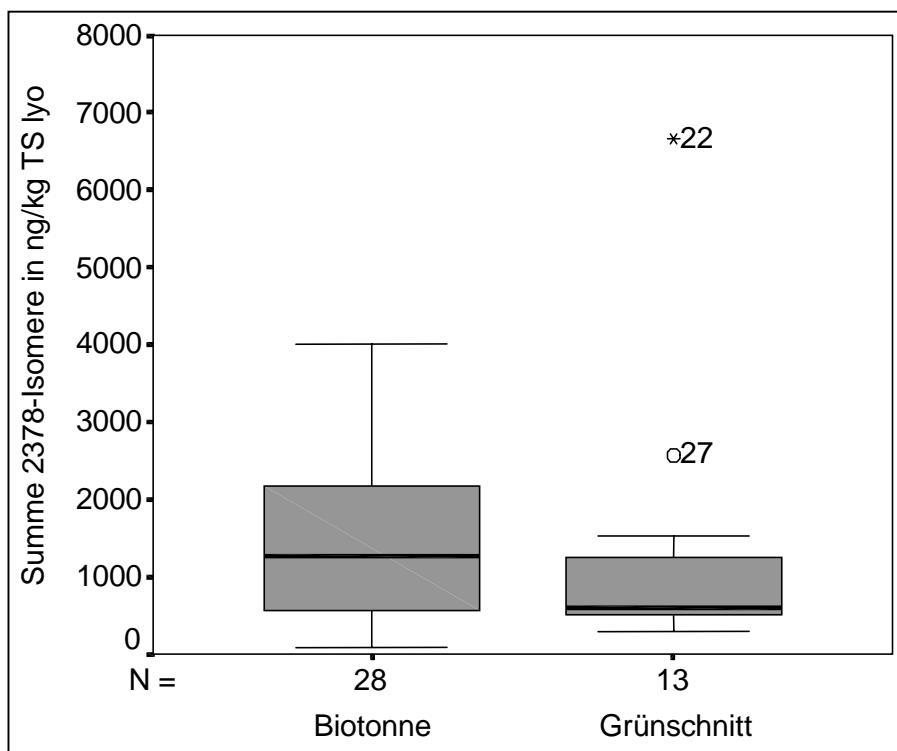


Abb. 124: Boxplot: Summe 2378-Isomere von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS<sub>lyo</sub>). Der Wert der Anlage 39 (23.199,6 ng/kg TS<sub>lyo</sub>) wurde nicht berücksichtigt, da er als Extremwert die Boxplot-Darstellung verzerrt.

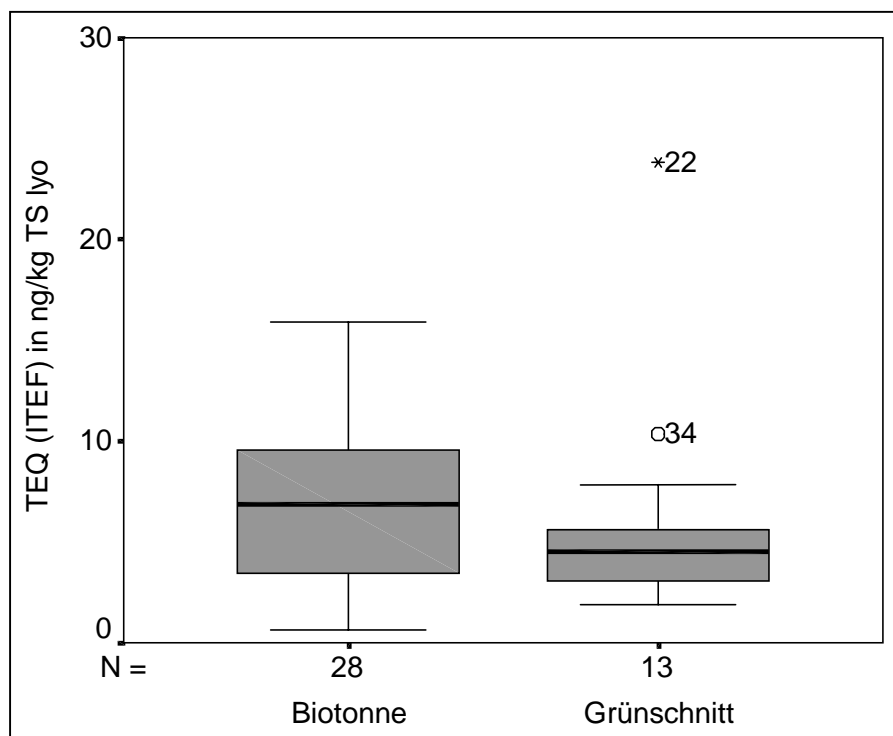


Abb. 125: Boxplot: TEQ (ITEF) von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS<sub>lyo</sub>). Der Wert der Anlage 39 (83,3 ng/kg TS<sub>lyo</sub>) wurde nicht berücksichtigt, da er als Extremwert die Boxplot-Darstellung verzerrt.

Eine Differenzierung der Dioxin- und Furankonzentrationen zwischen Biotonnen- und Grünschnitt-Komposten ist bei Einbeziehung aller Meßwerte statistisch nicht signifikant abgesichert – allerdings wird der Unterschied signifikant bei Ausschluß der Extremwerte.

### 8.7.5.3 Gesamtbetrachtung der Gruppe der Dioxine und Furane – Biotonnen-Anlagen

Es werden die Summenparameter der Dioxine und Furane in die statistische Analyse einbezogen: Summe TCDD, Summe PeCDD, Summe HxCDD, Summe HpCDD, OCDD, Summe TCDF, Summe PeCDF, Summe HxCDF, Summe HpCDF, OCDF.

Es wurden 28 Biotonnen-Anlagen untersucht.

#### 8.7.5.3.1 Hauptkomponentenanalyse und Korrelationen

Innerhalb der Gruppe der Dioxine und Furane wurden Korrelationen errechnet, um Zusammenhänge zwischen den einzelnen untersuchten Summenparametern herauszufinden. Weiters wurde zuerst eine Hauptkomponentenanalyse zur Datenreduktion durchgeführt.

Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lyophilisierte Trockensubstanz (TS lyo) durchgeführt.

Als Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse zeigt sich, daß bei den Biotonnen-Anlagen bei der Gruppe der Dioxine und Furane zwei Faktoren beinahe 88 % der Varianz erklären.

Tab. 95 zeigt die Ladungen für die einzelnen Parameter und Faktoren. Eine starke Beeinflussung durch den Parameter liegt vor, wenn der Faktor mit einer Ladung > 0,6 bestimmt wird. Der erste Faktor wird von allen Parametern bestimmt, der zweite Faktor wird vor allem von den okta- und heptachlorierten Dibenzodioxinen gebildet. Der Plot in Abb. 126 zeigt dies ebenfalls in den Faktorladungen der Parameter.

Tab. 95: Hauptkomponentenanalyse "Biotonne- Dioxine und Furane": Factor Matrix.

	Factor 1	Factor 2
SUMTCDD	,85119	-,41277
SUMPECDD	,87414	-,26850
SUMHXCDD	,91179	,26609
SUMHPCDD	,69510	,66243
OCDD	,74450	,60185
SUMTCDF	,80350	-,50969
SUMPECDF	,88728	-,41310
SUMHXCDF	,90692	-,26970
SUMHPCDF	,90270	,25210
OCDF	,76767	,29701

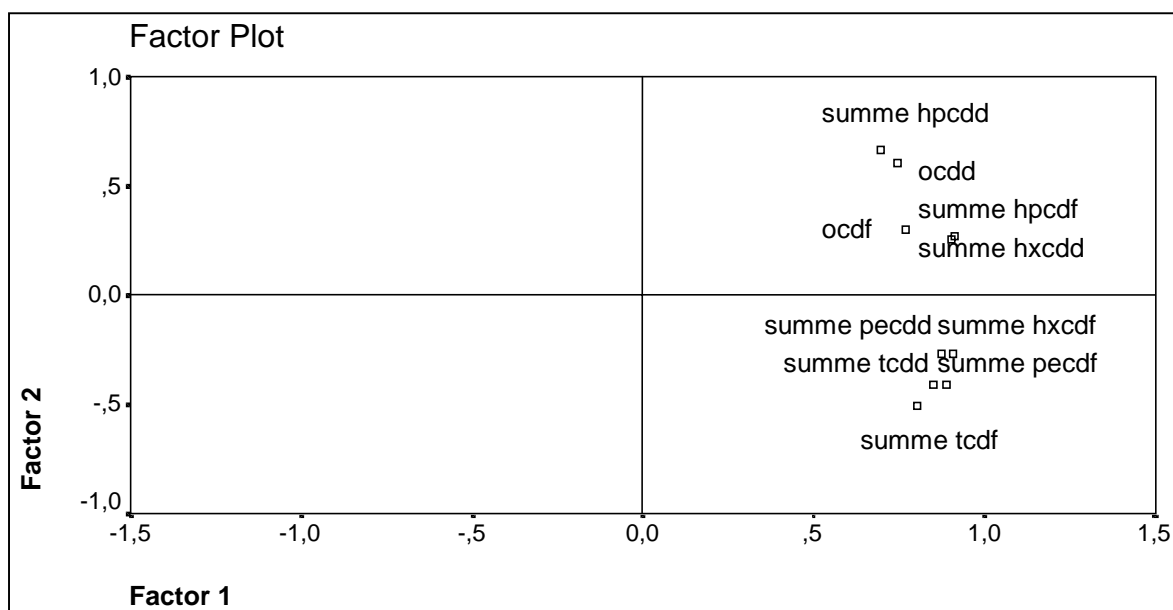


Abb. 126: Hauptkomponentenanalyse "Biotonne- Dioxine und Furane": Plot der Faktorladungen der Parameter.

Der Scatterplot in Abb. 127 zeigt die Lage der Biotonnen-Anlagen, errechnet aufgrund der neuen Werte (alter Wert x Eigenvalue) für die PCDD/PCDF-Gehalte, in der Fläche, welche von den zwei Hauptkomponenten aufgespannt wird.

Die Anlagen sind relativ gleichverteilt über die Fläche, es zeichnet sich keine deutliche Gruppenbildung ab. Die Biotonnen-Anlagen 9 und 41 weisen hohe Werte bei jenen Parameter auf, die die 1. Hauptkomponente bestimmen. Die Anlagen 21, 24 und 25 weisen höhere Werte bei den für die 2. Hauptkomponente relevanten Parametern auf (oktachlorierte Dibenzodioxine und heptachlorierte Dibenzodioxine).

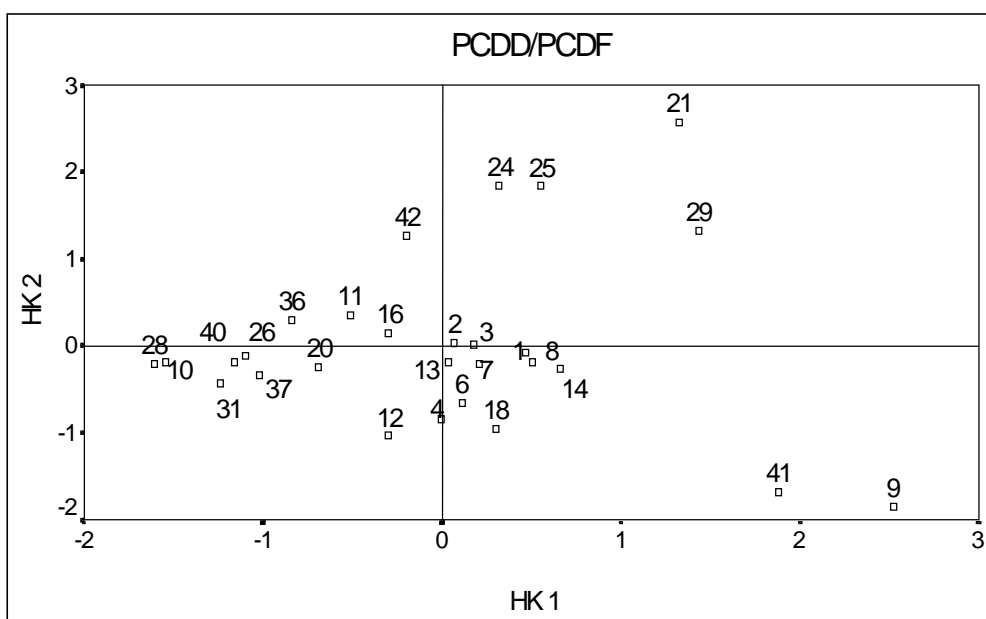


Abb. 127: Hauptkomponentenanalyse "Biotonne- Dioxine und Furane": Scatterplot mit neuer Lage der Biotonnen-Anlagen aufgrund der PCDF/PCDD-Gehalte.

Die Korrelationen innerhalb der Gruppe der Dioxine und Furane bei den Biotonnen-Anlagen zeigt *Tab. 96*. Es wird der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet. Ein Stern bedeutet, daß die Korrelation auf dem 95 % Niveau signifikant ist. Die Signifikanz auf dem 99 % Niveau ist durch zwei Sterne gekennzeichnet. Bis auf die heptachlorierten Dibenzodioxine und die tetrachlorierten Dibenzofurane sind alle Parameter teilweise hoch signifikant miteinander korreliert. Vor allem die höherchlorierten Furane korrelieren nicht stark mit den niederchlorierten Dioxinen und Furanen.

*Tab. 96: Korrelationen der PCDD/PCDF-Werte der Biotonnen-Komposte.*

Pearson Correlation										
	Summe TCDD	Summe PeCDD	Summe HxCDD	Summe HpCDD	OCDD	Summe TCDF	Summe PeCDF	Summe HxCDF	Summe HpCDF	OCDF
Summe TCDD	1.000	.902**	.677**	.364	.424*	.892**	.888**	.816**	.613**	.455*
Summe PeCDD	.902**	1.000	.823**	.487**	.508**	.813**	.841**	.785**	.636**	.443*
Summe HxCDD	.677**	.823**	1.000	.855**	.857**	.603**	.669**	.712**	.817**	.649**
Summe HpCDD	.364	.487**	.855**	1.000	.957**	.241	.332	.403*	.717**	.590**
OCDD	.424*	.508**	.857**	.957**	1.000	.349	.407*	.456*	.750**	.646**
Summe TCDF	.892**	.813**	.603**	.241	.349	1.000	.918**	.823**	.561**	.418*
Summe PeCDF	.888**	.841**	.669**	.332	.407*	.918**	1.000	.954**	.715**	.595**
Summe HxCDF	.816**	.785**	.712**	.403*	.456*	.823**	.954**	1.000	.826**	.721**
Summe HpCDF	.613**	.636**	.817**	.717**	.750**	.561**	.715**	.826**	1.000	.936**
OCDF	.455*	.443*	.649**	.590**	.646**	.418*	.595**	.721**	.936**	1.000

\*\* - Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* - Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

### 8.7.5.3.2 Clusteranalyse

Die Clusteranalyse klassifiziert die Anlagen in Kategorien (Gruppen).

Eine Clusteranalyse mit den Prozent-Anteilen der einzelnen Homologengruppen an der Summe der PCDD/PCDF ergibt folgendes Bild: Es zeigen sich zwei große Gruppen.

- Der erste Cluster beinhaltet die Anlagen 25, 42, 21, 20, 26, 3, 14, 7, 29, 1, 13, 8, 2, 16, 11 und 24 und
- zum zweiten Cluster gehören die Anlagen 12, 31, 4, 6, 18, 10, 40, 9, 28, 36, 41 und 37.

Die mittleren Homologenmuster der Anlagen der beiden Cluster zeigen *Abb. 128* und *Abb. 129*. Während bei den Anlagen des ersten Clusters das städtische bzw. städtisch-ländliche Einzugsgebiet überwiegt, sind im zweiten Cluster vor allem Anlagen vertreten, die den Siedlungstyp „Land“ und Hausgartenkomposte – obwohl vor allem im Stadtbereich beprobt – vertreten. Deutlich wird beim ersten Cluster die Dominanz der hepta- und octachlorierten Dioxine sichtbar, welche zwischen dem Muster der Biotonnenanlagen bzw. des Garten-/Grünabfalls nach KRAUSS et al. (1995) zu liegen scheint. Durch die geringe Bedeutung der niederchlorierten Furane liegt die Vermutung von alten bereits abgeschliffenen Mustern nahe. Dazu passen würde auch die geringe Gesamtbelastung der Anlagen. Im zweiten Cluster nehmen die Furane an Bedeutung zu, allerdings ebenfalls zu wenig differenziert, um Aussagen über die Herkunft zu ermöglichen.

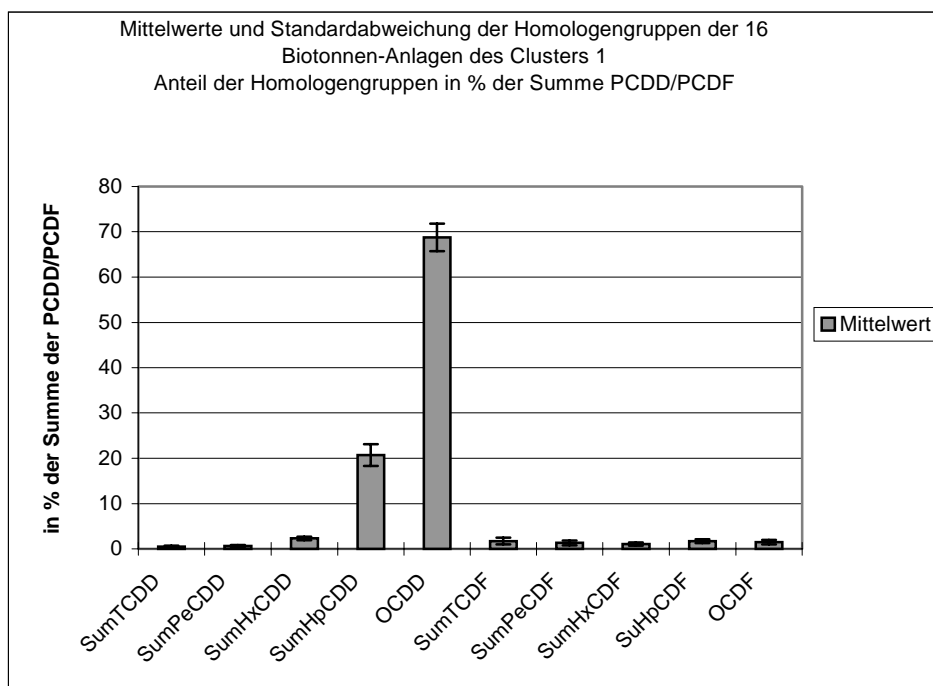


Abb. 128: Biotonnen-Anlagen, Cluster 1: Mittelwerte und Standardabweichungen der Prozentanteile der einzelnen Homologengruppen an der Summe der PCDD/PCDF.

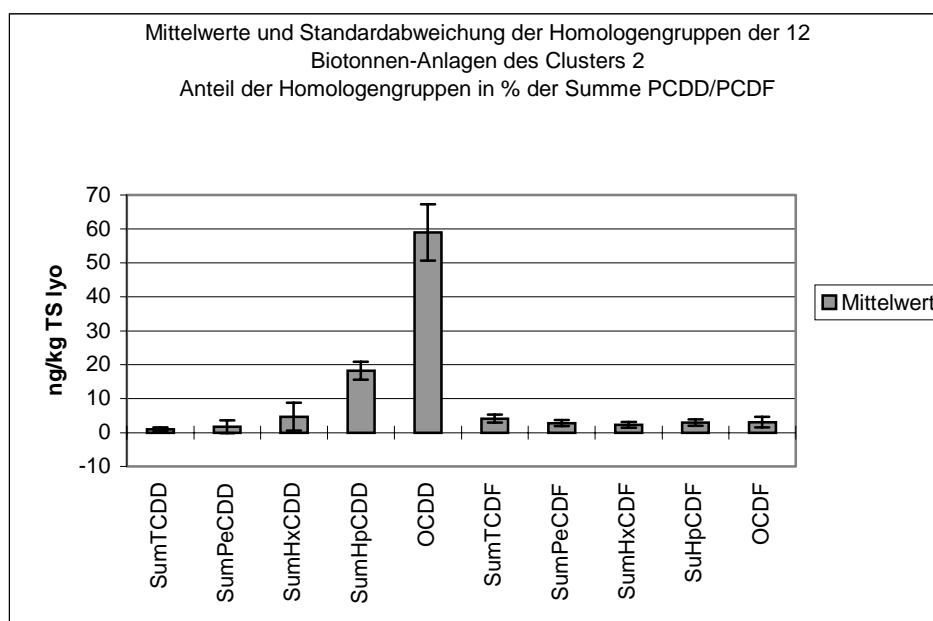


Abb. 129: Biotonnen-Anlagen, Cluster 2: Mittelwerte und Standardabweichungen der Prozentanteile der einzelnen Homologengruppen an der Summe der PCDD/PCDF.

#### 8.7.5.4 Gesamtbetrachtung der Gruppe der Dioxine und Furane – Grünschnitt-Anlagen

Es werden die Summenparameter der Dioxine und Furane in die statistische Analyse einbezogen: Summe TCDD, Summe PeCDD, Summe HxCDD, Summe HpCDD, OCDD, Summe TCDF, Summe PeCDF, Summe HxCDF, Summe HpCDF, OCDF.

Es wurden 14 Grünschnitt-Anlagen untersucht.

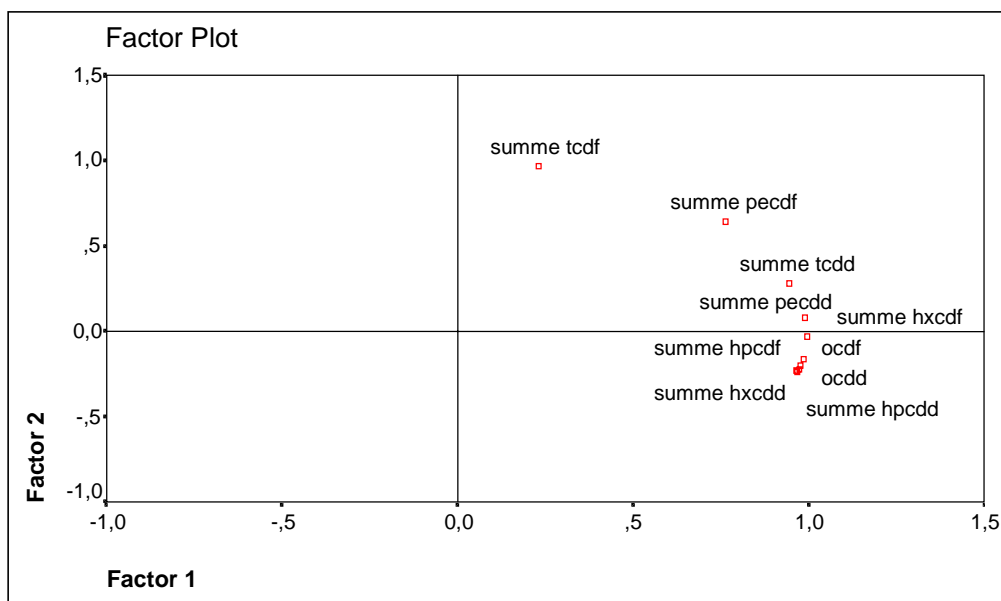
### 8.7.5.4.1 Hauptkomponentenanalyse und Korrelationen

Innerhalb der Gruppe der Dioxine und Furane wurden Korrelationen errechnet, um Zusammenhänge zwischen den einzelnen Summenparametern bei den Grünschnitt-Komposten herauszufinden. Weiters wurde zuerst eine Hauptkomponentenanalyse zur Datenreduktion durchgeführt. Die statistische Auswertung wurde mit den Analysewerten bezogen auf die lyophilisierte Trockensubstanz (TS lyo) durchgeführt.

Die Hauptkomponentenanalyse zeigt, daß mit zwei Faktoren 99 % der Varianz erklärt werden können. *Tab. 97* zeigt die Ladungen für die einzelnen Parameter und Faktoren. Eine starke Beeinflussung durch den Parameter liegt vor, wenn der Faktor mit einer Ladung > 0,6 bestimmt wird. Der zweite Faktor wird vor allem durch die tetra- und pentachlorierten Dibenzofurane bestimmt. Es zeichnet sich eine geringe Ähnlichkeit zu den Biotonnen ab. Der Plot in *Abb. 130* zeigt die Faktorladungen der Parameter.

*Tab. 97: Hauptkomponentenanalyse "Grünschnitt – Dioxine und Furane": Factor Matrix.*

	Factor 1	Factor 2
SUMTCDD	,94658	,27917
SUMPECDD	,98966	,08292
SUMHXCDD	,98614	-,16176
SUMHPCDD	,96534	-,22941
OCDD	,96774	-,23454
SUMTCDF	,23006	,96616
SUMPECDF	,76384	,64047
SUMHXCDF	,99768	-,03356
SUMHPCDF	,97843	-,20219
OCDF	,97394	-,22440



*Abb. 130: Hauptkomponentenanalyse "Grünschnitt-Dioxine und Furane": Plot der Faktorladungen der Parameter.*

Der Scatterplot in *Abb. 131* zeigt nun die Lage der Grünschnitt-Anlagen, errechnet aufgrund der neuen Werte (alter Wert x Eigenvalue) für die PCDD/PCDF-Gehalte (zusammengeführt in den zwei Faktoren) in der Fläche, welche von den zwei Hauptkomponenten aufgespannt wird. Die Anlage 39 hat sehr hohe Werte bei den Parametern, die für die 1. Hauptkomponente bestimmend sind, die Anlage 34 hat ungewöhnlich hohe Werte bei den tetra- und pentachlorierten Dibenzofuranen, welche die 2. Hauptkomponente positiv beeinflussen. Die Anlagen werden daher deutlich in 3 Gruppen aufgeteilt.

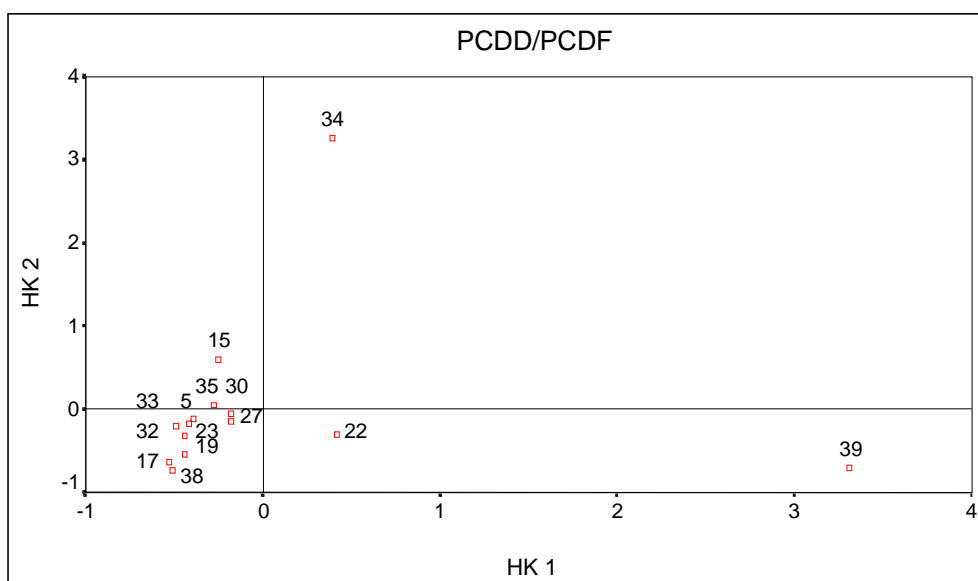


Abb. 131: Hauptkomponentenanalyse "Grünschnitt – Dioxine und Furane": Scatterplot mit neuer Lage der Grünschnitt-Anlagen aufgrund der PCDD/PCDF-Werte.

Die Korrelationen innerhalb der Gruppe der Dioxine und Furane bei den Grünschnitt-Anlagen zeigt Tab. 98. Es wird der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet. Ein Stern bedeutet, daß die Korrelation auf dem 95 % Niveau signifikant ist. Die Signifikanz auf dem 99 % Niveau ist durch zwei Sterne gekennzeichnet.

Eine starke Korrelation ist bis auf die tetrachlorierten Dibenzofurane – im Gegensatz zur Biotonne – bei den meisten Parameter feststellbar. Eine Ausnahme bilden die tetra- und pentachlorierten Furane.

Tab. 98: Korrelationen der PCDD/PCDF-Werte der Grünschnitt-Komposte.

Pearson Correlation

	Summe TCDD	Summe PeCDD	Summe HxCDD	Summe HpCDD	OCDD	Summe TCDF	Summe PeCDF	Summe HxCDF	Summe HpCDF	OCDF
Summe TCDD	1.000	.960*	.886**	.844**	.846*	.476	.902*	.930*	.868*	.857*
Summe PeCDD	.960*	1.000	.962**	.924**	.930*	.299	.814*	.987**	.954*	.946*
Summe HxCDD	.886**	.962**	1.000	.991**	.993**	.072	.649	.988**	.997**	.996*
Summe HpCDD	.844**	.924**	.991**	1.000	.997**	.011	.586	.968**	.987**	.991**
OCDD	.846*	.930*	.993**	.997**	1.000	.006	.584	.972**	.993**	.995**
Summe TCDF	.476	.299	.072	.011	.006	1.000	.788*	.197	.029	.008
Summe PeCDF	.902**	.814*	.649	.586	.584	.788*	1.000	.742**	.618	.601*
Summe HxCDF	.930*	.987**	.988**	.968**	.972**	.197	.742**	1.000	.985**	.980*
Summe HpCDF	.868**	.954*	.997**	.987**	.993**	.029	.618	.985**	1.000	.999*
OCDF	.857**	.946*	.996*	.991**	.995**	.008	.601*	.980*	.999*	1.000

\*\* .Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* .Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

### 8.7.5.4.2 Clusteranalyse

Eine Clusteranalyse mit den Prozent-Anteilen der Homologengruppen an der Summe der PCDD/PCDF ergibt folgendes Bild: Es zeigen sich drei Gruppen von Anlagen; der erste Cluster mit den Grünschnitt-Anlagen 17, 30, 5, 23 und 32, die zweite Gruppe mit den Anlagen 22, 39, 19, 27 und 33 und die dritte Gruppe mit den Anlagen 35, 38 und 15. Die Anlage 34 ist am unähnlichsten mit allen anderen Anlagen und kommt daher erst zuletzt zu den drei bereits vereinigten Clustern.

Die mittleren Homologenmuster der Anlagen der drei Cluster zeigen die folgenden Abbildungen (Abb. 132, Abb. 133 und Abb. 134). Das im Vergleich zu den anderen Anlagen untypische Homologenmuster der Anlage 34 kann Abb. 138 entnommen werden. Während im ersten Cluster der ländliche Einzugsgebietstyp überwiegt, sind im zweiten Cluster vor allem Anlagen des Siedlungstyps Stadt und Stadt-Land vertreten. Beim dritten Cluster handelt es sich auch um drei städtische Komposte, zwei davon sind Hausgartenkomposte. Die octa- und heptachlorierten Dioxine – sonst dominant – verlieren in der Reihenfolge vom zweiten über den ersten zum dritten Cluster an Bedeutung und an ihre Stelle treten die Furane und die anderen Dioxin homologen. Stellt man Vergleiche mit KRAUSS et al. (1995) an, so gleichen der erste und dritte Cluster (Abb. 132, Abb. 134) dem Verteilungsmuster Gras/Wiese, dagegen ist der zweite Cluster den obigen Biotonnenverteilungen durchaus ähnlich. Es fehlen die typischen Vertreter der niederchlorierten Furane, welche für einen typischen Grünschnitt (Laub und Gartenabfall) charakteristisch sind. Auch hier muß von der Annahme einer unscharfen Trennung zwischen Grünschnitt- und Biotonnenmaterialien ausgegangen werden. Weiters können die gefundenen Muster, da sie untypisch verflacht sind, auch Hinweis auf alte – als Hintergrundbelastung – immer wiederkehrende Belastungen hindeuten.

Damit scheint die Belastung der städtischen Anlagen durch Emissionen aus dem Verkehr abgebildet zu werden.

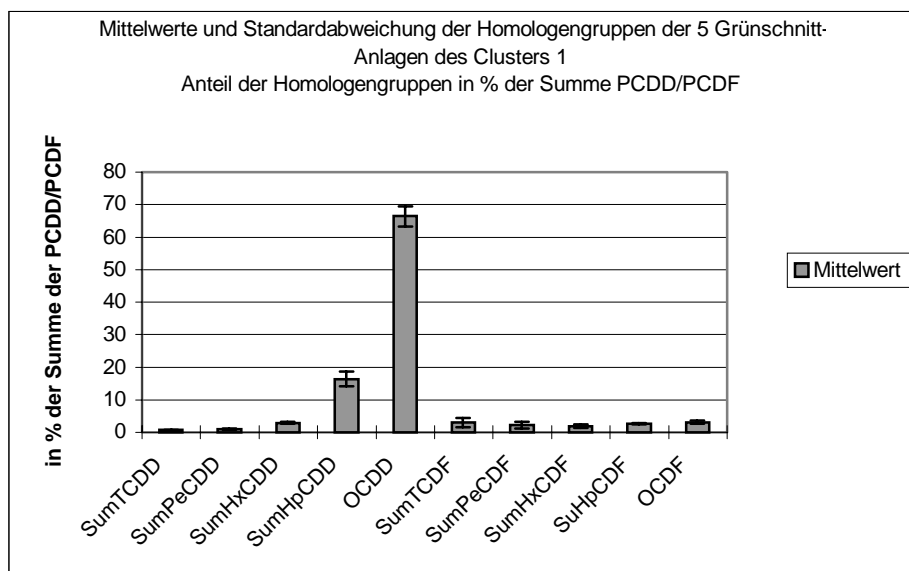


Abb. 132: Grünschnitt-Anlagen, Cluster 1: Mittelwerte und Standardabweichungen der Prozentanteile der einzelnen Homologengruppen an der Summe der PCDD/PCDF.



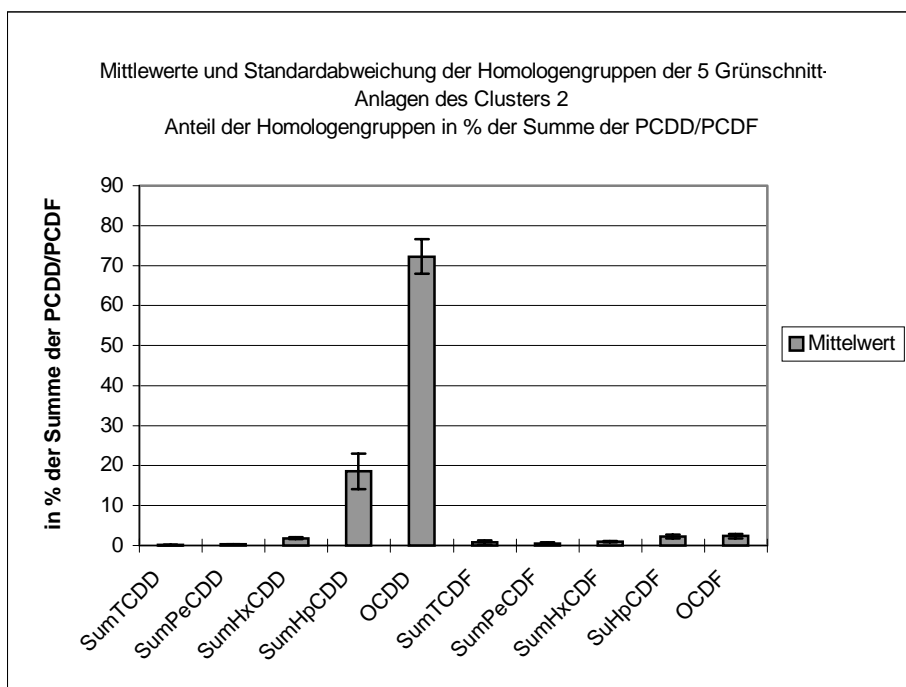


Abb. 133: Grünschnitt-Anlagen, Cluster 2: Mittelwerte und Standardabweichungen der Prozentanteile der einzelnen Homologengruppen an der Summe der PCDD/PCDF.

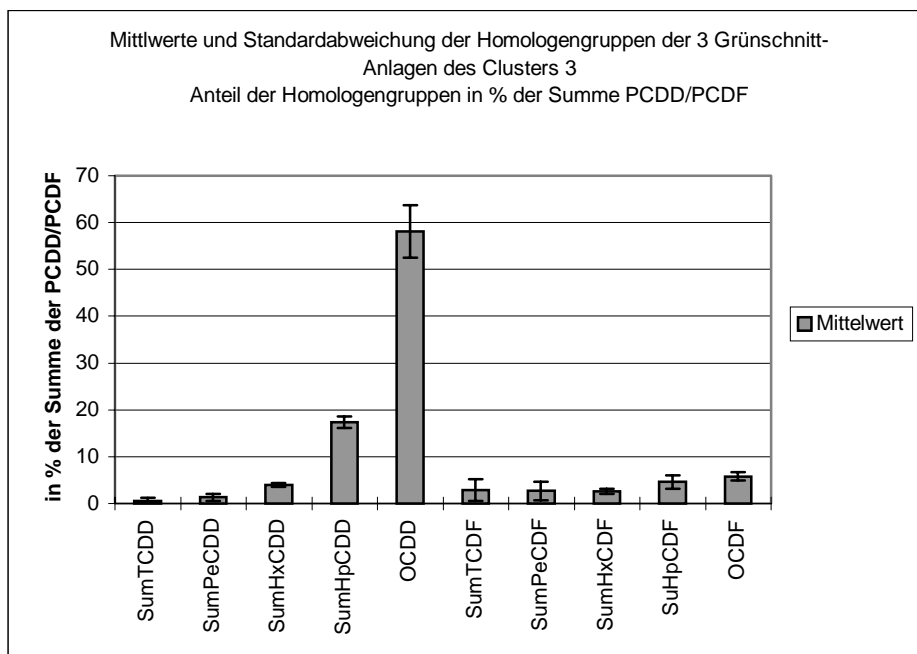


Abb. 134: Grünschnitt-Anlagen, Cluster 3: Mittelwerte und Standardabweichungen der Prozentanteile der einzelnen Homologengruppen an der Summe der PCDD/PCDF.

#### **8.7.5.5 Gesamtbetrachtung der Gruppe der Dioxine und Furane – Sämtliche Kompostanlagen**

In *Abb. 135* ist ein Überblick über die gemessenen Toxizitätsäquivalente (TEQ) aller Anlagen im Vergleich zur Verhältniszahl PCDD/PCDF dargestellt. Die Anlagen wurden nach der TEQ-Größe gereiht und die Verhältniszahl je Anlage aufgetragen. Es zeigte sich, daß mit steigendem TEQ-Gehalt die Anteile der Furane in der Verhältniszahl an Bedeutung (Trendlinie) verlieren. Es kann daher tendenziell – abgesehen von einigen Hausgartenanlagen im oberen Drittel, bei denen die Furane sogar merklich zunehmen – von einer zunehmenden Bedeutung der Dioxinanteile in der TEQ-Berechnung gesprochen werden.

Werden die einzelnen Kompostanlagenarten anhand der einzelnen Homologengruppen zusammengeführt, so ergibt sich das bisher gezeigte Bild. Es können keine Unterschiede aufgezeigt werden. Wie bereits KRAUSS et al. (1995) zeigten, werden die typischen Profile der Komposteingangsstoffe durch den Kompostierprozeß abgeschliffen, welche auf Grund der erfaßten Eingangsmaterialien und Zusatzinformationen wesentlich ausgeprägter zu erwarten gewesen wären.

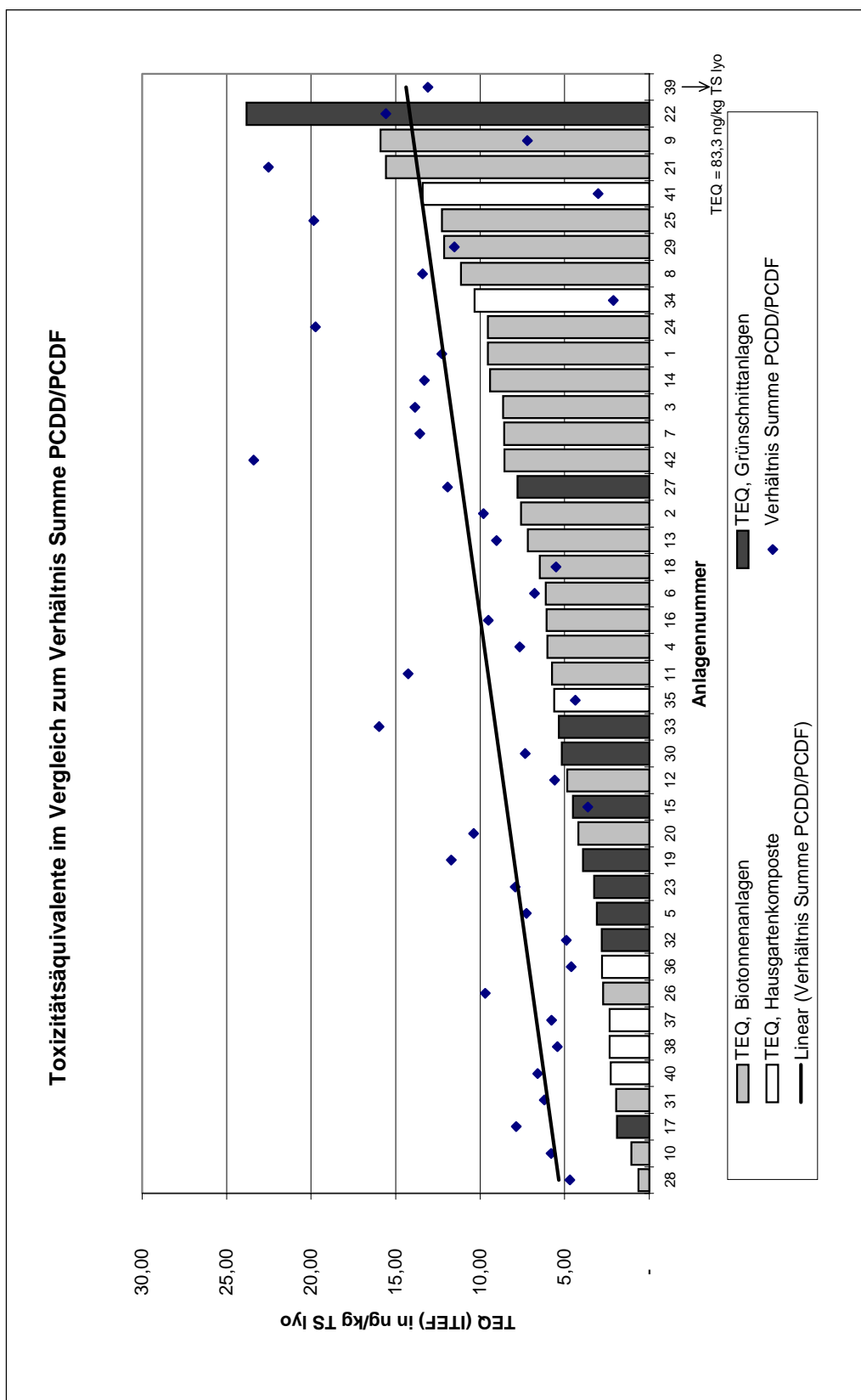
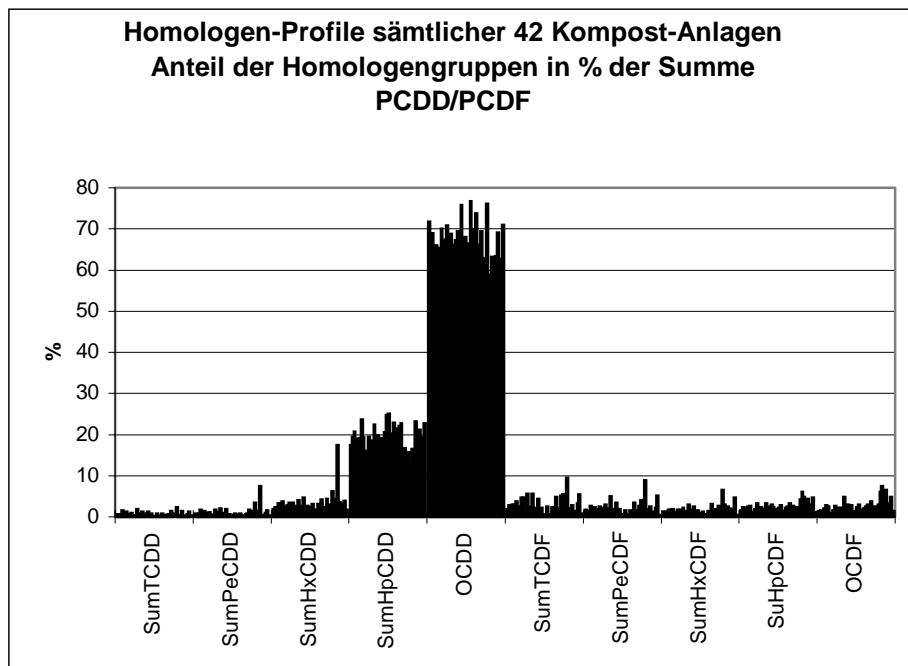


Abb. 135: Toxizitätsäquivalente im Vergleich zum Verhältnis Summe PCDD zu Summe PCDF. Unterschieden nach Biotonnen-, Grünschnitt- und Hausgartenkomposten.

In *Abb. 136* ist das Homologenmuster sämtlicher 42 Kompost-Anlagen dargestellt. Die Homologenmuster der Anlagen sind einander – erkennbar an der geringen Standardabweichung – ähnlich (*Abb. 137*). Auf Grund einer Feinanalyse konnten dennoch zwei Anlagen als untypisch erkannt werden:

- Anlage 34, welche ein typisches Hintergrundprofil (typische Homologenverteilung für trockene Deposition) aufweist (siehe *Abb. 138*). Es handelt sich um einen städtischen Grünschnitt-Hausgartenkompost in einem offenen Silo.
- Anlage 37, welche relativ höhere Anteile an tetra- bis heptachlorierten Dibenzodioxinen aufweist (siehe *Abb. 139*). Es handelt sich dabei um einen städtischen Biotonnen-Hausgartenkompost in einem geschlossenen Silo (schwarze Plastiktonne).



*Abb. 136:* Anteil der Dioxin- und Furan-Homologengruppen in Prozent an der Summe der PCDD/PCDF für alle 42 Kompostanlagen, Werte bezogen auf lyophilisierte Trockensubstanz (TS lyo).

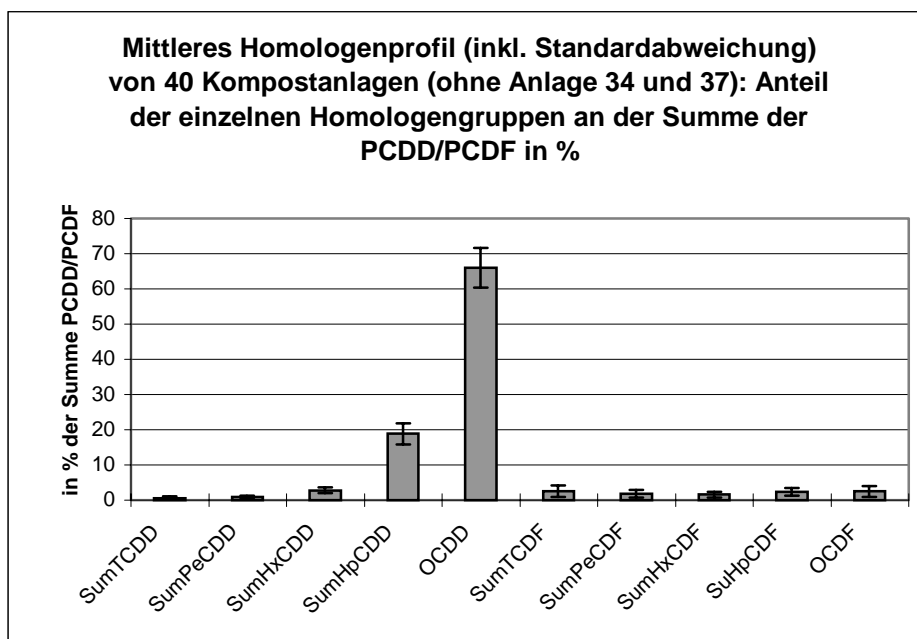


Abb. 137: Anteil der Dioxin- und Furan-Homologengruppen in Prozent an der Summe der PCDD/PCDF: Mittelwert und Standardabweichung von 40 Kompostanlagen (ohne Anlage 34 und 37, siehe Abb. 138 und Abb. 139).

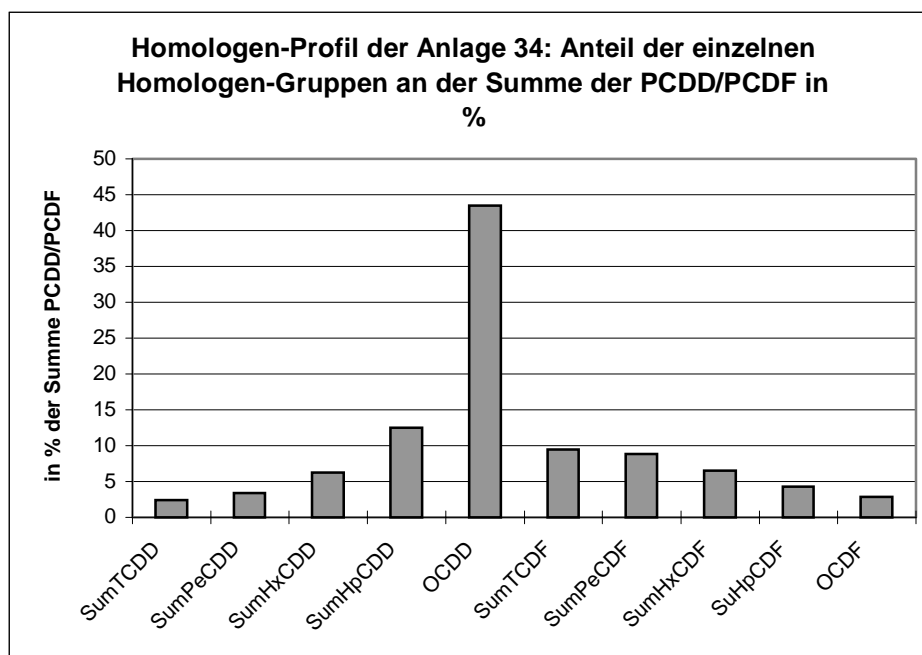


Abb. 138: Anteil der Dioxin- und Furan-Homologengruppen in Prozent an der Summe der PCDD/PCDF der Anlage 34.

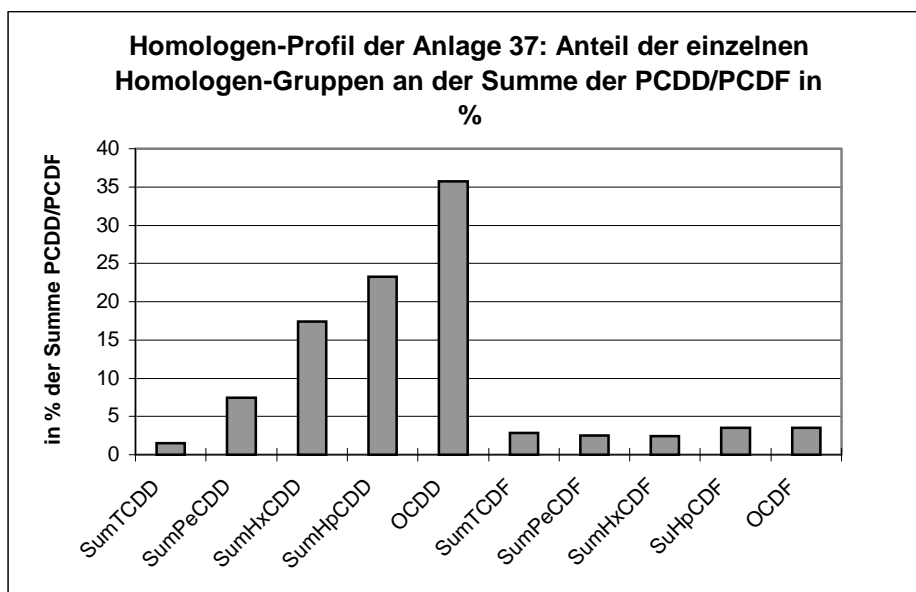


Abb. 139: Anteil der Dioxin- und Furan-Homologengruppen in Prozent an der Summe der PCDD/PCDF der Anlage 37.

#### 8.7.5.5.1 Korrelationen

Die Korrelationen innerhalb der Gruppe der Dioxine und Furane aufgrund der Werte von allen 42 Kompostanlagen zeigt *Tab. 99*. Bis auf die tetrachlorierten Dibenzofurane sind alle Parameter miteinander hochsignifikant korreliert.

Tab. 99: Korrelationen der Werte für die Dioxine und Furane aller 42 Kompostanlagen.

Pearson Correlation		Summe TCDD	Summe PeCDD	Summe HxCDD	Summe HpCDD	Summe OCDD	Summe TCDF	Summe PeCDF	Summe HxCDF	Summe HpCDF	Summe OCDF
Summe TCDD	1.000	.892*	.699*	.623*	.632*	.705*	.886*	.773*	.631**	.603*	
Summe PeCDD	.892**	1.000	.912*	.844*	.850*	.433*	.757*	.934*	.864**	.841**	
Summe HxCDD	.699*	.912*	1.000	.984*	.986*	.117	.507*	.963*	.985**	.977*	
Summe HpCDD	.623*	.844*	.984*	1.000	.994*	.023	.412*	.921**	.970*	.968*	
Summe OCDD	.632*	.850*	.986*	.994*	1.000	.043	.424*	.930*	.978*	.974*	
Summe TCDF	.705*	.433*	.117	.023	.043	1.000	.840*	.266	.033	.005	
Summe PeCDF	.886*	.757*	.507*	.412*	.424*	.840*	1.000	.662*	.444*	.420*	
Summe HxCDF	.773*	.934*	.963*	.921**	.930*	.266	.662*	1.000	.961**	.953*	
Summe HpCDF	.631**	.864**	.985*	.970*	.978*	.033	.444*	.961**	1.000	.997**	
Summe OCDF	.603*	.841**	.977*	.968*	.974*	.005	.420*	.953*	.997**	1.000	

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

## 8.7.5.5.2 Clusteranalyse

C A S E	0	5	10	15	20	25
Label	Num	+-----+-----+-----+-----+-----+				
Case 25	25	-+				
Case 42	42	-+				
Case 21	21	-+				
Case 7	7	-+				
Case 14	14	-+----+				
Case 22	22	-+ I				
Case 29	29	-+ I				
Case 39	39	-+ +-+				
Case 2	2	-+ I I				
Case 16	16	-+ I I				
Case 20	20	-+ I I				
Case 26	26	-+----+ I				
Case 1	1	-+ +-----+				
Case 13	13	-+ I				I
Case 3	3	-+ I				I
Case 8	8	-+ I				I
Case 11	11	-+ I				I
Case 24	24	-+ I				I
Case 33	33	-+-----+				I
Case 19	19	-+				I
Case 27	27	-+				I
Case 15	15	-+-----+				I
Case 41	41	-+ +-----+				I
Case 34	34	-----+ +-----+				I
Case 37	37	-----+ +-----+		I		I
Case 36	36	-+ +-----+		I		I
Case 38	38	-+-----+ +-----+				I
Case 35	35	-+ +-----+	I	I		
Case 12	12	-+ +-----+	I	I		
Case 31	31	-+----+ +-----+				
Case 4	4	-+ I	I			
Case 6	6	-+ I	I			
Case 18	18	-+ I	I			
Case 9	9	-+ +-----+				
Case 32	32	-+ I				
Case 10	10	-+-+ I				
Case 23	23	-+ I I				
Case 40	40	-+ I I				
Case 17	17	-+ +-+				
Case 30	30	-+ I				
Case 5	5	-+ I				
Case 28	28	----+				

Abb. 140: Clusteranalyse aller 42 Kompostanlagen aufgrund der Prozentanteile der einzelnen Homologengruppen an der Summe der PCDD/PCDF, "Case .." = Kompost-Anlage.

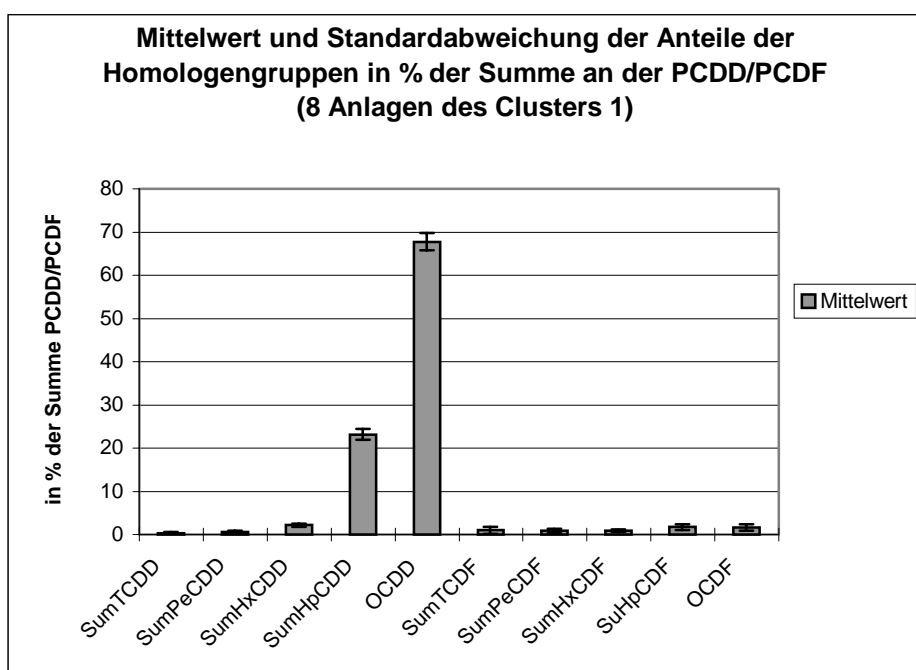
Eine Clusteranalyse mit den Prozent-Anteilen der Homologengruppen an der Summe der PCDD/PCDF ergibt das Diagramm in Abb. 140, es zeigen sich 7 Gruppen von Anlagen:

- die erste Gruppe beinhaltet die Anlagen 25, 42, 21, 7, 14, 22, 29 und 39. Es überwiegt der städtische Einzugsgebietstyp mit hauptsächlich Biotonnen-Anlagen.
- die zweite Gruppe umfaßt die Anlagen 2, 16, 20, 26, 1, 13, 3, 8 und 11. Ausschließlich Biotonnen-Anlagen, vor allem Anlagen der Siedlungstypen Land und Stadt-Land, sind vertreten.



- die dritte Gruppe umfaßt die Anlagen 24, 33, 19 und 27. Hauptsächlich Grünschnitt-Anlagen und alle drei Einzugsgebietstypen sind vertreten.
- die vierte Gruppe beinhaltet die Anlagen 15, 41, 34 und 37. Drei der vier Anlagen sind Hausgartenkomposte, alle vier Anlagen haben ein städtisches Einzugsgebiet.
- die fünfte Gruppe umfaßt die Anlagen 36, 38 und 35. Alle drei Anlagen sind städtische Hausgartenkomposte.
- zur sechsten Gruppe gehören die Anlagen 12, 31, 4, 6 und 18. Es handelt sich um ausschließlich Biotonnen-Anlagen mit überwiegend ländlichem Siedlungstyp.
- und zur siebenten Gruppe gehören die Anlagen 9, 32, 10, 23, 40, 17, 30, 5 und 28. Die Grünschnitt-Anlagen sind relativ stärker vertreten, als die Biotonnen-Anlagen, es überwiegt der ländliche Einzugsgebietstyp.

Die mittleren Homologenmuster inkl. Standardabweichung der Anlagen der sieben Cluster zeigen *Abb. 141* bis *Abb. 147*.



*Abb. 141:* Sämtliche 42 Kompostanlagen, Cluster 1: Mittelwerte und Standardabweichungen der Prozentanteile der einzelnen Homologengruppen an der Summe der PCDD/PCDF.

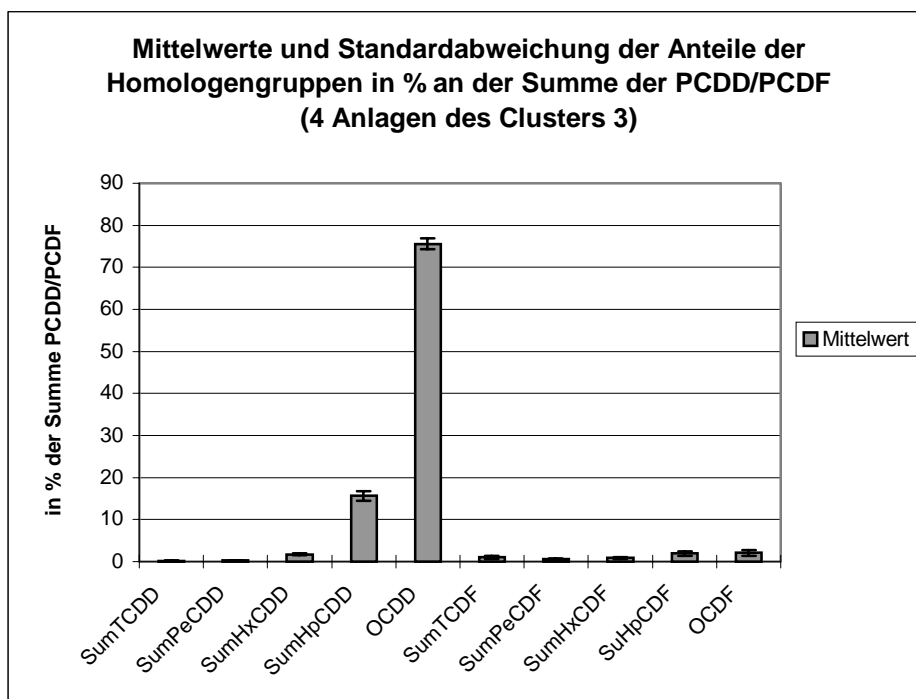


Abb. 142: Sämtliche 42 Kompostanlagen, Cluster 2: Mittelwerte und Standardabweichungen der Prozentanteile der einzelnen Homologengruppen an der Summe der PCDD/PCDF.

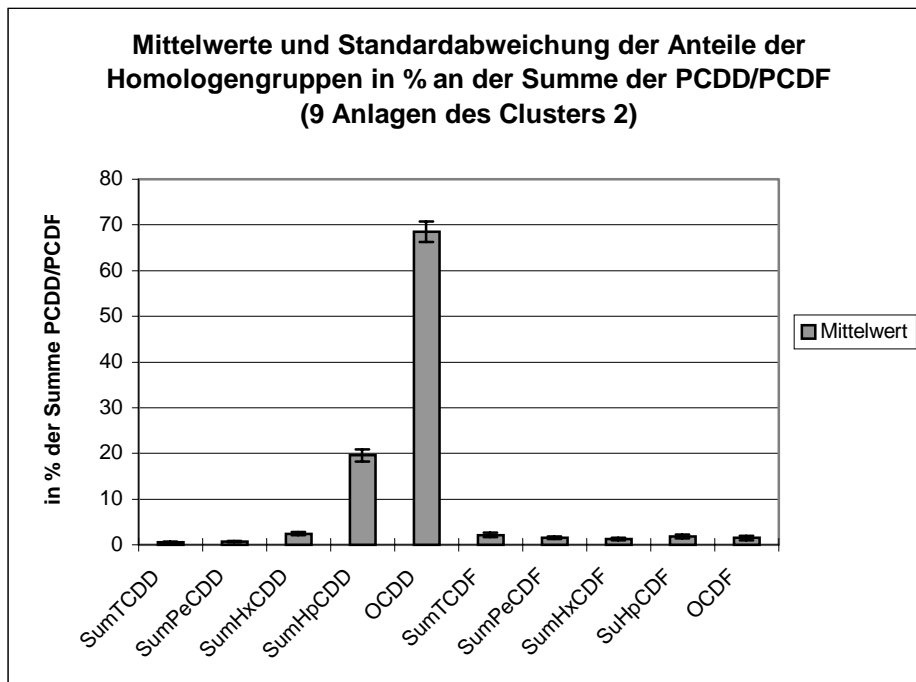


Abb. 143: Sämtliche 42 Kompostanlagen, Cluster 3: Mittelwerte und Standardabweichungen der Prozentanteile der einzelnen Homologengruppen an der Summe der PCDD/PCDF.

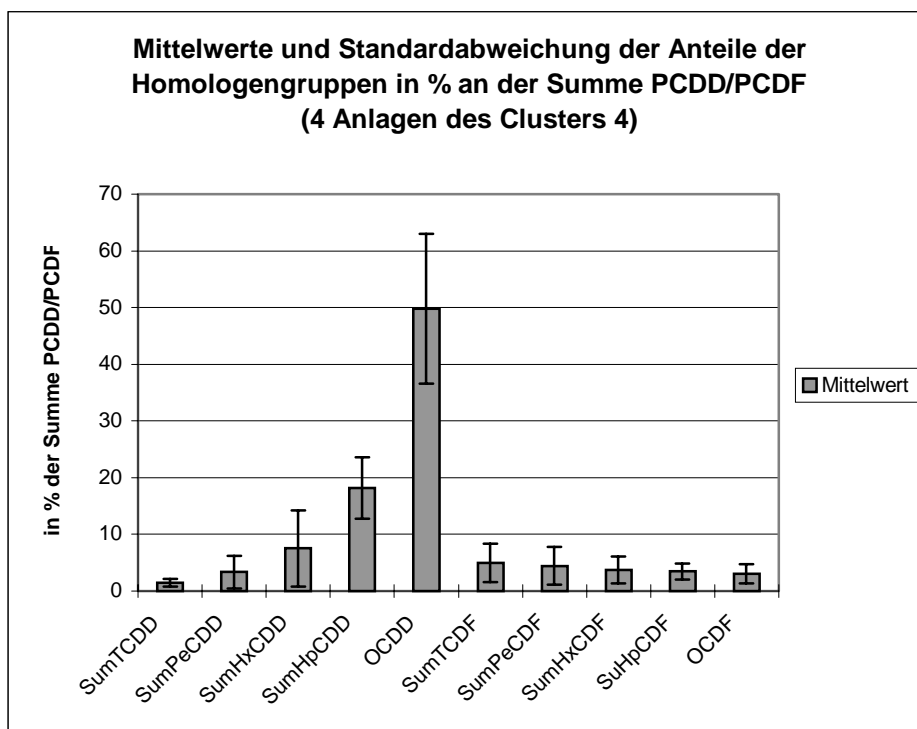


Abb. 144: Sämtliche 42 Kompostanlagen, Cluster 4: Mittelwerte und Standardabweichungen der Prozentanteile der einzelnen Homologengruppen an der Summe der PCDD/PCDF.

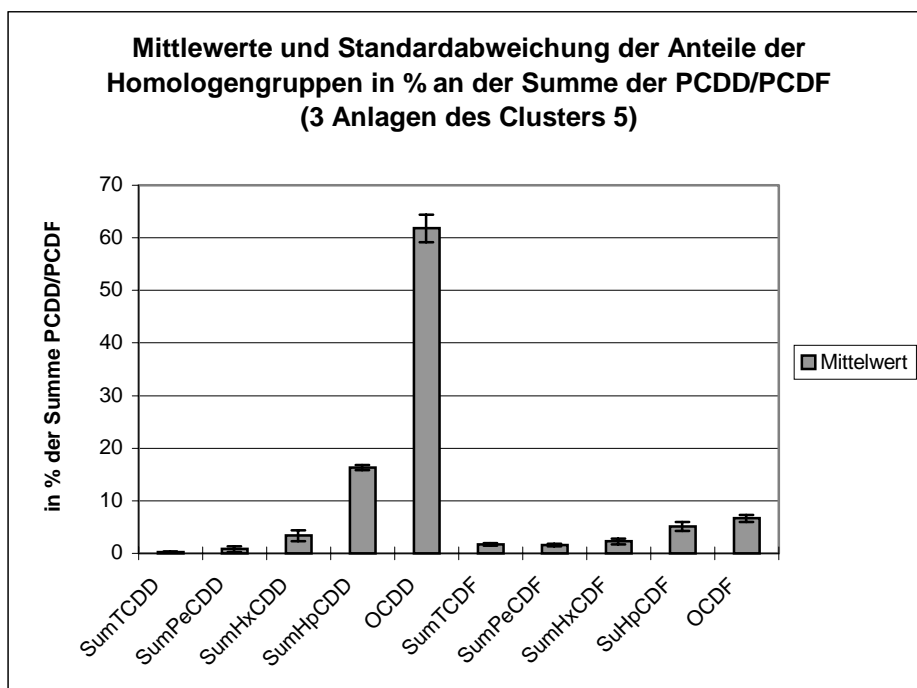


Abb. 145: Sämtliche 42 Kompostanlagen, Cluster 5: Mittelwerte und Standardabweichungen der Prozentanteile der einzelnen Homologengruppen an der Summe der PCDD/PCDF.

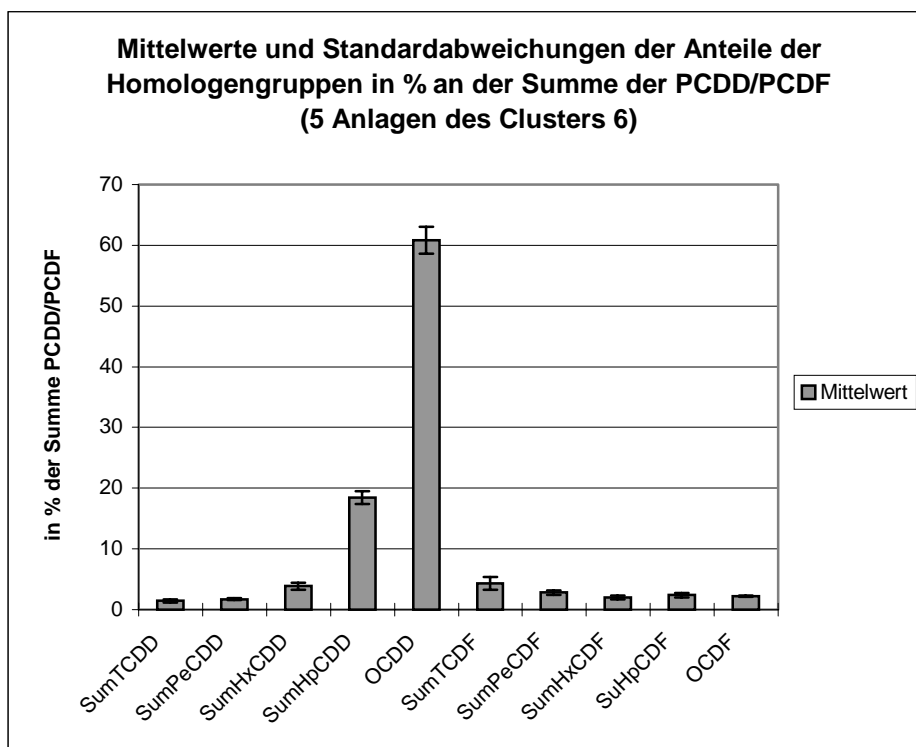


Abb. 146: Sämtliche 42 Kompostanlagen, Cluster 6: Mittelwerte und Standardabweichungen der Prozentanteile der einzelnen Homologengruppen an der Summe der PCDD/PCDF.

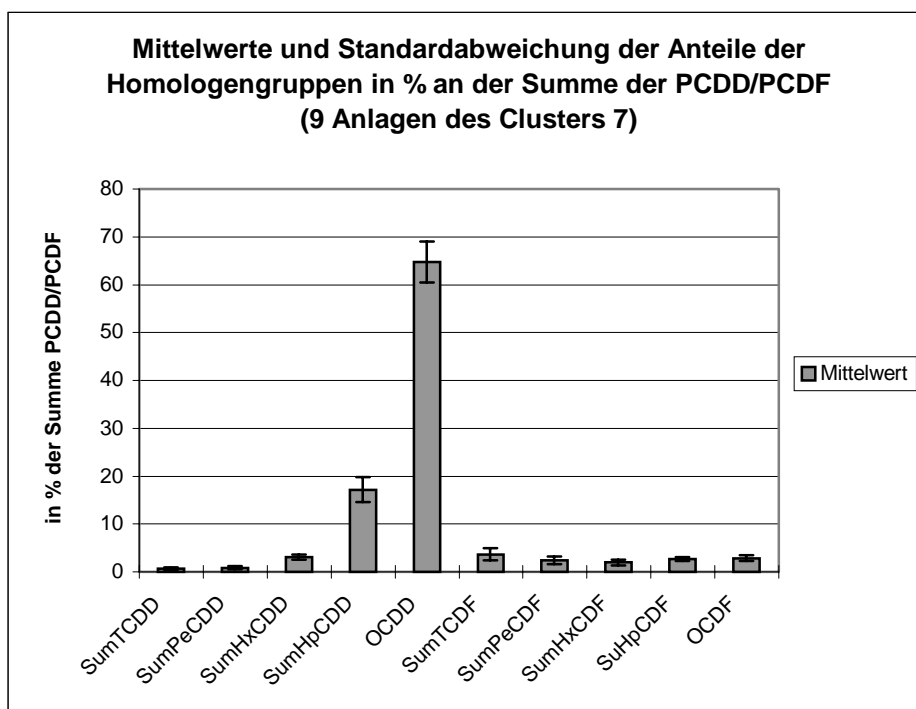


Abb. 147: Sämtliche 42 Kompostanlagen, Cluster 7: Mittelwerte und Standardabweichungen der Prozentanteile der einzelnen Homologengruppen an der Summe der PCDD/PCDF.

Betrachtet man die Aufteilung der Homologengruppen, so sind die Cluster 1, 2 und 3 – entsprechend dem Küchenabfallprofil – gekennzeichnet durch den dominanten Anteil an hepta- und oktachlorierten Dioxinen und geringen Anteil an Furanen. Bei den Clustern 4, 6 und 7 sind die Verhältnisse zu Gunsten der niederchlorierten Furane verändert, ein Abdruck des Gras/Wiesenprofils kann dabei unterstellt werden. Lediglich Cluster 5 stellt steigende hochchlorierte Furane dar, welche sich mit Holz- bzw. Hausstaubproben zur Deckung bringen lassen.

Anhand dieser Aufteilung sind ansatzweise Gründe für die Clusterbildung zu erkennen. Da diese Gruppierung aber bereits auf niedrigem Niveau erfolgt, ist die Annahme einer systematischen Unterscheidung der Cluster nicht abzulehnen. Eine stärkere Differenzierung erfolgt zwischen den Gruppen 1, 2, 3 und den Gruppen 4, 5, 6, 7 auf hohem Niveau. Eine überwiegende Anzahl der ersten Sammelgruppe 1, 2, 3 kann grob dem städtischen Einflußbereich zugerechnet werden (im Unterschied zur zweiten Sammelgruppe 4, 5, 6, 7), hingegen ist diese Trennung im Hinblick auf Biotonne- und Grünschnittanlagen nicht zu ziehen. Betrachtet man die markanten Profile von typischen Eingangsmaterialien für die Kompostierung so kann anhand der Kompostanalysen die Abflachung besonders bei den niederchlorierten Furanen und Dioxine hin zu höherchlorierten – besonders des oktachlorierten Dioxins – allgemein abgeleitet werden. Damit kann auch der Anstieg – teilweise als „Neubildung“ bezeichnet – in den I-TEQ-Werten erklärt werden.

#### 8.7.5.6 Diskussion und Schlußfolgerungen

Die vorliegende Untersuchung konnte anhand des ausgewählten Samples einerseits einige Ergebnisse aufzeigen, wie sie bereits von HAGENMAIER et al. (1994) angeführt wurden, und andererseits konnten neue Erkenntnisse gewonnen werden.

Ebenso wie in anderen Kompartimenten sind in den organischen Abfällen Dioxine und Furane als anthropogene Verbindungen nachweisbar. Zunächst werden die Befunde an einem Richtwert aus dem Komposterlaß 1994 in Baden-Württemberg (UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG, 1994) gemessen. In diesem Erlaß ist ein Grenzwert von 17 ng I-TEQ/kg TS festgelegt, welcher vom Grenzwert aus der Klärschlamm-Verordnung, der bei 100 ng I-TEQ/kg TS liegt, abgeleitet wurde, wobei eine jährliche TS-Fracht von 10 t Kompost je ha unterstellt wurde. Dem Umstand der Schwankungsbreite bei der Messung folgend, wurde eine Überschreitung von 30 % als Toleranz eingeführt. Damit liegt der endgültige Richtwert bei 22 ng I-TEQ/kg TS. Würde man die österreichischen Bestimmungen zum Klärschlamm unterstellen, so wäre ein Richtwert von 25 ng I-TEQ/kg TS +30 % einzuhalten.

Aufgrund dieser Meßlatte sind die gefundenen Dioxin- und Furanwerte – mit Ausnahme zweier Anlagen – relativ weit vom Richtwert von 17 + 30 % ng I-TEQ/kg TS entfernt. Eine dieser Ausnahmen fällt in den 30 % Bereich hinein, eine andere ist allerdings weit über dem Richtwert, auch über dem Grenzwert der Österreichischen Düngemittelverordnung 1994 mit 50 ng I-TEQ/kg TS. Werden solcherart belastete Komposte wiederholt angewendet, so ist in absehbarer Zeit mit einer Anhebung des Bodengehaltes zu rechnen.

FIEDLER & HUTZINGER (1994) schreiben in ihrer Zusammenfassung eines Workshops von Häufigkeitsschwerpunkten von 5 bis 15 ng TEQ/kg TS im Kompost, so daß kaum Werte über 50 ng TEQ/kg TS gefunden werden. Es kann von einem durch die Ausgangsmaterialien bedingten Gehalt an Dioxinen und Furanen ausgegangen werden. Damit wird einmal mehr die Bedeutung von Eingangskontrollen bei der Kompostierung unterstrichen.

Eine zusätzliche Neubildung wurde von ÖBERG et al. (1994) erwogen, tatsächlich ist die Verschiebung zu höherchlorierten Dioxinen und Furanen (PCDD/F) beobachtbar, durch die Umrechnung in I-TEQ Einheiten erfolgt eine Erhöhung um 1 bis 2 ng I-TEQ/kg TS. Einen Einfluß könnten Gehalte an Chlorphenolen im Kompost haben.

Eine andere Neubildungstheorie wird von ZEDDEL et al. (1994) aus den Stoffwechselprodukten der Weißfäulnispilzen hergeleitet, eine Belastung der Materialien mit Pentachlorphenolgehalten wird aber vorausgesetzt. Die oben erwähnte Anlage mit dem höchsten I-TEQ-Gehalt ist ebenfalls mit hohen Pentachlorphenolgehalten belastet, so daß die Theorie in diesem Fall durch die Verwertung von imprägniertem Altholz im Kompost möglicherweise zutrifft.

SCHÖPPE & KUBE-SCHWICKARDI (1998) berichten von nennenswerten Dioxinbelastungen aus Reinigungsrückständen landwirtschaftlicher Rohstoffe und Futtermittel, welche potentiell als Rohstoff für die Kompostierung dienen können. So wie an anderer Stelle werden staubförmige Rückstände wie Aspirationsstäube besonders zu beachten sein.

KRAUSS et al. (1995) sehen auch in der Zukunft als enorme Gefahrenquelle die Einschleppung von behandeltem Altholz in den Kompost an, die eine Belastung mit einer ganzen Reihe von organischen und anorganischen Verbindungen mit sich bringt. Unter anderem sind die Belastungen mit chlorierten Dioxinen und Furanen, Chrom, Kupfer, fluor-, arsen-, und borhältigen Salzen, Quecksilberverbindungen, Pestizidbelastungen und typischen PAH-Vertretern vorhersehbar. Aufgrund der hohen Aufbringungsmengen ist bereits bei geringen Anteilen dieser Hölzer mit gravierenden Kontaminationen zu rechnen.

Mit der Berechnung der Schadstoffgehalte auf den standardisierten Glühverlust von 30 % werden tendenziell Materialien mit hohen Glühverlusten vermeintlich für den Eintrag von Dioxinen und Furanen verantwortlich gemacht. Beispielsweise sind Materialien mit 99,5 % Glühverlust und 1 bis 2 ng I-TEQ/kg TS mit einem Faktor 140 umzurechnen, was zu einem besonders hohen Eintragspfad führt (KRAUSS et al., 1995). Über die tatsächliche Relevanz von Eingangsanalysen mit Umrechnung ist daher bei Materialien mit sehr hohen Glühverlusten keine schlüssige Aussage möglich. Das gegenteilige Phänomen tritt abgeschwächt auch bei der Beurteilung von Materialien mit hohem mineralischen Anteil auf. Es wurde daher – um eine Verzerrung durch die Umrechnung zu vermeiden – auf die Umrechnung auf 30 % Glühverlust bei den organischen Schadstoffparametern verzichtet. Auf die Umrechnung auf 30 % Glühverlust sollte aber bei der Schwermetallanalytik und bei vergleichbar reifen Komposten nicht verzichtet werden. Ansonsten würde reifer Kompost mit geringen organischen Anteilen ungerechtfertigt schlechter gegenüber Frischkomposten mit hohen organischen Anteilen beurteilt werden.

Zusammenfassend schlagen KRAUSS et al. (1995) vor, bei bereits tendenziell schlechten Kompostqualitäten zur Vermeidung einer weiteren Absenkung der Qualität belastete Materialien wie behandeltes Holz und Spanplatten, sowie große Mengen an Laub und Gras aus besonders belasteten Gebieten zu vermeiden. Generell ist Materialien mit wachsbeschichteten und rauen Oberflächen sowie Einträgen aus Hausstaub besondere Beachtung zu schenken.

Abschließend kann das Ergebnis als Hinweis für die relativ geringe Belastung der Komposte in Österreich gewertet werden. Eine routinemäßige Vorschrift zur Untersuchung von Kompost auf Dioxine und Furane kann davon nicht abgeleitet werden. Allerdings ist bei Verdacht der Verwendung von behandeltem Holz und Staub sowie bei Verdacht auf Belastungen des Eingangsmaterials mit Precursoren wie PCP und PCB eine Untersuchung dringend angeraten.

## 8.7.6 LAS (Lineare Alkylbenzolsulfonate)

### 8.7.6.1 Methodenbeschreibung und Ergebnisse

Für die Bestimmung von Linearen Alkylbenzolsulfonaten (LAS) erfolgte folgende Probenvorbereitung:

- Extraktion im Soxhlett mit alkalischem Methanol
- Entfernen des Extraktionsmittels
- Aufnahme des Trockenrückstandes in Wasser/Methanol
- Ansäuern mit Salzsäure auf ca. pH = 1
- Reinigung des wäßrigen Methanolextraktes über eine C18-Festphase
- Elution der LAS mit Methanol
- Auffüllen mit Methanol auf 10 ml

Die Analyse erfolgte durch qualitative und quantitative Bestimmung mit HPLC und UV Detektion bei 225 nm:

Vorsäule : LiChrospher 100 RP-18, 5 µm, 4 mm x 4 mm ID

Trennsäule: LiChrospher 100 RP-18, 5 µm, 125 mm x 4 mm ID

lineare Gradientenelution: Acetonitril, 0,1 M NaClO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O in Acetonitril/Wasser. Die Kalibration wurde mit externen Standards durchgeführt, als Referenzsubstanz wurde Natriumdodecylbenzolsulfonat verwendet.

Es wurden 15 Kompostproben von den insgesamt 42 im Rahmen dieser Studie untersuchten Komposte auf LAS untersucht. In keiner Probe konnten LAS nachgewiesen werden. Die Bestimmungsgrenze lag bei 25 mg/kg TS lyo, die Nachweisgrenze bei 20 mg/kg TS lyo.

### 8.7.6.2 Diskussion und Schlußfolgerungen

Die wichtigste Gruppe der Waschmittelinhaltsstoffe stellen die Tenside dar. In den fünfziger Jahren wurden die Seifen in Wasch- und Reinigungsmitteln durch synthetische Tenside ersetzt. Die Linearen Alkylbenzolsulfonate (LAS) sind seit 1964 die wichtigsten Tenside, die sich durch ihre vielseitigen anwendungstechnischen Eigenschaften und auch durch gute biologische Abbaubarkeit auszeichnen. Gegenwärtig sind sie die Basistenside in Wasch-, Spül- und Reinigungsmitteln für Haushalt, Gewerbe und Industrie und stellen weltweit neben Seife die wichtigste Tensidgruppe dar. In Klärschlämmen werden daher LAS nachgewiesen, gemeinsam mit Nonylphenol ist es die mengenmäßig wichtigste xenobiotische organische Substanz im Klärschlamm.

Der Nachweis von LAS im Kompost könnte als Hinweis für eine Verwendung von klärschlammhaltigen Ausgangsstoffen herangezogen werden. Allerdings unterliegen LAS in aeroben Kompostierungen einem merklichen Abbau. Weiterführende Untersuchungen sollten die Verwendbarkeit von LAS als Nachweissubstanz für Klärschlamm im Kompost herbeiführen, zumal in der geplanten Kompost-Verordnung zum Bundesabfallwirtschaftsgesetz (siehe Kapitel 2.3.3) die Verarbeitung von Klärschlamm vorgesehen ist und ein wichtiges Qualitätskriterium darstellt.

## 8.7.7 Pyrethroide

Es wurden 15 Kompostproben von den insgesamt 42 im Rahmen dieser Studie untersuchten Komposten auf Pyrethroide untersucht.

Folgende Pyrethroide wurden – vor allem auf Grund der Vorgaben der Düngemittelverordnung 1994 – untersucht: Fenprothrin, Phenothrin, Lambda-Cyhalothrin, Permethrin, Cyfluthrin, Cypermethrin, Fenvalerat und Deltamethrin.

Für die Bestimmung von Pyrethroiden erfolgte folgende Probenvorbereitung:

- Extraktion im Soxhlett mit Ethylacetat
- Einengen des Extraktionsmittels
- Zugabe von Isooktan
- säulenchromatographische Reinigung über Florisil (4% Wasser)
- Elution : Ethylacetat/Toluol
- Volumenreduktion auf 2 ml

Die qualitative und quantitative Analyse wurde am GC-MSD auf HP5-MS nach SIM durchgeführt, die Auswertung erfolgte nach der externen Standardmethode.

Die Bestimmungs- und Nachweisgrenzen sind *Tab. 100* zu entnehmen.

*Tab. 100: Bestimmungs- und Nachweisgrenzen für die Pyrethroide in µg/kg TS lyo.*

	Fenpro- pathrin	Pheno- thrin	Lambda- Cyhalothrin	Perme- thrin	Cyflu- thrin	Cyper- methrin	Fenvalerat	Delta- methrin
Bestimmungs- grenze	17	17	17	25	33	11	20	37
Nachweis- grenze	10	10	10	15	19	7	12	21

Die Pyrethroid-Gehalte der 15 Kompostproben sind im Anhang, Tabelle 5 (S. 312ff) enthalten. Bei keiner Probe konnten Fenprothrin, Phenothrin, Permethrin, Cypermethrin und Fenvalerat nachgewiesen werden.

Das Pyrethroid Lambda-Cyhalothrin konnte bei nur einem Biotonnen-Hausgartenkompost mit einem Wert zwischen Bestimmungs- und Nachweisgrenze nachgewiesen werden. Cyfluthrin wurde bei 5 Kompostanlagen nachgewiesen, davon waren 2 Werte unter der Bestimmungsgrenze. Deltamethrin konnte bei 4 Kompostanlagen gemessen werden.

#### 8.7.7.1 Statistische Eckdaten

Die statistischen Eckdaten zu den gemessenen Pyrethroid-Gehalten der 15 untersuchten Kompostproben können *Tab. 101* entnommen werden.



Tab. 101: Pyrethroid-Gehalte der Kompostproben bezogen auf 105°C TS.

n = 15 Anlagen	Lambda-Cyhalothrin	Cyfluthrin	Deltamethrin
	in µg/kg TS <sub>105°C</sub>		
Minimumwert	< NG	< NG	< NG
Maximalwert	< BG	68	60
Mittelwert		14,3	14,3
Median		0,0	0,0
unteres Quartil		0,0	0,0
oberes Quartil		25,8	23,8
Standardabweichung		23,2	24,7

In Abb. 148 sind die Box-Plot-Darstellungen der Verteilungen der gemessenen Pyrethroid-Gehalte dargestellt.

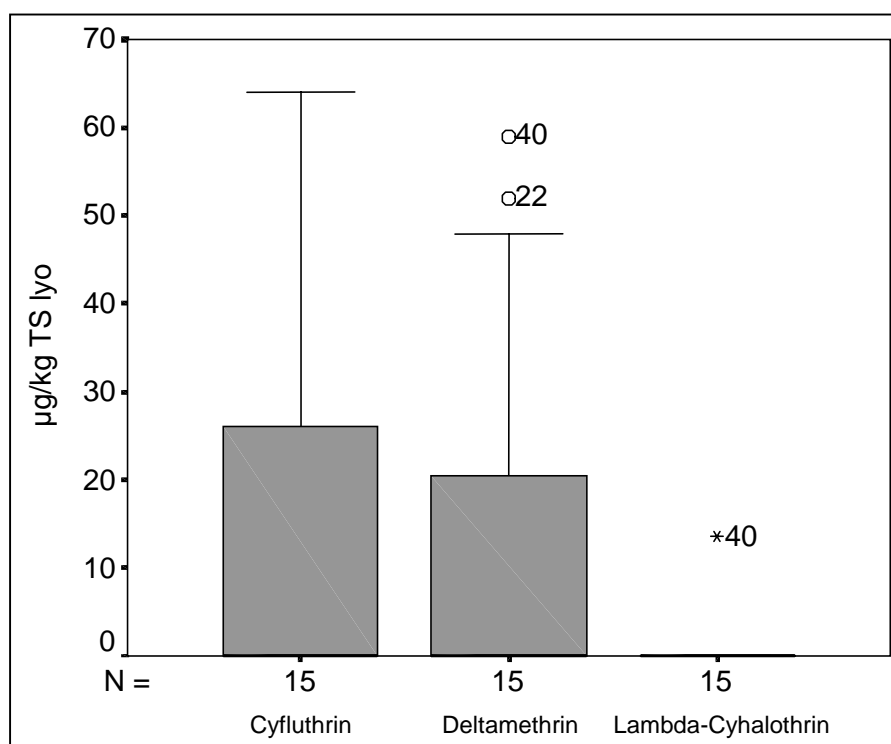


Abb. 148: Boxplot: Pyrethroid-Gehalte der 15 untersuchten Komposte, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo).

### 8.7.7.2 Trennung nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen

In Abb. 149 ist die Verteilung der **Cyfluthrin**-Gehalte getrennt nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen angegeben. Insgesamt wurden 9 Biotonnen- und 6 Grünschnitt-Anlagen untersucht. Bei 10 von 15 Anlagen wurde Cyfluthrin nicht nachgewiesen, daher liegen die Mediane bei Null.

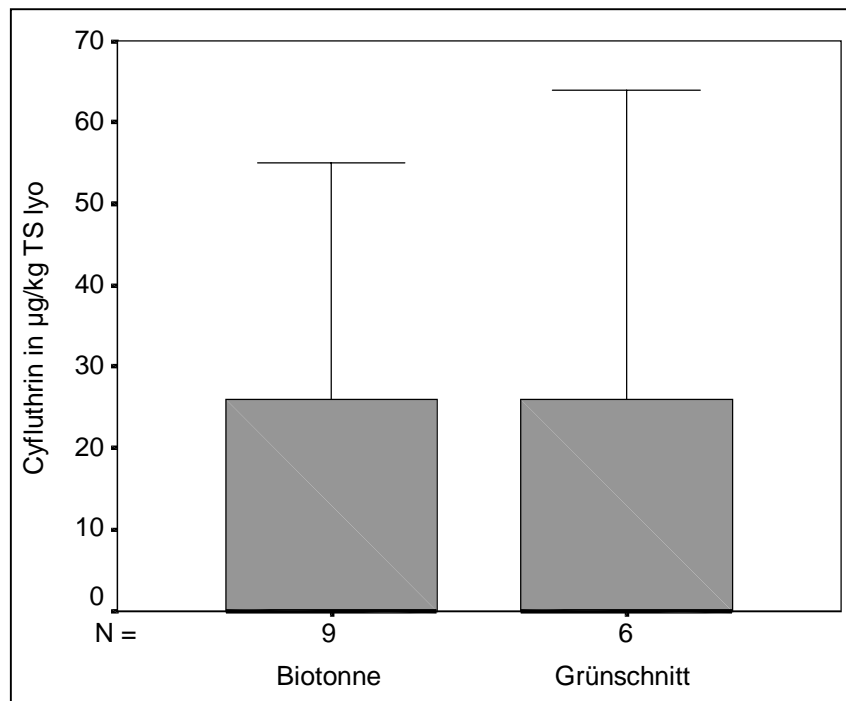


Abb. 149: Boxplot: Cyfluthrin-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo).

Für **Deltamethrin** (siehe Abb. 150) ist die Situation ähnlich: Bei nur 4 von 15 Anlagen wurde Deltamethrin gemessen, daher liegen die Mediane bei Null. Die einzige Grünschnitt-Anlage, bei der Deltamethrin nachgewiesen werden konnte, wird als Extremwert ausgewiesen.

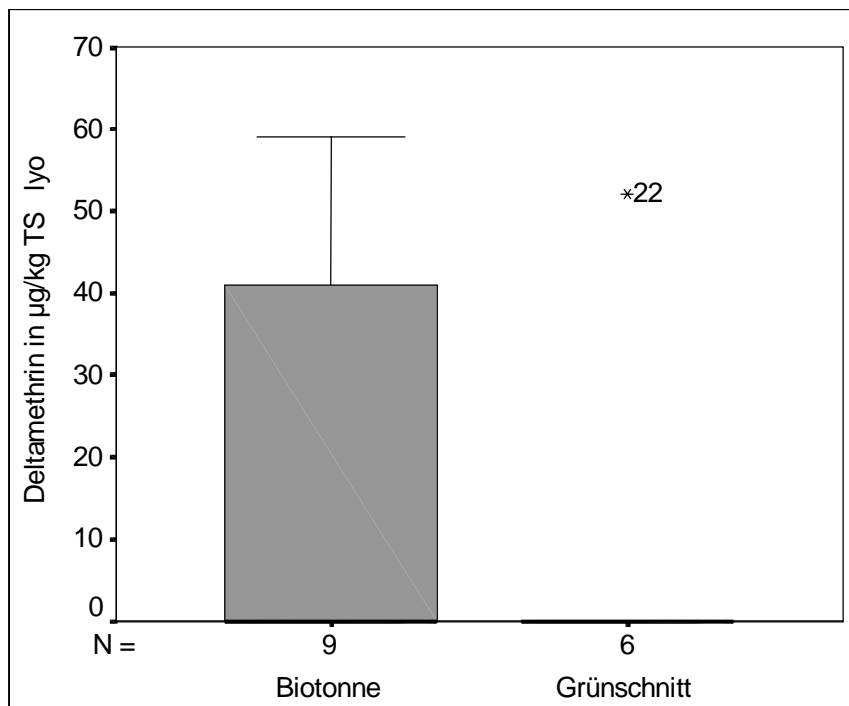


Abb. 150: Boxplot: Deltamethrin-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo).

### 8.7.7.3 Diskussion und Schlußfolgerungen

Zusammenfassend können die Pyrethroide nach dieser Untersuchung als in Summe unauffällige Wirkstoffgruppe aus dem Pflanzenschutzbereich eingestuft werden. Dennoch sind merkbare Belastungen dort zu erwarten, wo Behandlungen im Kleingartenbereich, Küchenabfall und im Vorratsschutz über die Reststoffe zum Eintrag in den Kompost führen. Da es sich bei den Pyrethroiden um persistente Stoffe handelt, erfolgte eine Ausweitung der Untersuchungen auch auf in Österreich nicht zugelassene Wirkstoffe. Nach diesen Ergebnissen ist eine Einschränkung auf die zugelassenen und im Inland häufig verwendeten Wirkstoffe vertretbar. Die nachgewiesenen Konzentrationen liegen weit unter denen der Düngemittelverordnung 1994, sodaß nur im Verdachtsfall eine Untersuchung erfolgen muß.

### 8.7.8 Thiabendazol

Es wurden 15 Kompostproben von den insgesamt 42 im Rahmen dieser Studie untersuchten Komposten auf Thiabendazol untersucht, die Thiabendazol-Gehalte können dem Anhang, Tabelle 5 (S. 312ff) entnommen werden.

Die Probenvorbereitung für die Bestimmung von Thiabendazol umfaßte:

- dreimalige Extraktion der Proben mit Ethylacetat im Ultraschall
- Filtration und Vereinigung der Extrakte
- Extraktreinigung durch flüssig/flüssig Extraktion mit 1 N Natronlauge
- Extraktion des Analyten aus dem Ethylacetat mit 0,1 N Salzsäure
- Salzsäurephase mit Natronlauge alkalisch einstellen
- Überführen des Analyten in organische Phase durch dreimalige Extraktion mit Ethylacetat
- Trocknung der vereinten Extrakte mit Natriumsulfat
- Volumenreduktion des Extraktes, waschen mit Pufferlösung (pH 9,2)
- Endvolumen (1 ml) einstellen und Zugabe von Azobenzol als Injektionsstandard

Die qualitative und quantitative Analyse erfolgte mit GC- NPD auf SE-54 und SPB-608, die Auswertung nach der internen Standardmethode. Weiters wurde eine niederauflösende MS-Absicherung nach SIM durchgeführt.

Es wurden bei allen Analysen Doppelbestimmungen durchgeführt. Laborintern wurden Vertrauensbereiche definiert, die von den Einzelwerten der Doppelbestimmung eingehalten werden mußten. Proben, deren Einzelanalyse diesen Bereich überschritten, wurden durch eine weitere Doppelbestimmung überprüft.

Bei 5 Kompostproben wurde ein Wert zwischen Bestimmungs- und Nachweisgrenze festgestellt, bei 4 Kompostproben konnte kein Thiabendazol nachgewiesen werden. Die Bestimmungsgrenze lag bei 6,5 µg/kg TS Iyo, die Nachweisgrenze bei 3,1 µg/kg TS Iyo.

#### 8.7.8.1 Statistische Eckdaten

Die statistischen Eckdaten zu den gemessenen Thiabendazol-Gehalten der 15 untersuchten Kompostproben können *Tab. 102* entnommen werden.

Tab. 102: Thiabendazol-Gehalte der Kompostproben bezogen auf 105°C TS.

n = 15 Anlagen	Thiabendazol in µg/kg TS <sub>105°C</sub>
Min	n.n.
Max	32,7
Mittelwert	8,7
Median	5,1
unteres Quartil	2,5
oberes Quartil	10,5
Standardabweichung	10,3

### 8.7.8.2 Trennung nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen

Bei den Grünschnitt-Anlagen wurde nur bei 2 Komposten ein Wert zwischen Bestimmungs- und Nachweisgrenze festgestellt, daher liegt der Median bei Null (siehe Abb. 151). Bei den Biotonnen-Anlagen sind die Anlagen 18 und 21 Ausreißer.

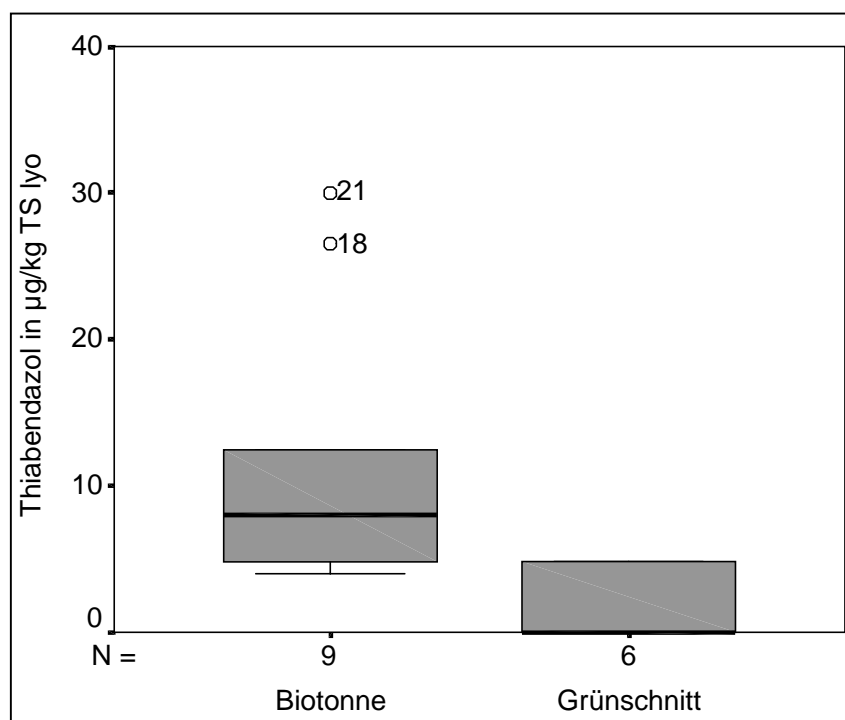


Abb. 151: Boxplot: Thiabendazol-Gehalte von Biotonnen- und Grünschnittkomposten, Werte bezogen auf lyophilisierte TS (TS lyo).

### 8.7.8.3 Diskussion und Schlußfolgerungen

Thiabendazol ist ein systemisch wirkendes Fungizid, die Aufnahme erfolgt über Blatt und Wurzel. Anwendung findet es u. a. bei Bananen, Zitrusfrüchten, Mangos, sowie zur Kontrolle von Lagerkrankheiten, z. B. bei Kartoffeln gegen Fusarium-Lagerfäulen. Umweltrelevant ist vor allem seine Fischtoxizität.

Die analysierten Proben wiesen merkbare Gehalte des Wirkstoffs Thiabendazol auf, welche durch die besondere Langlebigkeit des Wirkstoffes – nach REUS et al. (1994):  $DT_{50} = 540$  Tage im Boden – zu erklären sind. Eine Behandlung des Bodens gegen Wurzel-pathogene wird mit einer Wirkstoffmenge von 0,9 bis 1,8 kg/ha durchgeführt. Bei Thiabendazol besteht eine höhere Löslichkeit bei niedrigem pH-Wert, jedoch auch eine Zunahme der Adsorption. Nur bei sehr hohen Thiabendazol-Konzentrationen im Kompost sollten sich Einflüsse auf die Keimzahlen der Bakterien und Pilze bei der Kompostierung und in weiterer Folge im Boden einstellen. Weitere Untersuchungen des Wirkstoffs bei der Kompostierung erscheinen derzeit nicht vordringlich, eine Beurteilung der Ausbringung von großen Mengen Kompost auf einzelne Flächen scheint im Hinblick auf die Bildung von Thiabendazol-Resistenzen bei den Zielorganismen ebenso nicht erforderlich.

### 8.7.9 Chlorphenole

Die Gruppe der Chlorphenole wurde bei 4 Kompostanlagen (2 Biotonnen-Anlagen und 2 Hausgartenkomposten) näher untersucht.

Für die Bestimmung von Chlorphenolen im Kompost umfaßte die Probenvorbereitung folgende Schritte:

- Zugabe von 2,4-Dibromphenol als Surrogat
- Extraktion im Soxhlett mit n-Hexan und Aceton unter sauren Bedingungen
- Überführen der Chlorphenole in alkalische wäßrige Phase (pH 10) durch Zugabe von Natriumbicarbonatlösung
- Reinigung der wäßrigen Phase mit n-Hexan
- Veresterung der Chlorphenole mit Acetanhydrid
- Überführen der Ester in leichtsiedenden Petrolether
- Trocknen der Petroletherphase mit Natriumsulfat
- Einengen des organischen Extraktes unter schonenden Bedingungen
- mehrstufige säulenchromatographische Reinigung
- Kieselgel (10% Wasser); Elution: n-Hexan/Toluol
- Florisil (4% Wasser); Elution: Aceton/n-Hexan
- Volumenreduktion des Extraktes auf 1 ml

Die qualitative Analyse wurde mit GC-ECD auf HP5-MS durchgeführt, die quantitative Analyse mit GC-MSD nach SIM. Die Auswertung erfolgte nach der internen Standardmethode.

Die Analysenergebnisse der 4 Kompostanlagen können dem Anhang, Tabelle 5 (S. 312ff) entnommen werden.

#### 8.7.9.1 Statistische Eckdaten

Die statistischen Eckdaten zu den gemessenen Chlorphenol-Gehalten der 4 untersuchten Kompostproben können Tab. 106 entnommen werden. Die Bestimmungsgrenze lag bei 2 µg/kg TS lyo, die Nachweisgrenze bei 1 µg/kg TS lyo. Auf Grund der geringen Anzahl an Proben wurde auf eine ausführlichere statistische Auswertung verzichtet.

### 8.7.9.2 Diskussion und Schlußfolgerungen

Die Chlorphenolgehalte können aus den unterschiedlichsten Bereichen der Haushalte, der Reinigung, der Desinfektion und des angrenzenden Gewerbebereichs stammen. In Anbetracht der fallweise hohen Summen an Chlorphenolen fällt die Beurteilung wegen der geringen Probenanzahl von 4 Proben besonders schwer. Der überwiegende Anteil an der Gesamtsumme der Phenole entfällt auf Penta- und Tetrachlorphenol. Bei den tendenziell geringer belasteten Komposten handelt es sich um gewerbliche Komposte. Der Gefahrenwert von Chlorphenole für humose Böden beträgt 1 mg/kg TS (RIPPEN, 1996). Abgesehen vom Chlorphenol-Summenwert mit der Anlage 39 wird dieser Wert von den Summen der Chlorphenole nicht überschritten (Tab. 106). Die Anlage 39 wird in Kap. 8.10 als Sonderfall beschrieben – beim Auftreten dieser Belastungen an Phenolen ist die Verwendung von Kompost in großen Mengen in Innenräumen nicht zu empfehlen.

Tab. 103: Chlorphenol-Gehalte der 4 untersuchten Kompostproben bezogen auf 105°C TS, Angaben in µg/kg TS 105°C.

n = 4 Anlagen	Min	Max	Mittelwert	Median
3-Chlorphenol	n.n.	4,2	1,4	0,8
4-Chlorphenol	35,4	75,6	54,2	52,9
2,6-Dichlorphenol	n.n.	< BG	0,8	0,8
2,4-/2,5-Dichlorphenol	n.n.	8,95	3,01	1,55
3,4-Dichlorphenol	n.n.	< BG	0,8	0,8
2,3-Dichlorphenol	n.n.	2,1		
3,5-Dichlorphenol	n.n.	n.n.		
2,4,6-Trichlorphenol	< BG	50,5	16,1	6,3
2,3,6-Trichlorphenol	n.n.	< BG		
2,3,5-Trichlorphenol	n.n.	< BG		
2,4,5-Trichlorphenol	n.n.	7,2	2,6	1,6
2,3,4-Trichlorphenol	n.n.	< BG		
3,4,5-Trichlorphenol	n.n.	4,4	1,6	1,0
2,3,4,6/2,3,5,6-Tetrachlorphenol	< BG	235,2	61,1	3,8
2,3,4,5-Tetrachlorphenol	n.n.	7,3		
Pentachlorphenol	4,7	2.175,0	561,8	33,75
Summe der Chlorphenole	48,5	2.546,7	701,75	105,9
Summe der Chlorphenole – ohne Anlage 39	48,5	105,3	86,8	105,3

## 8.8 Pflanzenverträglichkeit

Für die Bestimmung der Pflanzenverträglichkeit wurde der in der ÖNORM S 2023 vorgesehene Pflanzenverträglichkeitstest nach GUSENLEITNER et al. (1982) adaptiert angewendet. Als Testpflanze diente die Gartenkresse (*Lepidium sativum*). Der Test wurde in vollklimatisierten Wachstumskammern am Umweltbundesamt durchgeführt (Belichtung: 16 Stunden; Temperatur 20 °C; rel. Luftfeuchtigkeit: 80–90 %).

Es wurden jeweils Substrate mit 15, 30, 45 und 100 Masse- % Kompost hergestellt. Ein nährstoffarmes Vergleichssubstrat diente als Standard. Die Kompostanteile wurden in Anlehnung an die Vorschrift der ÖNORM S 2023 vorgenommen, um eine bessere Vergleichbarkeit zu erzielen. Für die gärtnerische Praxis wäre es jedoch zielführender, die Mischungen in Volumsanteilen zu mischen.

Die Abmischung erfolgte mit einem nährstoffarmen Vergleichssubstrat, bestehend aus 5 Teilen Einheitserde (P; Pikiererde), 5 Teilen Gärtner torf und 1 Teil Quarzsand (0,3–0,8 mm). Vor der Abmischung wurde das Vergleichssubstrat und der jeweilige Kompost mittels Faustprobe auf einen optimalen Wassergehalt eingestellt. Diese Methode stellt einen bewährten Kompromiß zwischen exakter Einstellung auf die Wasserkapazität der individuellen Substratmischung und der bei GUSENLEITNER et al. (1982) beschriebenen Gießröhrchen-Methode dar. Die Wassersättigung der Mischungen in den fertig gefüllten Gefäßen erfordert besonders vorsichtigen Umgang. Trockenes Kompostmaterial saugt sich sehr langsam mit Wasser an, es besteht daher die Gefahr von Trockenschäden. Dagegen kann es u. U. auch leicht zu einer Übersättigung und somit zu einer Keimhemmung durch zuviel Gießwasser kommen.

Als Gefäße dienten transparente PE-Becher (370 ml; h = 82 mm; Ø = 83 mm). Von jeder Mischung wurden drei Wiederholungen angesetzt. Die Becher wurden bis 1 cm unter dem Becherrand mit Substrat gefüllt und 0,3 g gereinigte Kressesaat eingesät. Als Abdeckung diente abgewandelt eine 0,5 cm hohe Schicht eines Gemisches aus 1 Teil Quarzsand und 1 Teil Vergleichssubstrat. Die Zugabe von Vergleichssubstrat erfolgte zur Vermeidung von Schleimstoffen vor allem in unreifen Komposten, da reiner Quarzsand dabei zu Verkrustungen neigt. Die Töpfe wurden bis zum Keimen mit einer Petrischale abgedeckt und in den verdunkelten Wachstumskammern aufgestellt. Am 3. Tag wurde mit Aqua dest. nachbefeuchtet.

Die Beurteilung der Keimrate und Keimverzögerung erfolgte am 2., 3. und 6. Tag, die Feststellung der Durchwurzelung gemeinsam mit der Ernte und der Ermittlung des Frischgewichtes am 6. Tag. Die Verkürzung des Wachstumstestes von 9 bis 11 Tagen auf 6 Tage erfolgte aufgrund der Tatsache, daß es sich vorwiegend um einen Keimtest und nicht um einen Pflanzenwachstumstest handelt. Weiters wird bei der Bestimmung der Frischmasse nach einer zu langen Wachstumszeit der Keimpflanzen die aufgetretene Keimhemmung von der verringerten Konkurrenz im Gefäß kompensiert. Darüber hinaus können Schäden am Keimling (Verfärbung, Absterben) bereits am 5. bis 6. Tag festgestellt werden, sodaß eventuell negative Wirkungen des Kompostes auf die Keimwurzel mitbeurteilt wurden.

Die Keimrate wurde in % des Vergleichssubstrates geschätzt. Die Durchwurzelung wurde anhand der am Becherboden sichtbaren Wurzeln in % des Vergleichssubstrates geschätzt. Die Frischmasseerträge wurden in Prozent der Frischmasseerträge des Vergleichssubstrates angegeben.

### 8.8.1 Statistische Eckdaten

Die statistischen Eckdaten zu den Ergebnissen der Pflanzenverträglichkeitstests (Kresstests) können Tab. 104 bis Tab. 107 entnommen werden. Es sind die Frischmassewerte, die geschätzte Wurzelmasse und die geschätzte Keimrate im Vergleich zu einem nährstoffarmen Vergleichssubstrat angegeben. Die Keimverzögerung ist in Tagen angegeben.

Die einzelnen Ergebnisse der Pflanzenverträglichkeitstests können dem Anhang, Tab. 5 (S. 312ff) entnommen werden. Die Fotos der gekeimten Kresse nach 6 Tagen Wachstum in Substraten mit 15, 30, 45 und 100 Masse-% Kompost sind für alle untersuchten Komposte ebenfalls im Anhang enthalten.

Tab. 104: Kresstest: Frischmasse in % der Frischmassewerte beim Vergleichssubstrat.

	Masse% Kompost			
	15%	30%	45%	100%
Minimum	78	53	25	0
Maximum	116	120	111	119
Mittelwert	95	83	72	30
Median	95	81	70	16
unteres Quartil	88	74	59	0
oberes Quartil	100	93	89	59
Standardabweichung	9	16	22	34

Tab. 105: Kresstest: Wurzelmasse (geschätzt) in % der Wurzelmasse beim Vergleichssubstrat.

	Masse% Kompost			
	15%	30%	45%	100%
Minimum	50	10	0	0
Maximum	110	100	100	120
Mittelwert	91	80	64	18
Median	100	90	65	0
unteres Quartil	90	80	50	0
oberes Quartil	100	100	98	10
Standardabweichung	15	24	34	34

Tab. 106: Kresstest: Keimrate (geschätzt) in % der Keimrate beim Vergleichssubstrat.

	Masse% Kompost			
	15%	30%	45%	100%
Minimum	90	40	10	0
Maximum	100	100	100	100
Mittelwert	99	90	71	37
Median	100	100	84	10
unteres Quartil	100	90	41	0
oberes Quartil	100	100	99	78
Standardabweichung	2	17	31	40

Tab. 107: Kresstest: Anzahl der Proben mit bestimmter Keimverzögerung in Tagen.

	Masse% Kompost			
	15%	30%	45%	100%
Keimverzögerung in Tagen	Anzahl der Proben (Summe = 42)			
null Tage	42	35	30	
ein Tag		7	12	9
zwei Tage				1
keine Keimung				32



## 8.8.2 Diskussion und Schlußfolgerungen

Die Pflanzenverträglichkeit von Komposten wird durch folgende mögliche Wirkungen des Kompostes bestimmt (WIEGEL, 1992):

- Verdrängung und Verbrauch des Sauerstoffs im Boden durch weiter fortschreitende Rotte, Freisetzung herbizid wirkender Abbauprodukte (organische Säuren während der ersten Rottephase) und
- Stickstofffixierung durch Mikroorganismen in Kompost und Boden, unverträglicher Salzgehalt des Kompostes.

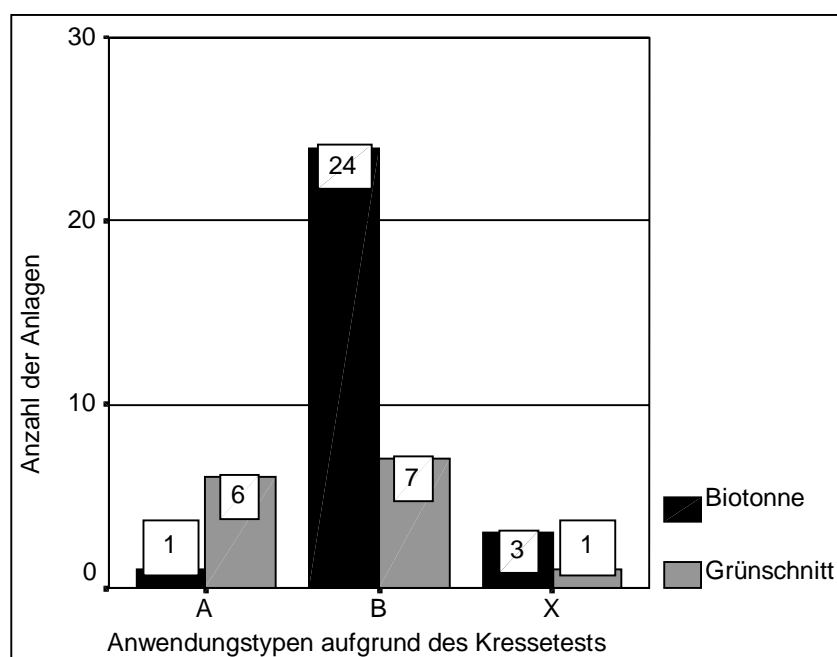
Gemäß ÖNORM S 2200 gelten folgende Sollbereiche für Anwendungstyp A (Mischkomponente in Kultursubstraten) und Anwendungstyp B (Bodenverbesserungsmittel):

Anwendungstyp	Mischungsverhältnis	Pflanzen-Frischmasse in %	Keimverzögerung in Tagen	Keimrate in %
A	15/30/45 % Kompostzugabe zum Vergleichssubstrat	$\geq 100/100/90$	0/0/1	100
B	15 % Kompostzugabe zum Vergleichssubstrat	$\geq 80$	0	100

Von den in dieser Studie untersuchten Komposten entsprechen aufgrund des Pflanzenverträglichkeitstests

- 7 Komposte Anwendungstyp A,
- 30 Komposte Anwendungstyp B und
- 4 Komposte entsprechen weder Anwendungstyp A noch B.

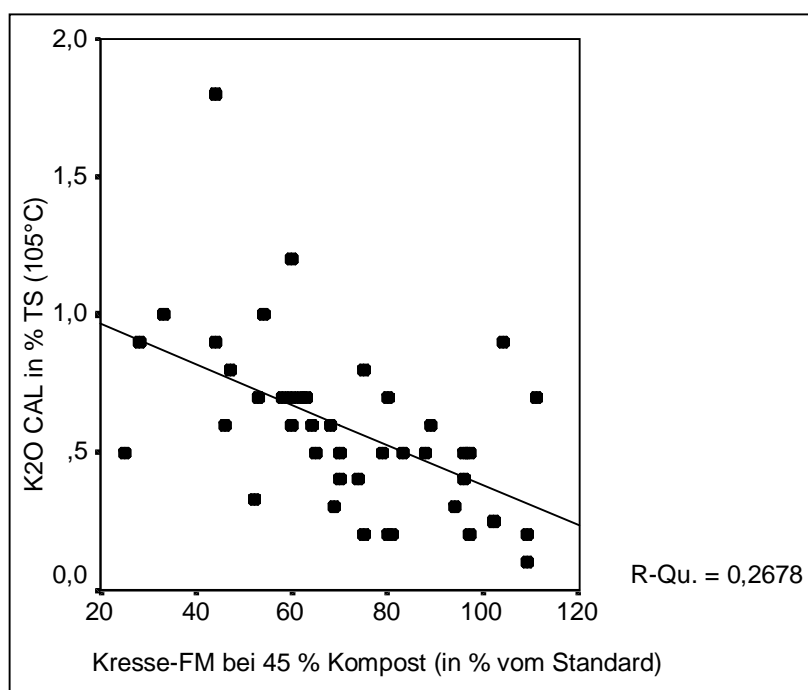
Die Aufteilung der Anlagen auf diese drei Kategorien getrennt nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen ist *Abb. 152* zu entnehmen.



*Abb. 152: Anzahl der Anlagen der einzelnen Anwendungstypen aufgrund des Pflanzenverträglichkeitstests, aufgeteilt nach Biotonnen- und Grünschnitt-Anlagen. X = weder Anwendungstyp A, noch B.*

In der Studie von AMLINGER (1993) wurden in Biotonnen-Komposten der Stadt Wien Korrelationen zwischen Pflanzenverträglichkeitstests und folgenden Faktoren festgestellt:

- $K_2O_{CAL}$ : Steigende verfügbare Kaliumgehalte gehen mit einer Verstärkung der hemmenden Wirkung auf das Keimpflanzenwachstum einher (AMLINGER, 1993). Diese positive Korrelation wurde in der vorliegenden Studie ebenfalls festgestellt, jedoch auch mit anderen Nährstoffparametern wie  $K_2O_{gesamt}$ ,  $P_2O_{5gesamt}$ ,  $P_2O_{5CAL}$ ,  $N_{kjeldahl}$ . Beispielhaft ist in *Abb. 153* die Korrelation von verfügbaren Kaliumgehalten und den Frischmasseerträgen (normiert in Bezug auf das Vergleichssubstrat) bei 45 % Kompostzugabe dargestellt.
- C/N-Verhältnis bzw. organische Substanz: Ein enges C/N-Verhältnis bzw. niedrige Gehalte an organischer Substanz sind positiv mit einer guten Pflanzenverträglichkeit korreliert (AMLINGER, 1993). Dies konnte durch die vorliegende Studie nicht bestätigt werden. Die Korrelation zwischen C/N-Verhältnis und Frischmasseertrag bei 45 % Kompostzugabe ist eine signifikant positive, d.h. je höher das C/N-Verhältnis umso größer die ermittelten Frischmasseerträge (siehe *Abb. 154*). Die Korrelation zwischen Glühverlust und Frischmasseerträgen bei 45 % Kompostzugabe ist nicht signifikant ( $r^2 = 0,0314$ )
- Feuchtdichte: Höhere Feuchtdichte korreliert positiv mit größerem Frischmasseertrag des Keimtests (AMLINGER, 1993). In der vorliegenden Untersuchung konnte ebenfalls eine schwach positive Beziehung zwischen Feuchtdichte und Frischmasseertrag gefunden werden ( $r^2 = 0,1301$ ).



*Abb. 153: Korrelation von verfügbaren Kaliumgehalten ( $K_2O_{CAL}$ ) und den Frischmasseerträgen (normiert in Bezug auf das Vergleichssubstrat = Standard) bei 45 % Kompostzugabe.*

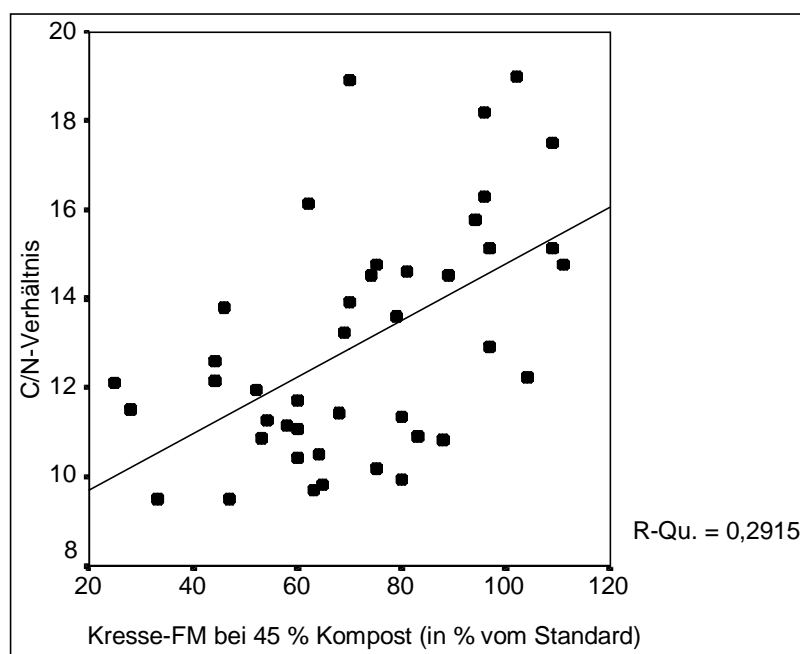


Abb. 154: Korrelation von C/N-Verhältnis im Kompost und den Frischmasseerträgen (normiert in Bezug auf das Vergleichssubstrat = Standard) bei 45 % Kompostzugabe.

## 8.9 Wiederholungsproben

Im Zuge der Probenahme wurden in vier Kompostanlagen jeweils drei von einander unabhängige Sammelproben hergestellt, um die Streubreite der Analyseergebnisse aus einer wiederholten Probenahme zu ermitteln. Folgende Anlagen wurden auf diese Weise beprobt:

- 1 Kompost Biotonnen-Anlage/“vorwiegend Stadt”
- 1 Kompost Biotonnen-Anlage/“vorwiegend Land”
- 1 Kompost Grünschnitt-Anlage/“vorwiegend Stadt”
- 1 Kompost Grünschnitt-Anlage/“vorwiegend Land”

Bei den Wiederholungsproben wurden folgende Parameter untersucht: Glühverlust, Trockenrückstände, Wassergehalt (105 °C) pH-Wert, Leitfähigkeit, Gesamt-Kohlenstoff (TC), Anorganischer Kohlenstoff (TIC), N-Kjeldahl,  $P_2O_5$  gesamt,  $P_2O_5$  CAL,  $K_2O$  gesamt,  $K_2O$  CAL, CaO, MgO, Fe, Na, Chlorid<sub>hwl.</sub>, Sulfat<sub>hwl.</sub>, Bor<sub>hwl.</sub>, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, As, Co, Mn, Mo, AOX.

Aus dieser Vorgangsweise sollte eine Aussage einerseits über die Homogenität der Probenahme und des beprobten Materials und andererseits über die analytische Streuung der Laborwerte abgeleitet werden. Besonderes Augenmerk wurde auf die uniforme Probenahme gelegt, da in Anbetracht des zumeist nicht völlig homogen vorliegenden und herstellbaren Kompostmaterials eine Probenahme u. U. eine Volumsreduktion von 2.000 m<sup>3</sup> auf eine Sammelprobe von 20 Liter bedeuten kann. Damit wird die Wichtigkeit der Probenahme allein schon aus den Verhältniszahlen ersichtlich. Auch die nachfolgende beste Laborpraxis und eine standardisierte Analysetechnik kann Fehler bei der Probenahme mitnichten aufwiegen.

Die Probe wurde daher in zwei Schritten über eine Sammelprobe (150–300 Liter) – bestehend aus der Summe der Einzelproben (10 Liter) – als eine Zwischenmenge zur intensiven Mischung geschaffen. Die anschließende Probeneinengung auf das Volumen der Endprobe (10 bis 15 Liter) wurde mit Hilfe des Mischungskreuzverfahrens durchgeführt, wobei darauf geachtet wurde, die ausgewählten Segmente vollständig bis zum Boden aufzunehmen. Diese Arbeitsweise wurde in weiterer Folge bis zum Reagenzglas beibehalten.

### 8.9.1 Statistische Auswertung

Bei der Kompostanalyse gibt es einige unvermeidliche Störquellen, die Einfluß auf die Varianz des Analysenergebnisses nehmen und die möglichst gering gehalten werden sollen:

- die Varianz des Kompostmaterials (Inhomogenität),
- die Varianz der analytischen Aufschlußverfahren,
- die Meßverfahren – durch Wiederholungen abgeschätzt –,
- der Laboreffekt (siehe unten: Ringversuch 1993 in Deutschland),
- das Auswahlverfahren der Kompostmiete in der Anlage (Auswahleffekt),
- die Auswahl der Anlage selbst (Anlageneffekt).

Für alle diese Einflüsse ein Modell zu formulieren erscheint sehr schwierig, insbesondere bei der geringen Anzahl von Stichproben. Ein Hauptproblem stellt der Auswahleffekt dar, da die Homogenisierung erst nach der Ziehung der Stichprobe erfolgen kann.

Die Analysenergebnisse der drei Wiederholungsproben je Anlage wurden statistisch genauer untersucht, ob der Mittelwert aus den Wiederholungsproben herangezogen werden kann:

- Es wurden die relativen Differenzen zwischen Messung 1 und Messung 2, Messung 1 und Messung 3, sowie Messung 2 und Messung 3 berechnet. Dabei wurde festgestellt, daß die relativen Differenzen sehr unterschiedlich sind. Ein Bereich von -30 % bis +30 % Abweichung wurde als akzeptabel postuliert. Lagen alle drei relativen Differenzen innerhalb dieses Bereiches, so wurde der Mittelwert aus den drei Meßwerten berechnet.
- Dieser Bereich mußte jedoch bei Pb und Na (in mg/kg TS lufttr.) auf -40 % bis +40 % Abweichung erweitert werden. Bei AOX wurde der akzeptable Bereich der Abweichungen der Differenzen auf  $\pm 37,5$  % ausgedehnt.
- Einige Meßwerte lagen dennoch nicht in den postulierten Bereichen der Abweichung der Differenzen. In diesen Fällen wurden Unterschiede bis zu 92 % bei den Mittelwerten der Proben festgestellt. Dies deutet auf einen großen Variationskoeffizienten hin, also Variabilität je mittlerer Meßeinheit ( $\sigma/\mu$ ). Unterstellt man für diese Mittelwerte eine Normalverteilung mit einer Varianz in der Größenordnung des Mittelwertes mit Sollwert  $\mu_0$ , so erhält man ein Konfidenzintervall  $[\mu_0 - 2\mu_0, \mu_0 + 2\mu_0]$ . Somit sind also Aussagen über den Mittelwert sehr problematisch.

Bei diesen Fällen wurde der verursachende Analysewert für die große Differenz ausgeforscht und eliminiert. Es wurde dann nur mehr der Mittelwert aus den beiden verbliebenen Meßdaten berechnet. Dies war der Fall bei:

Anlage 21: Sulfat<sub>hwl.</sub>, Pb, Zn, und Mo.

Anlage 22: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub><sub>CAL</sub>, Chlorid<sub>hwl.</sub>, Sulfat<sub>hwl.</sub>, Bor<sub>hwl.</sub>, K<sub>2</sub>O<sub>CAL</sub>, Na und Cu.

Anlage 28: Chlorid<sub>hwl.</sub>, Bor<sub>hwl.</sub>, Cr, Ni, Pb und Mn.

Anlage 30: Chlorid<sub>hwl.</sub>, Sulfat<sub>hwl.</sub>, Bor<sub>hwl.</sub> und Pb.

### 8.9.2 Ergebnisse

Die gemessenen Werte der insgesamt 12 Wiederholungsproben (4 Anlagen mit je 3 Wiederholungsproben) können dem Anhang, Tabelle 6 (S. 356ff) entnommen werden.

Bei 3 von 4 Anlagen streuten die Sulfat<sub>hwl.</sub>-, Chlorid<sub>hwl.</sub>- und Bor<sub>hwl.</sub>-Werte um mehr als  $\pm 30$  %.

Bei 3 von 4 Anlagen streuten die Pb-Werte um mehr als  $\pm 40$  %.

Bei allen anderen Parametern streuten die Werte nur bei einer Anlage.

### 8.9.3 Diskussion und Schlußfolgerungen

Bei Kompost kann die chemischen Analytik nur mit sehr viel Umsicht bewältigt werden. Als besonders fehleranfällig stellte sich die Probenahme in den Anlagen dar. Es sollte daher möglichst nach einem einheitlichen Probenahmesystem vorgegangen werden, um vergleichbare Meßwerte auch bei wiederholter Beprobung zu erhalten. Abweichungen, welche bei wiederholter Beprobung – etwa bei Marktproben – zwischen deklariertem Qualität und festgestellten Analysenwerten auftreten können, sind auf ein geringstmögliches Maß einzuschränken, aber gleichzeitig auf die doch begrenzte Möglichkeit der Homogenisierung abzustimmen.

Nach der geplanten Verordnung des BM für Umwelt, Jugend und Familie zum Inverkehrbringen von Kompost und Kompostqualität sind Prüfmechanismen zur Sicherung der Marktqualität von Komposten vorzusehen. Verfahren, die zur Beanstandung von deklarierten Qualitäten eingeleitet werden müßten, sollten daher den Schwankungsbereich von beispielsweise + 50% des Grenzwertes in der Verordnung tolerieren. Werden diese Toleranzgrenzen überschritten, könnten verschärfte Konsequenzen im Verfahren vorgesehen werden. Toleranzgrenzen sind grundsätzlich in den meisten relevanten Rechtsmaterien, welche die Qualität von Produkten dezidiert oder allgemein behandeln, festgeschrieben. Die Höhe des Toleranzbereiches muß sich im Fall der Komposte nach der realistischen Machbarkeit der Homogenisierung richten.

### 8.10 Exkurs zu einem hochbelasteten Eigenkompost

In einer der acht Einzelkompostieranlagen traten unerwartet hohe Chromwerte auf. Diesem Umstand wurde in einem zusätzlichen Meßprogramm Rechnung getragen. Es wurde eine weitere Probe gezogen, welche den ursprünglichen Befund bestätigte. Weiters wurden auf den Flächen, auf denen bereits wiederholt Kompost zur Anwendung gelangte, Bodenproben gezogen. Es konnte die Chrombelastung durch den Kompost, der konzentriert auf kleinen Flächen angewendet wurde, nachgewiesen werden.

Tab. 108 zeigt die deutlichen Auffälligkeiten in den Meßergebnissen dieser einen Einzelkompostanlage. In der dritte Spalte sind die Mittelwerte aller 42 Anlagen angeführt – ohne die auffällige Anlage auszuschließen. Es zeigen die Mittelwerte – nicht ausreißerbereinigt – eine deutliche Beeinflussung durch den hohen Meßwert. Wird diese Anlage als nicht zur Grundgesamtheit gehörig betrachtet und ausgeschlossen, so verbessern sich die Mittelwerte deutlich. In der vierten Spalte sind die Mittelwerte der 41 Anlagen aufgezeigt. Die fünfte Spalte enthält die Mittelwerte alle 8 Einzelkompostanlagen (Hausgartenkomposte, HG). Auch dabei werden die Mittelwerte trotz relativ niedriger Gesamtergebnisse durch den hohen Einzelwert verzerrt (vgl. letzte Spalte).

Tab. 108: Übersicht über die auffälligen Meßergebnisse einer Einzelkompost-Probe, HG = Hausgartenkomposte.

Inhaltsstoff bezogen auf TM <sub>105°C</sub>	Meßwert	Mittelwert (n=42)	Mittelwert (n = 41)	Mittelwert (HG) (n=8)	Mittelwert (HG) (n=7)
Chrom in mg/kg TM	1.661,0	69,6	30,7	231,4	27,1
Fluorid in mg/kg TM	16,9	4,2	3,9	4,8	3,1
Pentachlorphenol in µg/kg TM	2.263,8	75,5	22,1	306,5	26,9
Dioxine und Furane in ng/kg TM TEQ	86,8	9,2	7,3	15,9	5,7

### 8.10.1 Kompostqualität

Zunächst wurde der Frage nachgegangen ob in diesem Haushalt Quellen mit hohen Dioxingehalten möglich sind. KRAUSS et al. (1995) schätzten für Staubsaugerinhalte besonders hohe Werte von 636 bis 4094 ng/kg TM TEQ. Gegen diese Erklärung allein sprach aber die hohe Belastung mit Pentachlorphenol (PCP) und Chrom. Weiters wurde durch KRAUSS et al. (1995) gezeigt, daß behandeltes Holz einen Stoffcocktail von Chrom – Fluor – Bor – Salz enthalten kann. Zu diesem Eintragspfad paßt auch das Vorkommen von erhöhten PCP-, Arsen- und Lindanwerten als Schutz gegen Schadorganismen. Das Muster der Dioxinkongengere entspricht einer PCP-Verunreinigung im Kompost.

RIPPEN (1997) führt an, daß in Holzschutzmittelformulierungen der Siebziger und Achtziger Jahre 3,0 bis 3,7 % PCP enthalten sein konnten. Ein Komposthaufen von etwa 100 kg TS benötigt für die gemessene Verunreinigung von 226,3 mg/100kg lediglich einen Zusatz von 7,5 g dieses hochdotierten Holzschutzmittels. Allerdings ist mit einer beträchtlichen jährlichen Ausgasung des PCP zu rechnen, sodaß die gemessenen Restgehalte für die Menge des Holzschutzmittel an altem, behandelten Holz in einer realistischen Größenordnung liegen.

### 8.10.2 Gartenboden

Darüber hinaus wurde Gartenerde eines zur Kompostanlage gehörenden Gemüsebeets, welches bereits mit Kompost gedüngt worden ist sowie die unmittelbare Nähe des Komposthaufens untersucht. Es zeigten sich deutlich höhere Chromgehalte als in der ebenfalls zum Grundstück gehörenden Wiese. Die Chromgehalte waren nicht in gesundheitsschädlicher Höhe, sollten jedoch nicht weiter erhöht werden.

Bedenklich stimmt in diesem Zusammenhang, daß zufällig aus schätzungsweise einigen hunderttausend Einzelkompostanlagen lediglich acht ausgewählt wurden, und eine davon zufällig diese Auffälligkeit zeigt. Nachfolgend werden aus diesem Anlaß einige Schlußfolgerungen abgeleitet, die besonders von Einzelkompostierern zu beachten sein sollten. Dieses empfohlene Verhalten kann auf Grund der vorsichtigen Anschätzung der Bedingungen langfristig beibehalten werden.

### 8.10.3 Allgemeine Empfehlungen für Eigenkompostierer bzw. für Benützer der Biotonne

- **Anwendung von Kompost im Hinblick auf Gehalte an organischen Schadstoffen**

Bis vor etwa 15 Jahren war es üblich, Holz im Wohn- und Außenbereich mit Holzschutzmitteln zu behandeln. Diese Schutzmittel wurden oft wahllos und unabhängig von der Notwendigkeit eingesetzt, hatten jedoch bedenkliche Inhaltsstoffe (PCP, PCCD/F, PCB, Insektizide, Fungizide), die vor allem für den Wohnbereich unzumutbar waren. Im Außenbereich wird der Einsatz dieser Mittel nach wie vor als notwendig erachtet, einige Inhaltsstoffe (PCP) sind auch bereits verboten, andere werden von den Herstellern von Holzschutzmitteln auf freiwilliger Basis nicht mehr verwendet.

Die im Haushalt anfallenden Holzabfälle sind daher dahingehend zu unterscheiden, ob eine Holzschutzbehandlung stattgefunden hat oder nicht. Zumeist wird diese Unterscheidung nicht einfach sein, so daß beim geringsten Verdacht auf eine Behandlung diese Reststoffe nicht in den Eigenkompost oder die Biotonne gehören. Solche Abfälle dürfen auch nicht in den Einzelfeuerungen verbrannt werden, sondern sind unbedingt in den eingerichteten Sammelstelle abzuliefern.

Ein weiterer häufiger Anlaß im Haushalt ist der Umbau der eigenen vier Wände. Auch dabei fallen größere Mengen an Holzabfall, sowie Säge- und Hobelspänen an. Vor allem bei zerkleinerten Holzteilen ist eine Holzschutzbehandlung nicht erkennbar, sodaß eine Entsorgung bei den Problemstoffsammelstellen notwendig wird. Darüber hinaus fand KRAUSS (1994) eine potentielle Quelle für die Belastung von Komposten mit organischen Schadstoffen, wenn Hausstaub und Staubsaugerbeutel eingebracht wurde.

- **Anwendung von Kompost im Hinblick auf Nährstoffgehalte und Gehalte an anorganischen Schadstoffen**

- Ausmaß der Gemüseflächen bzw. Grünflächen

Der Anfall von Kompost ist abhängig von der Anzahl im Haushalt lebender Personen und von der Größe des eventuell vorhandenen Gartens bzw. der Menge an Gras- und der Strauchschnitt. Um durchschnittliche Empfehlungen machen zu können, wird ein Anfall von 50 kg biogenen Abfällen aus Küche und Garten pro Person und Jahr angenommen. Daraus kann im Durchschnitt etwa 30 Liter Kompost pro Jahr gewonnen werden.

- Aufwandsmengen

Auf Grund der obigen Annahmen wird der daraus gewonnene Kompost im eigenen Garten verwendet. Das Bayrische Landesamt für Umweltschutz (GRONAUER, et.al, 1997) empfiehlt etwa für den professionellen Gemüsebau 15 bis 20 m<sup>3</sup> pro Hektar und Jahr. Dem Eigenkompostierer sollte davon abgeleitet – bei durchschnittlicher Qualität und vollständiger Anwendung – pro Person etwa 15 m<sup>2</sup> Gemüsebeet zur Verfügung stehen. Wird diese Fläche sehr deutlich unterschritten, so sollten andere Flächen oder Anwendungen (Blumenbeete und -töpfe) gesucht oder auf Grünflächen verteilt werden. Auch hier sollte nach Möglichkeit die Fläche pro Person nicht extrem unterschritten werden.

Der Grund für diese Einschränkung liegt in der sonstigen Anhäufung von Nährstoffen bei exzessiver Kompostanwendung und auf lange Sicht zu einer Belastung der Gemüsebeete mit anorganischen Schadstoffen. Es ist daher aus Vorsorgegründen diese leicht vermeidbare Belastung von Gartenböden vorausblickend zu beachten. Für eine einmalige Bodenverbesserung können natürlich Mengen bis zu 10–15 Liter pro m<sup>2</sup> eingesetzt werden.

Obwohl die Einzelkompostierung aus der Sicht des Umweltschutzes, der Nutzung der Nährstoffe, der Bodenverbesserung und der Schließung von Stoffkreisläufen zu begrüßen ist, sind dennoch einige Regeln zu beachten. Die Nichtbeachtung führt nicht unmittelbar zu einer Gesundheitsgefährdung, kann jedoch bei nachfolgenden Nutzungen Schwierigkeiten gerade auf intensiv genutzten Gartenflächen bereiten. Es ist daher einerseits die Kompostierung von verdächtigen Holzabfällen tunlichst zu vermeiden und andererseits sollte man bei der Anwendung des eigenen Kompostes die obige einfache Regel beherzigen.

## 9 LITERATUR

- AICHBERGER, K. (1981): Bestimmung polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoffe in Müllkomposten nach dünnenschichtchromatographischer Trennung durch Fluoreszenzspektroskopie. *Landwirtschaftliche Forschung* 34, 1–2.
- ALBRECHT, B., BIDLINGMAIER, W., FRICKE, M., THORMANN, A. (1989): Benefit oder Bumerang?. *Entsorga-Magazin Entsorgungs-Wirtschaft*, Nr. 7–8.
- ALDAG, R. (1990): Landwirtschaftliche Verwertung schadstoffreduzierter Abfälle. *VDLUFA-Kongreßband, Schriftenreihe* 32.
- ALLIEVI, L., MARCHESINI, A., SALARDI, C., PIANO, V., FERRARI, A. (1993): Plant Quality and Soil Residual Fertility Six Years after a Compost Treatment. *Bioresource Technology* 43.
- AMLINGER, F., BIDNER, C., BOBEK, H.P., HAIDER, R., JÄGER, U., MAURER, L., WALTER, G., MÖLGG, M., RANINGER, B., SANTNER, P., SCHOIBL, E., STEURER, K., TSCHABUSCHNIG, H. (1993): Rahmenbedingungen der Kompostierung in Österreich/Rechtsrahmen. In: LUDWIG-BOLTZMANN-INSTITUT FÜR BIOLOGISCHEN LANDBAU UND ANGEWANDTE ÖKOLOGIE (Hrsg.), (1993): *Handbuch der Kompostierung. Ein Leitfaden für Praxis – Verwaltung – Forschung. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung und des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft*, Wien.
- AMLINGER, F. (1993): *Biotonne Wien. Theorie und Praxis*. Hrsg.: MA 48 – Stadtreinigung und Fuhrpark, Wien, 385 S.
- AMLINGER, F., SAPELZA, W., WIESHOFER, I. (1990): Schwermetalle in Grünkomposten – Gehalte, Grenzwerte, Frachten und Wechselwirkungen mit Boden und Pflanze. *Literaturstudie im Auftrag der Magistratsabteilung 48 – Stadtreinigung und Fuhrpark*, Wien.
- AMT DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG (1993): *Oberösterreichischer Bodenkataster – Bodenzustandsinventur*. Linz.
- ANONYM (1980): Richtlinie 80/778/EWG über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch.
- ANONYM (1990): *Düngersammelanlagen für wirtschaftseigenen Dünger*. ÖKL-Baumerkblatt Nr. 24, Österreichisches Kuratorium für Landtechnik.
- ANONYM (1992a): *Richtlinien für die Errichtung und den Betrieb von Kompostierungsanlagen auf wechselnden Mietenstandorten*. Amt der burgenländischen Landesregierung, Abt. XIII/3, Eisenstadt.
- ANONYM (1992b): *Niederösterreichisches Abfallwirtschaftskonzept*. Amt der niederösterreichischen Landesregierung, Abteilung R3, Wien.
- ANONYM (1992c): *Verordnung über umweltgefährdende Stoffe, StoV*, Schweiz.
- ANONYM (1992d): *RAL-GZ 251, Kompost Gütesicherung*. Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V., Bonn.
- ANONYM (1992e): *Landwirtschaftliche Produkte mit dem Bezeichnungselement "biologisch" und daraus hergestellte Folgeprodukte*. Österreichisches Lebensmittelbuch, Kap. A8, Wien.
- ANONYM (1992f): *Klärschlammverordnung – AbfKlärV*. Bundesgesetzblatt Teil I, Nr. 21, 28. April 1992, Bonn, p 912–934.
- ANONYM (1992g): *Kompostieranlagen im Kanton Zürich. Jahresbericht 1991*. agw – Direktion der öffentlichen Bauten des Kantons Zürich, Amt für Gewässerschutz und Wasserbau, Zürich
- ANONYM (1993): *Oberösterreichischer Bodenkataster, Bodenzustandsinventur 1993*. Hrsg.: Amt d. Oö. LReg., Linz.
- ANONYM (1994a): *Produktionsrichtlinien für den organisch-biologischen Landbau in Österreich*. ERNTE, Zeitschrift für Ökologie und Landwirtschaft, Hrsg: Verband organisch-biologisch wirtschaftender Bauern Österreichs, St. Florian.



- ANONYM (1994b): Soil quality – How to handle this subject in CEN? Document N 30 des Programming Committee 7 – „Environment“ (PC 7) vom 19.01.1994.
- ANONYM (1994c): Kompostierung in Oberösterreich – Stand und Strategien. Amt der O.ö. Landesregierung, Linz.
- ANONYM (1994d): Richtlinien für die Errichtung und den Betrieb von Kompostierungsanlagen auf ständigem Standort. Amt der Burgenländischen Landesregierung, Abt. XIII/3, Wulkaprodersdorf.
- ANONYM (1994e): Kompostierung in Oberösterreich – Rechtliche Rahmenbedingungen, Technische Richtlinien und Musterprojekt. Amt der O.ö. Landesregierung, Linz.
- ANONYM (1994f): Leitlinien zur dezentralen Kompostierung in der Steiermark. 2. Auflage, Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz.
- ANONYM (1994g): Entscheidung der Kommission vom 14. November 1994 zur Festlegung von Umweltkriterien für die Vergabe des EG-Umweltzeichens bei Bodenverbesserungsmitteln (94/923/EG). Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft Nr.L.364/21 vom 31.12.94.
- ANONYM (1995): Gesundheitliche Aspekte bei der Erfassung und Verarbeitung von Bioabfällen. Umwelt Nr. 10.
- ANONYM (1995a): IFOAM-Basisrichtlinien für den ökologischen Landbau und die Verarbeitung seiner Produkte. Beschlossen auf der IFOAM – Generalversammlung in Christchurch am 15.12.1994. SÖL-Sonderausgabe Nr.16, Bad Dürkheim.
- ANONYM (1995b): Soil Improvers and Growing Media-Standards for the Safety of Users, the Environment and Plants European Committee for Standardization, Draft Report CEN/TC223/WG2, Version 1, June 1995.
- ANONYM (1995c): Qualitätskriterien und Anwendungsempfehlungen für Kompost. Merkblatt 10 (M10) der LAGA (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall Arbeitsgruppe "Biokompost" Bundesrepublik Deutschland), Erich-Schmidt-Verlag, Berlin.
- ANONYM (1996): Doping für den Boden. Umweltschutz Bd.6.
- ANONYM (1996): Bis 1996 wird der Biomüll zu 80 % erfaßt sein. Umweltschutz Bd.6.
- ANONYM (O.J.): Technische Richtlinien für die Düngeraufbereitungsplatte für die bäuerliche Kompostierung. Beiblatt: ÖKL- Baumerkblatt Nr. 24, Österreichisches Kuratorium für Landtechnik.
- ASTIER, M., GERSPER, P.L., BUCHANAN, M. (1994): Combining Legumes and Compost: A Viable Alternative for Farmers in Conversion to Organic Agriculture. *Compost Science & Utilization*, Vol 2, No.1.
- ATLAS, E. & GIAM, C.S. (1988): Ambient concentration and precipitation scavenging of atmospheric organic pollutants. *Water, Air and Soil Pollution* 38, 19–36.
- BEKO GMBH. (1996): Gemeinsame Kompostierung von Hähnchenmist und Bioabfall. *Humuswirtschaft & Kompost*, Heft 3.
- BERGMANN, W. (Hrsg.) (1993): Ernährungstörungen bei Kulturpflanzen. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- BERGMANN, D., GOTTSCHALL, R., STÖPPLER-ZIMMER, H. (1995): Dem Kompost den Boden bereiten. *Entsorga-Magazin Entsorgungs-Wirtschaft*, Nr. 7–8.
- BGK (BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST e.V.) (1997): Persönliche Informationen zum Entwurf der deutschen Bioabfall- und Kompostverordnung.
- BIDLINGMEIER, W. (1993): Kompost: Schadstoff- und Qualitätskriterien. In: Aus der Tonne auf den Acker. *Ökologie und Landwirtschaft* Nr.3. Hrsg.: Arbeitskreis für Kompostierung und Rezirkulierung, Stuttgart, S.65–75.
- BREUER, J., DRESCHER, G., SCHENKEL, H., SCHWADORF, K. (1996): Variabilität von Kompostinhaltsstoffen in Baden-Württemberg, Teil 1: Einführung und anorganische Inhaltsstoffe. Poster beim 108. VDLUF-Kongreß in Trier 1996.
- BUCHGRABER, K. (1996): Einsatz von Biokompost in der Landwirtschaft. Vortrag im Rahmen der Fachtagung "Kompostgütesicherung in Österreich". Wien.

- BUCHNER, I. (1992): Relevante ÖNORMen. In: TILTMANN, K. und STRNAD, S. (Hrsg., 1992): Recycling und Abfallbeseitigung. Weka-Verlag, Wien.
- BUNDES-ABFALLWIRTSCHAFTSPLAN, KRAMER, H. J., DOMENIK, M., DREIER, P., LASSNIG, D. (1995): Abfallaufkommen in Österreich, Umweltbundesamt Wien.
- BUNDES-ABFALLWIRTSCHAFTSPLAN, DOMENIK, M., KRAMER, H. J. (1998): Nicht gefährliche Abfälle Teil A: Abfälle aus Haushalten und ähnlichen Einrichtungen, Umweltbundesamt Wien.
- BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST e.V. (1996): Entwicklung der Schwermetallgehalte in Kompost 1991–1995. Humuswirtschaft & Kompost, Heft 3.
- BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST e.V. (1996): Statistik der Schwankungsbreite von Schwermetallgehalten in Kompost. Humuswirtschaft & Kompost, Heft 3.
- BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN ENTSORGUNGSWIRTSCHAFT (1996): Schwermetallgrenzwerte des Entwurfes der BioKompV als überzogen bezeichnet. Humuswirtschaft & Kompost, Heft 3.
- CABRERA, F., DIAZ, E., MADRID, L. (1989): Effect of Using Urban Compost as Manure on Soil Contents of some Nutrients and Heavy Metals. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Vol.47, No.2.
- CANDINAS, T., BESSON, J.M., HUMBEL, S. (1988): Erhebung über die Qualität von Kompost aus getrennt gesammelten Siedlungsabfällen. Sonderdruck aus: Tätigkeitsbericht FAC 1987–88, Liebefeld-Bern.
- DACHLER, M. (1996): Anforderungen an die Kompostqualität aus der Sicht des landwirtschaftlichen Bodenschutzes. Vortrag im Rahmen der Fachtagung "Kompostgütesicherung in Österreich". Wien.
- DALLINGER, R. & HANUS, A. (1993): Organische Schadstoffe. In: LUDWIG-BOLTZMANN-INSTITUT FÜR BIOLOGISCHEN LANDBAU UND ANGEWANDTE ÖKOLOGIE (Hrsg.): Handbuch der Kompostierung–Ein Leitfaden für Praxis – Verwaltung – Forschung, Wien, S. 260–275.
- DE BLIGNIERES, F.-X. (1986): Quality of the Urban Waste Compost related to the various composting processes. In: De Bertoldi, M. et al. (Hrsg.): Compost: Production, Quality and Use. Symposium, Udine, Italy, April 17–19. Elsevier Science Publishing Co., Illus.Maps.
- DECKARDT, W. (1996): Kompostverwertung im eigenen landwirtschaftlichen Betrieb. Vortrag im Rahmen der Fachtagung "Kompostgütesicherung in Österreich". Wien.
- DEPORTES, I., BENOIT-GUYOD, J.-L., ZMIROU, D. (1995): Hazard to man and the environment posed by the use of urban waste compost: a review. *The Science of the Total Environment* 172.
- DIEZ, Th. & KRAUSS, M. (1997): Wirkung langjähriger Kompostdüngung auf Pflanzenertrag und Bodenfruchtbarkeit. *Agribiol.Res.*50,1. pp. 78–84.
- DIN 38 405 (1985): Anionen (Gruppe D): Bestimmung von Fluorid (D 4), DEV Einheitsverfahren zur Wasser- und Schlammuntersuchung (Juli 1985).
- DIN 38 406, TI. 12 (1980): Kationen (Gruppe E): Bestimmung von Quecksilber (E 12) (Juli 1980).
- DIN 38 409, TI. 8 (1984): Summarische Wirkungs- u. Stoffkenngrößen (Gruppe H), Bestimmung der extrahierbaren organisch gebundenen Halogene (EOX), DEV zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung (September 1984).
- DIN 38 414, TI. 18 (1989): Schlamm und Sedimente (Gruppe S), Bestimmung von adsorbierten, organisch gebundenen Halogenen (AOX) (S 18), DEV zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung (November 1989).
- DOCK, L., VICTORIN, K., VAHTER, M., KISIEL, M.J., KOSTUSIAK, A.S. (1991): The Influence of Benzo(a)pyrene on the Growth of Wheat and Corn, zitiert in UBA, Literaturstudie zur Ableitung von Bodengrenzwerten für polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH), 1995, S. 186.
- DZOMBAK & LUTHY, (1984): zitiert in UBA, Literaturstudie zur Ableitung von Bodengrenzwerten für polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH), 1995.
- EHLE, D. (1994): Stellenwert der Kompostierung. *Abfallwirtschaftsjournal* Nr. 7/8.

- EIKMANN, T. & KLOKE, A. (1993): Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-)Stoffe in Böden – Eikmann-Kloke-Werte. In: Rosenkranz, Einsele, Harreß: Bodenschutz.
- ELINGHAUS, R. (1990): Schwermetallgehalte in Böden und Komposten aus hessischen Kleingärten. VDLUFA-Schriftenreihe 32, KB 1990, S. 769–775.
- ENTRUP, N., OEHMICHEN, J., THIEMANN, U., VOLLACK, I. (1989): Bio-Kompost steigert Pflanzenwachstum. Umwelt (VDI), Bd. 19 (11/12).
- FABIG, W. (1986): Auswirkungen anthropogener Immissionen auf Bodeneigenschaften, GIT Zeitschrift Laboratorium.
- FACHBEIRAT FÜR BODENFRUCHTBARKEIT UND BODENSCHUTZ (1996): Richtlinien für die sachgerechte Düngung, 4. Auflage. BMLF.
- FIEBIGER, H., FRIEWALD, K., GRAF, J., KLINGENBRUNNER, W., MANDL, J., SWOBODA, M. (1994): Die Landwirtschaftliche Kompostierung in Niederösterreich. Ökosoziale Schriftenreihe 1994/1, Landwirtschaftliche Koordinierungsstelle für Bildung & Forschung, Tulln.
- FIEDLER, H. (1994): Dioxine im Biokompost. Veröff. Workshop: "Neubildung von Dioxinen während des Kompostierungsprozesses" am 17./18.2.1994, Wiesbaden u. Protokoll z. Fachgespräch „Bedeutung organischer Schadstoffe in Komposten hinsichtlich der Verwertung in Landwirtschaft und Gartenbau“ am 28.2.1994, Weißenstephan. Organohalogen Compounds, Vol.18, ECO-Inforna Press, Bayreuth.
- FIEDLER, H. (1996): Sources of PCDD/PCDF and Impact on the Environment. Chemosphere, Vol.32, No.1.
- FIEDLER, H. & HUTZINGER, O. (1992): Sources and Sinks of Dioxins: Germany. Chemosphere, Vol. 25, Nos.7–10.
- FIEDLER, H. & HUTZINGER, O. (1994): Zusammenfassung der Vorträge in: Fiedler, H. (Hrsg.): Dioxine im Biokompost, Workshop–Neubildung von Dioxinen während des Kompostiersprozesses am 17–18.2.1994, Wiesbaden, Organohalogen compounds 18.
- FISCHER, P. und JAUCH, M. (1988): Kompostierung von Grünrückständen. Hrsg: Bayr. Staatsministerium f. Landesentwicklung und Umweltfragen, München.
- FISCHER, P., RASP, H., DÖHLER, H. und POPP, L. (1993): Kompostanwendung–Aspekte der Pflanzenernährung. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) (Hrsg.): Kompostierung und landwirtschaftliche Kompostverwertung. Arbeitspapier 191, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S. 125–151.
- FREI, U., CANDINAS, T., BESSON, J.-M., CHARDONNENS, M. (1993): Stellung des Kompostes in der Düngung. Schriftenreihe der FAC Liebefeld No. 13.
- FRICKE, K. (1988): Grundlagen zur Bioabfallkompostierung. Verlag: Die Werkstatt, Göttingen.
- FRICKE, K., VOGTMANN, H., JAGER, J., WILKEN, M. (1989): Organische Schadstoffe in Bioabfallkomposten. Müll und Abfall Nr. 9.
- FRICKE, K. & VOGTMANN, H. (1990): Qualität von Bioabfallkompost. In: FRICKE, K., TURK, T. und VOGTMANN, H. (Hrsg.): Grundlagen der Kompostierung. EF-Verlag, Berlin, S. 109–154.
- FRICKE, K., NIESSEN, H., VOGTMANN, H., HANGEN, O. (1991): Die Bioabfallsammlung und -kompostierung in der Bundesrepublik Deutschland, Situationsanalyse 1991. Schriftenreihe des Arbeitskreises für die Nutzbarmachung von Siedlungsabfällen (ANS) e.V., Heft 20. Bad Kreuznach.
- FRICKE, K., KELLNER, K., RAPPEL, E., TURK, T. (1992): "Biotonne München". Überprüfung der Einsatzfähigkeit der Biotonne in einer Großstadt. Hrsg.: Kommunalreferat, Landeshauptstadt München.
- FRICKE, K., VOGTMANN, H. (1994): Compost Quality: Physical Characteristics, Nutrient Content, Heavy Metals and Organic Chemicals. Toxicological and Environmental Chemistry, Vol. 43.

- FRICKE, K. & EINZMANN, U. (1995): Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane bei der Bio- und Grünabfall-Kompostierung. In: Kongreßband Bidlingmeier, W. und Stegmann, R. (Hrsg.): „Biological Waste Management—a Wasted Chance?“ April 1995, Bochum, S48, 24 S.
- FUNKE, U., BIDLINGMAIER, W. (1989): Kompost – Qualität und Verwertung. in: Thome-Kozmiensky, K.J. (Hrsg.): Recycling von Abfällen 1., EF-Verlag für Energie und Umwelttechnik. Berlin.
- GARVERT, U. & KICK, H. (1979): Untersuchungen zur Entnahme von repräsentativen Müllkompostproben. Müll und Abfall Nr. 7.
- GIUSQUIANI, P.L., GIGLIOTTI, G., BUSINELLI, D. (1994): Long-term effects of heavy metals from composted municipal waste on some enzyme activities in a cultivated soil. *Biology & Fertility of Soils* 17.
- GONZALES-VILA, F.J., LOPEZ, J.L., MARTIN, F. (1988): Determination of Polynuclear Aromatic Compounds in Composted Municipal Refuse and Compost-amended Soils by a Simple Cleanup Procedure. *Biomedical and Environmental Mass Spectrometry*, Vol. 16.
- GOUIN, F.R. (1991): The Need for Compost Quality Standards. *Biocycle*, Vol. 32, No. 8.
- GRABBE, K. & SCHUCHARDT, F. (1993): Grundlagen der Kompostierung. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) (Hrsg.): Kompostierung und landwirtschaftliche Kompostverwertung. Arbeitspapier 191. Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S. 49–64.
- GRONAUER, A., CLASSEN, N., EBERTSEDER, T., FISCHER, P., GUTSER, R., HELM, M., POPP, L., SCHÖN, H., (1997): Biokompostierung, Verfahren und Verwertung, Technische Universität München-Weihenstephan, im Auftrag des Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, München.
- GRUNWALDT, H.-S. (1977): Untersuchung von Nährstoff- und Schwermetallgehalten in Siedlungsabfällen. *Landwirtschaftliche Forschung* 30, 2.
- GUSENLEITNER, J., MÜLLER, H., NIMMERVOLL, W. (1982): Linzer Substrattest. In: *Bodenkultur*, Heft 6.
- GÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST "NORD" (1996): Niedrige organische Schadstoffe im Kompost. *Humuswirtschaft & Kompost*, Heft 3.
- GYSI, C., RYSER, J.P., CANDINAS, T. (1988): Wegleitung für die Anwendung von Kompost aus Garten- und Küchenabfällen und Anforderungen an die Kompostqualität. Flugschrift Nr. 114. Eidgenössische Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau, Wädenswil.
- HAGENMAIER, H., LINDIG, G., SHE, J. (1994): Correlation of Environmental Occurrence of Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins and Dibenzofurans with Possible Sources *Chemosphere* Vol 29 Nos. 9–11 pp 2163–2174, London.
- HARMS, H. & SAUERBECK, D. (1984): Organische Schadstoffe in Siedlungsabfällen: Herkunft, Gehalt und Umsetzung in Böden und Pflanzen. *Angew. Botanik* 58.
- HUND, K. & SCHENK, B. (1994): The microbiological respiration quotient as indicator for bioremediation processes, in *Chemosphere*.
- IWATA, H., TANABE, S., SAKAI, N., TATSUKAWA, R. (1993): Distribution of Persistent Organochlorines in the Oceanic Air and Surface Seawater and the Role of Ocean on their Global Transport and Fate. *Environ. Sci. Technol.* 27, 1080–1098.
- JAGER, J. (1989): Kompostierung organischer Schadstoffe. In: WIEMER, K. (Hrsg.): Kompostierung International. FG Abfallwirtschaft u. Recycling, Abfallwirtschaft 2, Witzenhausen, S. 317–326.
- JÄGER, U. (1996): Kompostanwendung unter dem Gesichtspunkt aktueller Regelwerke in Österreich – die neue ÖNORM S2202 "Anwendungsrichtlinien für Komposte". Vortrag im Rahmen der Fachtagung "Kompostgütesicherung in Österreich". Wien.
- JAKSCHE, J. & MACH, R. (1993): Erarbeitung des neuen Merkblattes "Qualitätskriterien und Anwendungsempfehlungen für Kompost". *Abfallwirtschaftsjournal* Nr. 12.
- JAUCH, M. (1993): Kompostierung von Grüngut: Verfahren, Kompostqualität und -anwendung. In: *Aus der Tonne auf den Acker. Ökologie und Landwirtschaft* Nr.3. Hrsg. Arbeitskreis für Kompostierung und Rezirkulierung, Stuttgart, S. 26–43.

- JONES, H. (1992): Compost Quality: A View from the UK of the Development of standards within the EEC. in: Hoitink, H.A.J. & Keener, H.M.: Science and Engineering of Composting. International Composting Research Symposium, Columbus, Ohio. Renaissance Publ.: Worthington, Ohio, USA.
- JOPSKI, T. (1993): Europäische Kompoststandards. In: Sicherung des Kompostabsatzes durch Qualität. 47. Informationsgespräch Ludwigshafen, Schriftenreihe des Arbeitskreises für die Nutzbarmachung von Siedlungsabfällen (ANS), Heft 24, 53–78.
- KEHRES, B. (1996): Gütesicherung von Kompost. Wasser & Boden, 48. Jahrg. Bd.3.
- KEHRES, B. & VOGTMANN, H. (1988): Qualitätskriterien und Güterichtlinien für Kompost aus organischen Abfallstoffen. Müll und Abfall, Nr.5.
- KEHRES, B., PERTL, W., VOGTMANN, H. (1989): Qualität, Verwertung und Vermarktung von Kompost aus der Biotonne. Müll und Abfall, Nr.10.
- KÖNIG, G., RADUNSKY, K., RITTER, M. (1997): Österreichische Luftschadstoffinventur 1994. Umweltbundesamt Wien, Report 139.
- KOMMUNALVERBAND RUHRGEBIET (1992): Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in Böden und Pflanzen, Band II – Untersuchungsergebnisse zum Transferverhalten ausgewählter polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe bei gärtnerischen und landwirtschaftlichen Nutzpflanzen, zitiert in UBA, Literaturstudie zur Ableitung von Bodengrenzwerten für polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH), 1995.
- KÖRDEL, W., HUND, K., KLEIN, W. (1996): Erfassung und Bewertung stofflicher Bodenbelastungen. Z. Umweltchem. Ökotox.8 (2).
- KONTEYE, C. (1988): Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe in Haus- und Kleingarten, In: Wissenschaft und Umwelt (ISU), Band 11.
- KOWALD, R. (1989): Qualität von Biomüll aus der getrennten Sammlung. In: WIEMER, K. (Hrsg.): Kompostierung International. FG Abfallwirtschaft u. Recycling, Abfallwirtschaft 2, Witzenhausen, S. 169–176.
- KRAUSS, P. (1993): Bodenschutz durch Festlegung von Schadstoffgrenzwerten im Genehmigungsverfahren für Kompostwerke. In: Schriftenreihe des Arbeitskreises für die Nutzbarmachung von Siedlungsabfällen (ANS), Heft 25.: Sicherung des Kompostabsatzes durch Qualität. 47. Info, Ludwigshafen. S. 79–93.
- KRAUSS, P. (1994): Problematik der PCDD und PCDF in Komposten und deren Verwertung in Landwirtschaft und Gartenbau (Neubildung während der Kompostierung, Grenzwertfindung, Frachtenregelung). Vortr. Fachgespräch „Bedeutung organischer Schadstoffe in Komposten hinsichtlich der Verwertung in Landwirtschaft und Gartenbau“ 28.2.1994. Weihenstephan. Organohalogen Compounds, Vol.18, ECO-Inforna Press, Bayreuth.
- KRAUSS, P., HAGENMAIER, H., KRAUß, T., WALLENHORST, T., WILKE, M. (1995): Dioxine und Dioxinbildung bei der Kompostierung. In: Kongreßband Bidlingmeier, W. und Stegmann, R. (Hrsg.): „Biological Waste Management – a Wasted Chance?“ April 1995, Bochum, S49, 9 S.
- KREFT, H. (1996): Erfahrungen und Ergebnisse der Kompost-Ringanalyse 1995. Vortrag im Rahmen der Fachtagung "Kompostgütesicherung in Österreich". Wien.
- KROGMANN, U., RAAIJ, E. van (1995): Einfluß von unterschiedlichen Besiedlungsstrukturen auf die Kompostqualität. In: Kongreßband Bidlingmeier, W. und Stegmann, R. (Hrsg.): „Biological Waste Management – a Wasted Chance?“ April 1995, Bochum, S56, 8 S.
- KUHN, E., ARNET, R., SCHILB, E., EUGSTER, A (1994): Nährstoffgehalte in Komposten aus aargauischen Anlagen. Bericht Kantonales Laboratorium Aargau, Sektion Chemiesicherheit, Aarau, Schweiz, 22 S.
- KUMMER, V. (1993): Entsorgung o.k. – Getreide k.o.? Schadstoffbelastungen von Komposten. Rheinisches Institut für Ökologie (Hrsg.): Bioabfall-Management '93. Köln, S. 235–242.
- KÜMMLE, G. (1985): Zum Verhalten von potentiellen Schadstoffen in Hausmüll und Hausmüllkompost. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 15 Nr. 37. Düsseldorf.

- LASSNIG, D. (1994): Anlagendatensammlung. Teil B: Biotechnische Behandlungsanlagen. Grundlagen für die Abfallwirtschaftsplanung. Umweltbundesamt, Interne Berichte, Klagenfurt.
- LECLERC, B., GEORGES, P., CAUWEL, B., LAIRON, D. (1995): A five year study on Nitrate Leaching under Crops Fertilised with Mineral and Organic Fertilisers in Lysimeters. Nitrogen Leaching in Ecological Agriculture.
- LINNE, C. & MARTENS, R. (1978): Überprüfung des Kontaminationsrisikos durch polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe im Erntegut von Möhren und Pilzen bei Anwendung von Müllkompost. Z. Pflanzenernährung und Bodenkunde 141.
- LITZ, 1990, zitiert in UBA Literaturstudie zur Ableitung von Bodengrenzwerten für polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH), 1995.
- LOGSDON, G. (1989): New Sense of Quality comes to Compost. Biocycle, Vol.30, No.12.
- LOIPFÜHRER, A. (1995): Eigenverwertung von Bioabfällen. Bayrisches Landesamt für Umweltschutz, Heft 131.
- LUDWIG-BOLTZMANN-INSTITUT FÜR BIOLOGISCHEN LANDBAU UND ANGEWANDTE ÖKOLOGIE (Hrsg.) (1993): Handbuch der Kompostierung – Ein Leitfaden für Praxis – Verwaltung – Forschung. Im Auftrag von BM f. Land- und Forstwirtschaft und BM f. Wissenschaft u. Forschung, Wien, 380 S.
- LUSTENHOUWER, J.W.A., HIN, J.A. (1990): Characterization of Compost with respect to its content of heavy metals, Part I. Intern.J.Environ.Anal.Chem., Vol.39.
- LUSTENHOUWER, J.W.A., HIN, J.A. (1990): Characterization of Compost with respect to its content of heavy metals, Part III. Intern.J.Environ.Anal.Chem., Vol.44.
- MAIER, R. & AMLINGER, F. (1993): Toxische Substanzen in den Nahrungsketten – Einführung. In: LUDWIG-BOLTZMANN-INSTITUT FÜR BIOLOGISCHEN LANDBAU UND ANGEWANDTE ÖKOLOGIE (Hrsg.): Handbuch der Kompostierung – Ein Leitfaden für Praxis – Verwaltung – Forschung, Wien, S. 230–233.
- MAIER, R., ÖHLINGER, R., PUNZ, W., AMLINGER, F. (1993): Toxische Metalle. In: LUDWIG-BOLTZMANN-INSTITUT FÜR BIOLOGISCHEN LANDBAU UND ANGEWANDTE ÖKOLOGIE (Hrsg.): Handbuch der Kompostierung – Ein Leitfaden für Praxis – Verwaltung – Forschung, Wien, S. 234–260.
- MAILE, A. (1995): Leistungsfähigkeit von Überwachungsverfahren im Hinblick auf Anforderungen der Qualitätsparameter von Komposten. Projektbericht der Universität GH Essen, FB 10, Abfallwirtschaft, 33 S.
- MALLOY, T.A., GOLDFARB, T.D., SURICO, M.T.J. (1993): PCDDs, PCDFs, PCBs, Chlorophenoles (CPs) and Chlorobenzenes (CBzs) in samples from various types of composting facilities in the United States. Chemosphere, Vol.27, No.1–3.
- MOCHTY, F. (1996): Verwertung biogener Abfälle im Rahmen österreichischer und europäischer Regelungen. Vortrag im Rahmen der Fachtagung "Kompostgütesicherung in Österreich". Wien.
- MÜLLER, E. (1995): Akzeptanz durch eine Biokompost-Verordnung. Entsorgungspraxis Nr. 11.
- MURILLO, J.M., LOPEZ, R., CABRERA, F., MARTIN-OLMENDO, P. (1995): Testing a low-quality urban compost as a fertilizer for arable farming. Soil Use and Management 11.
- NIEHÖRSTER, K. (1992): Kompostierung von Bioabfall. Entsorgungspraxis Nr. 10.
- NÖ KOORDINIERUNGSSTELLE FÜR UMWELTSCHUTZ (1995): Kompostierung in Niederösterreich.
- ÖBERG, L., G., WÅGMAN, R., ANDERSSON, R., RAPPE, C., (1994): Formation and Degradation of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins, Dibenzofurans and Biphenyls in Compost, in FIEDLER, H., HÜTZINGER, O.: Dioxine im Biokompost, Workshop
- OEHMICHEN, J., GRÖBLINGHOFF, F.-F., REINDERS, A., DÖRENDAHL, A. (1995): Untersuchung über die Verwendung von Bio-Kompost als Kreislaufdünger im Landbau. Müll und Abfall, Nr. 2.
- OHLEN, J. & WIEGEL, U. (1992): Kompostierung von Bioabfällen in Berlin. Müll und Abfall 8/92, S. 552–562.

- ÖNORM L 1075: Anorganische Schadelemente in landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden. Österreichisches Normungsinstitut, 1990, Wien.
- ÖNORM M 6279: Wasseruntersuchung, Bestimmung von 33 Elementen mittels Atomemissions-Spektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-AES). Österreichisches Normungsinstitut, 1.10.1991, Wien.
- ÖNORM S 2009: Papiersäcke zur Sammlung biogener Abfälle. Österreichisches Normungsinstitut, Entwurf Mai 1994, Wien.
- ÖNORM S 2020: Biofiltermaterialien auf Kompostbasis. Anforderungen und Prüfparameter. Österreichisches Normungsinstitut, Entwurf Mai 1995, Wien.
- ÖNORM S 2021: Kultursubstrate. Anforderungen Untersuchungsmethoden, Normenkennzeichnung. Österreichisches Normungsinstitut, Entwurf Dez.1995, Wien.
- ÖNORM S 2022: Gütekriterien für Müllkompost. Österreichisches Normungsinstitut, Juni 1989, Wien.
- ÖNORM S 2023: Untersuchungsmethoden und Güteüberwachung von Komposten. Österreichisches Normungsinstitut, Okt. 1993, Wien.
- ÖNORM S 2100: Abfallkatalog, Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- ÖNORM S 2103: Grundlagen für die getrennte Erfassung von Problem-, Stör- und Ballaststoffen in der Kompostierung. Dez. 1989, Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- ÖNORM S 2200: Gütekriterien für Komposte aus biogenen Abfällen. Österreichisches Normungsinstitut, Mai 1993, Wien.
- ÖNORM S 2201: Kompostierbare biogene Abfälle. Qualitätsanforderungen. Österreichisches Normungsinstitut, Mai 1993, Wien.
- ÖNORM S 2202: Anwendungsrichtlinien für Komposte. Österreichisches Normungsinstitut, Entwurf Dez. 1995, Wien.
- ÖNORM S 2205: Technische Anforderungen an Kompostierungsanlagen für Bioabfall aus Haushalten. Verarbeitungskapazität mehr als 3000 t pro Jahr. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- ÖSTERREICHISCHES LEBENSMITTELBUCH (1993): Kapitel B1, Trinkwasser. In: Mitteilungen der österreichischen Sanitätsverwaltung. Heft 6, Jhg. 1994.
- POLETSCHNY, H. (1993): Einfluß von Kompostrohstoffen auf die Kompostqualität. In: Schriftenreihe des Arbeitskreises für die Nutzbarmachung von Siedlungsabfällen (ANS), Heft 25.: Sicherung des Kompostabsatzes durch Qualität. 47. Info, Ludwigshafen. S. 95–107.
- POLETSCHNY, H. (1995): Bewertung von Sekundärrohstoffdüngern. DLG-Arbeitsunterlagen. Vorträge und Ergebnisse des DLG-Kolloquiums vom 6. und 7. Dezember 1995.
- POLETSCHNY, H. (1996): Verwertung von Reststoffen und Reststoffkomposten. Wasser & Boden, 48. Jahrg. Bd.6.
- RANINGER, B. (1993a): Bioabfall-Kompostierung in Österreich. Abfallwirtschaftliche Relevanz und Methoden. In: Vereinigung österreichischer Entsorgungsbetriebe (Hrsg.): Bioabfall-Kompostierung in Österreich. Premier Public Relation Ges.m.b.H., Salzburg, S. 9–29.
- RANINGER, B. (1993): Ausgangsmaterialien. In: LUDWIG-BOLTZMANN-INSTITUT FÜR BIOLOGISCHEN LANDBAU UND ANGEWANDTE ÖKOLOGIE (Hrsg.): Handbuch der Kompostierung – Ein Leitfaden für Praxis – Verwaltung – Forschung, Wien, S. 107–111.
- RANINGER, B. (1995): Sammlung und Verwertung kommunaler biogener Abfälle in Österreich. Bundesministerium für Umwelt, Schriftenreihe der Sektion III, Band 21, 148 S.
- RANINGER, B. (1996): Der Kompostgüteverband Österreich – Die Qualitätssicherung von Kompost in Österreich. Vortrag im Rahmen der Fachtagung "Kompostgütesicherung in Österreich". Wien.
- RASP, H. (1995): Verwertungsmaterialien organischer und anorganischer Reststoffe im Landbau – Eine Übersicht. In: Kongreßband Bidlingmeier, W. und Stegmann, R. (Hrsg.): „Biological Waste Management – a Wasted Chance?“ April 1995, Bochum, S29, 8 S.

- REISCHL A., REISSINGER, M., HUTZINGER, O. 1989c: Organische Luftschadstoffe und ihre Bedeutung für die terrestrische Vegetation. UWSF - Z. Umweltchem. Ökotox. 2, 32–41.
- RELOE, H. & SCHUCHARDT, F. (1993): Kompostierungstechnik und -verfahren. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) (Hrsg.): Kompostierung und landwirtschaftliche Kompostverwertung. Arbeitspapier 191. Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S. 171–200.
- REUS J.A.W.A., WECKSELER, H.J., PAK, G.A. (1994), Towards a Future EC Pesticide Policy, Utrecht, CLM 149, zitiert in BMLF, Bodenschutz in Österreich, 1997.
- RIEß, K.-W., SCHRAMM, K.-W., KLAGES-HABERKERN, S. (1993): Der Einfluß der Inputmaterialien auf die Kompostqualität. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) (Hrsg.): Kompostierung und landwirtschaftliche Kompostverwertung. Arbeitspapier 191. Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S. 86–108.
- RIPPEN G. (1997): Handbuch Umweltchemikalien. Stand 1997, Ecomed Verlag, Landsberg/Lech.
- ROSENKRANZ, D., EINSELE, G., HARRESS, H.-M. (1995): Bodenschutz. Kapitel: Bund-Länder Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz: Hintergrundwerte in Böden. Erich Schmidt Verlag.
- SAWHNEY, B.L., BUGBEE, G.J., STILWELL, D.E. (1994): Leachability of Heavy Metals from Growth Media Containing Source-Separated Municipal Solid Waste Compost. Journal of Environmental Quality, Vol.23, No.4.
- SCHARPF, H.C. (1993): Grünkompost und Biokompost – Einsatz als Gartenbausubstrat?. Gartenbau-report 5.
- SCHARPF, H.-CH. (1994): Möglichkeiten des Einsatzes organischer Abfallstoffe im Gartenbau und spezielle Anforderungen an Komposte. In: Zeitschr.f.Landw. u. Ernähr., SH Nr. 208: Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit, Bd.6, Recycling kommunaler und industrieller Abfälle in der Landwirtschaft, S. 174–186.
- SCHARPF, H. (1996): Anforderungen an die Kompostqualität und Erfahrungen mit der Anwendung aus der Sicht des Erwerbsgartenbaus. Vortrag im Rahmen der Fachtagung "Kompostgütesicherung in Österreich". Wien.
- SCHÖPPE, G., KUBE-SCHWICKARDI, C., (1998): Eintragspfade von PCDD/F – Belastungen über Landwirtschaftliche Rohstoffe und Futtermittel in die menschliche Nahrungskette, in Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie 10 (2) ecomed, Landsberg.
- SCHWADORF, K., BREUER, J., DRESCHER, G., SCHENKEL, H. (1996): Variabilität von Kompostinhaltsstoffen in Baden-Württemberg, Teil 2: Organische Schadstoffe. Poster beim 108. VDLUF-Kongreß in Trier 1996.
- SIHLER, A. (1993): Inputmaterialien für die Kompostierung. In: Rheinisches Institut für Ökologie (Hrsg.): Bioabfall-Management '93. Köln, S. 230–234.
- SIMS, R.C. & OVERCASH, M.R. (1983): Fate of polynuclear aromatic compounds (PNAs) in soil plant systems – Residue Reviews 88, Springer, New York, 1–68. In: Rosenkranz/Einsele/Harreß: Bodenschutz. Erich Schmidt Verlag.
- STARKE, U., HERBERT, M., EINSELE, G. (1991): Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) in Boden und Grundwasser. In: Rosenkranz/Einsele/Harreß: Bodenschutz. Erich Schmidt Verlag.
- STEFFENS, D., PAPE, H., ASCHE, E. (1996): Einfluß von Bioabfallkompost verschiedener Reifegrade auf die Bodenfruchtbarkeit. P. 405–408. VDLUFA-Schriftenreihe 44.
- STERLINSKA, E. & GOLEBIEWSKA, W. (1994): Speciation of Chromium in Compost from Municipal Wastes. Chem.Anal. (Warsaw), 39 (1).
- STÖPPLER-ZIMMER, H., GOTTSCHALL, R., GALLENKEMPER, B. (1993): Anforderungen an Qualität und Anwendung von Bio- und Grünkomposten. Schriftenreihe des Arbeitskreises für die Nutzbarmachung von Siedlungsabfällen (ANS), Heft 25.
- STÖPPLER-ZIMMER, H., GOTTSCHALL, R. (1994): Kompostabsatz: Märkte und Strategien. Entsorgungspraxis Nr. 10.



- STURM, H., BUCHNER, A., ZERULLA, W. (1994): Gezielter Düngen – Integriert – wirtschaftlich – umweltgerecht. 3., vollk. neu überarb. Aufl. Verlags Union Agrar.
- THOMÉ-KOZMIENSKY, K.J., PAHL, U. (1996): Kompostierung von Bio- und Grünabfällen. Abfallwirtschaftsjournal Nr. 6.
- TREMOLADA, P., BURNETT, V., CALAMARI D., JONES K.C. (1996): A study of the spatial distribution of PCBs in the UK atmosphere using pine needles. *Chemosphere* 32 (11), 2189–2203.
- UBA (UMWELTBUNDESAMT) (1995): Literaturstudie zur Ableitung von Bodengrenzwerten für polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH). Wien.
- UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1994): Komposterlaß. Stuttgart, AZ 48–8981.31/264 vom 30.6.1994.
- UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (HRSG.) (1995): Bioabfallkompostierung IV – Eintragspfade von Schadstoffen in Komposte. Heft 39.
- UNIVERSITÄT TÜBINGEN (1994): Dioxinbelastung von Kompost. Vortrag anlässlich des Workshops "Neubildung von Dioxinen". Wiesbaden.
- UNIVERSITY OF ESSEN, TECHNICAL UNIVERSITY OF HAMBURG-HARBURG (1995): Biological Waste Management "A wasted chance". Tagungsband, Symposium von 4.–6. April 1995.
- VERDONCK, O. (1988): Composts from Organic Waste Materials as Substitutes für the Usual Horticultural Substrates. *Biological Wastes* 26.
- VIERLE, O., MARB, C., DIETRICH, G. (1995): Ergebnisse des Projekts "Vergleichende Untersuchungen über den Kompostierungsverlauf und Schadstoffabbau in zwei Rottereaktoren und in Mieten bei unterschiedlichen Anteilen der kompostierbaren Fraktion des Hausmülls". Bayrisches Landesamt für Umweltschutz, Heft 131.
- VIERLE, O., THOMA, H., DUMLER-GRADL, R. ECKER, P. (1995): Untersuchungen zum Dioxintransfer Boden-Pflanze auf dioxinbelasteten Böden. Bayrisches Landesamt für Umweltschutz, Heft 131.
- VOGTMANN, H. & FRICKE, K. (1989): Nutrient Value and Utilization of Biogenic Compost in Plant Production. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Nr. 27.
- VOGTMANN, H., KEHRES, B., GOTTSCHALL, R. (1989): Düngewert und Düngewirkung von Kompost. In: FRICKE, K., TURK, T., VOGTMANN, H.: 1. Witzenhäuser Abfalltage, 1.–9. Juni 1989, Grundlagen zur Kompostierung von Bioabfällen, Bd. 2, Witzenhäuser, S. 9–27.
- VOGTMANN, H., FRICKE, K., TURK, T. (1993): Quality, Physical Characteristics, Nutrient Content, Heavy Metals and Organic Chemicals in Biogenic Waste Compost. *Compost Science & Utilization*, Vol.1, No. 4.
- VOGTMANN, H., MATTHIES, K., KEHRES, B., MEIER-PLOEGER, A. (1993): Enhanced Food Quality: Effects of Composts on the Quality of Plant Foods. *Compost Science & Utilization*, Premier Issue.
- WARMAN, P.R., MUIZELAAR, T., TERMEER, W.C. (1995): Bioavailability of As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se and Zn from Biosolids Amended Compost. *Compost Science & Utilization*, Vol 3, No.4.
- WEISS, P. (1998): Persistente organische Schadstoffe in Hintergrund-Waldgebieten Österreichs. Umweltbundesamt, Monographie Band 97, Wien.
- WENZL, W. (1995): Qualitätsbestimmung von Kompost mittels NIR-Analyse. Zwischenbericht über das Projekt. Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft. Gumpenstein.
- WHO (1998): Assessment of the health risk of dioxins: re-evaluation of the Tolerable Daily Intake (TDI). WHO Consultation May 25–29 1998, Geneva, Switzerland.  
<http://www.who.int/pccs/pubs/dioxin-exec-sum/exe-sum-final.html> .
- WIEGEL, U. (1992): Eigenkompostierung – Teilkonzept der Abfallwirtschaft. Dissertation an der TU Berlin.

- WITT, J. (1981): Überprüfung des vorläufigen Merkblattes "Qualitätskriterien und Anwendungsempfehlungen für Kompost". Umweltforschungsplan des Bundesministers des Innern, Abfallwirtschaft, Forschungsbericht 103 02 405.
- WOODBURY, P.B. & BRESLIN, V.T. (1992): Assuring compost quality: suggestions for facility managers, regulators and researchers. *Biomass and Bioenergy* Vol.3, Nos 3–4.
- ZEDDEL, A., MAJCHERZYK, A., HÜTTERMANN, A., WIEDMANN, T., BALLSCHMITER, H., FIDLER, H., McLACHLAN, M., (1994): Die Rolle von Weißfäulnispilzen bei Abbau und Neubildung von chlororganischen Verbindungen in Festphasensystemen, in: FIEDLER, H., HUTZINGER, O.: Dioxine im Biokompost, Workshop.

## ANHANG

### 1 Definitionen der Kriterien und Begriffe des Fragebogens

#### 1.1 Sammlung

- **Aktion**  
Darunter sind sämtliche Sammelaktionen für Garten- und Parkabfälle aus dem privaten Bereich zu verstehen, so z. B. die Christbaumsammlung oder im Herbst termingebundene Laub- und Strauchschnittaktionen.
- **Altstoffzentrum**  
Altstoffzentren oder -inseln sind Standorte mit Sammelgefäßen für verschiedene wiederverwertbare Altstoffe wie Glas, Papier, Metall, Kunststoffe und biogene Abfälle. Die nächste Stufe stellen die Recyclinghöfe dar, die mit Beratungspersonal ausgestattet sind und auch größere Mengen übernehmen können.
- **Einwohner im Einzugsgebiet**  
Das ist jene Anzahl an Einwohnern, die in dem – in das System BIOTONNE eingebundenen – Einzugsgebiet einer Kompostanlage wohnen. Im Falle einer Angabe von Haushaltszahlen wurde auf der Basis des vom Österreichischen Statistischen Zentralamt herausgegebenen Verhältnisses Haushalte : Einwohner = 1 : 2,43 auf Einwohnerzahlen umgerechnet.
- **Angeschlossene Einwohner**  
Das ist jene Anzahl an Einwohnern, die an das System BIOTONNE im Einzugsgebiet einer Kompostanlage angeschlossen sind. Umrechnung von Haushalten auf Einwohner wie oben.
- **Bioeimer**  
25-Liter-Sammelgefäß für biogene Haushaltsabfälle, wie es vor allem bei landwirtschaftlichen Kompostierungsanlagen und Direktabholung durch den Landwirt eingesetzt wird. Durch die geringe Größe des Behälters ist eine bestmögliche Kontrolle des Verunreinigungsgrades gegeben.
- **Holsystem**  
Hier werden die Bioabfall-Gefäße liegenschaftsbezogen aufgestellt. Eine verursacherbezogene Gebührenordnung und eine Rückkopplung ist hier möglich.
- **Bringsystem**  
Hier werden die Bioabfall-Gefäße nicht liegenschaftsbezogen aufgestellt, sondern auf sogenannten Altstoffsammelstellen (engeres Bringsystem) oder Altstoffsammelzentren (weiteres Bringsystem). Für ein flächendeckendes Angebot an Biotonnen muß die Aufstellungsdichte der Siedlungsstruktur jeweils angepaßt werden. Eine verursacherbezogene Gebührenordnung oder Rückkopplung zum Verunreinigungsgrad ist hier nicht möglich.
- **Drehtrommelfahrzeug**  
Müllfahrzeug mit einer Drehtrommel, die über schneckenförmig aufgeschweißte Elemente das Material von der Schüttung zum vorderen Ende der Trommel befördert. Dadurch werden die Rohstoffe homogenisiert. Die Anteile mit hohem Wassergehalten verschmieren und verklumpen jedoch. Somit werden bei vorwiegend Küchenabfällen und frischem Grasschnitt ungünstige Strukturbedingungen für die Kompostierung geschaffen.
- **Preßplattenfahrzeug**  
Müllfahrzeug, das das aufgenommene Material mit einer Preßplatte von der Schüttung zum vorderen Ende des Containers schiebt. Es kommt nur zu einer geringen Durch-

mischung, die Nachteile des Drehtrommelfahrzeuges bei feuchten Materialien werden hier weitgehend vermieden.

- **Eigenkompostierung**  
Sämtliche Kompostierungsformen, bei denen das anfallende Material im Bereich des Eigentümers oder Nutzungsberechtigten einer Liegenschaft verarbeitet wird. Dazu zählen die Hausgartenkompostierung, die Gemeinschaftskompostierung (z. B. in Wohnhausanlagen), aber auch die landwirtschaftliche Kompostierung, sofern nur Abfälle verwertet werden, die im eigenen Betrieb anfallen.
- **Papiersackausgabe**  
In vielen Gemeinden werden spezielle Einstecksäcke aus Papier für die Bio-Kübel zur Sammlung in der Küche angeboten. Sie sind in der Lage, überschüssiges Wasser aufzunehmen, erleichtern die Reinigung der Bio-Kübel und verhindern neben der Verbesserung der hygienischen Probleme in der Biotonne das Anfrieren des feuchten Materials in der Biotonne im Hochwinter. Eine obligate Ausgabe zu ermäßigten Gebühren ist jedoch selten anzutreffen.
- **Sammelrhythmus**  
Der Sammelrhythmus für die Abholung der biogenen Abfälle des Systems BIOTONNE ist in Österreich unterschiedlich zwischen ½ und 2 Wochen gestaltet. Im ländlichen Raum ist der 2-wöchige Abfuhrhythmus am häufigsten anzutreffen. In den meisten Fällen wird das Intervall im Sommer auf 1 Woche reduziert. Der Abfuhrhythmus ist in Hinblick auf die Faktoren Verunreinigung, Hygiene, beteiligte Einwohner oder Haushalte pro Gefäßvolumen zu optimieren.

## 1.2 Rohstoffe

- **Biotonne/biogene Abfälle aus Haushalten**
- Unter dem Synonym BIOTONNE wird das Sammelsystem für biogene Abfälle aus Haushalten und aus dem Gewerbe (Küchen- und Kantinenabfälle, Viktualienabfälle) mit der Systemabfuhr verstanden. Die Materialzusammensetzung schwankt vor allem in Abhängigkeit der Faktoren Jahreszeit und Siedlungsstruktur (-dichte).
- **Grünschnitt**  
Hierbei handelt es sich um Garten- und Parkabfälle. Die wesentlichen Bestandteile sind Rasenschnitt, Heu, Strauch- und Baumschnitt sowie Laub. Vor allem der Strauch- und Baumschnitt spielt für die Rotteführung in Form des Häckselgutes eine wesentliche Rolle sowie für die Strukturstabilität (Luftporenvolumen) und den verfügbaren Kohlenstoffanteil im Rottegut.
- **Biogene Abfälle aus dem gewerblichen Bereich**  
Hier wurden im Rahmen der Befragung jene Materialien angegeben, die nicht durch die Biotonnen-Abfuhr erfaßt werden oder die in nennenswerten Mengen als spezifische Stoffgruppen aus dem gewerblichen Bereich anfallen. Darunter sind zu verstehen: Abfälle aus dem Gastgewerbe, der Lebens-, Genuß- und Futtermittelproduktion (z. B. Kakaobohnenschalen).
- **% feuchte Materialien**  
Der maximale Anteil an feuchten, luftporenenarmen und damit zur Fäulnis und Verdichtung neigenden Stoffen ist – in Abhängigkeit des eingesetzten Verfahrens für die Intensiv- oder Vorrotte – nach oben hin begrenzt. Vor allem die kontinuierliche aerobe Umwandlung der Rohstoffe zu einem strukturierten, stabilen Humussubstrat ist von dem Zustand und der Entwicklung des Rottegutes in der ersten Phase abhängig. Unter feuchten Materialien wurde im wesentlichen der Anteil an Küchenabfällen und frischem Grasschnitt zusammengefaßt.

- **Zuschlagstoffe**

Dabei handelt es sich um Hilfsmittel mineralischer oder organischer Herkunft, die den Rotteprozess unterstützen und stabilisieren. Sie werden in Größenordnungen von 0,1 bis 5 % zugesetzt. Hauptfunktionen sind: Geruchsbindung, Sickerwasserbindung, mikrobielle Aktivierung, Unterstützung des Humusaufbaus und der Bildung von Ton-Humuskomplexen, Ausgleich eines ungünstigen Kohlenstoff-Stickstoffverhältnisses.

### 1.3 Aufbereitung

- **Typ des Häckselgerätes**

Die für die Zerkleinerung vor allem der verholzten Rohstoffe eingesetzten Geräte lassen sich nach Art der Werkzeuge und der Gutzuführung unterscheiden. Es sind drei Grundtypen verbreitet: Messerhacker mit Gegenschneide (schneiden das Häckselgut in gleich große Stücke), Schlegelhacker mit starren oder beweglichen Werkzeugen mit oder ohne Gegenschneide (arbeiten mit hohen Umfangsgeschwindigkeiten und zerfasern das Häckselgut) und Schneckenhacker mit zwei gegenläufigen Schnecken, die das Häckselgut zerfasern.

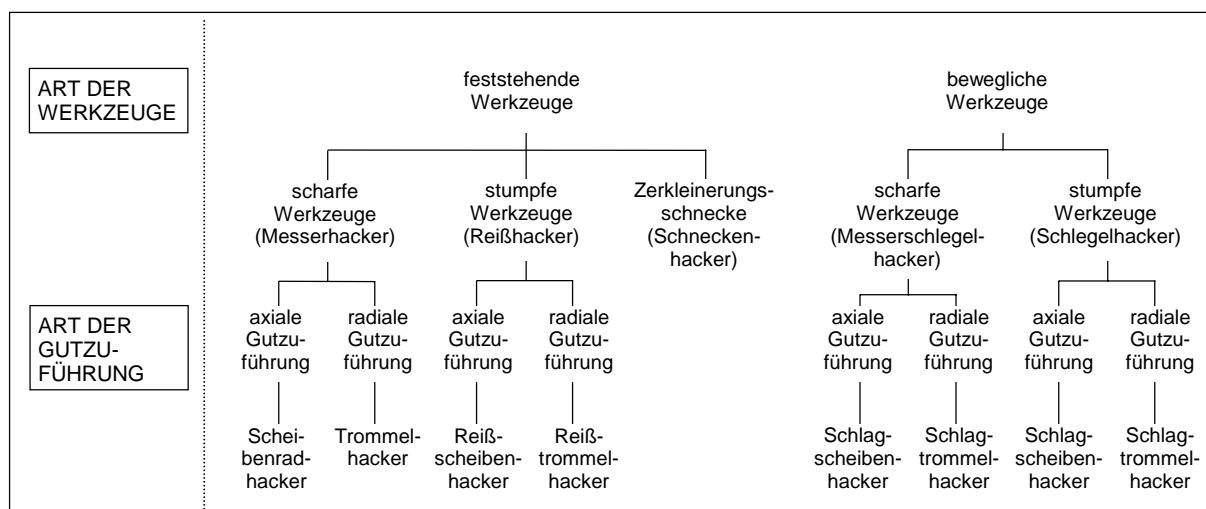


Abb. 1: Gerätetypen für die Zerkleinerung von Baum- und Strauchschnitt (nach RELOE und SCHUCHARDT, 1993).

- **Korngröße des Häckselgutes**

Im Rahmen eines ordnungsgemäßen Rottefortschritts übernimmt das Häckselgut zwei Hauptfunktionen:

1. Grobhäcksel (> 40 cm): dieser übernimmt die Aufrechterhaltung des für einen aeroben Rotteprozess notwendigen und verfahrensabhängigen Luftporenvolumens. Nach GRABBE und SCHUCHARDT (1993) sollte dieses zu Beginn der Rotte mindestens 50 % betragen.
2. Feinhäcksel (< 10 cm): er dient mit einer möglichst hohen Oberfläche als Kohlenstoffquelle.

Je nach den anfallenden Rohstoffen sollte demnach immer ein Vorrat an beiden Fraktionen für die Herstellung einer ausgewogenen Materialmischung vorgehalten werden.

- **Wassergehalt**

Der optimale Wassergehalt im Rottegut ist abhängig von der Strukturierung und der Wasserkapazität der Ausgangsmischung. GRABBE und SCHUCHARDT geben folgende optimale Wassergehalte für die Rohstoffe an (siehe Tab. 1):

Tab. 1: Optimale Ausgangswassergehalte für die Kompostierung.

Stoff	Wassergehalt [%]
Holz	75–90%
Stroh	75–85%
Papier	55–65%
Bioabfall	50–55%

- **Fremdstoffabscheidung**

Die Frage der Verunreinigung mit nicht kompostfähigen Ballaststoffen im BIOTONNEN-Material ist, wie die Erfahrung zeigt, nicht vollständig über eine entsprechende Öffentlichkeitsarbeit zu lösen. Fremd- oder Störstoffe befinden sich in Abhängigkeit der Siedlungsstruktur zwischen 1 und 3 Masse% im Sammelgut. Sie sollten weitgehend ausgelesen werden, um einerseits ein optisch einwandfreies Kompostprodukt, andererseits um die höchstmögliche Schadstofffreiheit zu gewährleisten. Abb. 2 sind die verschiedenen Möglichkeiten der Fremdstoffabscheidung zu entnehmen.

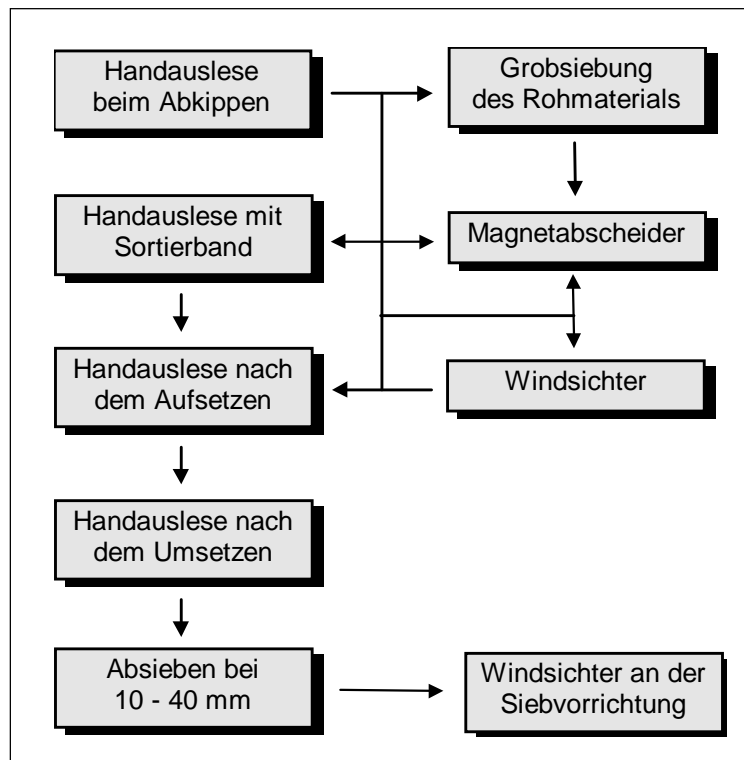


Abb. 2: Systeme der Fremdstoffabscheidung.

- **Mischung der Stoffströme**

Die anfallenden Rohstoffe unterliegen starken jahreszeitlichen Schwankungen. Für einen optimalen Rotteverlauf, vor allem während der kritischen ersten Vorrottephase, muß jedoch jederzeit eine homogene Materialmischung gewährleistet sein. Dies gilt insbesondere, wenn die verschiedenen Stoffgruppen hinsichtlich Wassergehalt und Struktur sehr unterschiedlich sind. Meist erfolgt die Abmischung des Rottegutes mit demselben Gerät, das auch für den Umsetzungsvorgang eingesetzt wird (z. B. Radlader, Umsetzgerät, Miststreuer). Eigene Mischanlagen (Mischtrommel) sind erst bei hohen Tagesdurchsatzleistungen (ca. 50 t/d) sinnvoll.

#### 1.4 Kompostierungsverfahren

Die eingesetzte Technologie für die Kompostierung unterliegt einer Vielzahl von Kriterien, die nur teilweise durch die biologischen Abläufe der Rotte bestimmt werden. Eine wesentliche Rolle spielt jedoch der Standort in Hinblick auf seine Emissionsverträglichkeit (Geruch → Wohnsiedlungen; Sickerwasser → Grundwasser), so daß von außen (Behörde, Bürger) z.B. geschlossene oder eingehauste Systeme eingefordert werden. Oft geben die vorhandene Maschinenausstattung oder persönliche Erfahrungen und Interessen des Anlagenbetreibers den Ausschlag.

Um eine möglichst detaillierte Beschreibung der in den Kompostwerken eingesetzten Verfahren zu erhalten, wurden die einzelnen Maßnahmen und Verfahrensschritte für drei Temperatur-Phasen des Rotteprozesses abgefragt.

In *Tab. 2* ist der Rotteprozeß in seinen wesentlichen Stadien des Stoffumsatzes charakterisiert.

*Abb. 3* und *Abb. 4* zeigen jeweils einen schematischen Verfahrensablauf für die Mietenkompostierung und als Beispiel eines technischen Verfahrens eine Boxenkompostierung mit einer nachgeschalteten Mietenrotte, die teilweise als Rotteplatte mit Saugbelüftung ausgeführt ist.

- **Walm-Miete**

Häufigste Mietenform mit einem Dreiecks-Querschnitt; in Abhängigkeit des Umsetzgerätes 1,80–4,00 m breit und 0,80–2,50 m hoch; einfach in der Prozeßführung, jedoch mit hohem Platzbedarf.

- **Tafel-Miete**

Große Trapez- oder Tafelmieten wurden v. a. in der Grünschnittkompostierung mit geringem Platzangebot eingesetzt. Bei Mietenhöhen von bis zu 4 Metern besteht ein hoher Strukturmaterialbedarf. Ein kontinuierlicher Rottefortschritt ist aufgrund der Bildung von Verdichtungszone schwer zu erreichen.

- **Umsetzgerät**

Speziell für die Walm- und Tafelmietenkompostierung entwickelte Maschinen, in Eigenantrieb oder als Anbaugeräte für Zugmaschinen; folgende Übersicht gibt die wichtigsten Gerätetypen wieder.

- **Druckbelüftung; Saugbelüftung**

Belüftungssysteme in technischen Rotteverfahren (Rotteplatten mit Schlitzböden, offen oder umhaust; Rotteboxen u. a.).

Tab. 2: Prinzipielle Prozesscharakteristik im Verlauf der Kompostierung.

Phasen	organische Rohstoffe = Nahrungsmittel für Kompostflora und -fauna	Abbauphase Vorrötte, Heißrötte Intensivrötte	Ab- und Umbauphase Hauptrötte	Aufbauphase Nachrötte Reifung
Wärmehaushalt		max. Wärme "thermophil" > 55° → 70°C	abklingende Wärme "mesophil" 35°–55°C	Abkühlung < 35°–40°C
Wassergehalt		55–70 % FM	45–55 % FM	35–50 % FM
Prozeß-Charakteristik	komplexe, nieder- und hochmolekulare, geordnete Struktur abgestorbener Organismen <u>Wertbestimmende Inhaltsstoffe:</u> Zucker, Fett, Eiweiß, Zellulose, Hemizellulose, Lignin als Stickstoff- und Kohlenstoffquelle <u>Energie:</u> biochemisch in den molekularen Strukturen gebunden <u>Schlüsselfaktoren:</u> C/N-Verhältnis, Wasser, Luftporenvolumen	<u>„Auflösung“ – Stürmischer Stoffumsatz</u> Mineralisation niedermolekularer Substanzen (Eiweiß, Zucker) Spaltung hochmolekularer Gerüstsubstanzen (Zellulose, teilweise Lignin) N-Verluste (Ammoniak) Bakterielle Mischflora Energie: z. T. in neu entstehenden Organismen gebunden, z.T. als Wärme im Abbauvorgang an die Umwelt abgegeben	<u>„Auflösung“ und Synthese – Gedämpfter Stoffumsatz</u> Abbau langkettiger aliphatischer Polymere (Hemizellulose, Zellulose) und Lignin Beginn der Ligno-Protein- und Huminstoffbildung N-Stabilisierung: Assimilation durch Biomasse Bakterielle/pilzliche Mischflora; thermotolerante Actinomyceten und Pilzarten (Basidiomyceten < 50°C) Erste Kleintiere dämmen zusätzlich die mikrobielle Aktivität	<u>Synthese – Gedämpfter Stoffumsatz</u> Stabilisierender Stickstoffumsatz (Bindung an org. Substanz), Huminstoffbildung, Ligninabbau Einengung des C/N-Verhältnisses Große Artenvielfalt an Kleintieren (Springschwänze, Eisenia foetida u.a.), pilzliche Mischflora Endstadium im Ton-Humus-„krümel“
Zustand	Alte Ordnung	Chaos/Auflösung	Übergang zu neuen Strukturen	Neue Ordnung



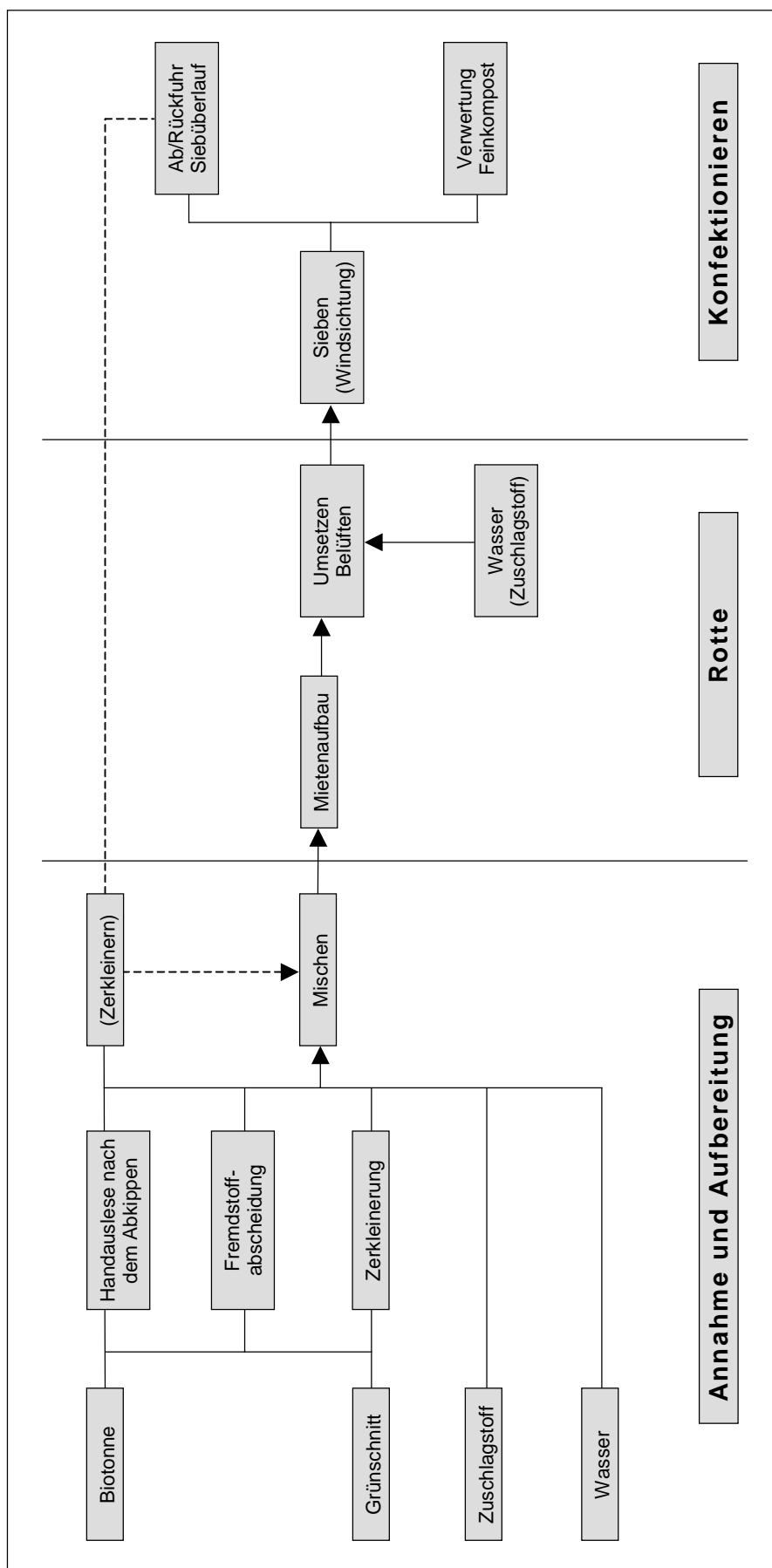


Abb. 3: Verfahrensschritte der Mietenkompostierung.

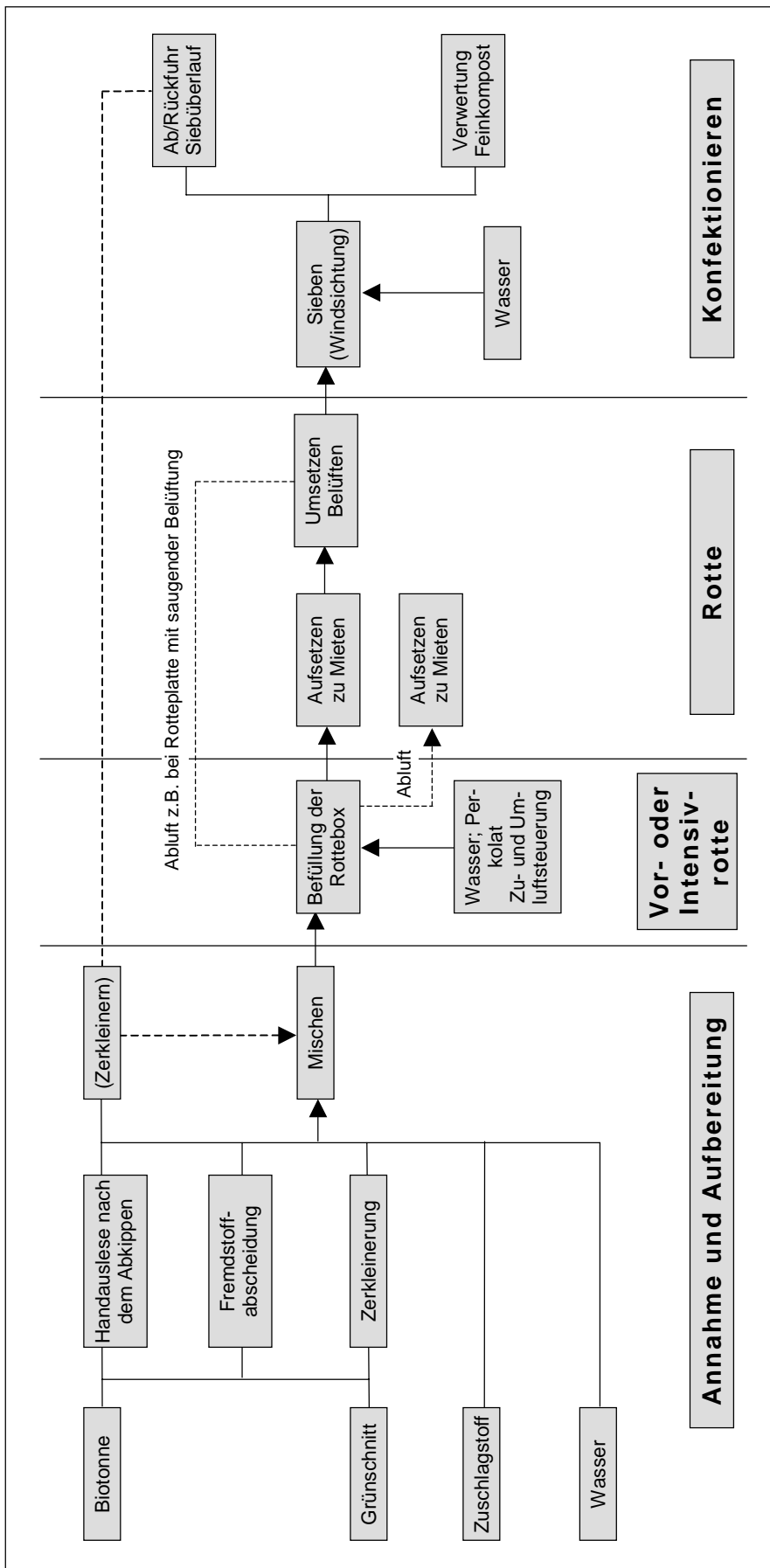


Abb. 4: Verfahrensschritte einer technisch unterstützten geschlossenen Kompostierung (Beispiel Rottebox).

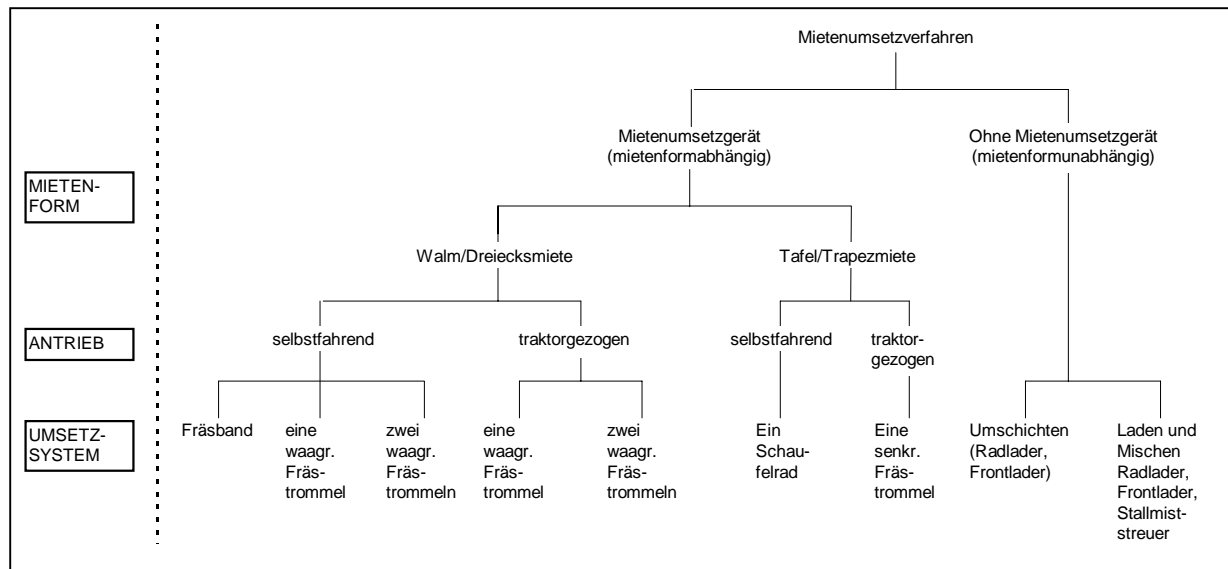


Abb. 5: Systematik der Umsetztechniken in der Mietenkompostierung (nach RELOE und SCHUCHARDT, 1993).

- **Abluftbehandlung**

Eine Abluftbehandlung ist in geschlossenen Kompostierungsverfahren (Rottebox; umhauste Rotteplattensysteme mit Mietenkompostierung) zur Bindung der Geruchsstoffe in der Abluft aus der Intensivrotte notwendig. Die mit Geruchsstoffen belastete Abluft wird über Biofilterschüttungen geblasen, die die Geruchsstoffe absorbieren.

- **Bewässerung**

Während der gesamten Rotte muß die Möglichkeit einer gleichmäßigen Bewässerung des Rottegutes in Abhängigkeit von Rottefortschritt, Materialart und Mietenstruktur gewährleistet sein. Dies gilt insbesondere für die Vor- oder Intensiv- und die Hauptrottephase bis zum Absinken der Mietentemperatur unter 35°–40°C. Die Wasseraufnahmefähigkeit und damit auch der einzustellende absolute Wassergehalt nimmt mit zunehmender Reife (Mineralisierung) des Rottegutes ab. So kann bei einem ausreichenden, freien Luftporenvolumen der Wassergehalt in der Vorrotte bei 65 % FM liegen, während gegen Ende der Hauptrottephase 50 % FM nicht überschritten werden sollten.

- **Mietenabdeckung**

Vor allem in der kleinstrukturierten landwirtschaftlichen und kommunalen Kompostierung hat sich die Abdeckung der Walmmieten mit einem synthetischen Kompostvlies durchgesetzt. Es erfüllt folgende Funktionen:

- teilweise Erhaltung des Kondenswassers,
- Ableiten des Niederschlagswassers bei
- gleichzeitiger Gewährleistung des Gasaustausches und
- Abhaltung von Vögeln und Kleinnagern.

Probleme ergeben sich bei Schneelage und durchnäßigem Vlies durch einen beträchtlichen Arbeitsaufwand beim Entfernen und Auflegen des Vlieses.

- **Sickerwasserbehandlung**

In der Regel wird das endogene Prozeßwasser und das auf der Rottefläche anfallende Niederschlagswasser gemeinsam in einer flüssigkeitsdichten Zisterne gesammelt und zur Bewässerung rückverregnet. Durch die hohe organische Belastung der Sickerwässer und den z.T. anaeroben Bedingungen der Lagerung kann diese Maßnahme zu Geruchsproblemen führen. Eine Belüftung durch Einblasen von Luft oder Rühren, wie dies in

der Gülleaufbereitung Stand der Technik ist, und die Zugaben von oberflächenaktiven mineralischen Substanzen (Tonmehle, kalkhaltige Gesteinsmehle u. a.) oder Kohlenstoffquellen (Strohmehl) können hier Abhilfe schaffen.

- **Rottebox**

Geschlossenes Intensivrottesystem im Chargenbetrieb. Das abgemischte Rohmaterial wird über einen Zeitraum von 7–21 Tagen in einer Schichthöhe von ca. 2 m einem intensiven und über Sensoren ( $\text{CO}_2/\text{O}_2$ ;  $\text{H}_2\text{O}$ ; °C) gesteuerten Abbau unterzogen. Das verfahrensbedingte Endprodukt sollte zum Zeitpunkt des Austrags die Hygienisierungsphase abgeschlossen haben. Geruchsbildende Substanzen wie niedermolekulare Fettsäuren sollten weitgehend abgebaut sein. Die Dauer der anzuschließenden Nachrotte- und Reifungsphase ist von der Materialzusammensetzung und der richtigen Einstellung der Regelparameter auf die biochemischen Anforderungen der Fermentation abhängig.

- **Überdachung**

Die Überdachung der Rottefläche wird vorwiegend für die Nachrotte- und Reifungsphase als Schutz vor Niederschlagswasser vorgenommen. Zum einen muß die Rotte gegen das Endstadium hin wegen der abnehmenden Wasserkapazität und dem geringeren Luftporenvolumen trockener gefahren werden. Zum anderen sollen neben der Frage der besseren Manipulierbarkeit (Sieben) Nährstoffauswaschungen aus dem zunehmend mineralisierten Substrat vermieden werden .

- **Einhausung**

Eine vollständige Einhausung der Rottefläche kommt in der Regel nur in zwangsbelüfteten Systemen (Rotteplatte, Schlitzböden) mit Trapez- und Tafelmieten in Betracht. Eingehauste Systeme bedingen die Desodorierung der Abluft über eine Biofilteranlage und die korrosionsbeständige Ausführung der Konstruktionsteile der Halle.

- **Bodenabdichtung**

Die flüssigkeitsdichte Ausführung der Rotte- und Manipulationsflächen und die Sammlung der Prozeßwässer und des verunreinigten Niederschlagswassers in Zisternen dient dem Schutz des Oberflächenwassers (Vorfluter) und des Grundwassers. Heute werden die Rotteflächen von Kompostierungsanlagen – mit wenigen Ausnahmen im landwirtschaftlichen Bereich – nach Maßgabe des wasserrechtlichen Bewilligungsverfahrens als Asphaltfläche ausgeführt. Nach Abschluß der Heißrotte ist eine Lagerung des Rotteguttes auf offenem Boden nur zugelassen, wenn die Miete mit einem wasserabweisenden Vlies abgedeckt wird.

- **Rottesteuerung**

Die wesentlichen Steuerungsparameter zur Optimierung des Rottegeschehens sind

- Materialzusammensetzung (Struktur; C/N-Verhältnis)
- Wassergehalt
- Gasaustausch
- [Temperatur]

Die „Kunst“ des Kompostierens besteht darin, über diese Parameter jene Milieubedingungen auf das jeweilige Rottestadium abzustimmen, die die letztendliche Neubildung stabiler Huminstofffraktionen begünstigen. Dabei sind die Fragen der Hygienisierung und der Minimierung flüssiger, gasförmiger und von Staubemissionen mit zu berücksichtigen.

- **Hygienisierung**

Vermarktungsreifer Kompost muß frei sein von pflanzen-, tier- und menschenpathogenen Keimen sowie von austriebsfähigen Samen und Pflanzenteilen (ÖNORM S 2200). Dies wird in der Regel durch das Einwirken letaler Temperaturen bei ausreichender Feuchtigkeit über eine definierte Zeitspanne erreicht und muß durch das Verfahren für das gesamte Rottegut gewährleistet werden (BGK: 55°C 3 Wochen; ÖNORM S 2200: 65°C 3 Tage).

- **Absiebung**

Die Absiebung von Kompost im Reifestadium erfüllt zwei Aufgaben:

1. die Herstellung von Feinkompost mit einer für den jeweiligen Anwendungszweck optimalen Körnung, wobei vor allem der noch nicht vererdete Anteil an verholztem Strukturmaterial herausgesiebt wird.
2. die Abtrennung der im Kompost noch vorhandenen Fremdstoffe, insbesondere Plastik und größere Metallteile, vor allem bei BIOTONNEN-Komposten.

Die Absiebung erfolgt vorwiegend mit Trommelsieben, bei Großanlagen mit Spannwellensieben bei einer Lochung von 10 mm für den Substratbereich, 25 mm für die Anwendung in der Landwirtschaft und 40 mm für den Einsatz als Mulchmaterial.

Für einen störungsfreien Siebvorgang sollte das Material einen Trockensubstanzgehalt von < 55 % i. d. FM aufweisen. Der Siebrest beträgt bei einer Lochung von 25 mm ca. 30–40 % des Reifkompostes oder 20 % des Rohmaterials.

- **Windsichter**

Windsichter werden in der Kompostproduktion erst seit kurzer Zeit vermehrt eingesetzt. Sie dienen der Abtrennung vorwiegend der leichten Plastikfolien aus dem Siebüberlauf, damit dieser als Impf- und Strukturmaterial wieder in die Kompostierung zurückgeführt werden kann. Ohne diese Maßnahme käme es zu einer kontinuierlichen Anreicherung von Plastikfolien, die im Zuge der wiederholten Bearbeitung zerfasert und dadurch auch vermehrt in der Feinfraktion auftreten würden.

## 2 Europäische und österreichische Rechtsnormen zur Kompostproduktion, -qualität und -anwendung

Tab. 3: Europäische und österreichische Rechtsnormen zur Kompostproduktion, -qualität und -anwendung.

Ebene: International EU-Recht	Regelungsbereich:				Kompost- Anwendung
	Rohstoffe	Kompostanlage: Errichtung, Betrieb, Technologie	Qualität des Endproduktes	Kompost- Vermarktung	
EU-Verordnung					Verordnung über den ökologischen Landbau (2092/91/EWG) Verordnung über die Ökologisierung in der Landwirtschaft (2078/92/EWG)
EU-Richtlinie		Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung von Umweltverschmutzung (Entwurf: 9742/95)	Richtlinie über den Schutz der Umwelt und insbesondere der Böden bei der Verwendung von Klärschlamm in der Landwirtschaft (86/278/EWG)	Richtlinie über den Schutz der Umwelt und insbesondere der Böden bei der Verwendung von Klärschlamm in der Landwirtschaft (86/278/EWG)	Richtlinie über den Schutz der Umwelt und insbesondere der Böden bei der Verwendung von Klärschlamm in der Landwirtschaft (86/278/EWG)
EU-Entscheidung			Kriterien für die Vergabe des Umweltzeichens bei Bodenverbesserungsmitteln (94/923/EG)	Kriterien für die Vergabe des Umweltzeichens bei Bodenverbesserungsmitteln (94/923/EG)	Kriterien für die Vergabe des Umweltzeichens bei Bodenverbesserungsmitteln (94/923/EG)
Europäische Normung (CEN)			CEN/TC223: Soil Improvers and Growing Media- Standards for the Safety of Users, the Environment and Plants. Techn. Report VI/95. (ANONYM 1995b)	CEN/TC223/WG1-4: WG1: Vocabulary, labelling, specifications WG2: Safety WG3: Sampling WG4: Analytical methods	
Privatrechtliche Richtlinie					FOAM-Basisrichtlinien für den ökologischen Landbau und die Verarbeitung seiner Produkte (ANONYM, 1995a)

Tab. 3 (Fortsetzung): Europäische und österreichische Rechtsnormen zur Kompostproduktion, -qualität und -anwendung

Ebene	Regelungsbereich				Kompost-Anwendung
	Rohstoffe	Kompostanlage: Errichtung, Betrieb, Technologie	Qualität des Endproduktes	Inverkehrbringen von Kompost	
Bundesgesetz	Bundesabfallwirtschaftsgesetz, AWG 1990 (BGBl 325/1990) Bundesgesetz über den Verkehr mit Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln; Düngemittelgesetz 1994 – DMG 1994, (BGBl 513/1994)	Bundesabfallwirtschaftsgesetz, AWG 1990 (BGBl 325/1990) Wasserrechtsgesetz, WRG 1990 (BGBl 215/1990 i.d.F. BGBl 252/1990) Umweltstrafrecht: Strafgesetzbuch 1987 (BGBl 605/1987) Gewerbeordnung, GWO (BGBl 50/1974 i.d.F. BGBl 29/1992) Bundesgesetz über die Prüfung der Umweltverträglichkeit und die Bürgerbeteiligung, UVP-G 1993 (BGBl 698/1993)	Bundesgesetz über den Verkehr mit Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln; Düngemittelgesetz 1994 – DMG 1994 (BGBl 513/1994)	Bundesgesetz über den Verkehr mit Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln; Düngemittelgesetz 1994 – DMG 1994 (BGBl 513/1994) Produkthaftungsgesetz, PHG 1988 (BGBl 99/1988) Gewerbeordnung, GWO (BGBl 50/1974 i.d.F. BGBl 29/1992)	[Bundesgesetz über den Verkehr mit Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln; Düngemittelgesetz 1994 – DMG 1994, (BGBl 513/1994) – bedingt Anwendungskompetenz über <u>Frachtenregelung</u> ] Wasserrechtsgesetz, WRG 1990 (BGBl 252/1990) Forstgesetz, ForstG (BGBl 576/1987) Bundesgesetz über den Verkehr mit Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln, Düngemittelgesetz 1994 – DMG 1994, BGBl 513/1994) Umweltstrafrecht: Strafgesetzbuch 1987 (BGBl 605/1987)
Bundesverordnung	Verordnung über die getrennte Sammlung biogener Abfälle 1992 (BGBl 68/1992 i.d.F. BGBl 456/1994) Verordnungsermächtigung nach § 12 Abs. 7 AWG (EU-Novelle 1996): "Qualitätsanforderungen und Kennzeichnungsvorschriften für Komposte und Erden aus Abfällen" Verordnung, mit der Bestimmungen zur Durchführung des Düngemittelgesetzes erlassen werden; Düngemittelverordnung 1994 (BGBl 1007/1994)	Verordnungsermächtigung nach § 12 Abs. 7 AWG (EU-Novelle 1996): "Qualitätsanforderungen und Kennzeichnungsvorschriften für Komposte und Erden aus Abfällen" Verordnung, mit der Bestimmungen zur Durchführung des Düngemittelgesetzes erlassen werden; Düngemittelverordnung 1994 (BGBl 1007/1994)	Verordnungsermächtigung nach § 12 Abs. 7 AWG (EU-Novelle 1996): "Qualitätsanforderungen und Kennzeichnungsvorschriften für Komposte und Erden aus Abfällen" Verordnung, mit der Bestimmungen zur Durchführung des Düngemittelgesetzes erlassen werden; Düngemittelverordnung 1994 (BGBl 1007/1994)	Verordnungsermächtigung nach § 12 Abs. 7 AWG (EU-Novelle 1996): "Qualitätsanforderungen und Kennzeichnungsvorschriften für Komposte und Erden aus Abfällen" – bedingt Anwendungskompetenz über <u>Frachtenregelung</u> [Verordnung, mit der Bestimmungen zur Durchführung des Düngemittelgesetzes erlassen werden; Düngemittelverordnung 1994 (BGBl 1007/1994) – bedingt Anwendungskompetenz über <u>Frachtenregelung</u> ]	

Tab. 3 (Fortsetzung): Europäische und österreichische Rechtsnormen zur Kompostproduktion, -qualität und -anwendung.

Ebene	Bundesrecht	Rohstoffe	Regelungsbereich			Kompost-Anwendung
			Kompostanlage: Errichtung, Betrieb, Technologie	Qualität des Endproduktes	Inverkehrbringen von Kompost	
	ÖNORMEN	<p>ÖNORM S 2009: Papiersäcke zur Sammlung biogener Abfälle (Entwurf Mai 1994)</p> <p>ÖNORM S 2100: Abfallkatalog (1997)</p> <p>ÖNORM S 2103: Grundlagen für die getrennte Erfassung von Problem-, Stör- und Ballaststoffen in der Kompostierung (Dez. 1989)</p> <p>ÖNORM S 2201: Kompostierbare biogene Abfälle. Qualitätsanforderungen (Mai 1993)</p>	<p>ÖNORM S 2205: Technische Anforderungen an Kompostieranlagen zur Verarbeitung von mehr als 3000 t Bioabfall aus Haushalten pro Jahr (in Druck Okt. 1997)</p>	<p>ÖNORM S 2020: Biofiltermaterialien auf Kompostbasis. Anforderungen und Prüfparameter (1996)</p> <p>ÖNORM S 2021: Kultursubstrate. Anforderungen, Untersuchungsverfahren, Normenkennzeichnung (Sept. 1996)</p> <p>ÖNORM S 2022: Gütekriterien für Müllkompost (Juni 1989)</p> <p>ÖNORM S 2200: Gütekriterien für Komposte aus biogenen Abfällen (Mai 1993)</p>	<p>ÖNORM S 2020: Biofiltermaterialien auf Kompostbasis. Anforderungen und Prüfparameter (1996)</p> <p>ÖNORM S 2021: Kultursubstrate. Anforderungen, Untersuchungsverfahren, Normenkennzeichnung (Sept. 1996)</p> <p>ÖNORM S 2200: Gütekriterien für Komposte aus biogenen Abfällen. Mai 1993.</p> <p>ÖNORM S 2202: Anwendungsrichtlinien für Komposte (April 1997)</p>	<p>Codex alimentarius, Kap. A8: „Landwirtschaftliche Produkte mit dem Bezeichnungselement „biologisch“ und daraus hergestellte Folgeprodukte“ (4.7.1995)</p> <p>Produktionsrichtlinien für den organisch-biologischen Landbau in Österreich (ANONYM, 1994a)</p>
	Österr. Lebensmittelbuch (autorisiertes Sachverständigen-gutachten)					
	privatrechtliche Richtlinien		<p>ÖKL-Baumerkblatt Nr. 24: Düngersammelanlagen für wirtschaftsfeigen Dünger und Beiblatt: Technische Richtlinien für die Düngeraufbereitungsplatte für die bäuerliche Kompostierung</p>			



Tab. 3 (Fortsetzung): Europäische und österreichische Rechtsnormen zur Kompostproduktion, -qualität und -anwendung.

Ebene	Regelungsbereich			
	Rohstoffe	Kompostanlage: Errichtung, Betrieb, Technologie	Qualität des Endproduktes	Kompost-Vermarktung
Landesrecht	<p>B: Bgld. Abfallwirtschafts-gesetz 1993 (LGBl 10/1993)</p> <p>K: Kärntner Abfallordnung 1988 (LGBl 77/1988 i.d.F. LGBl 52/1992)</p> <p>NÖ: NÖ Abfallwirtschafts-gesetz 1992 (LGBl 8240-0)</p> <p>OÖ: O.ö. Abfallwirtschafts-gesetz, O.ö. AWG 1991 (LGBl 28/1991 i.d.F. LGBl 13/1993 u. LGBl 24/1993)</p> <p>S: Sbg. Abfallwirtschafts-gesetz 1991 (LGBl 65/1991)</p> <p>St: Steiermärkisches Abfall-wirtschaftsgesetz, StAWG 1990 (LGBl 68/1990 LGBl 5/1990)</p> <p>St:Stmk Abfallwirtschafts-gesetz 1988 (BGBl 7/1988 i.d.F. BGBl 68/1990)</p>	<p>B: Bgld. Abfallwirtschafts-gesetz 1993 (LGBl 10/1993)</p> <p>K: Kärntner Abfallordnung 1988 (LGBl 77/1988 i.d.F. LGBl 52/1992)</p> <p>OÖ: O.ö. Abfallwirtschafts-gesetz, O.ö. AWG 1991 (LGBl 28/1991 i.d.F. LGBl 13/1993 u. LGBl 24/1993)</p> <p>S: Sbg. Abfallwirtschafts-gesetz 1991 (LGBl 65/1991)</p> <p>St: Steiermärkisches Abfall-wirtschaftsgesetz, StAWG 1990 (LGBl 68/1990 LGBl 5/1990)</p> <p>T: Tiroler Abfallwirtschafts-gesetz 1990 (BGBl 50/1990)</p> <p>V: Vorarlberger Abfallgesetz 1988 (LGBl 30/88 i.d.g.F.)</p> <p>W: Wiener Abfallwirtschafts-gesetz 1994 (LGBl 13/1994)</p> <p>Natur- und Landschafts-schutzgesetze; Raumord-nungsgesetze; Bauordnungen der Länder:</p> <p>B: Bgld. Naturschutz- und Landschaftspflegegesetz 1991; Bgld. Raumplanungs-gesetz 1990; Bgld. Bauord-nung</p>	<p>NÖ: Niederösterreichisches Bodenschutzgesetz, NÖ BSG 1994 (LGBl 6160-2)</p> <p>OÖ: Landesgesetz über die Erhaltung und den Schutz des Bodens vor schädlichen Ein-flüssen sowie über die Ver-wendung von Pflanzen-schutzmitteln, O.ö. Boden-schutzgesetz 1991 (LGBl 115/1991)</p>	<p>B: Gesetz über den Schutz landwirtschaftlicher Böden, Bgld. Bodenschutzgesetz 1990 (BGBl 87/1990)</p> <p>K: Kärntner Abfallordnung 1988 (LGBl 77/1988 i.d.F. LGBl 52/1992)</p> <p>NÖ: Niederösterreichisches Bodenschutzgesetz, NÖ BSG 1994 (LGBl 6160-2)</p> <p>OÖ: Landesgesetz über die Erhaltung und den Schutz des Bodens vor schädlichen Ein-flüssen sowie über die Ver-wendung von Pflanzen-schutzmitteln, O.ö. Boden-schutzgesetz 1991 (LGBl 115/1991)</p>

Tab. 3 (Fortsetzung): Europäische und österreichische Rechtsnormen zur Kompostproduktion, -qualität und -anwendung.

Ebene Landesrecht	Rohstoffe	Regelungsbereich		
		Kompostanlage: Errichtung, Betrieb, Technologie	Qualität des Endproduktes	Kompost- Vermarktung
		<p>K: Ktn. Naturschutzgesetz i.d.g.F.; Ktn. Gemeindeplanungsgesetz 1982 i.d.g.F.; Ktn. Bauordnung i.d.g.F.</p> <p>NÖ: NÖ Naturschutzgesetz (LGBl 5500-3); NÖ Raumordnungsgesetz (LGBl 8000-6); NÖ Bauordnung (LGBl 8200-8)</p> <p>OÖ: O.ö. Natur- und Land-schaftsschutzgesetz (BGBl 80/1982); O.ö. Raumordnungs-gesetz 1994; O.ö. Bauordnung (LGBl. 35/1976 i.d.g.F.)</p> <p>St: Stmk. Naturschutzgesetz 1976; Stmk. Raumordnungsge-setz i.d.g.F.; Stmk. Bauordnung</p> <p>T: Tiroler Naturschutzgesetz (LGBl 29/1991); Tiroler Raum-ordnungsgesetz (LGBl 4/1984 i.d.g.F.); Tiroler Bauordnung (LGBl 33/1989 i.d.g.F.); Tiroler Kanalisationsgesetz (LGBl 40/1985 i.d.g.F.)</p> <p>V: VlbG. Landschaftsschutzge-setz (LGBl 1/1982 u. 22/1988)</p>		
				<p>St: Gesetz zum Schutz land-wirtschaftlicher Böden, Stmk. Landwirtschaftliches Boden-schutzgesetz 1987 (LGBl 66/1987)</p>

Tab. 3 (Fortsetzung): Europäische und österreichische Rechtsnormen zur Kompostproduktion, -qualität und -anwendung.

Ebene	Landesrecht	Regelungsbereich			
		Rohstoffe	Kompostanlage: Errichtung, Betrieb, Technologie	Qualität des Endproduktes	Kompost-Vermarktung
	Landesverordnung Bescheid	OÖ: O.ö. Abfalltrennungsverordnung 1993 (LGBl 93/1993) S: Verordnung der Sbg. LdReg über die getrennte Abfuhr und Behandlung biologischer Abfälle, Bioabfallverordnung 1992 (LGBl 37/1992) T: Verordnung, mit der ein Abfallwirtschaftskonzept erlassen wird (LGBl 1/1993)	OÖ: O.ö. Kompostieranlagenverordnung 1993 (LGBl 42/1993) St: Stmk. Schongebietsverordnung K: Bescheid über die wasserrechtliche Bewilligung zur Errichtung der „Kompostieranlage Dellach/Drau“ (8W-Müll-908/3/94)	B: Verordnung über die Aufbringung von Klärschlamm und Müllkompost auf landwirtschaftlichen Böden (LGBl 82/1991) NÖ: Niederösterreichische Klärschlammverordnung, 1994 (LGBl 6160/2-0) OÖ: Verordnung über die Ausbringung von Klärschlamm, Müll- und Klärschlammkompost auf Böden, O.ö. Klärschlamm-, Müll- und Klärschlammkompostverordnung 1993 (LGBl 21/1993) St: Verordnung über die Aufbringung von Klärschlamm auf landwirtschaftlichen Böden, Klärschlammverordnung 1987 (LGBl 89/1987)	B: Verordnung über die Aufbringung von Klärschlamm und Müllkompost auf landwirtschaftlichen Böden (LGBl 82/1991) NÖ: Niederösterreichische Klärschlammverordnung, 1994 (LGBl 6160/2-0) OÖ: Verordnung über die Ausbringung von Klärschlamm, Müll- und Klärschlammkompost auf Böden, O.ö. Klärschlamm-, Müll- und Klärschlammkompostverordnung 1993 (LGBl 21/1993) St: Verordnung über die Aufbringung von Klärschlamm auf landwirtschaftlichen Böden, Klärschlammverordnung 1987 (LGBl 89/1987)

Tab. 3 (Fortsetzung): Europäische und österreichische Rechtsnormen zur Kompostproduktion, -qualität und -anwendung.

Ebene Landesrecht	Rohstoffe	Regelungsbereich			Kompost- Anwendung
		Kompostanlage: Errichtung, Betrieb, Technologie	Qualität des Endproduktes	Kompost- Vermarktung	
privatrechtliche Richtlinien Konzepte	OÖ: Kompostierung in Ober- österreich – Stand und Stra- tegien (ANONYM 1994C)	B: Richtlinien für die Errich- tung und den Betrieb von Kompostierungsanlagen auf ständigem Standort (ANONYM 1994d)  B: Richtlinien für die Errich- tung u. den Betrieb von Kompostierungsanlagen auf wechselnden Mietstand- orten (ANONYM 1992a)  NÖ: Die Landwirtschaftliche Kompostierung in Nieder- österreich (FIEBIGER et al. 1994)  NÖ: Niederösterreichisches Abfallwirtschaftskonzept (ANONYM 1992b)  OÖ: Kompostierung in Ober- österreich – Rechtliche Rah- menbedingungen, Techni- sche Richtlinien und Muster- projekt (ANONYM 1994e)  St: Leitlinien zur dezentralen Kompostierung in der Stei- ermark. (ANONYM 1994f)			NÖ: Die Landwirtschaftliche Kompostierung in Nieder- österreich (FIEBIGER et al. 1994)

### 3 Fragebogen: Legende und Ergebnisse

Tab. 4: Fragebogen: Verwendete Abkürzungen und Legende zur Auswertung des Fragebogens.

<b>Prinzipielle Erläuterungen</b>	
<p>Für die tabellarische Auswertung der Fragebogenerhebung wurden bei einer Reihe von numerischen Parametern Klassen gebildet. Aufgrund der Probenzahl von 34 Kompostanlagen und 8 Hausgartenanlagen wurden maximal vier bis fünf Klassen festgelegt. Die Klassengrenzen wurden für jeden Parameter nach Maßgabe einer praxismgerechten Verteilung gewählt, sodaß z.B. bei der Jahreskapazität der Kompostanlagen typische Gruppen zusammengefaßt wurden.</p> <p>Um einheitliche Bezugsgrößen vorliegen zu haben, erfolgten generell folgende Umrechnungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• von m<sup>3</sup> auf Tonnen</li> <li>• von Haushalten auf Einwohnerzahlen</li> </ul> <p>Umgerechnete Daten sind generell fett gedruckt</p>	
k.A.	keine Angabe
<b>Allgemeine Angaben zur Anlage</b>	
Bundesland	B = Burgenland; NÖ = Niederösterreich; OÖ = Oberösterreich; S = Salzburg; T = Tirol; V = Vorarlberg; K = Kärnten; St = Steiermark; W = Wien
BT	Anlage mit Verarbeitung von BIOTONNEN-Material (Bioabfallkompost)
GS	Anlage mit ausschließlicher Verarbeitung von GRÜNSCHNITT-Material (Garten- und Parkabfälle)
Vorw.Land	Rohstoffe schwerpunktmäßig aus Gemeinden < 2.000 Einwohner
Stadt Land	Rohstoffe schwerpunktmäßig aus Gemeinden 2.000–20.000 Einwohner
Vorw. Stadt	Rohstoffe schwerpunktmäßig aus Gemeinden > 20.000 Einwohner
Einwohner im Einzugsgebiet	Es wurden 4 Klassen gebildet: < 10.000 EW; 10.000–50.000 EW; 50.000–100.000 EW; > 100.000 EW
Angeschlossene Einwohner	Es wurden 5 Klassen gebildet: < 5.000 EW; 5.000–20.000 EW; 20.000–50.000 EW; 50.000–100.000 EW; > 100.000 EW
Rechtsstatus	AWV = Abfallwirtschaftsverband/Gemeindeverband
Anlagenkapazität	Es wurden 4 Klassen gebildet: < 1.000 t/a; 1.000–5.000 t/a; 5.000–10.000 t/a; > 10.000 t/a. Kursivdruck = m <sup>3</sup> -Angaben; ; Fettdruck = Tonnen errechnet aus m <sup>3</sup> -Angabe (Faktor für Grünschnitt: m <sup>3</sup> x 0,3 = t)

Tab.4: Fragebogen: Verwendete Abkürzungen und Legende zur Auswertung des Fragebogens.

<b>Sammlung</b>	
Sammelsystem	Hol = Holsystem; Bring = Bringsystem; KW = Anlieferung zum Kompostwerk; AltstZ. = Altstoffzentrum; Aktion = z.B. Herbstaktionen für die Sammlung von Gartenabfällen.
Sammelrhythmus	So = Sommerhalbjahr; Wi = Winterhalbjahr
<b>PR-Arbeit und Ausbildung</b>	
PR: Zahl der Maßnahmen	Es wurden 4 Klassen gebildet: 0; bis 2; bis 5; bis 10 Maßnahmen.
Ausbildung	E = eigene Erfahrungen; 1–2 = 1–2 Aus- und Weiterbildungskurse; $\geq 3 = \geq 3$ Aus- und Weiterbildungskurse
<b>Verarbeitetes Material</b>	
Zuschlagstoffe	%-Angaben = i.d.R. Masse-%; Kursivdruck = Volums-%; Fettdruck = Masse-% errechnet aus Volums-% (Faktor für Grünschnitt: $m^3 \times 0,3 = t$ )
% Feuchte Materialien	Normaldruck = Masse-%; Kursivdruck = Volums-%
Summe Input 94	Es wurden 5 Klassen gebildet: < 1.000 t/a; 1.000–3.000 t/a; 3.000–5.000 t/a; 5.000–10.000 t/a; > 10.000 t/a; Fettdruck = Tonnen errechnet aus $m^3$ -Angabe (Faktor für Grünschnitt: $m^3 \times 0,3 = t$ )
Summe Output	Es wurden 5 Klassen gebildet: < 300 t/a; 300–500 t/a; 500–2.000 t/a; 2.000–4.000 t/a; > 4.000 t/a; Fettdruck = Tonnen errechnet aus $m^3$ -Angabe (Faktor: $m^3 \times 0,6 = t$ ); Kursivdruck = errechnet aus durchschnittlichem Rotteverlust von 60%
<b>Verfahren der Vor- und Hauptrotte</b>	
Rottepl. geschl.	Rotteplatte mit Schlitzböden mit Saug- bzw. Druckbelüftung Geschlossen oder vollständig umhaust ausgeführte Rottefläche
Walm groß	Walm- oder Dreiecksmieten mit einer Höhe > 2,5 Meter. In der Rottedynamik ähnlich einer Tafelmiete
Polypen	Polypengreifer
Sickerwasser Behandlung	Kreislauf = Sickerwasser wird zur Bewässerung des Rottegutes verwendet
Belüftung	Druck = Druckbelüftung; Saug = Saugbelüftung

Tab. 4: Fragebogen: Übersicht über die Ergebnisse.

Nr. der Anlage	Allgemeine Angaben zur Anlage										Sammlung				Grüngut- erfassung			PR-Arbeit und Ausbildung	
	Biotonne/ Grünschnitt	Siedlungs- typ	Einwohner im Einzugs- gebiet	Angeschl. Einwohner (Haushalte)	Rechts- status	Anlagen- kapazität (t/m <sup>3</sup> )	Anlage in Betrieb seit	Sammel- zeitraum	Sammel- system	Sammelrhyth. Biotonne	Biotonne- Gebühren	Grüngut- erfassung	Professio- nelles Kon- zept	Zahl der Maßnahmen	Ausbildung von Be- triebsleiter Personal				
1	BT	Vorw. Land	138.000	16.600	AWV	1.000	1994	Winter	Hol+Aktion KW	14 Tg.		Öffentl. Grünanlagen Private Gärten	JA	3	E, 1-2				
2	BT	Vorw. Land	19.594		Landwirt	1.000	1992	Herbst- Winter	Hol+Bring AltsZ.+KW	14 Tg.	JA	Öffentl. Grünanlagen Private Gärten	JA	7	E, >=3				
3	BT	Stadt Land	44.201	19.000	Kommune	10.000	1990	Sommer	Hol+ AltsZ.+KW	So:7 Tg. Wi:14 Tg.	NEIN	Öffentl. Grünanlagen Private Gärten	JA	8	E, 1-2				
4	BT	Vorw. Land	61.619	ca. 22.000	AWV	5.000	1993	Winter	Hol+KW	So:7 Tg. Wi:14 Tg.	JA	Öffentl. Grünanlagen Private Gärten	JA	4	E, 1-2				
5	GS	Vorw. Land	59.903		AWV	5.000	1993	Winter				Öffentl. Grünanlagen Private Gärten			E, 1-2				
6	BT	Vorw. Stadt	43.287	ca. 23.000	Landwirt	5.000	1992	Herbst	Hol	So:7 Tg. Wi:14 Tg.	JA	Öffentl. Grünanlagen Private Gärten	JA	8	E, 1-2				
7	BT	Stadt Land	83.268	50.000	AWV	12.000	1990	Herbst	Hol+KW	14 Tg.	JA	Öffentl. Grünanlagen Private Gärten Starßenverwaltung	NEIN	9	E, >=3				
8	BT	Vorw. Land	40.568	19.161	Gewerbe	3.000	1991	Winter	Hol+Aktion KW	So:7 Tg. Wi:14 Tg.		Öffentl. Grünanlagen Private Gärten	NEIN	6	E, 1-2				
9	BT	Vorw. Land	48.824	9.246	AWV	3.000	1993	Winter	Hol	7 Tg. + 14 Tg.	JA	Keine	JA	4	E, >=3				
10	BT	Vorw. Land	6.744	2.125	Landwirt	500	1992	Winter	Hol+KW	So:7 Tg. Wi:14 Tg.	JA	Öffentl. Grünanlagen	JA	4	E, >=3				
11	BT	Stadt	???	195.000	Gewerbe	4.000	1990	Winter	Hol+Aktion AltsZ.+KW	So:7 Tg. Wi:14 Tg.	JA	Öffentl. Grünanlagen	JA	8	E, >=3				
12	BT	Vorw. Land	6.008	10.924	Landwirt	1.000	1992	Herbst	Hol	So:7 Tg. Wi:14 Tg.	JA	Öffentl. Grünanlagen	NEIN	3	E, 1-2				
13	BT	Vorw. Land	4.024	1.609	Landwirt	1.000	1993	Frühjahr	KW	So:7 Tg. Wi:14 Tg.	JA	Öffentl. Grünanlagen	NEIN	1	E, 1-2				
14	BT	Stadt Land	83.200	29.100	Kommune	6.000	1994	Winter	Hol+Aktion KW	14 Tg.	JA	Öffentl. Grünanlagen	NEIN	3	E, 1-2				
15	GS	Stadt	1.600.000		Kommune	40.000	1986	Frühjahr- Sommer				Öffentl. Grünanlagen			E				

Tab. 4: Fragebogen: Übersicht über die Ergebnisse.

Nr. der Anlage	Allgemeine Angaben zur Anlage										Sammlung				PR-Arbeit und Ausbildung		
	Biotone/Grünschnitt	Siedlungstyp	Einwohner im Einzugsgebiet	Angeschl. Einwohner (Haushalte)	Rechtsstatus	Anlagenkapazität (t/m <sup>3</sup> )	Anlage in Betrieb seit	Sammelzeitraum	Sammel-system	Sammelrhyth.	Biotone-Gebühren	Grünguterfassung	Professionelles Konzept	Zahl der Maßnahmen	Ausbildung von Betriebsleiter und Personal		
16	BT	Stadt	213.395	203.044	Kommune	20.500	1990	Herbst	Holz+Altstz.+KW	7 Tg.	NEIN	Öffentl. Grünanlagen Private Gärten	JA	9	E, 1-2		
17	GS	Vorw. Land	14.000	???	Landwirt	2.000	1991	Herbst	KW			Öffentl. Grünanlagen, Friedhöfe, private Gärten, Straßenverwaltung	NEIN	JA	E		
18	BT	Stadt Land	105.000	40.000	Kommune	7.500	1994	Winter	Bring+Hol KW	14 Tg.	JA	Öff. Grünanlagen Private Gärten Straßenverwaltung	NEIN	6	E, 1-2		
19	GS	Stadt	54.640		Kommune	8.000	1992	Sommer				Öffentl. Grünanlagen	NEIN	1	E, 1-2		
20	BT	Stadt Land	9.814	9.250	Gewerbe	1.400	1990	Winter	Holz+KW	So:7 Tg. Wi:14 Tg.	JA	Öffentl. Grünanlagen Private Gärten Straßenverwaltung	JA	6	E, >=3		
21	BT	Stadt	400.000	300.000	Gewerbe	20.000	1994	Winter	Holz+KW	So:7 Tg. Wi:14 Tg.	JA	Öffentl. Grünanlagen Private Gärten	JA	10	E		
22	GS	Stadt	200.000		Gewerbe	50.000	1988	Winter	KW			Öffentl. Grünanlagen Private Gärten	JA	9	E		
23	GS	Stadt	130.000		Kommune	22.000	1990	Winter	KW			Öffentl. Grünanlagen Private Gärten Straßenverwaltung		1	E		
24	BT	Stadt Land	37.489	???	AWV	20.000		Winter	Bring+Hol	7 Tg. + 14 Tg.	JA	Öffentl. Grünanlagen	JA	8	E		
25	BT	Vorw. Stadt	185.000	60.000	Gewerbe	10.000	1989	Winter	Holz+KW	7 Tg.	NEIN	Öffentl. Grünanlagen Private Gärten Straßenverwaltung	NEIN	2	E, >=3		
26	BT	Stadt Land	37.100	ca. 4.000	Kommune	1.000	1994	Frühjahr	Holz	7 Tg.	NEIN	Öffentl. Grünanlagen	JA	5	E, >=3		
27	GS	Stadt Land			Kommune	2.000	1992	Frühjahr				Öffentl. Grünanlagen Private Gärten, Aktion Str.verwaltung					



Tab. 4: Fragebogen: Übersicht über die Ergebnisse.

Nr. der Anlage	Allgemeine Angaben zur Anlage										Sammlung				PR-Arbeit und Ausbildung		
	Biotonne/Grünschnitt	Siedlungstyp	Einwohner im Einzugsgebiet	Angeschl. Einwohner (Haushalte)	Rechtsstatus	Anlagenkapazität (t/m <sup>3</sup> )	Anlage in Betrieb seit	Sammelzeitraum	Sammel-system	Sammelrhyth.	Biotonne-Gebühren	Grüngerfassung	Professionelles Konzept	Zahl der Maßnahmen	Ausbildung von Betriebsleiter und Personal		
28	BT	Vorw. Land	11.000	2.500	Landwirt	200	1994	Frühjahr	Hol+KW	7 Tg.	NEIN	Öffentl. Grünanlagen Private Gärten Starßenverwaltung	JA	4	E; >=3		
29	BT	Vorw. Stadt	49.525	???	Gewerbe	3.000	1990	Winter	Hol+Aktion Altstz.+KW	So:7 Tg. Wi:14 Tg.	JA	Öffentl. Grünanlagen Private Gärten	JA	6	E; 1-2		
30	GS	Vorw. Land	14.000	450	Landwirt	3.000	1992	Frühjahr	Hol+KW	7 Tg.	JA	Öffentl. Grünanlagen Private Gärten Starßenverwaltung	NEIN	3	E; >=3		
31	BT	Vorw. Land	23.153	2.300	Landwirt	1.000	1992	Winter	Hol	So:7 Tg. Wi:14 Tg.	JA	0	NEIN	4	E; 1-2		
32	GS	Vorw. Land	6.000		Landwirt	300	1991	Frühjahr	KW			Öffentl. Grünanlagen Private Gärten	NEIN	0	E; 1-2		
33	GS	Vorw. Land	6.000		Landwirt	800	1993	Sommer	KW			Öffentl. Grünanlagen Private Gärten	NEIN	0	E		
34	GS	Stadt		16	Hausgarten	3	1989	Frühjahr-	Herbst						E		
35	GS	Stadt		2	Hausgarten	5	1960	Winter-	Frühjahr						E; >=3		
36	BT	Stadt		20	Hausgarten	3	1990	Frühjahr-	Herbst						E		
37	BT	Stadt		1	Hausgarten	1	1992	Herbst-	Winter						E		
38	GS	Stadt		4	Hausgarten	3	1988	Winter-	Frühjahr						E; 1-2		
39	GS	Stadt		3	Hausgarten	2	1989	Frühjahr-	Winter						E		
40	BT	Stadt		120	Hausgarten	4	1994	Herbst-	Frühjahr						E; >=3		
41	BT	Stadt		10	Hausgarten	1	1992	Sommer-	Winter						E; >=3		
42	BT	Stadt	1.600.000		Kommune	100.000	1991		Bring+ Altstz.+KW	3 Tg.+ 7 Tg.	NEIN	Öffentl. Grünanlagen Private Gärten Starßenverwaltung	JA	9	E; >=3		

Tab. 4: Fragebogen: Übersicht über die Ergebnisse.

Verarbeitetes Material und Materialaufbereitung 1994														
Nr. der Anlage	Biotope dicht	Biotope locker	Summe Biotope	Gewerbe	Grüngut	Zuschlagstoffe und sonstige Materialien	% Feuchte	Summe Input 94 in Tonnen od. m <sup>3</sup>	Summe Output in Tonnen od. m <sup>3</sup>	Häckselgut Materialien	Häckselgut Korngröße (mm)	Fremdstoffabscheidung		
1			90%			Erde: 10%, CaCO <sub>3</sub> : 0,05%	60%	800	280	Verholztes	10-40	Sichtkontrolle		
2			87%		5%	[Siebrest: 10%] Erde: 1%, Pferdemit: 5%	75%	1.200	600	Verholztes	10-40	Sichtkontrolle		
3	40%	60%	64%		36%	Pferdemist: 0,1%	50%	6.906	2.800	Alles	<10	Sichtkontrolle		
4			77%	5%	18%		80%	4.936		Verholztes	<10	Sichtkontrolle		
5					100%		0%	920		Verholztes	<10	Sichtkontrolle		
6			76%	2%	22%	[Erde: 5%, [Stroh: 6%], Mist+Gras:8%] [Steinmehl: 0,3%]	46%	5.000	2.300	Verholztes	<10	Sortierband Windsichter		
7			60%		40%		60%	8.166	2.194	Verholztes	10-40	Sichtkontrolle		
8		93%	93%		7%	[Siebrest: 20%]	80%	2.700	900	Verholztes	10-40	Magnetabsch. Windsichter		
9			95%		2%	Stroh+Rindenhäcksel: 3%	92%	2.573	1.600	Verholztes	10-40	Sichtkontrolle		
10	22%	48%	70%		2%	Erde: 13% Stroh: 5% Grünbrache: 10%	75%	455	230	Keine	---	Sichtkontrolle		
11	63%		63%	12%	25%	Siebrest: 10% ungelöschter Kalk: 0,03%	75%	3.780	1.300	Verholztes	10-40	Sortierband Sichtkontrolle		
12			90%		10%	[Stroh: 5%] [Gülle: 2%]	65%	1.000	400	Verholztes	<10	Sichtkontrolle		
13			95%			Mühlenabfälle und Stroh: 5%	90%	650	260	Keine		Sichtkontrolle		
14	75%		75%		15%	Erde: 10% Stroh: 2% CaCO <sub>3</sub> : 0,05%	66%	6.600	2.500			Sichtkontrolle		
15							35%	21.300	6.800	Verholztes	10-40	Sichtkontrolle		

Tab.4: Fragebogen: Übersicht über die Ergebnisse.

Nr.der Anlage	Verarbeitetes Material und Materialaufbereitung 1994										Häckselgut (mm)	Fremdstoff- abscheidung
	Biotone dicht	Biotone locker	Summe Biotone	Gewerbe	Grüngut	Zuschlag- stoffe und Materialien	% Feuchte	Summe Input 94 od. m <sup>3</sup>	Summe Output in Tonnen od. m <sup>3</sup>	Häckselgut Materialien		
16			59%		38%	Rinde: 2% Steinmehl: 1%	30%	17.500	6.000	Verholztes	10-40	Sichtkontrolle
17					84%	Hühnermist: 13% Pferdemit: 3%	33%	1.880	750	Verholztes	<10	Keine
18			77%		23%		65%	1.328	400	Alles	<10	Sichtkontrolle
19					100%	[Siebrest: 15%] [Erde: 18%] [Steinmehl: 2%]	10%	7.000	2.300	Verholztes	10-40	Keine
20			78%		13%	Siebrest: 6% Stroh: 2% Steinmehl: 0,5%	78%	1.515	500	Verholztes	10-40	Sichtkontrolle
21			100%				100%	13.317	3.360	Alles	10-40	Sortierband, Magne- tabscheider
22					100%		25%	32.500	6.650	Alles	>40	Sichtkontrolle
23					86%	Starßen- meisterei: 11% Pferdemit: 3%	50%	22.000	3.500	Alles	<10-40	Keine
24			65%		35%		50%	1.150	300	Alles	>40	Sortierband, Sicht- kontrolle, Magne- tabscheider
25	70%		70%		30%		50%	10.000	3.500	Verholztes	10-40	Siebung 70mm Magnetabscheider
26			37%		33%	Pferdemist: 3% Steinmehl: 0,5%	50%	300	120	Verholztes	10-40	Sichtkontrolle
27					100%	Steinmehl: 0,07%	45%	1.800	600	Verholztes	10-40	

Tab.4: Fragebogen: Übersicht über die Ergebnisse.

Verarbeitetes Material und Materialaufbereitung 1994												
Nr. der Anlage	Biotonne dicht	Biotonne locker	Summe Biotonne	Gewerbe	Grüngut	Zuschlagstoffe und sonstige Materialien	% Feuchte	Summe Input 94 in Tonnen od. m <sup>3</sup>	Summe Output in Tonnen od. m <sup>3</sup>	Häckselgut Materialien	Häckselgut Korngröße (mm)	Fremdstoffabscheidung
28	40%		40%		20%	Mist: 35% Stroh: 1% Erde: 3% Steinmehl: 0,5%	25%	300	100	Verholztes	<10	Sichtkontrolle Magnetabscheider
29			68%		32%	Steinmehl: 0,05%	66%	3.400	1.500	Verholztes	10-40	Sichtkontrolle
30		2,5%	3%	1,5%	96%		15%	2.600	1.000	Verholztes	<10	Keine
31	57%	29%	85%			Rinde+Hobel: 5%, Stroh: 5% Friedhofabfälle: 5%	50%	350	140			Sichtkontrolle
32					100%	Heu: 43% Asche: 0,5%	70%	300	130	Verholztes	<10	Keine
33					88%	Schweinemist: 12% Steinmehl: 0,3%	40%	800	320	Verholztes	10-40	Keine
34	10%				90%	Steinmehl: 0,1% Hornspäne: 0,1%	15%	3,0	1,0	Verholztes	<10	Sichtkontrolle
35	10%				90%	Steinmehl: 0,1%, Kräuterjauchen Humofix	10%	5,0	2,0			Sichtkontrolle
36	66%				33%		65%	3,0	1,0			Sichtkontrolle
37	75%				25%		70%	1,0	0,3			Keine
38	33%				66%	Steinmehl: 0,1%	30%	3,0	1,0	Verholztes	<10	Sichtkontrolle
39	30%				70%	Steinmehl: 0,1%	80%	1,0	0,3			Sichtkontrolle
40	80%				20%	Steinmehl: 0,1% Erde: 0,1%	60%	3,0	1,0	Verholztes	<10	Sichtkontrolle
41	60%				40%		60%	1,0	0,3			Sichtkontrolle
42			80%		20%	[Siebrest: 16%]	38%	80.391	35.585	Verholztes	10-40	Magnet, 70mm Sichtkontrolle Sortierband

Tab.4: Fragebogen: Übersicht über die Ergebnisse.

Nr. der Anlage	Verfahren: Vor- und Hauptrotte							Verfahren: Nachrotte							Nachbehandlung	
	Verfahrens-typ der Vor- und Hauptrotte	Steuerungs-parameter (Anzahl)	Dauer (Wo.)	Umsetz-intervall (Wochen)	Umsetz-gerät	Bewässerung	Sicherwas-ser Behandlung	Belüftung	Verfahrens-typ der Nachrotte	Dauer (Wo.)	Umsetz-intervall (Wochen)	Belüftung	Gesamtrotte in Wochen	Alter der Probleme	Abseibung mm	Stiebüber-lauf %
1	Walm+Umsetzer	Sensorisch (2)	13	1	Mieten-umsetzer	Mit Schlauch	Kreislauf	Keine	Walm + Umsetzer + Tafel	2	1	Keine	15	16		28
2	Tafel+Polypen+Walm+Umsetzer	Sensorisch (2)	30	1	Polypen-greifer	Mit Schlauch	Kreislauf	Keine	Walm + Tafel+ Polypen	8	3	Keine	38	22	20	25
3	Rottebox+Tafel+Umsetzer	Automatisch (2)	18	3	TBU-Fräse	Mit Umsetzer+ Beregnung		Keine	Tafel + Umsetzer	6	3	Keine	24	38	10	10
4	Walm+Umsetzer	Sensorisch+ Labor (2)	12	1,3	Mieten-umsetzer	Mit Umsetzer	120	Keine	Walm + Umsetzer	8	2	Keine	20	20	15	30
5	Walm+Umsetzer	Sensorisch+ Labor (2)	12	1,3	Mieten-umsetzer	Mit Umsetzer	120	Keine	Walm + Umsetzer	8	2	Keine	20	20	15	30
6	Walm+Umsetzer	Sensorisch (2)	27	1-3	Mieten-umsetzer	Mit Umsetzer+ Beregnung	Kreislauf	Keine	Tafel	4-6		Keine	32	32	10	20
7	Walm groß+ Radlader	Sensorisch (2)	13	2-4	Radlader	Beregnung	100	Keine	Walm groß + Radlader	20	4	Keine	33	28		
8	Walm+Misttreuer	Sensorisch (1)	14	1,5-2	Radlader	Mit Umsetzer	Kreislauf	Keine	Tafel + Radlader	2-16		Keine	16-30	20		20
9	Rottebox+ Rottepl.+Radlader	Automatisch (2)	4		Mieten-umsetzer	Automatisiert	230	Keine	Walm + Umsetzer	9	2	Keine	13	16	15	30
10	Walm+Umsetzer	Sensorisch (1)	10	1-2	Mieten-umsetzer	Keine	120	Keine	Walm + Umsetzer	4	3	Keine	14	24	30	15
11	Rottepl.geschl.+ Walm+Umsetzer	Sensorisch (2)	8	0,5	Mieten-umsetzer	Mit Schlauch	Kreislauf	Druck	Tafel + Radlader	12	1	Keine	20	16	8	20
12	Tafel+Radlader Walm+Umsetzer	Sensorisch (1)	25	1,5-2	Radlader	Mit Schlauch	Kreislauf	Keine	Walm + Umsetzer + Tafel	5		Keine	30	28	25	15
13	Walm+Umsetzer	Keine	9	1	Mieten-umsetzer	Mit Umsetzer	Kreislauf	Keine	Walm + Umsetzer oder Radlader	0-20		Keine	9-29	52		
14	Walm+Umsetzer	Sensorisch (3)	8	0,5-1	Mieten-umsetzer	Mit Schlauch		Keine	Tafel + Radlader	4-....		Keine	12-....	12		
15	Walm groß +Radlader	Sensorisch (1)	28	1	Radlader	Beregnung+ mit Schlauch	Kreislauf	Keine	Walm groß + Radlader	8	1	Keine	36	40	25	30

Tab. 4: Fragebogen: Übersicht über die Ergebnisse.

Nr. der Anlage	Verfahren: Vor- und Hauptrotte										Verfahren: Nachrotte					Nachbehandlung	
	Verfahrens- typ der Vor- und Hauptrotte	Steuerungs- parameter (Anzahl)	Dauer (Wo.)	Umsetz- intervall (Wochen)	Umsetz- gerät	Bewässe- rung	Sicherwas- ser Behandlung	Belüftung	Verfah- rentyp der Nachrot- te	Dauer (Wo.)	Umsetz- intervall (Wochen)	Belüftung	Gesamtrotte in Wochen	Alter der Probleme- ten	Absiebung mm	Siebüber- lauf %	
16	Tafel+Radlader Walm+Umsetzer	Sensorisch +Labor (4)	15	3-4	Mieten- umsetzer	Beregnung	Kreislauf+ Kläranlage	Keine	Tafel+ Radlader	8	4	Keine	23	30	15	15	
17	Walm+Umsetzer	Sensorisch (2)	16	1	Mieten- umsetzer	Mit Schlauch	Kreislauf	Keine	Walm+ Umsetzer	9	2	Keine	25	26			
18	Rottebox+ Rottepl.+Radlader	Automatisch (3)	10	1-1,5	Radlader	Automatisch+ Beregnung	Kreislauf	Druck+ Saug	Tafel+ Radlader	4	1,5	Keine	14	12	25	20	
19	Walm+Radlader	Sensorisch +Labor (11)	14	1-4	Radlader	Beregnung	Kreislauf	Keine	Walm+ Radlader	12	6	Keine	26	36	25	25	
20	Walm+Umsetzer	Sensorisch (2)	14	0,5-1	Mieten- umsetzer	Mit Umsetzer	Kläranlage	Keine	Tafel+ Umsetzer	6	4	Keine	20	18	20	20	
21	Anaerob+ Rottebox	Automatisch (3)	5						Tafel+ Radlader	8	2	Keine	13	13	10	30	
22	Tafel+Umsetzer	Sensorisch (2)	16	4	TBU-Fräse	Keine		Keine	Tafel+ Radlader	8	3	Keine	24	24	10	50	
23	Walm+Umsetzer	Sensorisch (1)	9	1,5	Mieten- umsetzer	Beregnung	Kreislauf	Keine	Tafel	7		Keine	16	16	30	10	
24	Walm+Rotte- platte+Radl.	Automatisch (2)	8	1	Radlader	Beregnung	Kreislauf	Saug	Tafel+ Radlader	12	3	Keine	20	20	10	20	
25	Tafel+Rotte- pl.+Umsetzer	Sensorisch (3)	9	1	Wendelin Bühler	Mit Umsetzer	Kläranlage	Druck	Tafel+ Radlader + Belüftung	16		Druck	25	25	6		
26	Walm+Umsetzer	Sensorisch (2)	24	1-2,5	Mieten- umsetzer	Mit Schlauch	Kreislauf	Keine	Tafel	12	2,5	Keine	36	12	25	20	
27	Walm+Umsetzer	Sensorisch (1)	8	0,5-1	Mieten- umsetzer	Keine	Kläranlage	Keine	Walm+ Umsetzer	4	1	Keine	12	12			

Tab.4: Fragebogen: Übersicht über die Ergebnisse.

Nr.der Anlage	Verfahren: Vor- und Hauptrotte							Verfahren: Nachrotte							Nachbehandlung		
	Verfahrens-typ	Hauptrotte	Steuerungs-parameter (Anzahl)	Dauer (Wo.)	Umsetz-intervall (Wochen)	Umsetz-gerät	Bewässe-rung	Sickerwasser-Behandlung	Belüftung	Verfahrenstyp der Nachrotte	Dauer (Wo.)	Umsetz-intervall (Wochen)	Belüftung	Gesamtrotte in Wochen	Alter der Problemtei-nen in Wochen	Absiebung mm	Stiebüber-lauf %
28	Walm+Umsetzer		Sensorisch (2)	5	0,5	Mieten-umsetzer	Keine	Kreislauf	Keine	Walm+ Umsetzer	3	1,5	Keine	8	8		0
29	Walm+Umsetzer		Sensorisch (3)	12	1-2	Mieten-umsetzer	Mit Schlauch	Kläranlage	Keine	Tafel +Radlader	3		Keine	15	15	12	20
30	Walm+Umsetzer		Sensorisch (2)	12	1-2	Mieten-umsetzer	Mit Schlauch	Kreislauf	Keine	Walm	8-....		Keine	20-....	8		0
31	Walm+Umsetzer		Sensorisch (3)	15	1	Mieten-umsetzer	Mit Schlauch	Kläranlage	Keine	Walm	4-....		Keine	19-....	27	20	
32	Walm+Umsetzer		Sensorisch (3)	8	1,2	Mieten-umsetzer	Mit Schlauch	Kreislauf	Keine	Walm	4		Keine	12	7		0
33	Walm+Umsetzer		Keine	18	2-4	Mieten-umsetzer	Mit Schlauch	Kreislauf	Keine	Walm	24		Keine	42	48		0
34	Offenes Silo		Sensorisch (2)	24	22	Von Hand	Keine		Keine	Offenes Silo	16		Keine	44	44	20	10
35	Walm		Sensorisch (2)	24	18	Von Hand	Gießen		Keine	Walm	10		Keine	34	34	10	10
36	Geschlossenes Silo + Walm		Sensorisch (1)	21	12	Von Hand	Gießen		Keine	Geschl. Silo +Walm	12		Keine	33	36		
37	Geschlossenes Silo		Keine	14		Von Hand	Gießen		Keine	Geschl. Silo	12		Keine	26	26		
38	Offenes Silo		Sensorisch (1)	16	6	Von Hand	Gießen		Keine	Offenes Silo	8		Keine	24	22		
39	Offenes Silo		Keine	21		Von Hand	Gießen		Keine	Offenes Silo	30		Keine	51	51		
40	Geschlossenes Silo		Sensorisch (1)	25	22	Von Hand	Gießen		Keine	Geschl. Silo	22		Keine	47	47		
41	Offenes Silo +Walm		Sensorisch (1)	19	16	Von Hand	Gießen		Keine	Offenes Silo +Walm	24		Keine	43	43		
42	Tafel+Radlader		Sensorisch +Labor (6)	28	3	Radlader	Beregnung	Belüftung	Keine	Tafel+ Radlader	10	3	Keine	38		10	20

#### 4 Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse

Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen.

Parameter	Gliedverlust bez.auf 105° C getrockn. Probe	Wasser- kapazität	Feucht dichte	Trockenrück- stand lyo	Trockenrück- stand (lufttr.)	Trockenrück- stand 105° C	Wassergehalt 105° C	pH-Wert (lufttr. Probe)	Leitfähigkeit (lufttr. Probe)
Einheit/Anlage	%	g/100g TS	kg/l FS	%	%	%	%	--	mS/cm
1	34,4	148	0,93	55,6	56,9	52,0	48,0	7,9	4,2
2	31,3	128	0,88	64,9	66,8	65,0	35,0	7,8	3,2
3	41,1	130	0,75	70,4	72,7	52,4	47,6	7,5	2,7
4	37,5	147	0,83	60,1	62,2	56,3	43,7	7,8	3,9
5	29,6	97	0,85	67,8	69,8	60,4	39,6	7,6	1,8
6	28,5	143	1,00	58,7	60,5	55,6	44,4	7,5	1,9
7	30,0	101	1,02	64,9	66,6	64,9	35,1	7,4	2,8
8	43,3	142	0,74	62,2	64,7	58,5	41,5	7,5	3,2
9	48,7	149	0,62	69,6	74,2	71,4	28,6	7,5	3,1
10	15,4	84	1,02	76,7	77,4	76,9	23,1	7,1	1,2
11	41,5	120	0,74	72,5	73,6	70,2	29,8	7,5	3,0
12	31,4	138	0,82	65,7	67,3	64,3	35,7	7,7	2,9
13	42,7	151	0,72	60,3	61,4	59,5	40,5	7,8	3,2
14	34,3	108	0,80	71,1	70,8	67,5	32,5	7,8	4,1
15	23,2	84	0,90	73,0	73,4	70,8	29,2	7,7	1,0
16	39,0	176	0,78	52,2	51,0	46,0	54,0	7,7	2,3
17	50,5	280	0,76	42,6	41,6	37,9	62,1	7,5	2,1
18	46,8	229	0,67	60,4	58,7	52,1	47,9	7,5	3,7
19	21,3	118	1,04	53,3	59,5	59,5	40,5	7,4	0,5
20	38,0	120	0,87	65,9	66,5	59,3	40,7	7,6	3,7
21.01	42,9	246	0,67	57,9	59,2	52,0	48,0	7,5	2,5
21.02	45,0	-	-	63,8	64,2	62,0	38,0	7,5	2,2
21.03	45,0	-	-	62,0	61,5	54,3	45,7	7,6	2,3
22.01	44,3	239	0,68	53,7	51,0	45,3	54,7	7,5	1,0
22.02	42,1	-	-	49,2	50,0	48,2	51,8	7,5	0,9
22.03	41,1	-	-	45,9	49,9	46,9	53,1	7,5	0,8
23	36,5	211	0,75	51,2	51,9	48,7	51,3	7,6	1,4
24	45,4	195	0,94	46,3	47,8	44,7	55,3	7,9	2,4
25	42,7	134	0,70	80,7	74,7	71,0	29,0	7,5	2,8
26	42,9	172	0,52	70,9	69,7	66,8	34,2	7,8	4,6
27	38,3	214	0,75	54,2	54,0	51,3	48,7	7,7	1,9



Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen.

Parameter	Glühverlust bez.auf 105° C getrockn. Probe	Wasser- kapazität	Feucht dichte	Trockenrück- stand Iyo	Trockenrück- stand (lufttr.)	Trockenrück- stand 105° C	Wassergehalt 105° C	pH-Wert (lufttr. Probe)	Leitfähigkeit (lufttr. Probe)
Einheit/Anlage	%	g/100g TS	kg/l FS	%	%	%	%	--	mS/cm
28.01	24,7	137	0,98	61,1	61,2	59,1	40,9	7,6	2,0
28.02	27,7	-	-	53,6	54,5	53,2	46,8	7,7	2,4
28.03	27,4	-	-	56,7	55,9	53,8	46,2	7,7	2,4
29	39,0	131	0,76	75,6	72,2	68,7	31,3	7,6	3,2
30.01	44,9	212	0,58	60,6	59,9	57,6	42,4	7,6	1,5
30.02	43,9	-	-	58,1	62,8	62,3	37,7	7,7	1,5
30.03	43,4	-	-	53,6	58,3	55,3	44,7	7,6	1,5
31	32,0	138	0,80	59,6	63,3	60,9	39,1	7,6	3,0
32	33,2	160	0,80	60,5	62,7	61,4	38,6	7,7	2,5
33	30,4	168	0,61	65,5	65,8	63,7	36,3	7,4	1,1
34	44,3	146	0,92	54,2	65,7	53,8	46,2	7,6	2,8
35	44,9	231	0,81	41,3	41,0	39,1	60,9	7,4	1,4
36	41,7	200	0,90	43,1	42,6	41,1	58,9	7,2	1,3
37	36,4	197	0,92	46,9	46,9	45,1	54,9	7,3	1,9
38	52,2	234	0,94	31,2	30,2	29,4	70,6	7,7	1,9
39	42,4	147	0,73	58,7	59,3	56,4	43,6	7,1	3,6
40	25,0	154	1,04	53,8	54,6	53,0	47,0	7,8	1,2
41	32,7	140	0,79	61,2	62,5	60,1	39,9	7,7	1,9
42	48,9	148	0,64	67,5	69,7	65,6	34,4	7,7	2,1
BG	--	--	--	--	--	--	--	--	--
NG	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen.

Parameter	Kohlenstoff gesamt-TC (lufttr. Probe)	Anorgan. Kohlenstoff-TIC (lufttr. Probe)	N-Kjeldahl (lufttr. Probe)	Fluorid (lufttr. Probe)	EOX bez. auf lyophil. Probe	AOX bez. auf lyophil. Probe	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> gesamt % TS lufttr.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> cal % TS lufttr.	Chlorid-heiß- wasserlösl.
Einheit/Anlage	%	%	%	mg/kg TS Iyo	mg Cl/kg TS Iyo	mg Cl/kg TS Iyo	% TS lufttr.	% TS lufttr.	g/kg TS lufttr.
1	18,2	1,8	1,4	< 6	--	86	1,2	0,22	4,51
2	15,7	1,6	1,3	< 6	--	53	1,0	0,29	3,29
3	20,9	1,6	1,4	< 6	--	65	0,9	0,22	3,79
4	19,0	1,2	1,6	< 6	1,3	66	1,0	0,26	5,39
5	15,0	1,4	1,0	< 6	< 1,0	48	0,5	0,21	1,85
6	14,6	2,7	1,1	7,0	< 1,0	46	0,5	0,12	2,27
7	16,5	4,7	1,2	< 6	--	49	0,6	0,18	2,18
8	23,0	2,3	1,8	< 6	--	44	1,6	0,25	4,36
9	25,9	2,0	1,9	< 6	--	94	1,2	0,28	3,68
10	7,1	0,3	0,6	10,3	--	41	0,3	0,05	1,37
11	20,9	1,0	1,8	< 6	--	74	1,0	0,25	3,63
12	15,6	0,9	1,4	6,3	< 1,0	63	1,1	0,27	3,24
13	20,5	1,1	2,0	7,1	--	88	1,2	0,32	2,85
14	16,2	2,0	1,5	< 6	< 1,0	62	1,1	0,34	4,46
15	13,7	3,1	0,7	< 6	< 1,0	51	0,4	0,09	0,59
16	19,7	1,4	1,6	< 6	1,0	49	0,9	0,22	2,72
17	25,8	1,1	1,7	< 6	1,0	61	1,1	0,22	2,58
18	23,4	2,0	1,9	< 6	1,9	58	1,0	0,44	4,25
19	12,3	1,7	0,7	7,0	--	40	0,3	0,06	0,23
20	18,6	0,6	1,9	< 6	--	84	1,2	0,29	4,11
21.01	22,9	2,6	1,7	< 6	1,8	120	1,6	0,32	2,21
21.02	-	-	1,7	--	--	82	1,7	0,39	2,07
21.03	-	-	1,7	--	--	102	1,7	0,36	1,75
22.01	23,5	2,6	1,2	< 6	1,0	49	0,5	0,16	0,66
22.02	-	-	1,1	--	--	46	0,5	0,16	0,52
22.03	-	-	1,0	--	--	48	0,4	0,10	0,40
23	20,7	2,5	1,0	< 6	< 1,0	56	0,4	0,13	1,04
24	24,9	2,0	2,1	< 6	--	n.a.	1,3	0,23	4,42
25	22,4	1,8	1,7	< 6	--	n.a.	1,0	0,27	4,70
26	26,6	1,1	2,1	< 6	--	62	1,5	0,60	5,78
27	19,7	0,8	1,3	6,0	--	52	0,5	0,25	1,69

Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen.

Parameter	Kohlenstoff gesamt-TC (lufttr. Probe)	Anorgan. Kohlenstoff-TIC (lufttr. Probe)	N-Kjeldahl (lufttr. Probe)	Fluorid (lufttr. Probe)	EOX bez. auf lyophil. Probe	AOX bez. auf lyophil. Probe	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> gesamt % TS lufttr.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> cal % TS lufttr.	Chlorid-heiß- wasserlösl.
Einheit/Anlage	%	%	%	mg/kg TS Iyo	mg Cl/kg TS Iyo	mg Cl/kg TS Iyo	% TS lufttr.	% TS lufttr.	g/kg TS lufttr.
28.01	12,8	0,2	1,2	< 6	--	44	0,6	0,36	1,86
28.02	-	-	1,3	--	--	49	0,7	0,30	2,21
28.03	-	-	1,3	--	--	49	0,7	0,33	2,72
29	19,7	2,0	1,7	< 6	--	95	1,0	0,30	3,49
30.01	22,9	0,6	1,4	< 6	--	44	0,6	0,29	1,37
30.02	-	-	1,4	--	--	60	0,6	0,29	1,20
30.03	-	-	1,3	--	--	45	0,6	0,29	0,93
31	15,3	1,4	1,0	< 6	< 1,0	68	0,6	0,11	4,55
32	16,9	0,6	1,6	6,7	--	37	0,8	0,39	1,35
33	15,8	1,2	1,0	< 6	--	52	0,7	0,24	0,32
34	22,3	1,5	1,7	< 6	1,0	77	0,9	0,40	1,99
35	23,4	1,3	1,4	< 6	--	77	0,7	0,18	0,23
36	23,0	2,0	1,2	< 6	--	117	0,5	0,12	0,27
37	18,7	1,5	1,3	< 6	--	97	0,5	0,18	0,54
38	26,4	2,8	1,6	< 6	--	88	1,3	0,13	0,31
39	22,1	1,3	1,1	16,2	--	98	0,8	0,22	1,05
40	14,2	2,4	0,8	< 6	< 1,0	82	0,4	0,11	0,52
41	17,0	1,5	1,2	< 6	--	98	0,8	0,30	0,60
42	25,9	1,7	1,5	< 6	--	264	0,5	0,15	1,80
BG	0,05	0,05	0,1	6,0	1,0	35	0,03	0,01	0,03
NG	--	--	--	--	--	20	--	0,003	0,02

Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen

Parameter	Sulfat-heißwasserlösli. g/kg TS lufttr.	Bor-heißwasserlösli. mg/kg TS lufttr.	K <sub>2</sub> O CAL % TS lufttr.	K <sub>2</sub> O % TS lufttr.	CaO % TS lufttr.	MgO % TS lufttr.	Fe % TS lufttr.	Na mg/kg TS lufttr.	Cd mg/kg TS lufttr.
1	3,96	23	1,2	2,2	10,3	1,7	1,8	4200	0,8
2	2,76	14	0,7	1,7	8,8	1,6	1,7	2700	0,6
3	0,88	18	0,6	1,4	9,0	2,0	1,4	2400	0,5
4	1,99	15	0,7	1,6	8,1	1,8	1,2	3300	0,4
5	0,48	4	0,5	1,1	7,2	2,0	1,2	1000	0,3
6	0,87	7	0,5	1,3	11,5	3,5	1,8	1700	0,5
7	2,51	8	0,5	1,2	18,5	5,3	1,3	1900	0,6
8	1,19	21	0,9	1,7	12,1	2,6	1,2	3600	0,6
9	1,17	9	0,9	1,7	11,1	2,1	1,4	3300	0,7
10	0,41	2	0,2	0,5	2,4	1,0	3,5	1300	0,2
11	0,87	6	0,6	1,5	7,9	1,4	2,1	3000	0,6
12	1,13	5	0,6	1,5	5,9	1,5	2,0	2400	0,5
13	0,87	8	0,7	1,6	8,4	1,9	2,3	2900	0,7
14	2,10	10	1,0	1,9	10,8	2,5	1,5	3500	0,7
15	0,45	14	0,2	0,8	13,2	3,8	1,4	500	0,6
16	0,67	9	0,6	1,5	8,5	2,0	1,4	1800	0,6
17	0,35	9	0,4	1,1	7,1	1,7	1,9	2400	0,6
18	1,69	7	1,0	2,0	9,4	3,7	0,9	800	0,4
19	0,07	4	0,1	0,6	6,8	2,8	2,4	300	0,8
20	1,38	8	0,8	1,8	5,3	3,0	2,4	2900	0,5
21.01	1,28	11	0,3	1,0	14,2	2,5	0,9	2700	0,5
21.02	0,95	11	0,4	1,0	13,3	2,2	1,0	2700	0,6
21.03	0,98	10	0,3	1,1	12,6	2,1	1,0	2700	0,6
22.01	0,22	7	0,3	0,9	11,8	3,5	1,1	600	0,6
22.02	0,14	5	0,3	0,8	11,8	3,5	1,0	500	0,6
22.03	0,09	5	0,2	0,8	13,0	3,8	1,0	400	0,6
23	0,41	5	0,4	1,2	12,0	2,9	1,2	500	0,7
24	0,94	6	0,5	1,4	10,4	3,6	1,2	2500	0,6
25	0,43	10	0,5	1,4	12,6	1,6	1,1	3600	0,5
26	0,88	6	1,8	2,8	6,9	1,7	1,1	3700	0,6
27	0,94	10	0,6	1,5	6,2	1,9	1,4	300	0,5

Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen

Parameter	Sulfat-heiß- wasserlösl. g/kg TS luftrtr.	Bor-heiß- wasserlösl. mg/kg TS luftrtr.	K <sub>2</sub> O CAL % TS luftrtr.	K <sub>2</sub> O % TS luftrtr.	CaO % TS luftrtr.	MgO % TS luftrtr.	Fe % TS luftrtr.	Na mg/kg TS luftrtr.	Cd mg/kg TS luftrtr.
28.01	0,51	6	0,6	1,5	2,3	1,1	1,6	1200	0,5
28.02	0,58	2	0,7	1,7	2,5	1,0	1,4	1300	0,6
28.03	0,62	5	0,8	1,7	2,8	1,0	1,4	1400	0,5
29	1,73	6	0,7	1,6	10,7	2,0	1,2	2900	0,6
30.01	0,39	7	0,5	1,3	5,3	1,5	1,3	900	0,4
30.02	0,24	4	0,5	1,3	5,6	1,6	1,3	900	0,4
30.03	0,25	5	0,5	1,4	5,0	1,5	1,3	800	0,4
31	0,67	5	0,5	1,4	7,7	1,8	3,1	3700	0,7
32	0,91	9	0,8	2,0	4,1	1,4	2,4	700	0,6
33	0,31	13	0,2	0,7	9,4	1,7	1,5	600	0,9
34	0,84	4	0,9	1,8	8,7	2,0	1,2	900	0,5
35	0,47	7	0,3	0,9	8,8	2,8	1,6	600	0,8
36	0,37	5	0,2	0,7	11,1	1,8	1,3	500	0,6
37	0,54	2	0,3	0,9	7,4	2,1	1,5	1100	0,5
38	0,48	15	0,7	2,1	15,8	2,5	0,6	1500	0,7
39	6,05	14	0,4	1,0	7,8	2,6	1,8	1000	0,5
40	0,56	1	0,2	0,8	12,7	2,1	1,5	900	0,5
41	0,68	10	0,5	1,2	9,8	1,5	1,6	900	0,8
42	0,16	15	0,7	1,4	9,5	2,2	1,1	1200	0,7
BG	0,02	1	0,1	0,03	0,17	0,04	0,05	75	0,2
NG	0,01	--	--	--	--	--	--	--	--

Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen

Parameter	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	As	Co	Mn	Mo
Einheit/Anlage	mg/kg lufttr.	mg/kg TS lufttr.	mg/kg TS lufttr.	mg/kg TS lufttr.	mg/kg TS lufttr.	mg/kg TS lufttr.	mg/kg TS lufttr.	mg/kg TS lufttr.	mg/kg TS lufttr.	mg/kg TS lufttr.
1	36	84	0,2	38	52	240	4,7	9,1	1800	2,0
2	30	61	0,1	28	64	240	4,2	7,1	1200	1,7
3	23	54	0,2	18	48	220	3,9	5,3	520	1,7
4	26	56	0,1	16	43	210	3,6	4,4	360	1,6
5	18	32	0,2	15	38	120	4,1	5,2	360	1,2
6	26	44	0,1	21	32	130	5,6	6,0	490	1,7
7	16	61	0,2	16	69	170	6,0	3,3	300	1,5
8	22	83	0,2	18	61	230	2,9	4,3	620	2,1
9	28	71	0,2	20	113	340	5,2	5,2	650	2,6
10	40	29	0,1	43	23	80	10	17	700	2,2
11	26	60	0,2	34	62	190	5,5	7,7	670	2,1
12	34	44	0,2	42	47	190	4,8	10	990	2,0
13	40	54	0,2	43	154	230	4,4	8,8	1300	2,2
14	22	63	0,1	21	46	210	6,2	6,1	900	1,8
15	22	72	0,3	18	87	430	5,3	5,3	400	1,4
16	28	42	0,1	14	123	170	2,9	4,2	720	1,5
17	64	390	0,2	45	135	570	4,9	37	660	7,9
18	19	26	0,1	10	26	120	1,6	3,0	630	3,0
19	23	30	0,1	22	57	250	7,8	9,9	480	2,2
20	44	62	0,2	140	58	190	7,2	14	600	3,1
21.01	23	83	0,3	15	99	280	2,4	3,7	450	1,8
21.02	23	87	-	14	67	200	--	3,0	390	1,8
21.03	25	90	-	15	68	220	--	3,2	390	2,0
22.01	20	56	0,2	16	57	150	3,5	4,4	410	1,4
22.02	19	43	-	15	69	150	--	4,3	410	1,3
22.03	18	43	-	15	92	150	--	4,2	400	1,3
23	22	43	0,2	16	56	140	5,1	5,5	240	1,8
24	16	151	0,2	14	44	200	4,9	3,8	240	2,3
25	18	67	0,2	16	53	170	3,3	4,3	370	1,9
26	17	45	0,3	15	44	130	5,3	4,2	290	2,7
27	16	26	0,2	14	37	120	4,6	5,0	470	1,9

Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen

Parameter Einheit/Anlage	Cr mg/kg lufttr.	Cu mg/kg TS lufttr.	Hg mg/kg TS lufttr.	Ni mg/kg TS lufttr.	Pb mg/kg TS lufttr.	Zn mg/kg TS lufttr.	As mg/kg TS lufttr.	Co mg/kg TS lufttr.	Mn mg/kg TS lufttr.	Mo mg/kg TS lufttr.
28.01	12	19	0,0	7	16	100	1,8	5,0	520	1,9
28.02	8	19	-	5	13	110	--	3,8	710	2,1
28.03	8	19	-	5	30	100	--	3,6	750	2,1
29	25	63	0,2	15	65	190	4,6	3,9	480	2,0
30.01	18	32	0,1	12	65	110	2,6	4,1	730	1,4
30.02	18	32	-	13	31	120	--	4,4	750	1,4
30.03	18	31	-	14	37	120	--	4,7	690	1,6
31	27	59	0,1	43	26	110	27	16	920	2,1
32	30	35	0,2	29	27	140	11	11	660	3,8
33	31	86	0,6	23	145	540	6,3	6,0	570	1,6
34	15	44	0,1	14	31	150	3,0	4,9	850	1,5
35	34	54	0,3	19	52	240	5,4	8,9	480	1,8
36	20	34	0,2	21	27	140	8,8	7,5	520	2,1
37	20	30	0,1	18	29	130	7,1	7,8	410	1,8
38	16	82	0,2	20	33	230	1,2	5,6	2000	3,1
39	1300	51	0,1	23	37	180	7,4	12	420	1,6
40	25	37	0,2	21	53	170	4,8	6,9	410	1,5
41	23	73	0,4	29	91	350	5,4	14	2200	1,6
42	20	64	0,2	15	65	240	2,6	6,1	410	1,4
BG	2	10	0,03	2	5	10	0,03	0,2	13	0,5
NG	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen

Parameter	Acenaphthylen	Acenaphthen	Fluoren	Phenanthren	Anthracen	Fluoranthren	Pyren	Triphenylen	Benzo(a)-anthracen
Einheit/Anlage	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo
1	n.n.	n.n.	< 9,37	63,4	10,2	136	79,9	11,0	35,5
2	n.n.	n.n.	n.n.	44,8	6,06	128	115	n.n.	57,5
3	n.n.	n.n.	18,1	204	13,1	322	223	n.n.	56,6
4	n.n.	n.n.	34,7	298	59,4	593	391	n.n.	379
5	n.n.	n.n.	13,1	146	36,4	291	258	16,6	152
6	n.n.	n.n.	14,7	124	25,9	243	157	7,05	139
7	n.n.	n.n.	< 9,37	132	24,3	426	326	15,7	254
8	n.n.	n.n.	< 9,37	104	8,94	305	237	n.n.	49,3
9	n.n.	n.n.	n.n.	125	10,4	251	205	17,3	83,9
10	n.n.	n.n.	n.n.	18,3	1,96	26,8	14,5	n.n.	8,09
11	n.n.	n.n.	n.n.	62,3	8,70	234	154	31,9	178
12	n.n.	n.n.	n.n.	41,7	7,56	115	85,7	13,8	72,5
13	n.n.	n.n.	n.n.	53,8	4,47	64,1	58,0	13,4	41,3
14	n.n.	n.n.	n.n.	25,2	3,34	77,2	60,5	15,4	44,4
15	n.n.	n.n.	n.n.	105	21,1	566	468	57,2	412
16	n.n.	n.n.	n.n.	93,7	25,8	427	276	32,3	281
17	n.n.	n.n.	n.n.	26,3	6,93	134	77,9	17,0	80,1
18	n.n.	n.n.	n.n.	75,9	20,5	194	167	n.n.	30,0
19	n.n.	n.n.	n.n.	43,3	9,58	94,6	81,5	13,9	37,7
20	n.n.	n.n.	n.n.	26,8	3,75	87,1	59,7	n.n.	50,6
21.01	n.n.	n.n.	14,2	151	32,6	425	347	46,2	194
21.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22.01	n.n.	n.n.	n.n.	17,5	2,59	209	113	n.n.	100
22.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	n.n.	n.n.	n.n.	14,2	2,42	14,9	36,1	n.n.	n.n.
24	n.n.	n.n.	< 9,37	36,8	4,24	74,9	66,9	18,4	43,8
25	n.n.	n.n.	n.n.	91,6	9,72	245	194	n.n.	67,6
26	n.n.	n.n.	n.n.	31,8	3,48	41,7	53,0	n.n.	< 6,18
27	n.n.	n.n.	n.n.	30,3	5,92	85,4	68,1	13,6	65,8



Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen

Parameter	Acenaphthylen	Acenaphthen	Fluoren	Phenanthren	Anthracen	Fluoranthren	Pyren	Triphenylen	Benzo(a)-anthracen
Einheit/Anlage	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo
28.01	n.n.	n.n.	n.n.	43,5	7,99	91,7	70,4	10,9	40,0
28.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	n.n.	n.n.	n.n.	14,0	2,42	57,0	47,5	n.n.	54,2
30.01	n.n.	n.n.	n.n.	40,4	3,72	114	74,6	8,43	58,1
30.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	n.n.	n.n.	n.n.	17,4	2,33	32,4	35,9	< 6,45	12,9
32	n.n.	n.n.	n.n.	26,3	3,51	58,2	51,1	8,99	16,5
33	n.n.	n.n.	n.n.	11,5	1,74	34,3	17,2	< 6,45	12,2
34	n.n.	n.n.	n.n.	20,3	4,15	74,2	58,1	11,1	33,7
35	n.n.	n.n.	10,4	98,2	11,4	373	152	26,0	216
36	n.n.	n.n.	17,6	108	23,3	201	150	9,47	91,7
37	n.n.	n.n.	< 9,37	56,3	10,8	133	109	12,6	77,0
38	n.n.	n.n.	n.n.	12,6	< 1,24	36,5	16,6	8,65	18,8
39	n.n.	n.n.	< 9,37	49,0	8,32	192	97,3	8,74	88,2
40	n.n.	n.n.	24,0	296	54,4	510	412	26,8	232
41	n.n.	n.n.	175	1251	295	1896	1494	54,1	819
42	n.n.	n.n.	34,4	200	35,4	585	465	61,4	294
BG	30,0	29,0	9,37	3,60	1,24	9,22	6,74	6,45	6,18
NG	15,0	14,5	4,69	1,80	0,62	4,61	3,37	3,22	3,09

Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen

Parameter	Chrysen	Benzo(e)-pyren	Benzo(b)-fluoranthen	Benzo(k)-fluoranthen	Benzo(a)-pyren	Dibenzo(a,h)-anthracen	Benzo(g,h,i)-perylen	Indeno(1,2,3-cd)pyren	Coronen
Einheit/Anlage	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo
1	72,6	61,4	61,3	22,9	31,0	< 5,59	20,8	30,9	< 9,57
2	82,6	54,2	77,4	33,4	44,9	< 5,59	42,8	49,3	< 9,57
3	96,8	57,7	90,6	39,6	48,6	< 5,59	41,9	73,3	14,2
4	433	478	410	184	419	27,7	186	292	18,9
5	171	199	191	84,8	157	9,77	104	148	10,9
6	159	186	161	74,8	119	14,7	95,5	149	22,4
7	294	271	308	141	233	20,5	164	248	26,2
8	97,9	62,5	85,3	34,0	42,8	< 5,59	51,8	49,5	13,4
9	142	118	130	52,4	58,9	< 5,59	60,7	97,1	20,1
10	10,1	n.n.	7,46	2,55	3,16	n.n.	5,67	3,63	n.n.
11	218	212	221	97,3	177	22,0	119	210	25,1
12	87,7	102	91,2	38,9	59,6	7,61	51,3	78,0	21,9
13	73,9	73,9	68,4	25,9	36,9	9,23	56,9	59,8	12,9
14	65,9	68,8	65,9	26,4	33,7	< 5,59	29,5	50,7	15,4
15	438	656	537	233	554	39,4	268	517	75,1
16	296	367	279	125	236	35,6	120	239	22,6
17	101	128	127	53,7	130	10,6	63,8	111	20,3
18	54,8	53,2	61,0	24,4	25,9	< 5,59	25,4	48,5	< 9,57
19	49,9	71,0	72,6	30,1	45,6	6,14	46,5	64,7	20,6
20	74,3	89,8	86,8	38,1	80,4	< 5,59	52,6	72,8	15,1
21.01	204	172	211	96,4	184	12,2	74,4	152	15,9
21.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22.01	121	155	198	86,6	161	13,9	55,4	163	n.n.
22.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	5,86	n.n.	8,68	3,60	6,73	n.n.	< 4,62	10,2	n.n.
24	62,3	78,2	80,0	30,3	44,1	8,30	40,8	65,0	17,1
25	95,7	53,5	89,1	37,3	57,0	< 5,59	36,3	74,8	n.n.
26	17,8	17,2	20,2	7,16	12,1	< 5,59	10,7	18,9	< 9,57
27	90,2	153	126	41,6	70,6	8,39	29,0	111	16,1

Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen

Parameter	Chrysen	Benzo(e)- pyren	Benzo(b)- fluoranthen	Benzo(k)- Fluoranthen	Benzo(a)- pyren	Dibenzo(a,h)- anthracen	Benzo(g,h,i)- Perylen	Indeno (1,2,3- cd) pyren	Coronen
Einheit/Anlage	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo
28.01	56,5	93,4	79,3	28,1	49,2	< 5,59	21,4	82,7	17,8
28.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	74,0	55,4	84,7	35,7	56,1	< 5,59	40,0	78,2	13,4
30.01	72,8	64,5	73,3	33,1	57,0	< 5,59	31,7	70,2	< 9,57
30.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	31,3	35,7	30,5	10,1	14,5	n.n.	11,6	20,3	< 9,57
32	24,3	27,9	26,8	11,8	17,7	n.n.	14,7	27,9	< 9,57
33	23,4	30,5	32,8	10,9	16,4	< 5,59	13,4	26,2	< 9,57
34	54,1	55,2	60,2	24,0	56,4	n.n.	32,3	46,9	10,7
35	228	358	261	128	219	34,9	122	252	17,4
36	79,0	159	89,6	43,5	125	20,1	51,2	93,5	11,8
37	85,3	135	106	46,2	119	12,8	54,8	113	17,2
38	23,7	27,0	25,9	11,2	18,5	n.n.	18,9	22,3	n.n.
39	92,6	130	97,3	46,5	73,9	8,99	57,2	91,5	< 9,57
40	237	371	259	120	258	16,8	131	260	48,7
41	797	1242	736	347	864	36,9	358	691	88,5
42	298	514	398	185	446	29,6	232	419	54,2
BG	2,21	23,0	3,72	1,88	1,58	5,59	4,62	3,45	9,57
NG	1,10	11,5	1,86	0,94	0,79	2,80	2,31	1,73	4,79

Tab. 5 Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen

Parameter	LAS	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 153	PCB 138	PCB 180	Summe 6 Ballschmitter	PCB 81
Einheit/Anlage	mg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo
1	-	< 0,8*	n.n	0,85*	2,6*	2,8*	3,1*	9,35	n.n
2	-	< 0,8*	< 0,8*	< 0,8*	1,3*	2,2*	1,3*	4,80	n.n*
3	-	< 0,8*	< 0,8*	1,7*	4,2*	4,1*	3,1*	13,10	n.n
4	n.n.	< 0,8*	< 0,8*	1,4*	2,5*	3,3*	1,8*	9,00	n.n
5	n.n.	n.n	n.n	n.n	1,1*	1,1*	0,94*	3,14	n.n*
6	n.n.	n.n	n.n	1,2*	2,7*	4,0*	3,1*	11,00	n.n
7	-	n.n	n.n	0,92*	2,4*	2,6*	1,8*	7,72	n.n
8	-	< 0,8*	< 0,8*	1,2*	3,1*	3,8*	2,7*	10,80	n.n*
9	-	0,87*	n.n	0,9*	3,3*	3,2*	1,8*	10,07	n.n
10	-	n.n	n.n*	n.n	< 0,8*	n.n	n.n	--	n.n
11	-	< 0,8	n.n	1,1*	5,2*	6,2*	4,4*	16,90	n.n*
12	n.n.	< 0,8	n.n	< 0,8*	2,3*	2,4*	1,7*	6,40	n.n
13	-	< 0,8*	n.n	0,86*	3,7*	3,8*	3,4*	11,76	n.n
14	n.n.	1,1*	< 0,8*	3,1*	6,0*	6,8*	3,7*	20,70	n.n*
15	n.n.	0,9*	< 0,8*	3,1*	7,9*	9,5*	6,7*	28,10	n.n*
16	n.n.	< 0,8	< 0,8	2,8*	9,3*	10,6*	7,9*	30,60	n.n*
17	n.n.	n.n	n.n	1,1*	5,8*	6,1*	4,4*	17,40	n.n*
18	n.n.	n.n	n.n	1,1*	3,9*	4,3*	2,7*	12,00	n.n
19	-	n.n	n.n	3,6*	7,8*	8,5*	5,4*	25,30	n.n*
20	-	n.n	n.n	1,2*	5,0*	4,6*	3,5*	14,30	n.n*
21.01	n.n.	0,86*	< 0,8	1,7*	6,0*	6,7*	4,3*	19,56	n.n
21.02	-	--	--	--	--	--	--	--	--
21.03	-	--	--	--	--	--	--	--	--
22.01	n.n.	0,95*	n.n	1,7*	5,9*	6,5*	4,9*	19,95	n.n
22.02	-	--	--	--	--	--	--	--	--
22.03	-	--	--	--	--	--	--	--	--
23	n.n.	n.n	n.n	1,3*	3,4*	4,0*	2,8*	11,50	n.n
24	-	< 0,8	n.n	1,6*	3,6*	4,7*	2,5*	12,40	n.n
25	-	< 0,8*	n.n	< 0,8	5,2*	5,5*	3,1*	13,80	n.n
26	-	< 0,8	n.n	< 0,8	1,8*	1,5*	1,1*	4,40	n.n
27	-	n.n	n.n	< 0,8	2,7*	2,3*	1,8*	6,80	n.n

Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen

Parameter	LAS	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 153	PCB 138	PCB 180	Summe 6 Ballschmitter	PCB 81
Einheit/Anlage	mg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo
28.01	-	n.n	n.n	n.n	< 0,8	n.n	n.n	--	n.n
28.02	-	--	--	--	--	--	--	--	--
28.03	-	--	--	--	--	--	--	--	--
29	-	1,4*	0,82*	2,9*	6,6*	8,1*	5,1*	24,92	n.n*
30.01	-	n.n	n.n	< 0,8	1,6*	1,4*	1,1*	4,10	n.n*
30.02	-	--	--	--	--	--	--	--	--
30.03	-	--	--	--	--	--	--	--	--
31	n.n.	n.n	n.n	n.n	< 0,8	< 0,8	n.n	--	n.n
32	-	< 0,8	n.n	n.n	< 0,8*	0,9*	< 0,8	0,90	n.n
33	-	< 0,8	n.n	< 0,8	2,1*	2,2*	1,5*	5,80	n.n
34	n.n.	n.n	< 0,8	3,2*	9,1*	9,5*	7,8*	29,60	n.n*
35	-	n.n	n.n	< 0,8	2,0*	3,6*	< 0,8*	5,60	n.n
36	-	< 0,8	n.n	n.n	1,2*	0,95*	< 0,8	2,15	n.n
37	-	< 0,8	n.n	< 0,8	12,2*	10,6*	8,6*	31,40	n.n
38	-	n.n	n.n	n.n	3,2*	4,3*	2,6*	10,10	n.n
39	-	n.n	n.n	n.n	< 0,8	< 0,8	2,2*	2,20	n.n
40	n.n.	n.n	n.n	< 0,8	1,3*	2,2*	0,95*	4,45	n.n*
41	-	n.n	n.n	< 0,8	2,1*	2,4*	2,0*	6,50	n.n
42	-	< 0,8	< 0,8	3,6*	7,3*	6,3*	6,4*	23,60	n.n*
BG	25	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	--	0,8
NG	20	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	--	0,4

Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen

Parameter	PCB 77	PCB 126	PCB 169	HCB	$\alpha$ – HXH	$\beta$ – HXH	$\gamma$ – HXH	$\delta$ – HXH	Chlordan cis	Chlordan trans
Einheit/Anlage	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$
1	n.n*	n.n	n.n	2,8*	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n
2	n.n	n.n*	n.n	< 0,8*	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n
3	n.n	n.n	n.n	< 0,8*	n.n	< 0,8*	< 0,8*	n.n	n.n	n.n
4	n.n*	n.n	n.n	1,1	n.n	n.n	< 0,8	n.n	n.n	n.n
5	n.n*	n.n	n.n*	0,82*	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n
6	n.n	n.n	n.n	< 0,8	n.n	n.n	< 0,8	n.n	n.n	n.n
7	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n
8	n.n*	n.n	n.n	< 0,8	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n
9	n.n	n.n*	n.n	< 0,8	n.n	n.n	< 0,8	n.n	n.n	n.n
10	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n
11	n.n*	n.n	n.n	< 0,8	n.n	n.n	< 0,8	n.n	n.n	n.n
12	n.n	n.n	n.n	1,1*	n.n	n.n	< 0,8	n.n	n.n	n.n
13	n.n	n.n	n.n*	1,7*	n.n	n.n	0,92*	n.n	n.n	n.n
14	n.n	n.n*	n.n	1,4*	n.n	n.n	< 0,8	n.n	< 0,8	1,2*
15	n.n*	n.n*	n.n*	1,7*	n.n	n.n	< 0,8	n.n	n.n	n.n
16	n.n*	n.n*	n.n	< 0,8	n.n	n.n	< 0,8	n.n	n.n	n.n
17	n.n*	n.n	n.n	1,2*	n.n	n.n	0,9	n.n	n.n	n.n
18	n.n*	n.n*	n.n	< 0,8	n.n	n.n	< 0,8	n.n	n.n	n.n
19	n.n*	n.n*	n.n	< 0,8*	n.n	n.n	< 0,8	n.n	n.n	n.n
20	n.n*	n.n	n.n*	< 0,8	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n
21.01	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	< 0,8	n.n	n.n	n.n	n.n
21.02	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21.03	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
22.01	n.n*	n.n*	n.n	< 0,8*	n.n	n.n	< 0,8	n.n	n.n	n.n
22.02	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
22.03	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
23	n.n	n.n*	n.n	< 0,8*	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n
24	n.n*	n.n	n.n*	< 0,8*	n.n	n.n	< 0,8	n.n	n.n	n.n
25	n.n*	n.n	n.n	1,0*	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n
26	n.n*	n.n	n.n	< 0,8*	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n
27	n.n*	n.n	n.n	< 0,8	n.n	n.n	0,97*	n.n	n.n	n.n

Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen

Parameter	PCB 77	PCB 126	PCB 169	HCB	$\alpha$ – HXH	$\beta$ – HXH	$\gamma$ – HXH	$\delta$ – HXH	Chlordan cis	Chlordan trans
Einheit/Anlage	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$
28.01	n.n	n.n	n.n	< 0,8	n.n	n.n	< 0,8	n.n	n.n	n.n
28.02	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
28.03	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
29	< 0,8*	n.n*	n.n	< 0,8*	n.n	n.n	< 0,8	n.n	n.n	n.n
30.01	n.n*	n.n	n.n	1,0*	n.n	n.n	< 0,8	n.n	n.n	n.n
30.02	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
30.03	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
31	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n
32	n.n	n.n	n.n	< 0,8*	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n
33	n.n*	n.n	n.n	< 0,8	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n
34	n.n	n.n*	n.n	< 0,8*	n.n	n.n	< 0,8	n.n	n.n	n.n
35	n.n*	n.n	n.n	< 0,8*	n.n	n.n	3,6*	n.n	n.n	n.n
36	n.n	n.n	n.n*	1,3*	n.n	n.n	0,8*	n.n	n.n	n.n
37	n.n*	n.n*	n.n	< 0,8*	n.n	n.n	< 0,8	n.n	n.n	n.n
38	n.n*	n.n*	n.n	< 0,8*	n.n	n.n	2,0*	n.n	n.n	n.n
39	n.n*	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n*	2,4*	n.n	n.n	n.n*
40	n.n*	n.n	n.n	n.a.	n.n	n.n	0,94	n.n	n.n	n.n
41	n.n*	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	0,98*	n.n	n.n	n.n
42	n.n*	n.n*	n.n	1900*	0,83*	n.n	0,87*	n.n	n.n	n.n
BG	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,80	0,80
NG	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,40	0,40

Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen

Parameter	Aldrin	Dieldrin	Endrin	Heptachlor	Heptachlor-epoxid	$\alpha$ -Endosulfan	$\beta$ -Endosulfan	2378-TCDD	12378-PeCDD	123478-HxCDD
Einheit/Anlage	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$
1	n.n.	< 0,8	1,2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,5	1,6	2,1
2	n.n.	n.n.*	1,40	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,8	0,5	1,2	2,0
3	n.n.	< 0,8	1,70	n.n.	< 0,8	n.n.	< 0,8	0,5	1,1	1,6
4	n.n.	n.n.*	1,30	n.n.	n.n.*	n.n.	n.n.	0,3	0,9	1,2
5	n.n.	n.n.*	n.n.	n.n.	n.n.*	n.n.	n.n.	0,2	0,4	0,6
6	n.n.	n.n.	1,40	n.n.	n.n.*	n.n.	n.n.	0,3	1,2	1,7
7	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,8	n.n.	n.n.	0,3	1,0	1,7
8	n.n.	n.n.	1,20	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,6	1,7	2,6
9	n.n.	n.n.	1,50	n.n.	n.n.	n.n.	0,84	1,0	2,8	3,9
10	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,8	0,1	0,2	0,3
11	n.n.	n.n.	2,80	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,8	0,2	0,6	0,9
12	n.n.	< 0,8	1,20	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,8	0,5	1,0	0,9
13	n.n.	n.n.*	1,40	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,8	0,4	1,2	1,8
14	n.n.	n.n.*	2,40	n.n.	n.n.*	n.n.	n.n.	0,6	1,1	2,0
15	n.n.	n.n.*	2,40	n.n.	< 0,8	n.n.	n.n.	0,4	0,7	0,7
16	n.n.	< 0,8	2,90	n.n.	< 0,8	n.n.	n.n.	0,5	0,7	1,1
17	n.n.	n.n.	2,00	n.n.	< 0,8	n.n.	n.n.	0,2	0,3	0,4
18	n.n.	n.n.	2,10	n.n.	n.n.*	n.n.	n.n.	0,4	1,7	2,1
19	n.n.	n.n.*	2,20	n.n.	n.n.*	n.n.	n.n.	0,0	0,5	0,7
20	n.n.	n.n.*	1,90	n.n.	n.n.*	n.n.	n.n.	0,1	0,7	1,0
21.01	n.n.	n.n.*	1,90	n.n.	n.n.*	n.n.	n.n.	0,4	1,6	2,4
21.02	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21.03	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
22.01	n.n.	n.n.*	2,40	n.n.	n.n.*	n.n.	n.n.	0,5	1,2	2,4
22.02	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
22.03	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
23	n.n.	n.n.*	2,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,2	0,6	0,7
24	n.n.	n.n.*	2,10	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,5	1,0	2,3
25	n.n.	n.n.	2,60	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,4	0,9	1,3
26	n.n.	n.n.*	< 0,8	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,2	0,4	0,6
27	n.n.	n.n.	1,10	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,3	0,7	1,1



Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen

Parameter	Aldrin	Dieldrin	Endrin	Heptachlor	Heptachlor-epoxid	$\alpha$ -Endosulfan	$\beta$ -Endosulfan	2378-TCDD	12378-PeCDD	123478-HxCDD
Einheit/Anlage	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$	$\mu\text{g/kg TS Iyo}$
28.01	n.n.	n.n.*	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,0	0,1	0,2
28.02	--	--	--	--	--	--	--			
28.03	--	--	--	--	--	--	--			
29	n.n.	n.n.*	3,60	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,4	1,3	2,5
30.01	n.n.	n.n.*	< 0,8	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,2	0,8	1,1
30.02	--	--	--	--	--	--	--			
30.03	--	--	--	--	--	--	--			
31	n.n.	n.n.	< 0,8	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,3	0,4	0,5
32	n.n.	n.n.*	42,5*	n.n.	n.n.	n.n.	2,10	0,2	0,3	0,4
33	n.n.	n.n.	1,20	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,2	0,7	1,0
34	n.n.	n.n.*	n.n.*	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,5	2,0	2,2
35	n.n.	n.n.	< 0,8	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,8	0,3	1,0	2,1
36	n.n.	n.n.	0,87	n.n.	n.n.	n.n.*	3,00	0,3	0,4	0,5
37	n.n.	n.n.	2,10	n.n.	n.n.	n.n.*	4,50	0,3	0,9	2,9
38	n.n.	n.n.	1,70	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,2	0,3	0,6
39	n.n.	< 0,8	n.n.	n.n.	n.n.	12,6*	36,5*	0,8	5,3	9,0
40	n.n.	n.n.	< 0,8	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,1	0,3	0,5
41	n.n.	n.n.*	< 0,8	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,8	0,7	1,9	2,0
42	n.n.	n.n.*	3,20	n.n.	n.n.*	n.n.	n.n.	0,4	0,5	1,4
BG	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,04	0,08	0,08
NG	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40			

Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen

Parameter	123678-HxCDD	123789-HxCDD	1234678-HpCDD	OCDD	Summe TCDD	Summe PeCDD	Summe HxCDD	Summe HpCDD	2378-TCDF	12378-PeCDF
Einheit/Anlage	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo
1	4,5	3,0	237,9	1752,6	14,2	17,7	46,4	426,0	3,2	2,2
2	5,2	3,0	197,9	1250,9	9,5	11,3	42,6	360,3	2,9	1,6
3	5,1	3,2	258,5	1485,1	12,5	16,7	49,1	446,2	3,1	1,7
4	3,9	3,2	126,2	739,1	17,4	19,2	37,4	221,3	2,6	1,6
5	1,8	1,1	66,6	483,5	6,4	7,8	23,7	121,8	1,5	0,7
6	3,8	2,8	138,9	760,9	14,9	18,2	46,0	235,6	2,3	1,3
7	5,6	2,9	285,6	1382,7	9,7	21,2	53,6	500,8	3,0	1,6
8	5,3	3,4	336,2	1874,5	16,1	22,4	64,3	515,9	4,6	2,1
9	7,8	4,5	247,0	2242,8	29,5	35,6	94,4	522,1	9,2	5,2
10	0,6	0,4	16,3	110,3	0,5	0,7	5,8	27,1	0,6	0,2
11	4,0	2,2	189,5	1101,3	4,5	8,1	35,3	302,9	2,0	1,0
12	2,4	1,4	88,0	490,6	15,1	14,7	28,7	153,7	3,0	1,5
13	3,7	2,0	173,7	1173,9	10,4	11,5	37,2	304,2	2,9	1,9
14	4,7	2,5	345,6	1502,9	17,4	23,0	59,4	508,2	2,8	1,3
15	2,3	1,2	64,0	328,1	8,0	12,7	25,5	117,8	3,6	1,6
16	3,3	1,8	175,7	968,7	5,4	9,2	35,8	283,7	2,4	1,2
17	1,0	0,6	38,5	312,6	3,2	4,4	11,8	67,2	1,1	0,5
18	3,8	1,9	132,2	668,6	13,9	22,2	53,2	221,4	2,7	1,6
19	2,6	1,7	112,6	1051,6	3,5	3,1	25,0	194,9	1,1	0,5
20	2,5	1,8	118,0	659,8	8,5	6,8	26,5	204,6	1,6	0,9
21.01	10,1	5,5	735,1	3163,5	9,9	20,4	109,3	1150,5	2,4	1,1
21.02										
21.03										
22.01	16,2	5,9	1137,5	5222,4	10,1	19,3	154,3	1970,8	2,7	1,1
22.02										
22.03										
23	2,0	1,2	90,2	451,0	5,9	5,5	21,4	142,3	1,9	0,7
24	5,2	3,8	343,7	2631,3	5,8	10,2	59,7	553,8	1,9	0,7
25	7,5	4,0	569,8	2445,4	9,7	13,8	62,1	800,7	2,1	0,9
26	1,8	1,2	87,7	386,3	4,4	4,2	18,5	128,2	1,0	0,5
27	5,2	2,0	235,0	2212,2	5,0	9,4	41,1	499,0	1,5	0,9

Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen

Parameter	123678-HxCDD µg/kg TS Iyo	123789-HxCDD µg/kg TS Iyo	1234678- HpCDD µg/kg TS Iyo	OCDD µg/kg TS Iyo	Summe TCDD µg/kg TS Iyo	Summe PeCDD µg/kg TS Iyo	Summe HxCDD µg/kg TS Iyo	Summe HpCDD µg/kg TS Iyo	2378-TCDF µg/kg TS Iyo	12378-PeCDF µg/kg TS Iyo
28.01	0,3	0,3	12,7	56,0	0,4	0,2	4,2	22,2	0,5	0,2
28.02										
28.03										
29	7,8	3,5	486,3	2290,5	14,9	20,9	73,2	790,0	3,2	1,5
30.01	2,8	1,9	116,6	880,3	7,3	10,5	29,8	187,2	2,3	1,2
30.02										
30.03										
31	1,0	0,7	29,2	196,8	4,6	5,4	13,7	52,7	1,2	0,5
32	1,0	0,8	35,5	236,0	2,7	5,0	11,1	56,5	2,9	1,8
33	3,2	1,7	162,9	1302,2	1,3	6,2	32,3	269,8	1,6	0,7
34	3,9	3,5	66,2	400,4	22,0	30,9	57,8	114,7	7,3	5,0
35	4,0	2,3	122,9	751,7	3,8	18,5	55,3	211,3	1,6	1,0
36	1,9	0,9	55,7	400,2	2,0	3,5	14,4	99,9	1,2	0,5
37	1,5	2,1	23,4	80,2	3,3	16,7	39,0	52,2	0,6	0,3
38	2,1	1,0	50,6	393,5	1,7	3,1	22,3	103,4	1,2	0,3
39	117,5	31,3	3425,5	18409,3	39,1	91,0	582,7	5641,6	4,5	1,5
40	1,4	0,8	54,9	281,1	3,0	4,3	14,5	86,4	1,4	0,6
41	5,3	2,9	143,2	861,0	20,5	24,3	63,3	232,6	9,3	5,0
42	5,8	2,8	383,5	1872,0	7,3	7,4	46,0	598,1	2,1	0,8
BG										
NG	0,08	0,08	0,12	0,16					0,04	0,04

Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen

Parameter	23478-PeCDF µg/kg TS Iyo	123478-HxCDF µg/kg TS Iyo	123678-HxCDF µg/kg TS Iyo	234678-HxCDF µg/kg TS Iyo	123789-HxCDF µg/kg TS Iyo	1234678- HpCDF µg/kg TS Iyo	1234789- HpCDF µg/kg TS Iyo	OCDF µg/kg TS Iyo	Summe TCDF µg/kg TS Iyo	Summe PeCDF µg/kg TS Iyo
1	3,6	2,3	2,7	2,2	0,2	13,6	1,3	33,0	44,1	40,0
2	2,2	1,8	1,7	1,9	0,2	15,6	1,7	28,3	51,6	25,1
3	2,6	2,3	1,7	2,2	0,2	15,6	1,3	20,5	38,3	29,8
4	2,7	1,6	1,8	2,1	0,1	14,0	1,0	23,7	34,5	31,3
5	1,1	1,2	1,1	1,1	0,1	8,7	0,6	20,5	21,7	15,7
6	2,4	2,0	1,6	1,8	0,2	13,5	1,2	29,8	46,3	28,0
7	2,6	2,1	2,1	2,5	0,2	14,1	1,2	12,7	47,0	38,2
8	3,6	2,6	1,9	2,9	0,2	14,3	1,2	23,2	66,3	41,5
9	8,6	4,9	4,7	3,8	0,4	23,4	2,0	50,5	154,5	82,3
10	0,5	0,3	0,3	0,4	0,0	2,1	0,3	4,6	8,0	3,8
11	1,5	1,3	1,3	1,2	0,2	12,0	0,8	20,7	20,5	18,7
12	2,2	1,3	1,5	1,2	0,1	8,7	1,0	17,6	45,9	24,8
13	2,8	1,9	1,6	1,8	0,2	14,5	1,4	36,5	43,7	35,1
14	2,5	2,1	1,7	2,0	0,2	15,6	1,0	21,1	46,8	28,2
15	2,4	2,6	1,5	1,5	0,1	10,6	1,4	30,1	35,2	31,4
16	1,9	1,5	1,2	1,5	0,1	13,8	1,3	30,5	29,2	23,4
17	0,6	0,7	0,5	0,4	0,1	4,5	0,5	13,4	10,1	8,3
18	2,6	1,3	2,4	2,3	0,2	14,7	1,0	25,6	50,0	39,0
19	1,0	0,6	0,8	0,5	0,1	10,5	1,1	39,1	14,0	10,7
20	1,5	0,9	1,0	0,8	0,3	7,9	0,7	13,4	21,2	18,6
21.01	1,6	2,7	1,9	1,8	0,2	25,0	2,2	49,8	25,5	27,5
21.02										
21.03										
22.01	1,6	12,3	2,6	2,0	0,4	58,3	4,5	187,2	26,3	27,7
22.02										
22.03										
23	0,9	0,9	0,6	0,7	0,0	9,7	0,8	21,0	17,9	10,9
24	1,1	0,6	1,2	1,1	0,1	20,3	1,5	57,7	21,9	16,4
25	1,5	3,9	1,4	1,6	0,1	21,0	1,7	54,6	19,7	22,6
26	0,7	0,5	0,5	0,5	0,0	5,6	0,5	11,9	13,9	9,0
27	1,6	0,6	1,5	1,4	0,1	30,6	2,0	73,9	28,1	19,7

Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen

Parameter	23478-PeCDF µg/kg TS Iyo	123478-HxCDF µg/kg TS Iyo	123678-HxCDF µg/kg TS Iyo	234678-HxCDF µg/kg TS Iyo	123789-HxCDF µg/kg TS Iyo	123478- HpCDF	1234789- HpCDF	OCDF µg/kg TS Iyo	Summe TCDF µg/kg TS Iyo	Summe PeCDF µg/kg TS Iyo
28.01	0,3	0,3	0,2	0,3	0,0	1,6	0,2	2,9	4,9	3,4
28.02										
28.03										
29	2,3	1,7	2,2	1,8	0,1	32,7	2,3	75,9	42,3	41,0
30.01	1,8	2,1	1,5	1,7	0,1	14,1	1,2	48,2	25,7	20,4
30.02										
30.03										
31	0,8	0,6	0,5	0,6	0,1	3,0	0,3	7,2	16,3	8,5
32	1,6	2,1	0,9	0,6	0,5	5,5	0,7	9,3	20,2	15,1
33	1,1	1,4	1,0	1,2	0,3	10,5	1,1	23,9	26,3	12,5
34	7,7	6,5	5,0	5,2	0,4	22,0	2,0	26,7	87,3	81,7
35	1,5	1,7	2,1	2,0	0,1	34,9	2,0	77,7	21,2	23,5
36	0,9	0,6	0,7	0,8	0,3	11,5	1,1	47,0	12,7	10,3
37	0,6	1,0	0,5	0,5	0,0	3,4	0,7	7,8	6,4	5,7
38	0,6	0,2	0,5	0,5	0,0	10,7	0,8	40,2	8,9	8,0
39	2,8	35,0	6,2	7,0	0,3	373,7	19,2	750,7	27,2	74,3
40	0,9	0,9	0,5	0,8	0,1	5,4	0,6	14,6	14,5	9,8
41	9,3	7,3	6,0	7,7	0,4	37,9	3,0	78,2	87,2	82,3
42	1,0	1,0	0,9	1,0	0,1	10,7	1,2	35,0	20,8	14,0
BG	0,04	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,16		
NG										

Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen

Parameter	Summe HxCDF	Summe HpCDF	Summe PCDD	Summe PCDF	Summe PCDD/PCDF	Summe 2378-Isomere	TEQ (ITEF)	3-Chlorphenol	4-Chlorphenol	2,6-Dichlorphenol
Einheit/Anlage	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo	µg/kg TS Iyo
1	29,3	37,6	2256,9	184,0	2440,9	2066,5	9,5			
2	23,9	41,9	1674,6	170,8	1845,4	1518,6	7,6			
3	24,7	31,8	2009,6	145,1	2154,7	1806,3	8,6			
4	20,4	25,1	1034,4	135,0	1169,4	926,0	6,0			
5	12,4	18,3	643,2	88,6	731,8	590,8	3,1			
6	22,9	31,7	1075,6	158,7	1234,3	965,7	6,1			
7	23,2	23,9	1968,0	145,0	2113,0	1721,9	8,6			
8	24,2	30,9	2493,2	186,1	2679,3	2280,9	11,1			
9	57,3	60,7	2924,4	405,3	3329,7	2622,5	15,9			
10	3,0	5,5	144,4	24,9	169,3	137,5	1,1			
11	16,2	25,8	1452,1	101,9	1554,0	1340,7	5,8		73,2	< 2
12	18,3	19,1	702,8	125,7	828,5	622,9	4,8	n.n.		
13	22,8	32,1	1537,2	170,2	1707,4	1422,2	7,2			
14	28,1	34,5	2110,9	158,7	2269,6	1909,7	9,4			
15	18,3	20,8	492,1	135,8	627,9	452,8	4,5			
16	22,0	31,9	1302,8	137,0	1439,8	1207,2	6,1			
17	7,6	11,4	399,2	50,8	450,0	375,9	1,9			
18	28,8	34,0	979,3	177,4	1156,7	865,1	6,5			
19	12,0	33,3	1278,1	109,1	1387,2	1225,0	3,9			
20	15,6	18,5	906,2	87,3	993,5	812,9	4,2			
21.01	32,7	62,2	4453,6	197,7	4651,3	4007,3	15,6			
21.02										
21.03										
22.01	65,0	167,0	7376,9	473,2	7850,1	6658,8	23,8			
22.02										
22.03										
23	9,1	20,0	626,1	78,9	705,0	583,1	3,3			
24	19,1	50,0	3260,8	165,1	3425,9	3074,0	9,5			
25	20,3	50,7	3331,7	167,9	3499,6	3118,1	12,3			
26	8,2	12,9	541,6	55,9	597,5	499,9	2,7			
27	36,7	73,7	2766,7	232,1	2998,8	2570,6	7,8			

Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen

Parameter	Summe HxCDF µg/kg TS Iyo	Summe HpCDF µg/kg TS Iyo	Summe PCDD µg/kg TS Iyo	Summe PCDF µg/kg TS Iyo	Summe PCDD/PCDF µg/kg TS Iyo	Summe 2378- Isomere µg/kg TS Iyo	TEQ (ITEF) µg/kg TS Iyo	3-Chlorphenol µg/kg TS Iyo	4-Chlorphenol µg/kg TS Iyo	2,6-Dichlor- phenol µg/kg TS Iyo
28.01	3,2	3,3	83,0	17,7	100,7	76,1	0,6	n.n.	34,3	n.n.
28.02										
28.03										
29	36,5	80,9	3189,5	276,6	3466,1	2916,0	12,1			
30.01	24,0	33,6	1115,1	151,9	1267,0	1077,9	5,2			
30.02										
30.03										
31	5,7	6,3	273,2	44,0	317,2	243,7	2,0			
32	10,1	8,9	311,3	63,6	374,9	300,1	2,8			
33	13,2	24,9	1611,8	100,8	1712,6	1514,7	5,3			
34	59,7	39,4	625,8	294,8	920,6	566,5	10,3			
35	37,4	77,7	1040,6	237,5	1278,1	1008,9	5,6			
36	12,0	30,7	520,0	112,7	632,7	524,5	2,8			
37	5,5	7,8	191,4	33,2	224,6	126,7	2,3			
38	12,2	27,2	524,0	96,5	620,5	503,3	2,3			
39	255,8	785,3	24763,7	1893,3	26657,0	23199,6	83,3	4,0	63,5	< 2
40	8,1	12,1	389,3	59,1	448,4	364,9	2,3			
41	75,3	73,8	1201,7	396,8	1598,5	1181,1	13,4	< 2	38,9	n.n.
42	11,6	26,8	2530,8	108,2	2639,0	2320,2	8,6	2	2	2
BG								1	1	1
NG										

Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen

Parameter	2,4-/2,5-Dichlorphenol µg/kg TS Iyo	3,4-Dichlorphenol µg/kg TS Iyo	2,3-Dichlorphenol µg/kg TS Iyo	3,5-Dichlorphenol µg/kg TS Iyo	2,4,6-Trichlorphenol µg/kg TS Iyo	2,3,6-Trichlorphenol µg/kg TS Iyo	2,3,5-Trichlorphenol µg/kg TS Iyo	2,4,5-Trichlorphenol µg/kg TS Iyo	2,3,4-Trichlorphenol µg/kg TS Iyo
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11	< 2	< 2	n.n.	n.n.	< 2	< 2	< 2	< 2	n.n.
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21.01									
21.02									
21.03									
22.01									
22.02									
22.03									
23									
24									
25									
26									
27									



Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen

Parameter	2,4-/2,5-Dichlorphenol µg/kg TS Iyo	3,4-Dichlorphenol µg/kg TS Iyo	2,3-Dichlorphenol µg/kg TS Iyo	3,5-Dichlorphenol µg/kg TS Iyo	2,4,6-Trichlorphenol µg/kg TS Iyo	2,3,6-Trichlorphenol µg/kg TS Iyo	2,3,5-Trichlorphenol µg/kg TS Iyo	2,4,5-Trichlorphenol µg/kg TS Iyo	2,3,4-Trichlorphenol µg/kg TS Iyo
28.01	< 2	< 2	2,0	n.n.	< 2	n.n.	n.n.	< 2	n.n.
28.02									
28.03									
29									
30.01									
30.02									
30.03									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39	8,6	n.n.	n.n.	n.n.	48,5	n.n.	n.n.	6,9	< 2
40									
41	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	10,8	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
42	2	2	2	2	2	2	2	2	2
BG	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NG									

Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen

Parameter	3,4,5-Trichlorphenol µg/kg TS Iyo	2,3,4,6/2,3,5,6-Tetrachlorphenol µg/kg TS Iyo	2,3,4,5-Tetrachlorphenol µg/kg TS Iyo	Pentachlorphenol µg/kg TS Iyo	Thiabendazol µg/kg TS Iyo	Fenprothrin µg/kg TS Iyo	Phenothrin µg/kg TS Iyo	Lambda-Cyhalothrin µg/kg TS Iyo	Permethrin µg/kg TS Iyo	Cyfluthrin µg/kg TS Iyo
1				19,5						
2				28,7						
3				51,4						
4				25,5	< 6,5	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.*
5				13,1	< 6,5	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.*
6				7,8	< 6,5	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.*
7				11,5						
8				27,6						
9				47,1						
10				6,2						
11	2,0	3,1	n.n.	16,7	< 6,5	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.*	55 *
12				16,6						
13				33,4						
14				28,4	12,2 *	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.*
15				2,5	< 6,5	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.*
16				12,7	< 12,4 *	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.*
17				3,2	n.n.	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.*
18				22,3	26,5 *	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.*	33 *
19				7,8						
20				14,9						
21.01				32,2	30,0 *	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.*
21.02				-						
21.03				-						
22.01				49,8	n.n.	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.*	64 *
22.02				-						
22.03				-						
23				14,6	n.n.	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.*
24				20,3						
25				37,9						
26				13,5						
27				16,8						

Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen

Parameter	3,4,5-Trichlorphenol µg/kg TS Iyo	2,3,4,6/2,3,5,6-Tetrachlorphenol µg/kg TS Iyo	2,3,4,5-Tetrachlorphenol µg/kg TS Iyo	Pentachlorphenol µg/kg TS Iyo	Thiabendazol µg/kg TS Iyo	Fenpropathrin µg/kg TS Iyo	Phenothrin µg/kg TS Iyo	Lambda-Cyhalothrin µg/kg TS Iyo	Permethrin µg/kg TS Iyo	Cyfluthrin µg/kg TS Iyo
28.01	n.n.	< 2	n.n.	4,7						
28.02				-						
28.03				-						
29				36,6						
30.01				7,3						
30.02				-						
30.03				-						
31				5,7	6,7	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.*
32				6,9						
33				7,9						
34				6,0	n.n.	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.*	< 33 *
35				69,6						
36				8,2						
37				3,9						
38				36,1						
39	4,2	226	7,0	2175,1						
40				6,0	8,0 *	n.n.*	n.n.*	< 17 *	n.n.*	< 33 *
41	n.n.	4,3	n.n.	50,8						
42				69,1						
BG	2	2	2	2	6,5	17	17	17	25	33
NG	1	1	1	1	3,1	10	10	10	15	19

Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen

Parameter Einheit/Anlage	Cypermethrin µg/kg TS Iyo	Fenvalerat µg/kg TS Iyo	Deltamethrin µg/kg TS Iyo	op'DDE µg/kg TS Iyo	pp'DDE µg/kg TS Iyo	op'DDD µg/kg TS Iyo	pp'DDD µg/kg TS Iyo	op'DDT µg/kg TS Iyo	pp'DDT µg/kg TS Iyo	Sb mg/kg TS Iufttr.	V mg/kg TS Iufttr.
1											
2											
3											
4	n.n.*	n.n.*	n.n.*	< 0,8	13,7 *	2,4 *	1,6 *	n.n.	< 0,8	0,8	20
5	n.n.*	n.n.*	n.n.*	< 0,8	14,1 *	1,3 *	2,3 *	n.n.	< 0,8 *	0,6	20
6	n.n.*	n.n.*	n.n.*	< 0,8	6,7 *	1,5 *	0,9 *	n.n.	< 0,8 *	2,9	32
7											
8											
9											
10											
11											
12	n.n.*	n.n.*	n.n.*	< 0,8	12 *	1,3 *	1,9 *	< 0,8	< 0,8 *	1,1	28
13											
14	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.	12,5 *	1,3 *	0,9 *	n.n.	< 0,8	1,3	23
15	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.	3,8 *	1,9 *	< 0,8 *	n.n.	< 0,8	2,9	24
16	n.n.*	n.n.*	n.n.*	< 0,8	6,7 *	1,5 *	0,9 *	n.n.	n.n.	3,8	27
17	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.	1,4 *	0,9 *	< 0,8	n.n.	< 0,8	2,1	30
18	n.n.*	n.n.*	41 *	< 0,8	5,6 *	1,6 *	1,1 *	n.n.	n.n.	0,5	20
19											
20											
21.01	n.n.*	n.n.*	48 *	< 0,8	4,5 *	0,9 *	< 0,8	n.n.	< 0,8	1,5	15
21.02											
21.03											
22.01	n.n.*	n.n.*	52 *	< 0,8	4,1 *	1,0 *	< 0,8 *	n.n.	1,1 *	0,9	18
22.02											
22.03											
23	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.	3,3 *	1,3	< 0,8	n.n.	< 0,8	1,6	15
24											
25											
26											
27											

Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen

Parameter Einheit/Anlage	Cypermethrin µg/kg TS Iyo	Fenvalerat µg/kg TS Iyo	Deltamethrin µg/kg TS Iyo	op'DDE µg/kg TS Iyo	pp'DDE µg/kg TS Iyo	op'DDD µg/kg TS Iyo	pp'DDD µg/kg TS Iyo	op'DDT µg/kg TS Iyo	pp'DDT µg/kg TS Iyo	Sb mg/kg TS Iufttr.	V mg/kg TS Iufttr.
28.01											
28.02											
28.03											
29											
30.01											
30.02											
30.03											
31	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.	4,3 *	< 0,8 *	0,8 *	n.n.	n.n.	0,9	39
32											
33											
34	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.	2,4 *	1,6	0,80	1,1	4,6	0,3	19
35											
36											
37											
38											
39											
40	n.n.*	n.n.*	59 *	n.n.	4,5 *	1,0 *	1,6 *	1,0 *	4,3 *	1,0	23
41											
42											
BG	11	20	37	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,3	5
NG	7	12	21	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4		

Tab. 5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen

Parameter	TI	Be	Al	Sn
Einheit/Anlage	mg/kg TS luftr.	mg/kg TS luftr.	mg/kg TS luftr.	mg/kg TS luftr.
1				
2				
3				
4	<2,5	0,4	9340	< 5
5	< 2,5	0,4	9130	< 5
6	< 2,5	0,7	16620	< 5
7				
8				
9				
10				
11				
12	< 2,5	0,7	13640	< 5
13				
14	< 2,5	0,6	11540	< 5
15	< 2,5	0,5	10230	< 5
16	< 2,5	0,5	8540	< 5
17	< 2,5	0,3	9120	18
18	< 2,5	0,3	5850	< 5
19				
20				
21.01	< 2,5	0,3	6760	< 5
21.02				
21.03				
22.01	< 2,5	0,3	7800	< 5
22.02				
22.03				
23	< 2,5	0,2	6240	< 5
24				
25				
26				
27				

Tab.5: Analysedaten: Übersicht über sämtliche Ergebnisse der physikalischen und chemischen Analysen

Parameter	TI	Be	Al	Sn
Einheit/Anlage	mg/kg TS luftr.	mg/kg TS luftr.	mg/kg TS luftr.	mg/kg TS luftr.
28.01				
28.02				
28.03				
29				
30.01				
30.02				
30.03				
31	< 2,5	0,4	14430	< 5
32				
33				
34	< 2,5	0,4	7520	< 5
35				
36				
37				
38				
39				
40	< 2,5	0,5	11100	< 5
41				
42				
BG	2,5	0,2	5000	5
NG				

## 5 Analysedaten der Wiederholungsproben

Tab. 6: Analysedaten der Wiederholungsproben. Diejenigen Fälle, bei denen der Mittelwert aus nur zwei Analysewerten gebildet wurde, da die Varianz zu groß war, sind grau unterlegt. Der eliminierte Wert ist fett gedruckt. Anm.: Probe 28.02 = jüngerer Kompost als 28.01.

Anlage Nr.	Glühverlust bez. auf 105° C getrockn. Probe in %	Trockenrück- stand (105° C) in %	Trockenrück- stand (lufttr.) in %	Trockenrück- stand (105°C) in %	Wassergehalt (105°) in %	pH-Wert (CaCl <sub>2</sub> ) (lufttr. Probe)	Leitfähigkeit (lufttr. Probe) in mS/cm	Sulfat hwl in g/kg TS (lufttr.)	Bor hwl in mg/kg TS (lufttr.)	
21.01	42,90	57,90	59,20	52,00	48,00	7,50	2,50	1,280	11,010	
21.02	45,00	63,80	64,20	62,00	38,00	7,50	2,20	0,950	10,830	
21.03	45,00	62,00	61,50	54,30	45,70	7,60	2,30	0,980	9,750	
22.01	44,30	53,70	51,00	45,30	54,70	7,50	1,00	<b>0,220</b>	<b>7,230</b>	
22.02	42,10	49,20	50,00	48,20	51,80	7,50	0,90	0,140	5,200	
22.03	41,10	45,90	49,90	46,90	53,10	7,50	0,80	0,090	5,260	
28.01	24,70	61,10	61,20	59,10	40,90	7,60	2,00	0,510	6,290	
28.02	27,70	53,60	54,50	53,20	46,80	7,70	2,40	0,580	<b>2,280</b>	
28.03	27,40	56,70	55,90	53,80	46,20	7,70	2,40	0,620	5,030	
30.01	44,90	60,60	59,90	57,60	42,40	7,60	1,50	<b>0,390</b>	<b>6,890</b>	
30.02	43,90	58,10	62,80	62,30	37,70	7,70	1,50	0,240	4,270	
30.03	43,40	53,60	58,30	55,30	44,70	7,60	1,50	0,250	5,250	
Anlage Nr.	Stickstoff kjeld. (lufttr. Probe) in %	P2O5 gesamt in % TS (lufttr.)	P2O5 CAL in % TS (lufttr.)	K2O gesamt in % TS (lufttr.)	K2O CAL in % TS (lufttr.)	CaO in % TS (lufttr.)	MgO in % TS (lufttr.)	Fe in % TS (lufttr.)	Chlorid hwl in g/kg TS (lufttr.)	Na in mg/kg TS (lufttr.)
21.01	1,70	1,65	0,320	1,03	0,313	14,16	2,52	0,94	2,210	2700,00
21.02	1,70	1,68	0,394	1,04	0,410	13,27	2,21	0,95	2,070	2700,00
21.03	1,70	1,70	0,363	1,06	0,330	12,56	2,11	0,99	1,750	2700,00
22.01	1,20	0,54	0,159	0,94	0,266	11,82	3,51	1,07	<b>0,660</b>	<b>600,00</b>
22.02	1,10	0,50	0,164	0,84	0,280	11,83	3,53	1,05	0,520	400,00
22.03	1,00	0,42	<b>0,097</b>	0,78	<b>0,150</b>	13,02	3,77	1,02	0,400	500,00
28.01	1,20	0,65	0,356	1,51	0,593	2,32	1,05	1,64	1,860	1200,00
28.02	1,30	0,66	0,302	1,71	0,740	2,52	1,01	1,41	2,210	1200,00
28.03	1,30	0,66	0,328	1,69	0,780	2,78	1,01	1,36	<b>2,720</b>	1400,00
30.01	1,40	0,58	0,293	1,31	0,533	5,29	1,53	1,28	1,370	900,00
30.02	1,40	0,58	0,287	1,31	0,520	5,59	1,62	1,33	1,200	900,00
30.03	1,30	0,60	0,286	1,36	0,530	5,00	1,55	1,32	<b>0,930</b>	800,00



Tab. 6: Analysedaten der Wiederholungsproben. Diejenigen Fälle, bei denen der Mittelwert aus nur zwei Analysewerten gebildet wurde, da die Varianz zu groß war, sind grau unterlegt. Anm.: Probe 28.02 = jüngerer Kompost als 28.01.

Anlage Nr.	Cd in mg/kg TS105°	Cr in mg/kg TS105°	Cu in mg/kg TS105°	Ni in mg/kg TS105°	Pb in mg/kg TS105°	Zn in mg/kg TS105°	Co in mg/kg TS105°	Mn in mg/kg TS105°	Mo in mg/kg TS105°	AOX in mg Cl/kg TS 1y0
21.01	0,74	32,64	115,52	20,29	138,39	390,79	5,17	628,05	2,51	120,00
21.02	0,76	30,32	115,19	18,17	87,64	263,58	3,98	513,98	2,44	82,00
21.03	0,81	36,66	130,22	20,96	97,31	317,13	4,56	562,18	2,82	102,00
22.01	0,81	28,80	79,90	22,27	81,34	212,23	6,29	580,09	1,99	49,00
22.02	0,72	23,37	54,45	18,99	86,28	188,12	5,35	514,19	1,64	46,00
22.03	0,72	22,87	54,64	18,75	116,44	189,67	5,30	505,79	1,68	48,00
28.01	0,44	11,68	18,42	6,93	15,06	96,26	4,81	500,58	1,79	44,00
28.02	0,58	7,75	18,73	4,98	12,55	109,10	3,81	704,21	2,06	49,00
28.03	0,54	7,64	18,74	5,07	30,05	100,18	3,65	751,37	2,15	49,00
30.01	0,56	24,35	41,96	16,01	86,36	145,33	5,46	964,44	1,86	44,00
30.02	0,54	22,16	40,81	15,78	38,57	150,93	5,50	943,34	1,80	60,00
30.03	0,57	23,88	40,14	18,71	47,59	156,46	6,11	899,65	2,09	45,00

## 6 Exemplar des Fragebogens

LUDWIG BOLTZMANN-INSTITUT FÜR BIOLOGISCHEN LANDBAU  
UND ANGEWANDTE ÖKOLOGIE

Leiter: Univ.Do. Dr. Ludwig Maurer

### Fragebogen zur Qualität von Komposten aus der getrennten Sammlung biogener Abfälle

#### 1. Allgemeine Angaben

1.1. Bundesland .....

1.2. Betreiber der Anlage/Anlagenstandort

Name .....

Straße .....

PLZ; Ort .....

Tel. ....

Fax .....

Ansprechpartner ..... Klappe .....

1.3. Einzugsgebiet der Anlage und Ansprechpartner der Gebietskörperschaft,  
Abfallwirtschaftsverband, Gemeinden

Name .....

Straße .....

PLZ; Ort .....

Tel. ....

Fax .....

Ansprechpartner ..... Klappe .....

1.4. Rechtlicher Status der Anlage

Im Rahmen eines landwirtschaftlichen Betriebes (Lw. Nebengewerbe).....  1

Im Rahmen eines Gewerbebetriebes (auch i.R. eines landwirtsch. Betriebes) .....  2

Im Rahmen der Kommunalverwaltung.....  3

Im Rahmen eines Abfallwirtschaftsverbandes.....  4

## 2. Sammlung biogener Abfälle

**Wenn Sie zu Punkt 2 und 3 keine Angaben machen können, geben Sie bitte unter 1.1. den Ansprechpartner der für die Sammlung zuständigen Gemeinde(n) an!!!.....**

*(Angaben bezogen auf das Einzugsgebiet ihrer Anlage)*

### 2.1. Besteht eine flächendeckende Erfassung sämtlicher biogener

**Abfälle über Biotonne und Grünschnittsammlung?.....** ja  nein

Wenn nein, Erfassungsquote bezogen auf Einwohner (in %) .....%

### 2.2 Befindet sich die Einführung der Biotonne in....?

1 Pilotphase.....  1

2 Ausweitungphase .....  2

3 Sie ist dem Konzept gemäß vollständig umgesetzt.....  3

### 2.3. Wieviele Haushalte (*H*) und/oder Einwohner (*E*) sind gegenwärtig

**an die Biotonne angeschlossen?                    *H*:.....*E*:.....**

### 2.4. Wieviele Haushalte (*H*) und/oder Einwohner (*E*) werden bei Vollausbau resp.

**Erreichen der Planvorgaben an die Biotonne angeschlossen?**

***H*:.....*E*:.....**

### 2.5. Welches Sammelsystem wird für biogene Abfälle eingesetzt?

Holsystem (Sammelgefäße auf jeder Liegenschaft) .....  1

Bringsystem (Altstoffsammelstellen für mehrere Liegenschaften).....  2

Differenziert nach Siedlungsstruktur.....  3

Altstoffzentren im Stadtbezirk .....  4

Anlieferung zum Kompostwerk .....  5

Termingebundene Strauchschnittsammlung auf dem Gehsteig .....  6

Sonstige und Erläuterungen (zu  3).....

.....

*(Bei kombinierten Systemen können mehrere Felder angekreuzt werden)*

## Fragebogen - Kompostqualität

© L.Boltzmann-Institut/Amlinger, Wien

**2.6. Welche Sammelgefäße werden eingesetzt?**

- Biotonne:                    bis 25 l ("Bioeimer).....  1  
                                   50/60 l .....  2  
                                   80 l .....  3  
                                   120 l .....  4  
                                   240 l .....  5  
                                   770 l .....  6  
                                   1100 l .....  7
- Biotonne mit Papiersackausgabe für die Vorsammlung im Haushalt .....  8
- MEKAM - System .....  9
- Sacksystem:                Papiersack .....  10  
                                   Plastiksack .....  11
- Sonstige:                    .....  12  
                                   .....

*(Bei kombinierten Systemen können mehrere Felder angekreuzt werden)***2.7 Welcher Sammelrhythmus wird eingesetzt?**

- 1/2-wöchentlich .....  1  
 wöchentlich .....  2  
 14-tägig:                    zusätzlich zur Restmüllabfuhr .....  3  
 14-tägig:                    alternierend zur Restmüllabfuhr .....  4  
 Sonstige (differenziert nach Jahreszeiten, Siedlungsstruktur, Gefäßtypen, etc.): .....  
 .....  
 .....  5

*(Bei kombinierten Systemen können mehrere Felder angekreuzt werden)***2.8 Welches Sammelfahrzeug wird für Biotonne verwendet?**

- Pressplattenfahrzeug .....  1  
 Drehtrommelfahrzeug .....  2  
 Sonstige .....  
 .....  3

**Fragebogen - Kompostqualität**

© L.Boltzmann-Institut/Amlinger, Wien

2.9 Ist die Biotonne gebührenpflichtig?.....ja  nein

2.10 Wer ist Eigentümer der Biotonnen-Gefäße?

Gemeinde/Abfallwirtschaftsverband/Entsorger.....  1

Liegenschaftseigentümer.....  2

2.11 Werden die Biotonnen gereinigt?.....ja  nein

Wenn ja, durch wen? Liegenschaftseigentümer.....  1

Entsorger.....  2

2.12 Gibt es zusätzlich zur "Biotonne" eine gesonderte

Grünschnitterfassung (Gartenabraum; Parkanlagen etc.)?.....ja  nein

Wenn ja, aus welchen Bereichen stammt die Grünschnittsammlung?

Böschungsmähgut der Straßenverwaltung.....  1

Baum- und Strauchschnitt der öffentlichen Grünflächenpflege .....  2

Grasschnitt der Grünflächenpflege.....  3

Gebündeltes Schnittgut an der Gehsteigkante .....  4

Sonstige .....  5

### 3. Öffentlichkeitsarbeit

3.1 Wurde eine professionelle Öffentlichkeitsarbeit (PR-Konzept) für den Gesamtkomplex Biotonne/Kompostierung erstellt?.....ja  nein

3.2 Welche Methoden werden für Information, Motivation und Beratung der Bevölkerung eingesetzt?

Komposttelefon.....  1

Kompostberater.....  2

Info-Veranstaltung vor Ort (Bezirk; Häuserblock) .....  3

Aufkleber auf Tonne .....  4

Anschlagtafeln in Häusern und Liegenschaften.....  5

Plakatwerbung.....  6

Radioeinschaltungen.....  7

Fernseheinschaltungen.....  8

Aussendung von Faltblättern.....  9

Broschüren.....  10

persönlicher Brief der Behörde .....  11

**Fragebogen - Kompostqualität**

© L.Boltzmann-Institut/Amlinger, Wien

Sonstige .....  
 .....  12

*(Es können auch mehrere Felder angekreuzt werden)*

**3.3 Fachliche Beratung und Ausbildung des Betriebsleiters***3.3.1 Auf welche Weise haben Sie Ihre Fachkenntnisse zur Kompostierung erlangt?*

- Eigene Erfahrungen, autodidaktisch.....  1  
 Fachseminare; Ausbildungskurse (Landwirtschaftskammer; Landesregierung) .....  2  
 Ausbildungskurse der ÖWAV.....  3  
 Ausbildungskurse andere Vereine und Einrichtungen.....  4

*3.3.2 Von welchen Fach-Institutionen werden Sie beraten und unterstützt?*

- Landwirtschaftskammern.....  1  
 Verband Landwirtschaftlicher Kompostierer .....  2  
 Anbauverband für biologischen Landbau.....  3  
 Abfallwirtschaftsverband .....  4  
 Umweltbeauftragte der Gemeinde .....  5  
 Umweltberatungsstellen .....  6  
 VÖEB.....  7  
 ÖWAV .....  8  
 Sonstige Institutionen.....  9

#### 4. Verarbeitete Mengen Biotonne/Grünschnitt

Geben Sie bitte jene Stofffraktionen an, die in Ihrer Anlage verarbeitet werden

##### 4.1. Welche Mengen und Stofffraktionen wurden 1994 verarbeitet?

	I,j.F.eine Spalte ausfüllen		nicht ausfüllen	
	t	m <sup>3</sup>	Vol%*	Masse%
1. Küchenabfälle aus Haushalten (Biotonne aus dichtverbauten Gebieten ohne Gärten) inklusive Papier ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/>				
2. Biotonne aus locker verbauten Gebieten (mit Gärten)				
3. Küchenabfälle aus Großküchen inklusive Sautrank ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/>				
4. Gemüse- und Obstabfälle von Viktualien- und Großmärkten				
Falls 1. bis 4. nicht getrennt erfaßt werden: <b>Summe Biotonne:</b>				
5. Grünschnitt aus privater od. kommunaler Anlieferung inkl. Straßenmeisterei				
Biogene Abfälle aus dem gewerblichen Bereich (Art der Abfälle): ..... ..... ..... ..... .....				
Sonstiges: (Zuschlagstoffe wie Stroh, Siebüberlauf, Gesteinsmehle etc.) ..... ..... ..... ..... .....				
Summe				

## 5. Kompostierungsverfahren

*(Beschreiben sie bitte nur jenes Verfahren, das für Komposte angewendet wurde, für die die Qualitätsanalysen (Pkt. 7) vorliegen.*

5.1. Seit wann ist die Kompostierungsanlage in Betrieb? 19.....

### 5.2. Jahreskapazität der Kompostierungsanlage

*(Geben Sie die Mengen je nach Kenntnisstand bitte in Tonnen und / oder m<sup>3</sup> an)*

#### 5.2.1 Kapazität Gesamtanlage

Input Rohmaterial ..... Tonnen; .....m<sup>3</sup>

Output Kompost ..... Tonnen; .....m<sup>3</sup>

#### 5.2.2 Durchsatz 1993

Input Rohmaterial ..... Tonnen; .....m<sup>3</sup>

Output Kompost ..... Tonnen; .....m<sup>3</sup>

#### 5.2.3 Durchsatz 1994

Input Rohmaterial ..... Tonnen; .....m<sup>3</sup>

Output Kompost ..... Tonnen; .....m<sup>3</sup>

### 5.3. Rohstoffe

*Bitte geben Sie die Mengen in Gewichts- und/oder Volumsanteilen an, wie sie für die Vorrötte aufbereitet werden.*

5.3.1. Fraktion "**Naß/Frisch**" (z.B. Grasschnitt, Biotonne - vorwiegend Küchenabfälle; Gemüse- und Obstabfälle aus Markt und Lebensmittelindustrie) ..... %Gewichtsanteil .....%Volumsanteil

5.3.2. Fraktion "**Trocken/Verholzt**" (z.B. Strauchschnitt, Holzabfälle, Stroh etc.)

..... %Gewichtsanteil .....%Volumsanteil

5.3.3. *Festmist* (Tierart:.....) ..... %Gewichtsanteil..... %Volumsanteil

5.3.4. *Gülle* (Tierart:.....) .....m<sup>3</sup>/100 t \* .....m<sup>3</sup>/100 m<sup>3</sup>\*

\* Bezogen auf 100 t bzw. 100 m<sup>3</sup> Rohmaterial



**Fragebogen - Kompostqualität**

© L.Boltzmann-Institut/Amlinger, Wien

*5.3.5. Zuschlagstoffe (z.B. Gesteinsmehle; Siebüberlauf etc.):*

..... Masse% ..... Vol.%

..... Masse% ..... Vol.%

..... Masse% ..... Vol.%

..... Masse% ..... Vol.%

**5.4. Aufbereitung***5.4.1. Häckseln.....**5.4.1.1. Typ des Häckselaggregates.....**5.4.1.2. Was wird gehäckselt?*Sämtliche Rohstoffe (Biotonne, Strauchschnitt, sonstiges.....)  1Nur verholzte Fraktionen (Strauchschnitt, Altholz ...).....  2*5.4.1.3. Korngröße des geäckselten Materials*Grobhäcksel (> 40 cm) .....  1Mittelhäcksel (< 40 cm > 10 cm) .....  2Feinhäcksel (< 10 cm) .....  3*5.4.2. Eingestellter Wassergehalt der Materialmischung zur Vorrotte:*

Minimum .....% Frischmasse

Maximum .....% Frischmasse

Durchschnitt .....% Frischmasse

*5.4.3. Fremdstoffabscheidung*Sortierband für Biotonne .....  1Sichtkontrolle und händische Auslese bei Abladen.....  2Absiebung bei .....mm Maschenweite.....  3Magnetabscheider .....  4Sonstige.....  5Keine .....  6





Systemtyp	Verfahren	Rotteabschnitt		
		V	H	N
<b>offen/statisch</b>	Abdeckung der Mieten mit: .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Dauer der Rottephasen (in Wochen)	.....	.....	.....
	Sickerwasserbehandlung			
	Vorbehandlung (.....)*	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Mietenbewässerung, Kreislaufführung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Einleitung in die Kläranlage	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	<b>TECHNISCHE SYSTEME</b>			
<b>offen/dynamisch</b>	Siebtrommelrotte (LESCHA)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>geschlossen/statisch</b> <i>(ohne mechanischem Umsetzen oder Bewegen)</i>	Rottetunnel / Rottebox	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	System/Firma:			
	Verweilzeit: (in Tagen)	.....	.....	.....
	Wassergehalt: (in % FM)	.....	.....	.....
<b>geschlossen/dynam.</b> <i>(mit mechanischem Umsetzen oder Bewegen)</i>	Rottetrommel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Sonstige:.....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	System/Firma:			
	Verweilzeit: (in Tagen)	.....	.....	.....
	Wassergehalt: (in % FM)	.....	.....	.....

\* ... z.B. Belüftung oder Urgesteinsmehl u.a.; Maßnahme bitte anführen.



## 6. Rottebegleitende Untersuchungen

6.1. Werden rottebegleitende Untersuchungen durchgeführt? .....ja  nein

6.2. Wenn ja, welche?

- |   |                       |                                |                       |
|---|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Organische Substanz (Glühverlust) ..... | <input type="radio"/> | Masseschwund .....             | <input type="radio"/> |
| Temperatur.....                         | <input type="radio"/> | Wassergehalt .....             | <input type="radio"/> |
| O <sub>2</sub> -Gehalt* .....           | <input type="radio"/> | CO <sub>2</sub> -Gehalt* ..... | <input type="radio"/> |
| Rottegrad (Selbsterhitzung).....        | <input type="radio"/> | NH <sub>3</sub> -Gehalt* ..... | <input type="radio"/> |
| Nitrat-Test.....                        | <input type="radio"/> | Nitrit-Test .....              | <input type="radio"/> |
| Sulfid-Test.....                        | <input type="radio"/> | Keimtest (Kresse od. ä.).....  | <input type="radio"/> |
| Rundbildchromatogramm.....              | <input type="radio"/> | Andere .....                   | <input type="radio"/> |
| .....                                   | <input type="radio"/> | .....                          | <input type="radio"/> |

\* ... Bitte geben Sie die Meßmethode an

## 7. Qualität des Fertigkompostes\*

**Sollten Analysen entsprechend ÖNORM S2200 vorliegen, ersuchen wir Sie, die Kopien der Datenblätter beizulegen. Dies ermöglicht eine detaillierte Auswertung. Wollen Sie die Einzeldaten zurückhalten, füllen Sie bitte die Tabelle 7.1. -7.3 aus**

### 7.1. Nährstoff- und Feuchtigkeitsgehalt

Kompostart:** FK... <input type="radio"/> RK... <input type="radio"/> Einsatzbereich: .....					
Parameter	Einheit	Minimalwert	Maximalwert	Mittelwert	Zahl der Analysen
N(ges.)	%TS				
NO <sub>3</sub>	%TS				
NH <sub>4</sub>	%TS				
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ges.)	%TS				
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (verfüg.)	%TS				
K <sub>2</sub> O(ges)	%TS				
K <sub>2</sub> O(verfüg.)	%TS				
MgO	%TS				
CaO	%TS				
Organ.Subst.	%TS				
C/N-Verhältnis		: 1	: 1	: 1	
Salzgehalt	g/l FM				
Leitfähigkeit	mS/cm				
pH-Wert					
Feuchtigkeit	% FM				
Rottegrad <sup>x)</sup>					
Sonstiges	.....				

x) ... Selbsterhitzungstest: Rottegrad I bis V

\* Bitte verwenden Sie nur Untersuchungsergebnisse von Komposten, die im Sinne des Pkt. 5.5. beschriebenen Verfahren hergestellt wurden

\*\* **FK...** Fertigkompost: für den Einsatz als Kultursubstrat, Bodenverbesserungsmittel oder ein für andere Anwendungsbereiche vorgesehenes Fertigprodukt

**RK...** Rohkompost: Rotteprodukt als Resultat einer Vorrotte meist mithilfe technisch unterstützter Verfahren (Rottebox; Rottetrommel; intensive Umsetztechnik etc.)

## 7.2. Schwermetallgehalte

Parameter	Einheit	Minimalwert	Maximalwert	Mittelwert	Zahl der Analysen
Cd	mg/kg TS				
Cr	mg/kg TS				
Cu	mg/kg TS				
Hg	mg/kg TS				
Ni	mg/kg TS				
Pb	mg/kg TS				
Zn	mg/kg TS				

## 7.3. Organische Schadstoffe

Parameter	Einheit: ng/g TS			Zahl der Analysen
	Minimalwert	Maximalwert	Mittelwert	
Summe HCH				
Summe DDX				
Summe PCB*				
Summe PAK				
PCP				
	TE in ng/g TS			
PCDD/PCDF				

\* ... Bitte geben Sie an, welche PCB - Kongenere analysiert wurden



## **7 Pflanzenverträglichkeit: Fotos der Kressetests**



