Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 78 (1986)
Heft: 11-12

Artikel: Auswahlkriterien für kompostierbare Abfälle
Autor: Obrist, Walter / Baccini, Peter
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940884

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 17.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Auswahlkriterien für kompostierbare Abfälle

Walter Obrist und *Peter Baccini*

1. Einleitung

Die Abfallverwertung durch Kompostierung ist seit einigen Jahrzehnten als technisches Verfahren eingesetzt worden. In der Schweiz entstanden ab 1953 mehrere Kehrichtkompostwerke. Auf dem Höhepunkt dieser Entwicklung wurden um 1975 in etwa 12 regionalen Anlagen über 200000 t Siedlungsabfälle (das heisst etwa 10 Prozent des gesamten Kehrichtanfalles) zu zirka 80000 t Kompost verarbeitet. Der erzeugte Kompost enthielt aber je nach Zusammensetzung der Ausgangsmaterialien (zerkleinerter Kehricht, Klärschlamm) und einer eventuellen Nachbehandlung (Siebung) noch zu hohe Konzentrationen an Elementen und Verbindungen, die im Boden zu unerwünschter Anreicherung bis zu schädlichen Gehalten führten. Der Absatz des Kehrichtkompostes ging daher seit 1980 stark zurück. Seit zwei Jahren werden hingegen vermehrt organische Abfälle kompostiert, besonders Garten- und Küchenabfällle.

Die landwirtschaftliche Forschung hat Grenz- und Richtwerte für die bisher bekannten Schadstoffe erarbeitet. Diese wurden in den letzten Jahren in gesetzliche Vorschriften umgesetzt [Klärschlammverordnung, 1981; Stoffverordnung, 1986; Verordnung über Schadstoffgehalte des Bodens, 1986]. Damit werden Qualitäts- und erste Nutzungsziele formuliert. Ausgehend von den Grenzwerten (Tabelle 1) können bei bekannten Stoffbilanzen der Kompostierung auch die erforderlichen Qualitäten der Ausgangsstoffe berechnet werden (Bild 1). Mit anderen Worten: Es können Auswahlkriterien für kompostierbare Abfälle aufgestellt werden.

An einer von der EAWAG, Abt. Abfallwirtschaft und Stoffhaushalt, im April 1986 durchgeführten Fachtagung wurde folgende Fragestellung diskutiert: Welche Quellen organischer Abfallstoffe liefern die geeigneten Ausgangsstoffe für die Kompostierung?

Fachleute, die sich mit der Kompostierung von getrennt gesammelten organischen Abfällen befassen, haben an der Tagung teilgenommen. Der folgende Beitrag gibt die Auffassung der Autoren wieder.

2. Der Kompost im Stoffhaushalt der Böden

Nutzung und Schutz der Böden

Es ist ein anerkanntes Ziel, die Bodenfruchtbarkeit und -ertragsfähigkeit auch langfristig zu erhalten. Durch intensive Nutzung der Böden können neben den erwünschten auch negative Auswirkungen auftreten, wie zum Beispiel Bodenverdichtung, Humusschwund oder Anreicherungen von Stoffen (Elemente und Verbindungen) im Boden, die für Mensch, Tier oder Pflanze schädlich sind. Solche Stoffe werden hier vereinfacht als Schadstoffe bezeichnet. Der Boden kann zwar Stoffe adsorbieren, weiter austragen, puffern und organische Stoffe abbauen, aber gewisse Stoffe, besonders einige Schwermetalle und schwer abbaubare organische Substanzen, werden angereichert, so dass Pflanzen oder das Grundwasser geschädigt werden können [*Furrer O.*, 1984].

Die Begrenzung von Schadstoffen beruht in der Schweiz auf dem Prinzip, *Grenzwerte* für Dünger, Klärschlämme und Komposte sowie *Richtwerte* für Böden festzulegen. In den entsprechenden Verordnungen sind die in Tabelle 1 dargestellten Richtwerte für Böden und Grenzwerte für Komposte sowie die anzuwendenden Bestimmungsmethoden aufgeführt. Die darin nicht enthaltenen Pflanzennährstoffe Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K) sind in Komposten aber auch zu beachten und begrenzen die Kompostgabe ebenfalls. Bei mittleren jährlichen Gaben von 15 t/ha TS ist vor allem bei Phosphor die obere Grenze erreicht. Es ist aber zulässig, in einzelnen Jahren höhere Gaben zu verabreichen, wenn der Jahresdurchschnitt über längere Zeit eingehalten wird.

Tabelle 1. Schadstoffbegrenzungen in Böden und Komposten gemäss Verordnung über Schadstoffe im Boden (1986) und Stoffverordnung [Schweiz. Bundesrat, 1986].

Element		Richtwerte für Schadstoffgehalte des Bodens (TS) g/t (ppm) total	löslich	Grenzwerte für Schadstoffgehalte in Abfallkomposten g/t (ppm) total
Blei	Pb	50	1,0	150
Kadmium	Cd	0,8	0,03	3
Chrom	Cr	75	–	150
Kobalt	Co	25	–	25
Fluor	F	400	25	–
Kupfer	Cu	50	0,7	150
Molybdän	Mo	5	–	5
Nickel	Ni	50	0,2	50
Quecksilber	Hg	0,8	–	3
Thallium	Tl	1	–	–
Zink	Zn	200	0,5	500
Zinn	Sn	–	–	25

Aus ökologischer Sicht sind bei der Beurteilung von Kompostierungsverfahren und deren Ausgangsprodukten diejenigen zu bevorzugen, welche die tiefsten Schadstoffgehalte erreichen.

In anderen Ländern gelten ähnliche, zum Teil leicht höhere Werte. In einigen Fällen werden Frachtbegrenzungen festgelegt [*Buchner I.*, 1983; *Krauss P.*, 1985].

Kompostanwendung: Qualitätskriterien und Bedarf

Die Komposte aus organischen Abfällen finden vor allem in Intensivkulturen eine sinnvolle Anwendung und werden im wesentlichen in den folgenden typischen Formen eingesetzt:

– Abdeckmaterial (Mulch), vermindert Erosion und Unkrautentwicklung

Tabelle 2. Qualitätskriterien für Komposte [nach *Gysi* und *Ryser*, 1986]

Wertgebende Eigenschaften
Trockensubstanz: mindestens 50%
organischer Kohlenstoff (OC): mindestens 15% der Trockensubstanz
C:N-Verhältnis: kleiner als 20:1
Gesamtporenvolumen: mindestens 70% Vol[1]
Wassergehalt bei Feldkapazität: mindestens 50% Vol[1]
Reifegrad
Pflanzenverträglichkeit:
– Wachstum der Testpflanzen gleich wie in der Kontrollerde (Kresse, Gerste oder Bohnen)
– keine wesentliche Erwärmung nach Befeuchtung und Belüftung
Nitrat: Ammoniumverhältnis mindestens 2:1[1]
Belastende Stoffe
Gesamtsalzgehalt als Leitfähigkeit gemessen: kleiner als 2 mS (Millisiemens)[1]
wenige Unkrautsamen[2]
keine pflanzenparasitischen Nematoden[3]
höchstzulässige Schwermetallgehalte: siehe Tabelle 1
keine schwer abbaubaren Rückstände von Pflanzenbehandlungsmitteln
Teilchengrösse
Aussieben des getrockneten Materials mit Rundlochsieb:
grobe Aussiebung bis 25 mm
mittlere Aussiebung bis 16 mm
feine Aussiebung bis 8 mm

[1] *Gysi, v. Allmen*, 1984
[2] *Niggli U.*, 1986
[3] Untersuchung in spezialisierten Labors

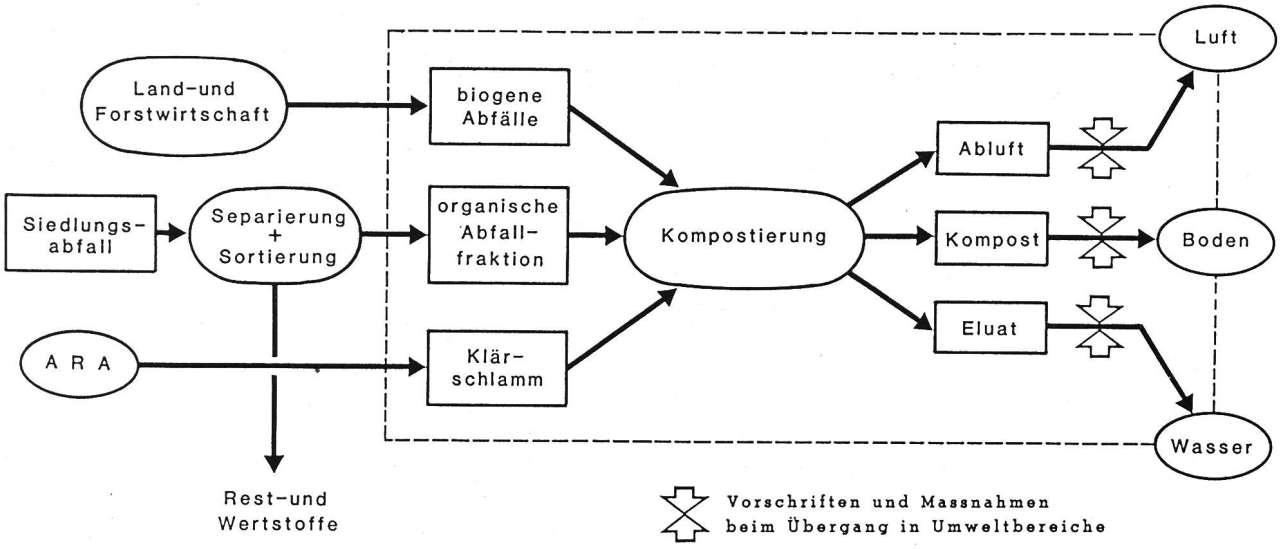

Bild 1. Entsorgungssystem Kompostierung.

– Kompost, oberflächlich gestreut und leicht eingearbeitet, zur Bodenverbesserung
– Substrat = Pflanzenerde, für Jungpflanzenzucht.

Die üblichen Anwendungsmengen betragen 10 bis 30 m^3/ha. Die schweizerischen landwirtschaftlichen Forschungsanstalten haben die in Tabelle 2 wiedergegebenen Qualitätsanforderungen vorgeschlagen *[Gysi, Ryser,* 1986]. Dazu gehören auch Anwendungsempfehlungen für alle Sparten des Obst-, Wein- und Gartenbaues sowie des Feldbaues.

Ein *Bedarf an Komposten* besteht vor allem bei Intensivkulturen mit negativer Humusbilanz, das heisst vor allem im Gemüse- und Weinbau bei offengehaltenem Boden ohne Untersaaten.
Hinzu kommt ein regelmässiger Verbrauch in den Sparten Erwerbsgartenbau, Landschaftsgartenbau sowie in den Privatgärten und Haushalten. Die zurzeit in der Schweiz verbrauchten oder benötigten Mengen an Kompost, Erden, Torf u.a. werden wie folgt geschätzt [Bundesamt für Umweltschutz, 1984], siehe Tabelle 3.

Wie weit sich der Gesamtbedarf durch Komposte aus organischen Abfällen decken lässt, wird durch Qualität und Preis der Produkte entschieden. Wenn der gesamte Anfall an organischen biogenen Siedlungs- (= Garten- und Küchen-)abfällen der Kompostierung zugeführt würde, ergäbe sich eine Kompostmenge von etwa 300000 t/a. Zusammen mit Kompostprodukten aus Abfällen der Land- und Forstwirtschaft sowie der Lebensmittelindustrie könnte demnach der Bedarf vermutlich gedeckt und der Torfimport auf wenige spezielle Anwendungsgebiete (zum Beispiel Kultursubstrate) beschränkt werden.

Tabelle 3. Schätzung des schweizerischen Bedarfes an Kompost, Erden und Torf.

Art des Materials		Verbrauch oder Bedarf t/a
Torfsubstrate	Import	70000 bis 90000
	Inlandproduktion	10000 bis 25000
Erden und Komposte	Import	60000 bis 70000
	Inlandproduktion	20000 bis 30000
mittlerer *Gesamtverbrauch*		180000
Theoretischer zusätzlicher Bedarf[1] der Kulturen mit negativer Humusbilanz (Obst-, Wein-, Gartenbau)		300000

[1] Dieser Bedarf wird zum Teil durch Begrünung oder Hofdünger, teilweise auch gar nicht gedeckt (Verminderung des Humusgehaltes des Bodens). Im Obstbau ist praktisch kein zusätzlicher Bedarf gegeben, da fast alle Anlagen gemulcht werden.

Folgerungen

– *Biogene Abfälle* (pflanzliche und tierische Reststoffe aus Land- und Forstwirtschaft, Gewerbe und Industrie, Haushalt) sollen in *biologischen* Verfahren *primär zu Bodenverbesserern* (Kompost), *sekundär zu chemischen Energieträgern* (zum Beispiel CH_4) verarbeitet werden.
– Die in der Schweiz erzeugten biogenen Abfälle könnten *theoretisch vollständig zu Kompost* verarbeitet werden, da die Aufnahmekapazität vorhanden ist. Begrenzend wirken der *Markt* (Konkurrenz von Importprodukten wie zum Beispiel Torf) und die *Qualität* (nur einwandfreie Produkte sind gefragt).
– Der Stoffhaushalt der vom Menschen genutzten Böden ist so auszulegen, dass auch langfristig keine *Anreicherungen oder Verluste* von Elementen und Verbindungen auftreten, damit die Fruchtbarkeit und angestrebte Nutzungsziele (Erträge) auch künftig möglich sind. Grundsätzlich sollten also Komposte als Bodenverbesserer eine chemische Zusammensetzung aufweisen, die jener der obersten Bodenschichten entspricht. Nach heutigem Wissensstand besteht die Möglichkeit, dass aus Niederschlägen, Düngemitteln und Komposten vor allem erhöhte Frachten von einigen *Schwermetallen* und xenobiotischen Organika zu *Anreicherungen* führen. Aus ökologischer Sicht sind *Grenzwerte* nur erste *praxisorientierte Barrieren* für den *Vollzug* von Qualitätskontrollen. Diese Grenzwerte können noch nicht streng wissenschaftlich begründet werden. Es ist deshalb angebracht, jede *unnötige Erhöhung oder Verminderung zu vermeiden.*

3. Stoffflüsse im Kompostierungsprozess

Stoffbilanz und Steuerung der Kompostierung

Der Kompostierungsprozess beruht im wesentlichen auf dem aeroben Rottevorgang. Dabei wird die organische Substanz teilweise von Mikroorganismen unter Sauerstoffaufnahme zu Kohlendioxid und Wasser abgebaut, wobei Wärmeenergie freigesetzt wird. Für einen optimalen Stoffabbau und -umbau sind die Faktoren Gasaustausch, Feuchtigkeit und Verfügbarkeit von Nährstoffen von Bedeutung. Die vorwiegend aus Bakterien, Pilzen und Aktinomyceten bestehende saprophytische Mikroflora, deren Keime in Boden, Luft und den meisten Abfällen vorhanden sind, vermehrt sich im Kompostmaterial sehr rasch und besorgt stufenweise den Abbau von leicht, mittel und schwer

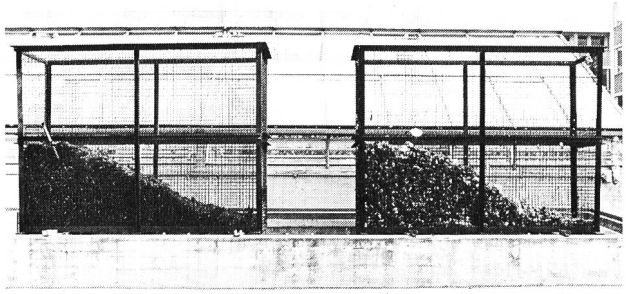

Bild 2. Versuchsanordnung zur Erfassung von Komposteluaten. Links: zerkleinerte Garten- und Küchenabfälle, rechts: zerkleinerte Siedlungsabfälle (Kehricht).

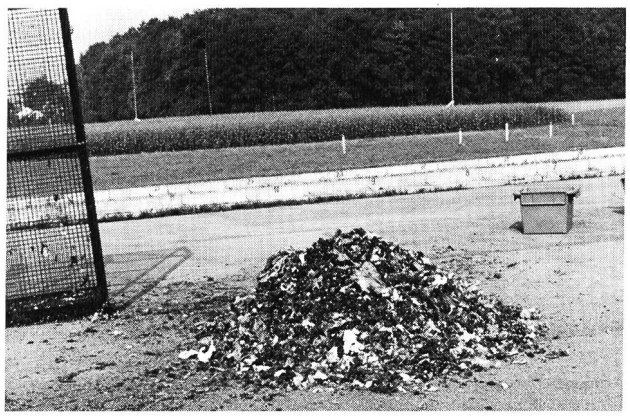

Bild 3. Siedlungsabfallkompost nach 6monatigem Rotteversuch.

Bild 4. Garten- und Küchenabfallkompost nach 6monatigem Rotteversuch.

Bild 5. Versuchsanordnung zur Bestimmung der Stoffbilanzen bei der Kompostierung von Garten- und Küchenabfällen.

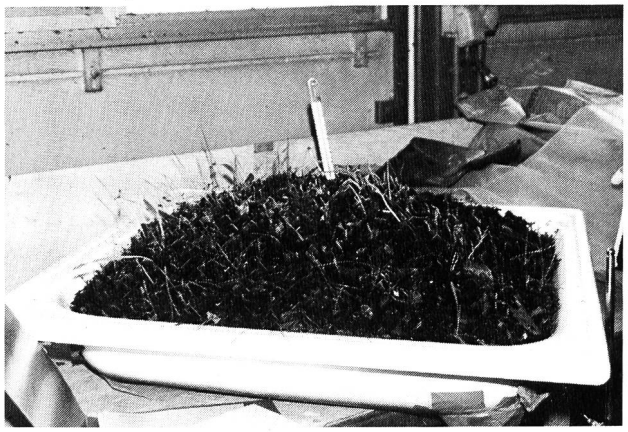

Tabelle 4. Stoffverteilung im Kompostierungsprozess (biogenes Ausgangsmaterial).

Element	Mengenanteile in ‰ oder g/kg Trockensubstanz			
	Gehalt im Rohmaterial	Gesamtverlust	Veratmung	Auslaugung
GV Glühverlust	610	390	360	30
C Kohlenstoff	270	150	141	9
N Stickstoff	13	2	± 0	2
P Phosphor	3	0	0	<0,1
Cl Chlor	2	1	0	1
Cu Kupfer	0,05	0	0	Auslaugung je
Zn Zink	0,2	0	0	<1‰ des
Pb Blei	0,05	0	0	Gehaltes
Cd Cadmium	0,0005	0	0	

abbaubaren organischen Stoffen. Ein Teil des Substrates wird nur umgebaut und liegt im Reifkompost als humusähnliche Substanz vor. Die Resultate von eigenen Versuchen zeigen, dass bei Garten- und Küchenabfall bzw. deren Mischung in einem gut ausgereiften Kompost 50 bis 65 Prozent der organischen Substanz abgebaut sind (Tabelle 4), während sich die Schwermetalle relativ anreichern.

Die Verfahrensschritte Zerkleinerung, Mischung, Umsetzung und Abdeckung bei der Reife dienen der Förderung des Rotte- und Reifeprozesses. Ihre Auswirkungen können mit einfachen Methoden überprüft (biogene Erhitzung, Verpilzung, Farb- und Strukturänderung, Humifizierung, C/N-Verhältnis) und optimiert werden. Aus den bisherigen Erfahrungen und analog zur Garten- und Kehrichtkompostierung sind die zu treffenden Massnahmen bekannt:

– die Zerkleinerung ist nötig für sperrige und holzige Teile, die auf Grössen < 5cm bei möglichst guter Oberflächenvergrösserung gebracht werden sollen;
– die Mischung soll ein strukturell für die Durchführung (natürlich oder künstlich) günstiges Rottegut erzielen und den Wassergehalt optimieren;
– das Umsetzen hat für genügende Sauerstoffzufuhr und Durchmischung zu sorgen;
– die Abdeckung und allfällige Siebung ermöglicht die Herstellung anwendungsbereiter und eventuell handelsfähiger Produkte aus Reifkompost.

Umweltverträglichkeit der Kompostieranlagen

Die wichtigsten Emissionen der Kompostierung in den Bereich Luft sind Gase, Geruchsstoffe und Lärm. Bei gut geführter, vorwiegend aerober Rotte besteht der hauptsächliche Gasaustrag aus Kohlendioxid (CO_2) und Wasserdampf. Bei starker Vernässung oder Verdichtung sind partiell anaerobe Verhältnisse in den Kompostmieten zeitweise nicht zu vermeiden. Dies kann mit entsprechend guter Technik und Personalausbildung korrigiert werden. Beim Umsetzen können dann Geruchsstoffe entweichen, die in der näheren Umgebung störend wirken können. Es wird daher empfohlen, die Standorte von Kompostierungsanlagen mindestens 500 m von Siedlungsgebieten entfernt zu wählen. Diese Distanz wird auch gefordert, um Lärmimmissionen durch den Maschinenbetrieb von grösseren Anlagen (Zerkleinerungs- und Umsetzgeräte) zu vermeiden.

Unter den klimatischen Bedingungen unseres Landes wird bei Kompostmieten nach starken Regenfällen ein Austreten verunreinigter Sickerwässer (Eluate) festgestellt. In eigenen Versuchen wurden diese Sickerflüssigkeiten auf wichtige Kennwerte hin untersucht. Die Resultate sind in Tabelle 5 dargestellt.

Es zeigt sich, dass nur die Werte für Phosphor problematisch sind. Die Einleitung in die Kanalisation ist möglich, während direkte Ableitung in Gewässer nicht zulässig ist.

Tabelle 5. Vergleich der Eluatkonzentrationen mit den gesetzlichen Anforderungen für die Einleitung in die Kanalisation bzw. in die Gewässer.

Parameter		Eluatkonzentration Müllkompost I	Müllkompost II	Garten- und Küchenabfallkompost I	Garten- und Küchenabfallkompost II	gesetzliche Anforderungen an Einleitungen in Kanalisation	Gewässer
Leitfähigkeit	mS	1,7	5,8	1,4	4,3	keine Störungen	keine Schäden
pH-Wert		7,4	7,8	7,0	7,8	6,5–9,0	6,5–8,5
Blei	µg/l	70	80	60	80	500	500
Kadmium	µg/l	2,8	2,8	2,4	3,0	100	100
Kupfer	µg/l	280	470	300	330	1000	500
Quecksilber	µg/l	2	3	3	3	10	10
Zink	mg/l	710	600	400	540	2000	2000
Stickstoff	µg/l	49	68	85	152	möglichst niedrig	
Phosphor	µg/l	4,7	5,4	20	36	möglichst niedrig	

Erläuterungen: I Probe aus erster, intensiver Rottephase
II Probe aus späterer Reifephase

Verfahrenstechnische Mittel

Für die Zerkleinerung werden Zerreissmaschinen verwendet, die bei hoher Drehzahl auch Holzteile von bis zu 10 bis 16 cm Dicke zu Spänen aufbereiten. Mit Ausnahme grösserer Mengen an Grasschnitt oder Laub werden diese Geräte meist mit dem gesamten Gartenabfall beschickt, womit ein genügender Mischeffekt erzielt wird (Schüttgewicht nach Zerkleinerung zirka 0,33 t/m³, das heisst 1 t = zirka 3 m³). Mit einem Radlader werden in grösseren Anlagen die Mieten in geeigneter Mischung aufgesetzt. Nach *Wiemer* [1985] ergänzen sich die Merkmale der wichtigsten Ausgangskomponenten und ergeben günstige Rotteeigenschaften.

Tabelle 6. Merkmale pflanzlicher Reststoffe.

Art	C/N-Verhältnis	Feuchtigkeit
Holzschnitt	100 bis 150	zu trocken
Rasenschnitt	12 bis 25	zu nass
Laub	30 bis 60	mittel – trocken

Im allgemeinen kann die Rotte daher ohne weitere Zusätze ablaufen. Der Reifkompost weist ein Schüttgewicht von 0,6 bis 0,7 t/m³ auf. Nach genügender Trocknung (eventuell Lagerung unter Dach) kann das Material gesiebt werden. Das Umsetzen der Kompostmieten geschieht in Abständen von zu Beginn 1 bis 1½ Monaten, später von etwa 2 Monaten. Dazu kann ein Radlader dienen. Für sehr grosse Anlagen werden besondere Umsetzgeräte angeboten, die bei Bedarf das Material weiter zerkleinern.
Bis zu einem Materialdurchsatz von rund 10000 t/a können auch mobile Geräte und Maschinen eingesetzt werden. In den letzten Jahren sind für den stationären und mobilien Einsatz technische Systeme entwickelt worden, die sich im praktischen Betrieb bewähren. Die Optimierung des Abbauvorganges und die Erzeugung qualitativ guter Produkte erfordert gut geschultes Personal.

Sortierung der Ausgangsstoffe

Bisher sind verschiedene Wege beschritten worden, um aus Siedlungsabfällen grössere Anteile von unerwünschten Inhaltsstoffen zu eliminieren. Neben der Handauslese sind dies vor allem die mechanische Sortierung und die Trennung an der Quelle mit separater Einsammlung. Die früher betriebenen Kehrichtkompostwerke verfügten über Magnetabscheider, Zerkleinerungs- und Siebgeräte. Damit konnten Grobmetalle und sperrige Stoffe (wie zum Beispiel Karton und Kunststoffolien) abgetrennt sowie Glas pulverisiert werden.
Der Eisengehalt liess sich so von etwa 5 auf 2 Prozent des Rohkehrichts reduzieren, aber die Grenzwerte für Schadstoffe konnten nicht erreicht werden. Neuere mechanische Sortieranlagen vermindern zwar die Schwermetallgehalte stärker, unterschreiten bei durchschnittlicher Kehrichtzusammensetzung die Grenzwerte aber nur teilweise. Die getrennte Sammlung von Garten- und Küchenabfällen ergab bisher in der Schweiz durchwegs deutlich unter den Grenzwerten liegende Gehalte (Tabelle 7). Damit besteht Übereinstimmung mit anderen Beobachtungen.

Folgerungen

– Einige wichtige Schadstoffe (zum Beispiel Blei, Cadmium, Zink) gelangen fast vollständig vom Ausgangsmaterial in den reifen Kompost.
– Die möglichen Steuerungsmassnahmen beeinflussen vor allem den Abbauvorgang (zum Beispiel C/N-Verhältnis) und damit primär die Qualität des Produktes. Dafür sind geeignete Methoden der Verfahrenstechnik vorhanden.
– Eine Auswahl der Ausgangsstoffe ist notwendig. Dies kann durch eine separate Sammlung biogener organischer Abfälle erreicht werden. Siedlungsabfälle «tel quel» sollten nicht mehr der Kompostierung zugeführt werden. Die mechanische Sortierung kann beim heutigen Stand kein Material liefern, das ohne Zusatzbehandlung die Grenzwerte für Abfallkomposte einhalten könnte.

4. Auswahlkriterien (für kompostierbare Abfälle)

Chemische und physikalische Eigenschaften

Die Qualitätskriterien nach den Tabellen 1 und 2 ergeben folgende *allgemeine Bedingungen* für die Auswahl der Ausgangsstoffe:
1. Der Anteil an abbaubaren organischen Abfällen soll möglichst hoch, derjenige an stickstoffarmen, wie zum Beispiel Holz, eher niedrig sein.
2. Der Gehalt an umweltgefährdenden Stoffen ist niedrig zu halten. Nicht abbaubare Schadstoffe dürfen wegen des Rotteverlustes im Rohmaterial höchstens in einer Konzentration von 60 Prozent des Grenzwertes vorliegen.
3. Um einen aeroben, emissionsarmen Kompostierungsprozess zu gewährleisten, müssten stofflich und strukturell geeignete Ansatzmischungen bereitgestellt werden können.
Aus der kommunalen Abfallentsorgung *eignen sich nach diesen Kriterien die getrennt gesammelten Garten- und Küchenabfälle sowie solche, die beim Unterhalt der Grünanlagen und Friedhöfe anfallen.*
Für die organischen Küchen- und Haushaltabfälle sollten den Haushaltungen Empfehlungen über die zulässigen Inhaltsstoffe in Form von *Sperrlisten* abgegeben werden. Nach heutigen Kenntnissen sollten folgende Stoffgruppen nicht der Kompostierung zugeführt werden:
– Siedlungsabfall «tel quel» (zum Beispiel Hauskehricht mit gemischten Abfällen), Tabelle 7

Tabelle 7. Schwermetallgehalte von Abfallkomposten

Element		(1) SA–CH	(2) mech. Sortierung	(3) getrennte Sammlung	(4) Grenzwert
		Konzentration in g/t Trockensubstanz			
Blei	Pb	1450	1900	70	150
Kadmium	Cd	11	15	0,7	3
Kupfer	Cu	715	170	45	150
Quecksilber	Hg	7	1,7	0,2	3
Zink	Zn	2200	1200	230	500

(1) Siedlungsabfallkompost aus Schweizer Kehrichtkompostwerken nach *Obrist* (1985)
(2) Berechnung der EAWAG aus Siedlungsabfällen (1986)
(3) Reifkompost aus Garten- und Küchenabfällen der Anlage Murimoos AG, nach *Obrist* (1986)
(4) Stoffverordnung (1986)

– Inhalt von Staubsaugersäcken [Gartenbauamt Zürich, 1986], hohe Schwermetallgehalte und schlecht abbaubare organische Verbindungen
– Aschen aus Verbrennung von Kohle und bedruckten Papieren [Fricke, 1985], zu hohe Schwermetallgehalte
– Ohne analytische Prüfung zudem: Klärschlamm; Laub, Strauchschnitt und Gartenabfälle aus verkehrsreichen Gebieten, zum Beispiel Strassenrändern (erhöhte Schwermetallgehalte).

Technische Durchführung

Zur Gewinnung von geeignetem Ausgangsmaterial zur Kompostierung (und gleichzeitig zur Entlastung der Verbrennung oder der Deponie) werden heute in mehreren Regionen Gartenabfälle, teilweise gemeinsam mit Küchenabfällen, getrennt bereitgestellt und eingesammelt. Soweit möglich soll allerdings im Hausgarten oder im Quartier durch die Bewohner selbst kompostiert werden. Dies ist auch in weniger dicht besiedelten Quartieren von Städten möglich, wie die Versuche in der Stadt Zürich gezeigt haben [Gartenbauamt der Stadt Zürich, 1986].
In Gemeinden mit hoher Siedlungsdichte und zentraler Entsorgung können mit den üblichen Sammelfahrzeugen die biogenen Abfälle getrennt erfasst werden. Von April bis November haben sich wöchentliche Sammlungen bewährt; von Dezember bis März fallen nur stark reduzierte Mengen an. In bereits einjährigen Erfahrungen mehrerer Gemeinden wurden als sogenannte «Grünabfuhr» Gewichtsanteile von 12 bis 27 Prozent der gesamten Kehrichtmenge ermittelt. Dabei scheint das Verhältnis von Wohn- und Arbeitsplätzen eine wichtige Rolle zu spielen. Die höchsten Erfassungsquoten wurden in Gemeinden mit hohem Wohnanteil gemessen. Die obere Grenze der mit getrennter Sammlung in der Schweiz erzielten Mengen erreicht annähernd die gesamte verfügbare Menge von zirka 50 bis 70 kg/E · a Küchenabfälle und 30 bis 40 kg/E·a Gartenabfälle [*Obrist,* 1985].
Die Einsammlung von offen oder in Säcken bereitgestelltem Material bereitet wegen des niedrigen Gewichtes (Gartenabfall 0,12 bis 0,15 t/m³) keine Probleme. Wenn geschlossene Gefässe oder Säcke (besonders für Küchenabfälle) verwendet werden, muss im Sommer mindestens allwöchentlich abgeführt werden (Geruch). Besondere Fahrzeuge sind nicht nötig. Die Bereitstellung in Säcken ist aus der Sicht der Haushaltungen sehr bequem und zweckmässig, erfordert aber eine mechanische Einrichtung zum Aufreissen und Abtrennen der Säcke. Zurzeit werden in Grossversuchen abbaufähige Kunststoffsäcke getestet. Daneben kommen Behälter auf den Markt, in denen Küchenabfälle mehrerer Haushaltungen während einer Woche geruchsfrei gesammelt und vorkompostiert werden können.

Organisatorische Massnahmen

Von grosser Bedeutung ist die genügende Motivation der Bevölkerung. Durch intensive Informationsarbeit kann eine weitgehende Verhaltensänderung erzielt werden, die zu einer guten Trennqualität führt. Nach bisherigen Erfahrungen sind die getrennt gesammelten «Grünabfälle» mit Fremdstoffanteilen (wie zum Beispiel Kunstoffen und Papier) von 1 bis 5 Prozent versehen.
Die Beratung durch leicht erreichbare Auskunftsstellen hat in vielen Fällen wesentlich zum Erfolg beigetragen, beispielsweise in Form eines Abfalltelefons. Mindestens in der Anfangsphase sollte auch regelmässig über die Ergebnisse berichtet werden.
Besondere Anreize für die Bevölkerung können durch die Abgabe oder Verbilligung von Sammelbehältern oder kleiner Kompostmengen geschaffen werden. Bei zentralen Anlagen sind Besichtigungen durch Schulen und Vereine wertvoll. Ebenso motivierend kann eine verursachergerechte mengenproportionale Kostenbelastung durch eine sogenannte Sackgebühr wirken. Dabei werden speziell bezeichnete Säcke (zum Beispiel schwarz für Kehricht, grün für organische Abfälle) vom Gemeinwesen über den Handel vertrieben und zur Benützung vorgeschrieben. Die Abfuhr offener Gebinde (wie zum Beispiel Körbe) oder Bündel von Gartenabfällen ist dabei allerdings erschwert. Dies kann aber zugelassen werden, wenn zusätzlich zur Sack- eine Grundgebühr erhoben wird.

5. Zusammenfassung

Die aus biogenen Abfällen hergestellten Komposte können im Pflanzenbau sinnvoll als Bodenverbesserungsmittel eingesetzt werden, wenn die entsprechenden Grenzwerte kritischer Inhaltsstoffe eingehalten werden. Ein Bedarf ist ausgewiesen, und es kann durch die Kompostanwendung ein grosser Teil der Torfimporte substituiert werden.
Die Steuerung des Kompostierungsprozesses beeinflusst den Abbauvorgang und die Qualität des Endproduktes. Wichtige Schadstoffe wie zum Beispiel Schwermetalle gelangen aber fast vollständig in den reifen Kompost und müssen daher schon im Ausgangsmaterial limitiert werden.
Die getrennte Sammlung biogener Abfälle wie Garten- und Küchenabfälle, land- und forstwirtschaftlicher Abfälle sowie solcher aus der Lebensmittelindustrie kann die geeigneten Rohstoffe für die Kompostierung liefern. Eine gute Information der Bevölkerung und eine lokal erprobte Organisation sind für die generelle Verwertung kommunaler organischer Siedlungsabfälle unerlässlich.

Literatur

Bucher I. 1983: Die Önorm S 2022 «Kompost; Gütekriterien», Abfallwirtschaft, Band 4, Techn. Universität Wien.

Bundesamt für Umweltschutz 1984: Kompostierung, «Schriftenreihe Umweltschutz» Nr. 26.

Fricke K., Vogtmann H., Turk Th. 1985: Projekt «Grüne Tonne, Witzenhausen», «Schriftenreihe A.N.S.» Heft 7, 107 bis 140.

Furrer O. J. 1984: Abfallverwertung – ein Beitrag der Landwirtschaft zur Lösung von Umweltproblemen, «Schweiz. Landw. Forschung» *23,* 3, 269 bis 278.

Gartenbauamt der Stadt Zürich 1986: Modellversuch zur Rückführung von organischen Abfällen aus Küche und Haushalt in den Naturkreislauf, Stadt Zürich 1985/86, Bauamt I, Zürich.

Gysi Ch., Ryser J. P. 1986: Richtlinien für die Anwendung von Kompost, Eidg. Ldw. Forschungsanstalten, Flugschrift (Veröffentlichung in Vorbereitung).

Gysi Ch.; F. v. Allmen 1984: Substratuntersuchung für den Zierpflanzenbau, Forschungsanstalt Wädenswil, Flugschrift Nr. 113.

Krauss P. 1985: Mechanische Abtrennung von Schwermetallen aus Hausmüll – mehr als eine Illusion? «Schriftenreihe des A.N.S» Heft 7, 149 bis 180.

Niggli U. 1986: Biotest zur Bestimmung der Unkrautsamenzahl im Kompost, Interne Arbeitsvorschrift der Forschungsanstalt Wädenswil, unveröffentlicht.

Obrist W. 1985: Entwicklungstendenzen der Kompostierung in der Schweiz, «Schriftenreihe des A.N.S.» Heft 7, 54 bis 63.

Obrist W. 1986: Stoffbilanz des Kompostierungsprozesses, IRC-Tagung, Berlin, Oktober 1986.

Schweiz. Bundesrat 1986: Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo) vom 9. Juni 1986, in Kraft ab 1. September 1986.

Schweiz. Bundesrat 1986: Stoffverordnung vom 9. Juni 1986, in Kraft ab 1. September 1986.

Wiemer K. 1985: Die Kompostierung pflanzlicher Abfälle aus Gärten und Parkanlagen, Umweltplanung und Umweltschutz, «Schriftenreihe der Hessischen Landesanstalt für Umwelt» Heft Nr. 34.

Adresse der Verfasser: Dr. *Walter Obrist* und Prof. Dr. *Peter Baccini,* Abteilung für Abfallwirtschaft und Stoffhaushalt der EAWAG, CH-8600 Dübendorf.