

Kompostieren

Ein interessanter Betriebszweig für die Landwirtschaft

Urs Meier, Matthias Schick und Helmut Ammann, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon
 Hans Beyeler, LBBZ Schwand, CH-3110 Münsingen

Die getrennte Erfassung und Verwertung von organischen Abfällen kann neue Erwerbsmöglichkeiten für die Landwirtschaft eröffnen. Schwerpunkte der Verwertung bilden hygienisch unbedenkliche Grün- und Heckenschnitte sowie Baumschnitt. Die Kompostierung verlangt entsprechende Kenntnisse und ein grosses Engagement des Betreibers. Die Qualität des Kompostes muss im Zentrum aller Bestrebungen stehen.

Für die Kompostierung in der Landwirtschaft kommen vor allem die Feldrandkompostierung und die Platzkompostierung in Frage. Landwirte können mit zum Teil eigenen Maschinen regional anfallende Grünabfälle sinnvoll in den Stoffkreislauf zurückführen. Die Verfahrenskosten hängen weitgehend von der Auslastung der Maschinen wie Shredder, Kompostumsetzer und Kompoststreuer ab. Die Kosten zur Behandlung von 750 Jahrestonnen,

ohne Einsammeln des Rohmaterials, liegen zwischen Fr. 156.- und Fr. 226.- pro Tonne. Die Kosten zur Kompostierung von 250 Jahrestonnen belaufen sich auf Fr. 200.- bis Fr. 287.- pro Tonne.

Der Arbeitszeitbedarf für die Kompostierung verteilt sich relativ gleichmässig über die Vegetationsperiode. Arbeitsspitzen können im Oktober und November auftreten. Für Landwirte, die im Nebenerwerb in der Kompostaufbereitung tätig sind, ist diese Verteilung des Arbeitszeitbedarfs willkommen, weil die meisten Feldarbeiten im Oktober und November bereits abgeschlossen sind. Zudem kann das Ausbringen des reifen Kompostes in Randzeiten erfolgen, womit Arbeitsspitzen vermeidbar sind.

Eine Gemeinde mit etwa 3000 Einwohnern kann für zwei bis drei Landwirte einen sinnvollen Nebenerwerb in Form der Kompostierung bieten.

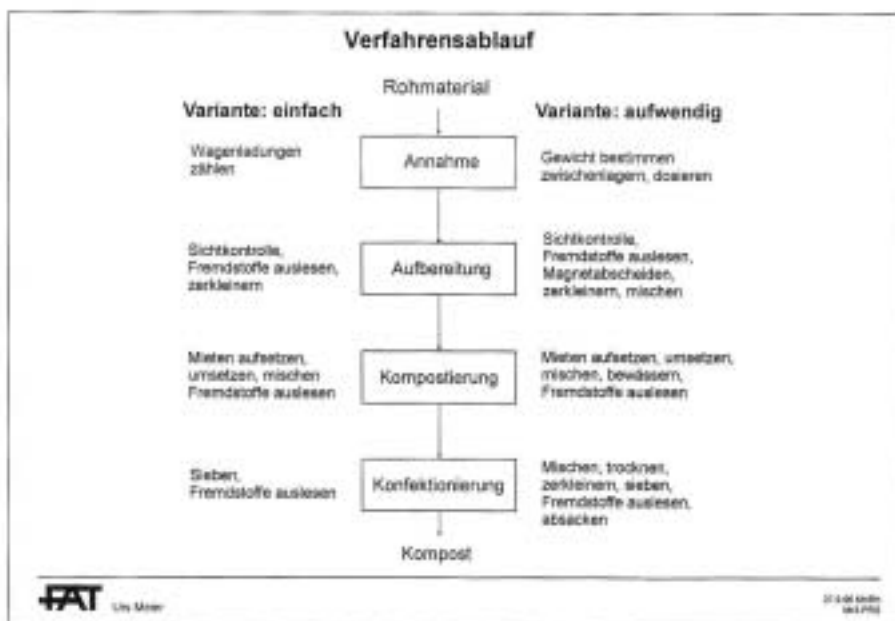


Abb. 1. Verfahrensschema der Kompostierung. Das Einsammeln des Rohmaterials und das Ausbringen des Reifkompostes sind zusätzliche Verfahrensschritte.

Inhalt	Seite
Verfahrenstechnik	2
Rohmaterial	6
Überwachungs- und Steuerungsmassnahmen	7
Planung und Organisation	8
Gesetzliche Rahmenbedingungen	10
Kosten und Arbeitswirtschaft	11
Folgerungen	16

Die im Jahr 1991 in Kraft gesetzte Technische Verordnung über Abfälle (TVA) fordert die getrennte Sammlung und Verwertung kompostierbarer Abfälle. Die Abfallmengen sind von 1990 mit etwa 230 000 t auf derzeit etwa 300 000 t angestiegen. Die Landwirtschaft ihrerseits gewährleistet nicht nur die Verwertung des grössten Teils des Kompostes, sondern kann einen Beitrag an die Behandlung des Rohmaterials leisten. Geeignetes organisches Material lässt sich auf diese Weise wieder in den Stoffkreislauf der Landwirtschaft zurückführen. Zudem ergeben sich für die Landwirtschaft mit der Behandlung des Materials neue Einkommensalternativen.

Der vorliegende Bericht zeigt grundsätzliche Möglichkeiten der Kompostierung im landwirtschaftlichen Bereich auf. Neben verfahrenstechnischen Aspekten sind vor allem betriebs- und arbeitswirtschaftliche Daten enthalten. Zudem werden die wichtigsten gesetzlichen Rahmenbedingungen und organisatorische Möglichkeiten der Behandlung organischen Materials für die Praxis angesprochen.

Verfahrenstechnik der landwirtschaftlichen Kompostierung

Der Verfahrensablauf der Kompostierung teilt sich in vier Bereiche auf (Abb. 1):

- Annahme,
- Aufbereitung,
- Kompostierung,
- Konfektionierung.

Im Fließschema sind zwei Varianten aufgezeigt, die sich aufwandmässig unterscheiden.

Die Variante **einfach** ist vor allem auf Rohmaterialien, die wenig verunreinigt und während der Kompostierung unproblematisch sind, ausgerichtet. Solche Materialien sind beispielsweise separat gesammelte Gartenabfälle. Die Verwendung des Kompostes erfolgt praktisch ausschliesslich zu landwirtschaftlichen Nutzungszwecken.

Variante **aufwendig** basiert auf Rohmaterialien, die eher stark verunreinigt sind und/oder bei der Kompostierung aufgrund ihrer Zusammensetzung und Eigenschaften mit höherem Aufwand



Abb. 2. Beim Bringsystem werden die Abfälle auf den Kompostierplatz angeliefert. Eine Sichtkontrolle des angelieferten Materials ist vor dem Abladen empfehlenswert.

bewirtschaftet werden müssen. Dazu zählen Küchenabfälle oder grosse Mengen an Rasenschnitt. Neben der landwirtschaftlichen Verwendung des Kompostes ist die Vermarktung von Interesse.

Kombinationen der beiden Varianten sind möglich. Beispielsweise ist der einfache Verfahrensablauf im Bereich der Annahme, Aufbereitung und Kompostierung, hingegen eine aufwendigere Konfektionierung zur Qualitätssteigerung des Kompostes für spezielle Anwendungsgebiete anzutreffen.

Materialannahme

Die Materialanlieferung erfolgt nach dem Bring- und/oder Holprinzip.

Beim **Bringsystem** wird das Material zur Anlage gebracht (Abb. 2). Haushaltsabfälle werden mit Kehrtraktoren, Garten- und Landschaftspflegeabfälle in der Regel mit Kleinlastwagen angeliefert.

Im Fall des **Holsystems** sind die Abfälle in Containern, offenen Behältern oder bei Gartenabfällen als Bündel für den Transport bereitgestellt. Der Landwirt als Betreiber der Kompostieranlage kann für das Einsammeln der bereitgestellten Abfälle eigene Transportmittel wie Anhänger oder Mistzetter benutzen.

Auf der Anlage sollte die Materialanlieferung kontrolliert werden. Dies setzt

umzäuntes und abschliessbares Gelände voraus. Ist dies nicht der Fall, ist darauf zu achten, dass nur ein beschränkter Anliefererkreis Material auf den Platz bringt. Nicht umzäuntes Areal birgt die Gefahr, dass zur Kompostierung nicht geeignetes Material deponiert wird.

Das Wägen des angelieferten Materials erlaubt eine genaue Erfassung und Dokumentation.

Eine Selbstdeklaration der Menge ist auf Anlagen ohne ständige personelle Besetzung notwendig. Die Erfassung der angelieferten Materialien über Anzahl Wagenladungen (Fuder) ist aufgrund der schwankenden Raumgewichte ungenau.

Bei gebündelten Gartenabfällen können Schnüre zu Problemen bei nachfolgenden Verarbeitungsmaschinen führen. Es empfiehlt sich, die Anlieferer dahingehend zu informieren. Papiersäcke stellen ein weiteres Problem dar, weil einerseits deren Inhalt nicht kontrollierbar ist und andererseits der Sack aussortiert werden muss.

Materialaufbereitung

Das Aufbereiten des Rohmaterials bezweckt das Erreichen optimaler Verhältnisse während des Kompostierungsprozesses. Teilschritte sind das Zerkleinern grober Stoffe (Baumschnitt oder Grüngut, Abb. 3) und das Mischen



Abb. 3. Shreddern des Rohmaterials und Ansetzen der Miete in einem Arbeitsgang.

Tabelle 1. Technische Kenndaten verschiedener Zerkleinerungsgeräte

Gerät	Messerhacker	Schlegelhacker	Mischwagen
Werkzeuge	scharfe Messer	stumpfe Schlegel	scharfe Messer
Aggregat	Scheibenrad oder Trommel	Schlagscheibe oder Schlagtrommel	Schnecke
Verarbeitungskapazität (m ³ /Tag)	bis 250	bis 250	bis 80
Vorteile	ideal für Holz hohe Leistung bei reinem Holz	Alleshacker geringe Verstopfungsgefahr	gute Durchmischung weniger Verschleiss
Nachteile	störungsanfällig auf Fremdstoffe	geringe Leistung bei reinem Holz	nicht geeignet für dickes Astmaterial (ab ca. 5 cm Dicke)
Leistungsbedarf	ab 25 kW	ab 25 kW	ab 44 kW

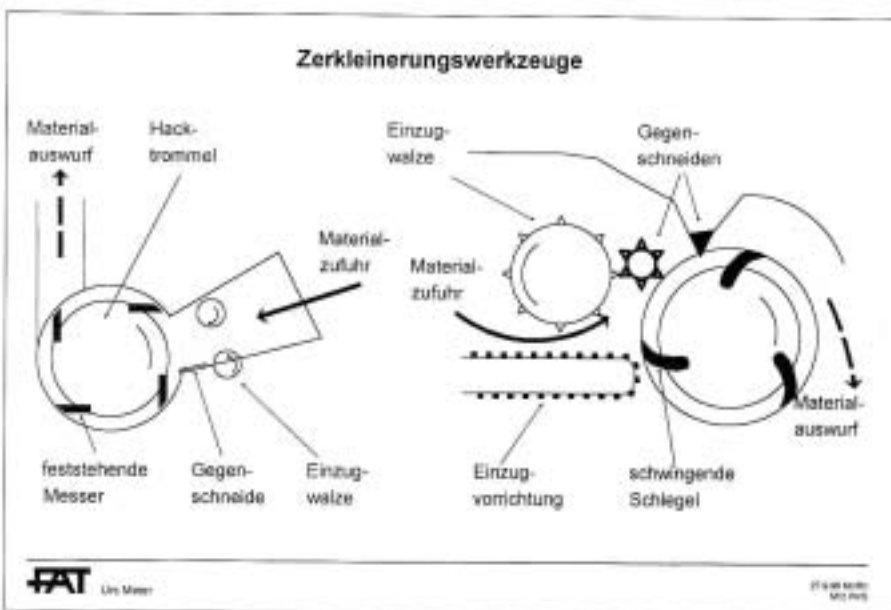


Abb. 4. Zerkleinerungswerkzeuge, links Messerhacker, rechts Schlegelhacker.

von Komponenten (beispielsweise nasses und trockenes Material) sowie das Aussortieren von Fremdstoffen (Metalle, Kunststoffe).

Zur Materialzerkleinerung finden Geräte Verwendung, die sich nach der Art der Zerkleinerungswerkzeuge unterscheiden (Tab. 1). Messerhacker haben feststehende Zerkleinerungswerkzeuge, Schlegelhacker frei schwingende Werkzeuge (Abb. 4). Eine Sonderform nimmt der Zerkleinerungs- und Mischwagen ein, der mittels messerbestückten Schnecken das Material an einer Gegenschneide auffasert und gleichzeitig durchmischt.

Für die Metallabscheidung finden Magnetabscheider Verwendung, die den Zerkleinerungsmaschinen vorgeschaltet sind. Kunststoffe müssen von Hand ausgelesen werden. Der Aufwand für die Fremdstoffentfernung hängt hauptsächlich von der Art und Weise der Abfalleinsammlung und von der Information und Motivation der Beteiligten ab. Die Fremdstoffentfernung erfolgt vor und/oder nach dem Zerkleinern.

Kompostierung

Während der Kompostierung wird organisches Material abgebaut und umgebaut. Der Prozess (Abb. 5) durchläuft verschiedene Phasen, die durch unterschiedliche Temperaturen und Organismen gekennzeichnet sind. Die Temperatur kann zu Beginn im Innern der Miete auf über 70 °C ansteigen, was eine Teilhygienisierung des Materials bewirkt. Nach der Huminstoffbildung, in der überwiegend holzige Bestandteile abgebaut werden, beginnt die Phase der Reife. Es entsteht Humus, der zu einer feinen krümeligen Struktur des Kompostes führt. Als Endprodukt liegt der Reifkompost vor, der sich beim Umsetzen praktisch nicht mehr erwärmt. Im Gegensatz dazu erwärmt sich der Frischkompost, den man nach der Heissrotte erhält, nach Umsetzen auf 50 bis 60 °C. Dieser Kompost enthält noch viel nicht abgebaute Substanzen.

Der Kompostierungsprozess läuft in der Praxis in Mieten oder in geschlossenen Reaktoren ab. In der Landwirtschaft ist die Kompostierung in Mieten verbreitet. Der Aufbau einer Mietenunterlage erfolgt mittels Miststreuer oder Radlader. Der Mietenaufbau mit dem

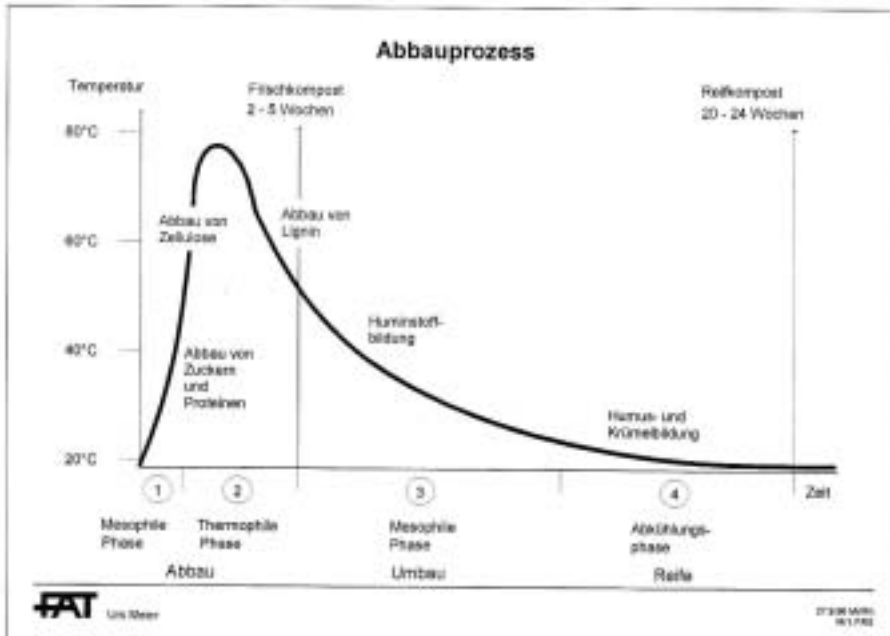


Abb. 5. Verlauf des Kompostierungsprozesses (nach Aebersold et al.: *Vergären oder Kompostieren?* Uni Zürich, 1993).

Miststreuer lässt ein schichtweises Ansetzen verschiedener Rohmaterialien zu, die beim späteren Umsetzen zusammengemischt werden. Das Umsetzen der Mieten erfolgt entweder mit speziellen gezogenen (Abb. 6) oder selbstfahrenden Umsetzgeräten (Abb. 7) oder mit dem Miststreuer. Das Umsetzen mit dem Miststreuer ist umständlich und zeitaufwendig. Der Radlader ist ebenfalls weniger geeignet, weil ein vollständiges Durchmischen des Substrats oft nicht gewährleistet

werden kann. Die erforderlichen Wege- und Rangierflächen unterscheiden sich je nach Verfahrenstechnik (Abb. 8). Der Miststreuer weist den geringsten Flächenbedarf auf, weil lediglich 0,5 m Fahrfläche pro Miete notwendig sind. Der Einsatz eines gezogenen Mietenumsetzgeräts benötigt pro Miete eine Fahrfläche von 1,9 m und ein selbstfahrendes Umsetzgerät 1,2 m.



Abb. 6. Gezogenes Mietenumsetzgerät im Einsatz bei der Feldrandkompostierung entlang eines befestigten Weges (Radweg).

Konfektionierung

Nach der Kompostierung ist das Material meist für die Lagerung, den Transport, den Verkauf und die Ausbringung noch zusätzlich zu konfektionieren. Dazu gehört das Zerkleinern des Kompostes, um klumpige Stoffe zu eliminieren. Um weitere Fremdstoffe und grobe Bestandteile entfernen zu können bzw. für entsprechende Anwendungen bestimmte Fraktionen herzustellen, wird der Kompost gesiebt. Je nach Erfordernis werden dem Kompost auch Additive zur Regulierung des Nährstoffgehalts zugemischt. Für den Verkauf kann ein Trocknen des Kompostes zur problemlosen Lagerung in Säcken angezeigt sein. Dies ist aus Kostengründen nur in Grossanlagen anzutreffen.

Das Absieben des Kompostes nach der Rotte richtet sich nach der Weiterverwendung des Kompostes. Grob gesiebter Kompost, Siebmaschenweite 30 bis 60 mm, reicht zu landwirtschaftlichen Nutzungszwecken aus. Zu Vermarktungszwecken muss fein gesiebt werden (Siebmaschenweite unter 25 mm). Das Sieben des Kompostes nach der Rotte dient auch der Fremdstoffentfernung. Die Qualitätsanforderungen im Hinblick auf einen genügend tiefen Fremdstoffgehalt lassen sich mit einer sorgfältig abgestimmten Siebung in der Regel erreichen. Hierzu ist aber ein ausreichend trockener Kompost Voraussetzung.



Abb. 7. Selbstfahrendes Mietenumsetzgerät auf einer Platzkompostierungsanlage.

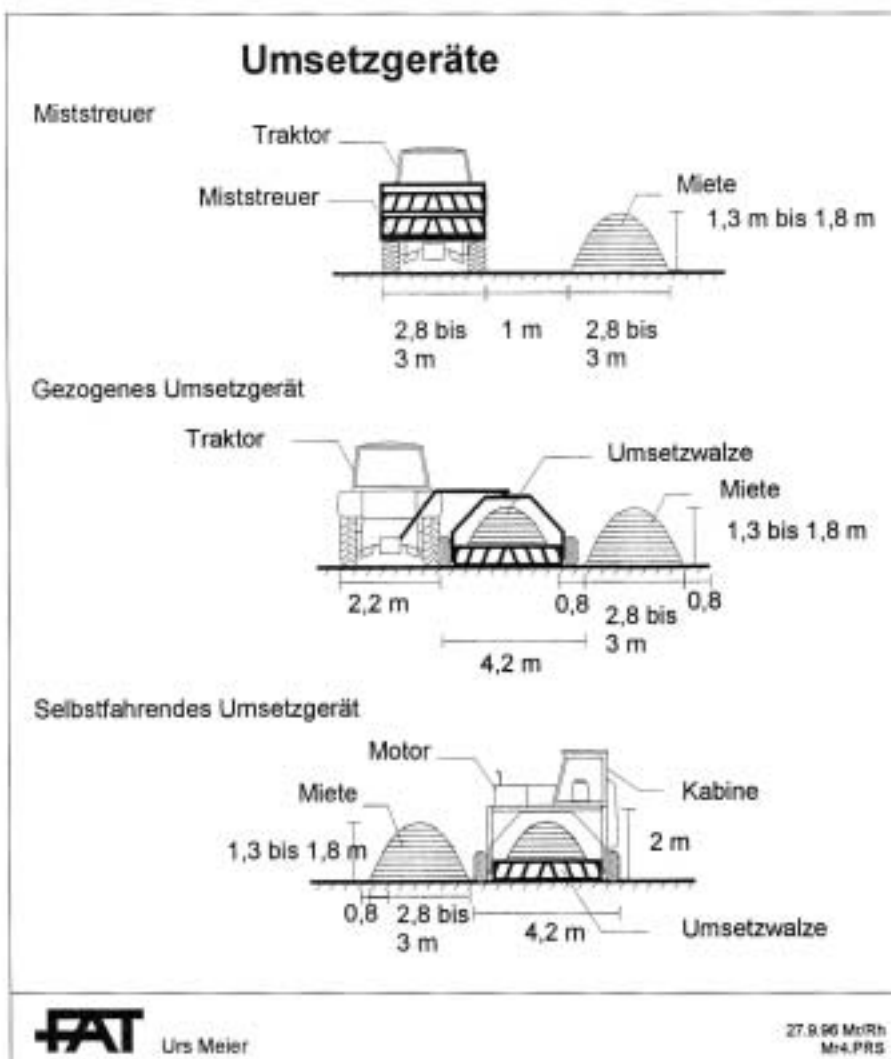


Abb. 8. Wege- und Rangierflächenbedarf verschiedener Umsetzgeräte.

Rohmaterial

Die biologischen, chemischen und physikalischen Eigenschaften der Rohmaterialien beeinflussen den Kompostierungsprozess und die Qualität des Kompostes (Tab. 2).

Bioabfall entspricht dem getrennt gesammelten Teil des Siedlungsabfalls. Er besteht vorwiegend aus Küchen- und Gartenabfällen. Grüngut umfasst pflanzliche Abfälle wie Mähgut, Laub und Gehölzschnitt, die aus Privatgärten, öffentlichen Grünanlagen sowie aus der Landschaftspflege stammen. Bioabfälle und Grüngut weisen meist ein günstiges C/N-Verhältnis auf, so dass ein Mischen mit anderen Substraten nur im Hinblick auf eine Verbesserung des Strukturanteils angezeigt ist.

Zur Kompostierung ungeeignete Materialien sind (Abb. 9) :

- dicke Äste und Wurzeln,
- Papier (Zeitungen, Verpackungen),
- Katzensand,
- Verbundmaterialien (Windeln),
- Textilreste,
- Staubsaugersackinhalt,
- Hobel- und Sägespäne von behandeltem Holz,
- Kleintierkadaver,
- Glas, Steine, Kunststoffe, Metalle, Keramik.

Das Mischen verschiedener Stoffe kann einerseits das C/N-Verhältnis für die Kompostierung verbessern, andererseits die Struktur in der Miete auflockern, um die Sauerstoffversorgung zu erhöhen. Das Mischen kann sowohl bei der Materialaufbereitung als auch beim Umsetzen der Mieten erfolgen.



Abb. 9. Fremdstoffe wie Metalle oder Aluminium gehören nicht in die Kompostierung. Der Aufwand für die Fremdstoffauslese ist nicht zu unterschätzen.

Bei der Zumischung von Holzhäcksel oder Rinde muss beachtet werden, dass bei einem Anteil von mehr als 20 Vol.-% eine Verlängerung des Kompostierprozesses um mehrere Wochen in Kauf zu nehmen ist. Strassenbordmähgut enthält viel Chlorid (Cl⁻), das aus dem Streusalz stammt und im Kompost zu einem höheren Salzgehalt führt.

Baum- und Heckenschnitt sowie Grüngut sind für die meisten Mischungen günstig (Tab. 3). Gewerbliche Abfälle wie Panseninhalt oder Schlempe benötigen ausreichend Strukturmaterial. Entwässertes Panseninhalt mit TS-Gehalten zwischen 30 und 35% lässt sich gut kompostieren. In Mischung mit Rohmaterial ist auch Frischkompost zur Kompostierung gut geeignet und meist schon auf dem Kompostierplatz

vorhanden. Zudem bieten Mischungen mit Kuh- oder Pferdemist aus der Landwirtschaft gute Voraussetzungen für die Kompostierung.

Holziges Material und Stroh sind während längerer Zeit lagerbar. Stark wasserhaltiges, weiches Material wie Grasschnitt hingegen ist nur kurze Zeit lagerfähig. Eine bewährte Mischung von weichen, feuchten Abfällen und harten, trockenen Abfällen stellt das Verhältnis von 2 Teilen weiche Abfälle, 1 ½ Teilen harte Abfälle und ½ Teil gut angerotteter Kompost dar.

Um saisonale Schwankungen im Anfall vieler Materialien ausgleichen bzw. reduzieren zu können, ist es empfehlenswert, ein entsprechendes Rohstofflager einzurichten.

Tabelle 2. Rohmaterialien und deren Eignung zur Kompostierung

Herkunft	Landwirtschaft		Siedlung			Industrie/Gewerbe	
	Mist	Stroh	Rasenschnitt	Baum- u. Heckenschnitt	Bioabfall	Gemüse- rüstabfall	Panseninhalt (entwässert)
Dichte	0,65 - 0,85	0,04 - 0,1	0,05 - 0,6	0,08 - 0,8	0,2 - 0,7	0,2 - 0,9	0,8
C/N-Verh.	20	60 - 100	12 - 25	20 - 60	15 - 30	13 - 20	15 - 18
Struktur	mittel	gut	schlecht/mittel	gut	schlecht/mittel	schlecht	mittel
Feuchte	gut	gut	zu nass	mittel	zu nass/mittel	zu nass	mittel
Anfall	ganzjährig	saisonal	saisonal	saisonal	ganzjährig	saisonal	ganzjährig
Hygiene	unbedenklich	unbedenklich	unbedenklich	unbedenklich	kritisch	z.T. kritisch	z.T. kritisch

Tabelle 3. Mischungen verschiedener Rohmaterialien zur Kompostierung

Mischungen	Geflügeleinstreumist	Hühnerkot	Stroh	Brachflächen-Grüngut	Baum- u. Heckenschnitt	Strassenbordschnitt	Panseninhalt	Schlempe	Biertreber	Pulpe	Rübenabfall	Bioabfall	Grüngut	Laub	Klärschlamm
Geflügeleinstreumist	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	o	-	-	-	+
Hühnerkot	+	+	o	o	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
Stroh	-	+	-	-	-	+	+	o	o	+	o	o	o	-	+
Brachflächen-Grüngut	-	o	-	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	o	o
Baum- u. Heckenschnitt	-	o	-	o	o	+	+	+	+	+	+	+	+	o	+
Strassenbordschnitt	-	-	-	o	o	o	o	o	o	o	+	+	o	o	o
Panseninhalt	+	-	+	o	+	o	-	-	-	-	-	+	+	-	-
Schlempe	+	-	+	o	+	o	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Biertreber	+	-	o	o	+	o	-	-	-	-	o	+	o	-	-
Pulpe	+	-	o	o	+	o	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Rübenabfall	+	-	+	o	+	o	-	-	-	-	o	+	o	-	-
Bioabfall	o	-	o	+	+	+	-	-	o	-	o	+	+	-	-
Grüngut	-	+	o	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o
Laub	-	+	-	o	o	o	+	-	o	-	o	+	+	+	+
Klärschlamm	+	-	+	o	+	o	-	-	-	-	-	o	+	-	+

Legende : + günstige Kombination; - Kombination nicht möglich bzw. ungünstig; o Kombination möglich, aber nicht günstig bzw. sinnvoll

Überwachungs- und Steuerungsmassnahmen des Rotteverlaufs

Die Überwachung des Rotteverlaufs dient einerseits dazu, die geeigneten Massnahmen zur Steuerung des Kompostierprozesses möglichst optimal einzusetzen und andererseits die Qualität des Endprodukts mitzubeeinflussen. Wichtige Überwachungsparameter wie die Temperatur oder der TS-Gehalt (Tab. 4) können vor Ort gemessen werden und weisen eine hohe Aussagekraft auf. Die Bestimmung dieser Parameter erfordert kein speziell geschultes Personal, der Bedienungsaufwand ist gering und es sind einfache Geräte (Abb. 10).

Die Kenntnis von Massnahmen zur Steuerung des Kompostierungsprozesses ist zur Erzielung einer ausreichenden Kompostqualität und Verminderung von Emissionen wichtig.

Folgende Massnahmen sind im Bereich der Verfahrenstechnik möglich:

- Reduktion der Emissionen und des Sickerwasseranfalls durch Abdecken der Mieten mit Vlies und Planung der Umsetzintervalle,
- Reduktion der Emissionen und des Sickerwasseranfalls durch Aufsetzen einer Häckselmatte als Mietenunterlage,
- Verminderung der Emissionen durch Sickerwassererfassung,

Tabelle 4. Übersicht verschiedener Rotteparameter und deren Aussage

Parameter	Aussage betreffend		Messung mit	Massnahme
	Kompostqualität	Emissionspotential		
Fremdstoffe / Verunreinigungen	Qualitätskriterium	--	Sichtkontrolle	Handauslese
Temperatur	hygienische Eigenschaften	Methanbildung	Temperaturmess-Sonde	Miete abdecken, Umsetzen
Geruch	Reife	Bildung anaerober Geruchskomponenten	Nase	Mieten abdecken, strukturreiches Material beimischen
TS-Gehalt	Qualitätskriterium	Bildung anaerober Geruchskomponenten	Trocknung im Trockenschrank	Mieten abdecken, Mieten befeuchten, Umsetzen
NH ₄ -N	Pflanzenverträglichkeit, Düngewirkung	NH ₃ -Emissionspotential	Teststäbchen	Umsetzen
NO ₂ -N	Pflanzenverträglichkeit, Reife	--	Teststäbchen	Umsetzen
NO ₃ -N	Reife	Denitrifikationspotential	Teststäbchen	Ausbringen



Abb. 10. Messgeräte zur Überwachung des Kompostierungsprozesses. Links zwei Geräte zur Messung des CO₂-Gehalts in der Mietenluft, rechts Temperaturmessgeräte.



Abb. 11. Befeuchten der Miete während des Umsetzens. Das Wasser kann besser in die Miete eingemischt werden als bei oberflächlicher Bewässerung.

Tabelle 5. Wichtige Daten für die Kompostierung

Frischmaterialanfall	20 bis 120 kg/Einwohner und Jahr
Frischmaterial (durchschnittlich)	0,5 t/m ³ geshreddert
Kompost reif	0,3 t/m ³
Rotteschwund	50 bis 60 Volumen-%
Umsetzintervalle	10 bis 15 mal bis Reife
Bedarf an befestigter Fläche (durchschnittlich)	Feldrandkompostierung : 0,5 m ² /t frisch Platzkompostierung : 1,5 m ² /t frisch

- Reduzierung des Geruchs durch Abdecken der Miete mit einer Schicht Reifkompost,
- Verringerung der Stör- und Schadstoffgehalte durch entsprechendes Sortieren und Rotteführung für den Abbau organischer Schadstoffe,
- Bewässern der Miete zur Feuchthaltung des Kompostes bei Gefahr des Austrocknens, wobei dazu aufgefangenes Sickenwasser verwendet werden kann (Abb. 11),
- Hygienisierung mit der Temperatur und der Kompostierdauer sowie mit einer ausreichenden Durchmischung der Mieten erzielen,
- Reduzierung der Menge oder gar Verzicht auf die Behandlung ungeeigneter bzw. schadstoffhaltiger Materialien.

Bei der Zwischenlagerung des kompostierten Materials ist eine Abdeckung des Kompostes mit einem Vlies zu empfehlen, damit ein Wiederbefeuchten vermieden wird.

Schliesslich spielen die Ausbildung und das Engagement des Anlagenbetreibers eine nicht zu unterschätzende Rolle für eine optimale Bewirtschaftung des kompostierfähigen Materials.

Planung und Organisation der Kompostierung

Planerische Aspekte

Die Planung einer Kompostieranlage ist Grundlage für einen optimalen Anlagenbetrieb. Schon in der Planungsphase sind verschiedene Rahmenbedingungen zu beachten (Abb. 12).

Das Rohmaterial bildet den Ausgangspunkt einer Anlagenplanung. Eine Prognose der Abfallmengen und -arten im geplanten Einzugsgebiet liefert Daten zur Grösse der Anlage, Art der Abfallanlieferung (Bring- oder Holprinzip) sowie Eignung der Kompostierung generell. Tabelle 5 enthält einige Daten zum Mengenanfall und zur Kompostierung. Die Angaben sind Durchschnittswerte, da in der Praxis teilweise grosse Unterschiede zu verzeichnen sind. Der Standort der vorgesehenen Anlage hängt nicht nur von der Siedlungsstruktur ländliche, städtische Sied-

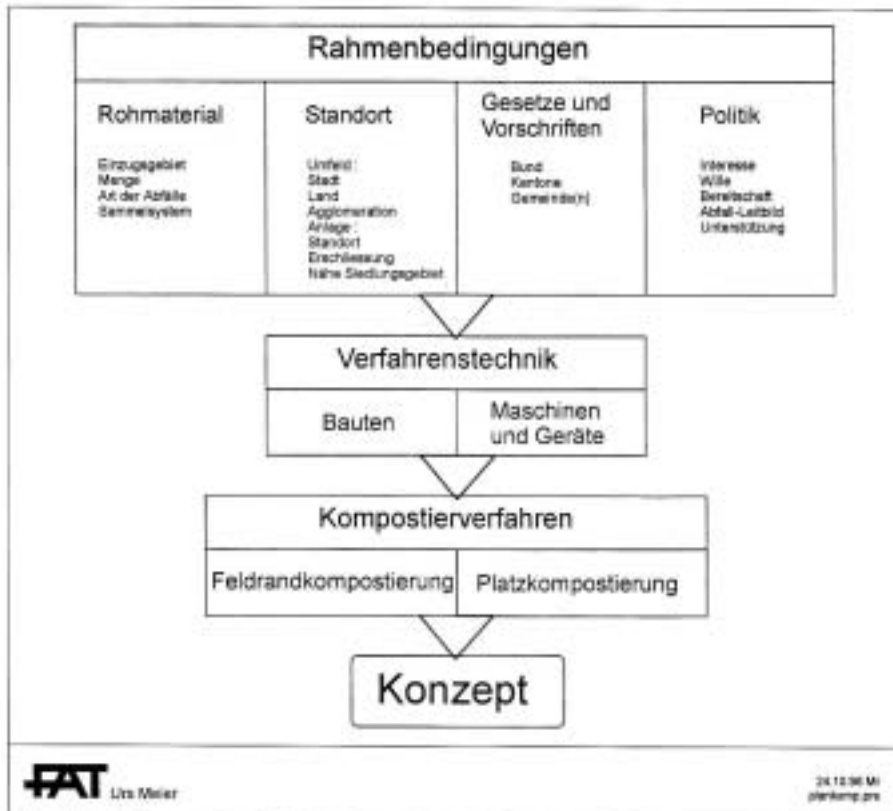


Abb. 12. Planungsverlauf bei der Kompostierung.

lungsstruktur oder Agglomeration ab, sondern auch vom Gelände. Das Gelände für eine Kompostieranlage sollte für Lieferanten wie auch für Kompostabnehmer distanzmässig gut erreichbar und für entsprechende Transportfahrzeuge zugänglich sein. Wasser- und Stromanschluss sind erwünscht aber nicht zwingend. Mögliche Geruchsbelästigungen sind ebenfalls für die Auswahl des Anlagenstandorts zu beachten.

Die Verfahrenstechnik ist in einen Teil Bauten und einen anderen Teil Maschi-

nen und Geräte gegliedert. Bauaufwendungen sind im Anliefer- und Rottebereich sowie Zwischen- und Kompostlager notwendig. Der Anlieferbereich sollte befestigt sein. Zudem ist je nach örtlichen Gegebenheiten und Disziplin der Anlieferer eine Umzäunung empfehlenswert.

Nach Möglichkeit ist der Anlieferbereich in die übrige Kompostierung einzugliedern, damit keine zusätzlichen Transporte zwischen Anlieferung und Kompostierung anfallen. Auch mehrere Anlieferstandorte sind denkbar, bei

denen entsprechendes Frischmaterial vor der Kompostierung zwischengelagert werden kann. Beispielsweise kann dies bei der Feldrandkompostierung der Fall sein, bei der die Mieten an unterschiedlichen Standorten aufgebaut werden.

Grundsätzlich ist bei der Materialanlieferung darauf zu achten, dass feuchte Abfälle oder Küchenabfälle zur Vermeidung von grösseren Geruchsbelästigungen rasch, das heisst möglichst am gleichen Tag, gehäckselt und zur Miete aufgebaut werden sollten. Insbesondere in der Nähe von bewohnten Gebieten ist oftmals eine entsprechende Information der Bevölkerung zweckmässig. Unter Umständen ist es einfacher, auf die Anlieferung von problematischen Rohmaterialien, vor allem Küchenabfälle, zu verzichten.

Für eine zweckmässige Kompostierung sind verschiedene Maschinen und Geräte nötig. Es sind teilweise spezielle Maschinen anzuschaffen oder zu mieten. Häcksler/Shredder und Umsetzmaschinen gehören zu den notwendigen Maschinen. Geräte zur Überwachung des Kompostierprozesses, wie Teststäbchen oder ein O₂-Messgerät, gehen oftmals bei der Planung vergessen.

Im Verlauf der Planung muss schliesslich auch das geeignete Kompostierverfahren ausgewählt werden. Hierzu sind in Tabelle 6 einige grundsätzliche Spezifikationen und der Einsatzbereich der Feldrand- und Platzkompostierung gegenübergestellt. Daraus lässt sich festhalten, dass die Feldrandkompostierung eher auf die Verarbeitung unproblematischer Rohmaterialien ausgerichtet ist. Die Platzkompostierung eignet sich besser, um feuchte und strukturarme Materialien mitverarbeiten zu können (Abb. 13). Ein weiteres Entscheidungskriterium liefern der notwendige Investitionsbedarf und die jährlichen zu erwartenden Verfahrenskosten.

Am Schluss der planerischen Überlegungen ist ein Konzept auszuarbeiten, das die wichtigsten Elemente (vgl. Abb. 12) skizziert und eine Kostenschätzung enthält. Mit diesem Konzept kann gezielter nach Unterstützungsmöglichkeiten Ausschau gehalten werden als mit einer wenig durchdachten Idee.

Tabelle 6. Spezifikationen und Einsatzbereiche der Feldrand- und Platzkompostierung

	Feldrandkompostierung	Platzkompostierung
Rohmaterial (überwiegend)	Grüngut, Baum- u. Heckenschnitt, Mist	Grüngut, Baum- u. Heckenschnitt, Bioabfall
Standort	ländlich	ländlich und städtisch
Bauten Anlieferbereich Rottebereich Zwischenlager Kompostlager	Bedarf gering befestigt unbefestigt, eine Seite befestigt Feldrand selten vorhanden	Bedarf grösser befestigt teilweise befestigt befestigt
Maschinen + Geräte Zerkleinerung Mietenumsetzer	Bedarf mittel meist Kleins shredder meist gezogene Geräte	Bedarf mittel bis grösser grössere Shredder meist gezogene Geräte
Eignung	vorwiegend Grüngut	Grüngut und Bioabfälle



Abb. 13. Platzkompostierung. Miete auf befestigtem Untergrund und Abdeckung mit Kompostvlies, Beschickung des Shredders (Bildmitte) mit Radlader (links), Umsetzen der Mieten mit selbstfahrendem Gerät (rechts).

Organisatorische Aspekte

Bei der Organisation der Kompostierung steht die Kompostverwertung im Vordergrund. In den meisten Fällen spielt der Verkauf von Kompost an Kleinabnehmer oder die Vermarktung über den Handel eine untergeordnete Rolle. Die langfristige Verwertungssicherheit bietet nur die Verwendung des Kompostes auf landwirtschaftlich genutzten Flächen. Folgerichtig gilt es zu überprüfen, wie Landwirte als Betreiber oder Eigentümer der Kompostieranlage fungieren können. Landwirte können als Einzelperson, in

kleineren Gruppen oder in einer grösseren Organisation Teilbereiche oder den gesamten Bereich der Kompostierung übernehmen.

Der einzelne Landwirt muss für sich prüfen, ob der Betrieb einer Kompostierungsanlage oder Teilbereiche davon mit der Arbeit auf seinem landwirtschaftlichen Betrieb vereinbar ist. Es gilt dabei zu beachten, dass der Anfall an Rohmaterial für die Kompostierung jahreszeitlich stark variieren kann (vgl. Abb. 21).

Zur Gewährleistung einer ausreichenden Verwertungssicherheit soll sich der interessierte Landwirt auf ein langfristi-

ges Engagement einstellen. Eine entsprechende vertragliche Regelung mit Verbänden oder Gemeinden ist zweckmässig.

Je nach Rahmenbedingungen oder auch Möglichkeiten der Landwirte ist es sinnvoll, auch nur Teilprozesse der Kompostierung auszuführen. Der Landwirt kann das Einsammeln und den Transport der Rohmaterialien zur Kompostieranlage übernehmen. Ebenfalls denkbar ist die Bereitstellung einer geeigneten Fläche zur Anlieferung von Rohmaterial, Zwischenlagerung von Kompost oder zur Kompostierung selbst. Die Ausbringung von Kompost auf betriebseigenen und -fremden Flächen stellt auch eine Variante dar. Praxiserfahrungen zeigen, dass Landwirte, die in Maschinenringen organisiert sind, vor allem im Bereich Häckseln und Ausbringen des Kompostes an der Kompostierung teilnehmen. Transporte, Umsetzen und Sieben des Kompostes sowie der Anlagenbetrieb selbst sind weniger vertreten.

Gesetzliche Rahmenbedingungen

Es ist eine Reihe von Vorschriften auf Bundes-, Kantons- und Gemeindeebene im Rahmen der Kompostierung zu beachten. Die Planung, der Bau und der Betrieb von Kompostieranlagen sowie der Einsatz des Kompostes sind in der Gesetzgebung auf Bundesebene geregelt (Tab. 7).

Tabelle 7. Massgebende gesetzliche Bestimmungen auf Bundesebene

Gesetz/Verordnung	Abkürzung	Wichtigste Artikel betreffend Bereich			
		Planung	Bau	Betrieb	Komposteinsatz
Bundesgesetz über den Umweltschutz	USG	2, 11, 30,		32, 36	
Luftreinhalte-Verordnung	LRV	1		4, 5, 9	21, 60, Anh.4.5
Verordnung über umweltgefährdende Stoffe	StoV				6
Verordnung über Schadstoffe im Boden	VSBö				
Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung	UVPV	8, 9, Anh.Ziff.40.7	8, 9		
Technische Verordnung über Abfälle	TVA	4, 7, 19	43	44,45	
Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer	GSchG	6, 17	22	7, 69, 70	51
Verordnung über Abwassereinfaltungen	AbwV	7		10,12, Anh. Kol III	
Allgemeine Gewässerschutz-Verordnung	AGSchV	20			
Bundesgesetz über die Raumplanung	RPG	24, 22, 24			
Verordnung über die Raumplanung	RPV	26			
Bundesgesetz über den Natur- u. Heimatschutz	NHG	1,18			
Bundesgesetz über den Wald	WaG	1			
Wald-Verordnung	WaV				27

Das Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG) ist vor allem ein Rahmengesetz, das in verschiedenen Verordnungen unter anderem Vorschriften im Bereich Stoffe, Abfälle und Boden konkretisiert. Die Stoffverordnung betrifft die Verwendung des Kompostes. In der Verordnung über Schadstoffe im Boden sind Richtwerte für den Gehalt von Schadstoffen (Schwermetalle und Fluor) enthalten, deren Einhaltung für die Erhaltung einer langfristigen Bodenfruchtbarkeit wichtig ist.

Nach der Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung unterliegen Abfallanlagen mit einer Behandlungskapazität von mehr als 1000 t pro Jahr einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP). Technische und organisatorische Anforderungen für die umweltgerechte Behandlung von Abfällen sind in der Technischen Verordnung über Abfälle festgehalten.

Das Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer sowie die entsprechenden Verordnungen beinhalten Anforderungen an die Einleitung, Versickerung und Behandlung des Abwassers.

Bei der Planung einer Anlage müssen zudem raumplanerische Aspekte beachtet werden.

Eine Reihe weiterer Vorschriften existieren auf kantonaler und kommunaler Ebene.

Kosten und Arbeitswirtschaft

Kostenkalkulationen

Den Kostenkalkulationen sind zwei Kompostierverfahren, die Feldrand- und die Platzkompostierung sowie je zwei Anlagengrößen, 750 t und 250 t im Jahr, zu Grunde gelegt. Tabelle 8 enthält die baulichen Aufwendungen. Die Maschinenkosten sind in Abhängigkeit der Anlagenkapazität und der jährlichen Auslastung berechnet (Tab. 9).

Die Kalkulationen der Verfahrenskosten für 750 t pro Jahr (Tab. 10) enthalten zwei verschiedene Varianten. Die Variante 1 beinhaltet einen Kleinschredder mit einer Durchsatzleistung von 2 t/h und Ausbringen des Kompostes mit einem Kompoststreuer. Variante 2 ist mit einem Grossschredder, 5 t/h, und zwei Kompoststreuern berechnet. Tabelle 10 enthält den Investitionsbe-

Tabelle 8. Vorgaben für die Kostenkalkulationen der beiden Kompostierverfahren

Verfahren Vorgaben	Feldrandkompostierung	Platzkompostierung
Bauten - Grundstück - Sammelplatz - Kompostplatz - Kompostlager - Mietensbedeckung	Landwirtschaftsland befestigt (Bitumenbelag) Platz mit Entwässerung Feldrandmiete keine Entwässerung Feldrand keine Entwässerung Kompostvlies	Landwirtschaftsland befestigt (Bitumenbelag) Platz mit Entwässerung befestigt (Bitumenbelag) Platz mit Entwässerung befestigt (Bitumenbelag) mit Entwässerung Kompostvlies

darf, aufgeteilt in einen Teil Anlagen und einen Teil Maschinen.

Bei der Verarbeitung von 750 Jahrestonnen ergeben sich jährliche Kosten zwischen Fr. 156.– und Fr. 223.– pro Tonne Rohmaterial für die Feldrandkompostierung bzw. Fr. 170.– bis Fr. 226.– für die Platzkompostierung. Der Investitionsbedarf für die Anlage ist bei der Platzkompostierung rund dreimal höher als bei der Feldrandkompostierung. Hingegen sind die Maschinen- und Arbeitskosten bei der Platzkompostierung geringer. Die Variante Shredder mit geringer Durchsatzleistung, das heisst 2 t/h, ist im Vergleich zur Variante Shredder mit grosser Durchsatzleistung, entsprechend 5 t/h, rund Fr. 57.– bis 70.– pro Tonne teurer. Leistungsstarke Maschinen führen bei ausreichender Auslastung zu geringeren Kosten als leistungsschwache Maschinen. Bei damit entsprechender Optimierung des Arbeitsaufwands sind Kosteneinsparungen von rund Fr. 67.– pro Tonne für die Feldrandkompostierung und von Fr. 57.– pro Tonne für die Platzkompostierung möglich.

Die Verfahrenskosten einer Anlage mit einer Kapazität von 250 Jahrestonnen liegen für die Feldrandkompostierung zwischen Fr. 200.– und Fr. 256.– (Tab. 11). Die Platzkompostierung ist mit Kosten von Fr. 237.– bis Fr. 287.– pro Tonne um etwa Fr. 30.– pro Tonne teurer. Die Auslastung des Umsetzers und des Shredders ist bei der Verarbeitung von 250 t im Jahr gering, weshalb der Entschädigungsansatz entsprechend hoch liegt. Aus wirtschaftlicher Sicht müssen diese Geräte und Maschinen bei der Verarbeitung von 250 Jahrestonnen überbetrieblich eingesetzt werden können.

Praxisbeispiel

In den Gemeinden Rubigen und Münsingen mit 2100 bzw. 9700 Einwohnern

wurde 1993 die Kompostierung an Feldrändern realisiert. Das eingesammelte Grünmaterial wird an einem zentralen Platz abgeladen und bis zur Verarbeitung zwischengelagert. Nach dem Shreddern des Materials erfolgen das Ansetzen und der Aufbau der Mieten unmittelbar an den Feldern, auf denen der Reifkompost ausgebracht wird (Abb. 14 und 15). Die Distanz zwischen Aufbereitungsplatz und Mieten liegt zwischen 0,8 und 3,5 km. Im ersten Jahr, 1993, konnten knapp 600 Tonnen und 1994 mehr als 1000 Tonnen verarbeitet werden. Die Verfahrenskosten sind für 1994 berechnet (Tab. 12). Das Umsetzen und Ausbringen verursachen knapp Fr. 37.– pro Tonne. Das Aufbereiten und das Ansetzen der Mieten sind dagegen rund dreimal so teuer mit Kosten von Fr. 110.– pro Tonne. Ein Grund für die hohen Kosten im Bereich der Aufbereitung und Ansetzen liegt im Arbeitsaufwand für die Fremdstoffauslese. Während des Shredderns des Materials musste für das Auslesen eine dritte Person angestellt werden, was Kosten von rund Fr. 10.– pro Tonne verursachte.

Kosteneinsparungen

Ein bedeutender Kostenfaktor ist die Aufbereitung des Materials. Das Shreddern von 750 Jahrestonnen mit einem Kleinschredder, 2 t/h Durchsatzleistung, verursacht bei der Feldrandkompostierung Maschinen- und Arbeitskosten von Fr. 113 000.– (Abb. 16). Im Vergleich dazu belaufen sich die Kosten beim Einsatz eines Grossschredders mit 5 t/h Durchsatzleistung auf Fr. 62 880.–. Die Kosteneinsparung beträgt Fr. 50 000.– oder Fr. 67.– pro Tonne. Das Shreddern bei der Platzkompostierung ist generell billiger als bei der Feldrandkompostierung, weil

Tabelle 9. Maschinen- und Arbeitskosten in Abhängigkeit der jährlichen Anlagenkapazität (Grundlage: Maschinenkosten 1996. FAT)

Anlagenkapazität 750 t pro Jahr			
Maschinen	Neuwert	Jährliche Auslastung	Entschädigungsansatz
- Umsetzer	Fr. 24 000.-	60 h	Fr. 90,00/h
- ¹ Shredder, Zapfwellenantrieb, 2 t/h	Fr. 20 000.-	375 h	Fr. 28,00/h
- ² Shredder, Aufbaumotor, 5 t/h	Fr. 42 000.-	150 h	Fr. 91,00/h
- Traktor, 50 kW	Fr. 64 000.-	600 h	Fr. 33,00/h
- Traktor, 60 kW	Fr. 76 000.-	600 h	Fr. 38,00/h
- Kompoststreuer	Fr. 30 000.-	225 Fu	Fr. 28,00/h
- ³ Pneuwagen, 1-achsig, hydr. kippbar	Fr. 12 500.-	375 h	Fr. 8,50/h
- Frontlader	Fr. 14 000.-	160 h	Fr. 18,00/h
- Hydrauliklader, Zapfwellenantrieb	Fr. 18 500.-	115 h	Fr. 38,00/h
Arbeit			
- Fachkraft			Fr. 50,00/h
- Hilfskraft			Fr. 42,00/h
Anlagenkapazität 250 t pro Jahr			
Maschinen	Neuwert	Jährliche Auslastung	Entschädigungsansatz
- Umsetzer	Fr. 24 000.-	20 h	Fr. 250,00/h
- ¹ Shredder, Zapfwellenantrieb, 2 t/h	Fr. 20 000.-	125 h	Fr. 52,00/h
- ² Shredder, Aufbaumotor, 5 t/h	Fr. 42 000.-	50 h	Fr. 210,00/h
- Traktor, 50 kW	Fr. 64 000.-	600 h	Fr. 33,00/h
- Traktor, 60 kW	Fr. 76 000.-	600 h	Fr. 38,00/h
- Kompoststreuer	Fr. 30 000.-	225 Fu	Fr. 28,00/h
- ³ Pneuwagen, 1-achsig, hydr. kippbar	Fr. 12 500.-	150 h	Fr. 16,00/h
- Frontlader	Fr. 14 000.-	160 h	Fr. 18,00/h
- Hydrauliklader, Zapfwellenantrieb	Fr. 18 500.-	115 h	Fr. 38,00/h
Arbeit			
- Fachkraft			Fr. 50,00/h
- Hilfskraft			Fr. 42,00/h

¹ Shredder, Zapfwellenantrieb = Variante 1 in der Verfahrenskostenberechnung

² Shredder, Aufbaumotor = Variante 2 in der Verfahrenskostenberechnung

³ Pneuwagen = wird nur bei der Feldrandkompostierung eingesetzt

Tabelle 10. Kosten der landwirtschaftlichen Kompostierung, Kapazität 750 t/Jahr

Verfahren Kostenart	Einheit	Feldrandkompostierung		Platzkompostierung	
		750		750	
Auslastung	t/Jahr	750		750	
Investitionsbedarf Anlagen					
Installationen und Bauten	Fr.	60 000.-		135 500.-	
Wasser- u. Elektroanschluss	Fr.	0.-		30 000.-	
Platzentwässerung	Fr.	10 000.-		67 685.-	
Kompostvlies	Fr.	13 100.-		13 100.-	
Bewilligung + Gebühren	Fr.	1 000.-		7 000.-	
Total Anlagen	Fr.	84 100.-		253 485.-	
Investitionsbedarf Maschinen		Variante 1	Variante 2	Variante 1	Variante 2
Umsetzer	Fr.	24 000.-	24 000.-	24 000.-	24 000.-
Shredder, Zapfwellenantrieb	Fr.	20 000.-	--	20 000.-	--
Shredder, Aufbaumotor	Fr.	--	42 000.-	--	42 000.-
Kompoststreuer	Fr.	30 000.-	60 000.-	30 000.-	60 000.-
Total Maschinen	Fr.	74 000.-	126 000.-	74 000.-	126 000.-
Verfahrenskosten					
Abschreibungen	Fr.	7 207.-	7 207.-	13 962.-	13 962.-
Zinsen	Fr.	3 027.-	3 027.-	9 125.-	9 125.-
Versicherungen	Fr.	589.-	589.-	1 634.-	1 634.-
Landentschädigung	Fr.	2 500.-	2 500.-	1 125.-	1 125.-
Unternehmerisches Risiko	Fr.	4 205.-	4 205.-	12 674.-	12 674.-
Haftpflichtversicherung	Fr.	150.-	150.-	150.-	150.-
Analysen u. Bodenproben	Fr.	1 022.-	1 022.-	1 022.-	1 022.-
Maschinenkosten	Fr.	69 398.-	52 562.-	66 958.-	52 517.-
Arbeitskosten	Fr.	79 337.-	45 577.-	63 207.-	35 052.-
Verfahrenskosten total	Fr.	167 435.-	116 838.-	169 877.-	127 281.-
Verfahrenskosten/t	Fr./t	223,25	155,80	226,50	169,70

Variante 1 = Shredder, Zapfwellenantrieb; Ausbringen mit 1 Kompoststreuer

Variante 2 = Shredder, Aufbaumotor; Ausbringen mit 2 Kompoststreuern

Tabelle 11. Kosten der landwirtschaftlichen Kompostierung, Kapazität 250 t/Jahr

Verfahren Kostenart	Einheit	Feldrandkompostierung		Platzkompostierung	
Auslastung	t/Jahr	250		250	
Investitionsbedarf Anlagen					
Installationen und Bauten	Fr.	20 000.-		73 940.-	
Wasser- u. Elektroanschluss	Fr.	0.-		30 000.-	
Platzentwässerung	Fr.	2 500.-		11 875.-	
Kompostvlies	Fr.	4 585.-		4 585.-	
Bewilligung + Gebühren	Fr.	1 000.-		7 000.-	
Total Anlagen	Fr.	28 085.-		127 400.-	
Investitionsbedarf Maschinen		Variante 1	Variante 2	Variante 1	Variante 2
Umsetzer	Fr.	24 000.-	24 000.-	24 000.-	24 000.-
Shredder, Zapfwellenantrieb	Fr.	20 000.-	--	20 000.-	--
Shredder, Aufbaumotor	Fr.	--	42 000.-	--	42 000.-
Kompoststreuer	Fr.	30 000.-	60 000.-	30 000.-	60 000.-
Total Maschinen	Fr.	74 000.-	126 000.-	74 000.-	126 000.-
Verfahrenskosten					
Abschreibungen	Fr.	2 468.-	2 468.-	6 441.-	6 441.-
Zinsen	Fr.	1 011.-	1 011.-	4 586.-	4 586.-
Versicherungen	Fr.	197.-	197.-	811.-	811.-
Landentschädigung	Fr.	850.-	850.-	475.-	475.-
Unternehmerisches Risiko	Fr.	1 404.-	1 404.-	6 370.-	6 370.-
Haftpflichtversicherung	Fr.	150.-	150.-	150.-	150.-
Analysen u. Bodenproben	Fr.	1 022.-	1 022.-	1 022.-	1 022.-
Maschinenkosten	Fr.	30 603.-	27 534.-	30 117.-	26 383.-
Arbeitskosten	Fr.	26 446.-	15 393.-	21 720.-	12 986.-
Verfahrenskosten total	Fr.	64 151.-	50 029.-	71 692.-	59 224.-
Verfahrenskosten/t	Fr./t	256,60	200,10	286,80	236,80

Variante 1 = Shredder, Zapfwellenantrieb; Ausbringen mit 1 Kompoststreuer

Variante 2 = Shredder, Aufbaumotor; Ausbringen mit 1 Kompoststreuer

Tabelle 12. Kosten der Feldrandkompostierung in Münsingen/Rubigen, 1994

Verfahren Kostenart	Einheit	Feldrandkompostierung				
Auslastung	t/Jahr	1 035				
Investitionsbedarf Anlage						
Installationen und Bauten	Fr.	40 000.-				
Platzentwässerung	Fr.	10 000.-				
Kompostvlies	Fr.	8 515.-				
Bewilligung + Gebühren	Fr.	1 000.-				
Total Anlagen	Fr.	59 515.-				
Investitionsbedarf Maschinen						
Umsetzer	Fr.	24 000.-				
Shredder, Aufbaumotor	Fr.	42 000.-				
Kompoststreuer	Fr.	30 000.-				
Total Maschinen	Fr.	96 000.-				
Verfahrenskosten						
Abschreibungen	Fr.	4 878.-				
Zinsen	Fr.	2 143.-				
Versicherungen	Fr.	417.-				
Landentschädigung	Fr.	1 730.-				
Unternehmerisches Risiko	Fr.	2 976.-				
Haftpflichtversicherung	Fr.	150.-				
Analysen u. Bodenproben	Fr.	1 022.-				
Arbeitsschritte		Aufbereiten	Ansetzen	Umsetzen	Ausbringen	Gesamt
Arbeitskosten	Fr.	30 446.-	27 911.-	11 115.-	7 174.-	76 646.-
Maschinenkosten	Fr.	33 367.-	22 782.-	12 573.-	7 345.-	76 067.-
Arbeits- u. Maschinenkosten total	Fr.	63 813.-	50 693.-	23 688.-	14 519.-	152 713.-
Arbeits- u. Maschinenkosten/t	Fr./t	61,65	49,00	22,90	14,00	147,55
Verfahrenskosten total	Fr.	166 029.-				
Verfahrenskosten/t	Fr./t	160,40				



Abb. 14. Ansetzen der Mieten am Feldrand. Unter dem Miststreuer ist ein Tuch montiert, das herunterfallendes Material auffängt. Damit kann der Aufwand zur Reinigung des Weges reduziert werden.



Abb. 15. Aufladen des Reifkompostes am Feldrand mit einem Schreitbagger.

das Ansetzen der Mieten direkt auf Platz erfolgt und somit keine zusätzlichen Fahrten an die Feldränder notwendig sind. Die Kosteneinsparung beim Einsatz eines leistungsstarken Shredders beträgt Fr. 38 000.- oder Fr. 50.- pro Tonne.

Beim Ausbringen des Reifkompostes mit einem oder zwei Kompoststreuern sind im Fall der Feldrandkompostierung nur geringe Einsparungen möglich (Abb. 17). Mit einem Kompoststreuer liegen die Kosten für Maschinen und Arbeit bei Fr. 16 700.- und mit zwei Streuern bei Fr. 16 240.-. Die Einsparung beträgt Fr. 470.- oder Fr. 0.60 pro Tonne. Bei der Platzkompostierung hingegen bringt der Einsatz eines zweiten Kompoststreuers Kosteneinsparungen von Fr. 5200.- oder Fr. 7.- pro Tonne. Andernfalls ist aber die Ausbringung ab Platz teurer als ab Miete, da längere Transportdistanzen zu bewältigen sind.

Die Verfahrenskosten der Kompostierung können folgendermassen optimiert werden:

- Gute Planung und Organisation der einzelnen Arbeitsabläufe bei der Kompostierung.
- Minimierung des Aufwands für die Fremdstoffauslese, das heisst entsprechende Information und Aufklärung der beteiligten Bevölkerung.
- Einsatz leistungsstarker Maschinen, beispielsweise Shredder mit 5 t pro Stunde anstatt 2 t pro Stunde Durchsatzleistung.
- Verwendung arbeitszeiteinsparender Geräte und Maschinen, beispielsweise Aufladen des geschredderten

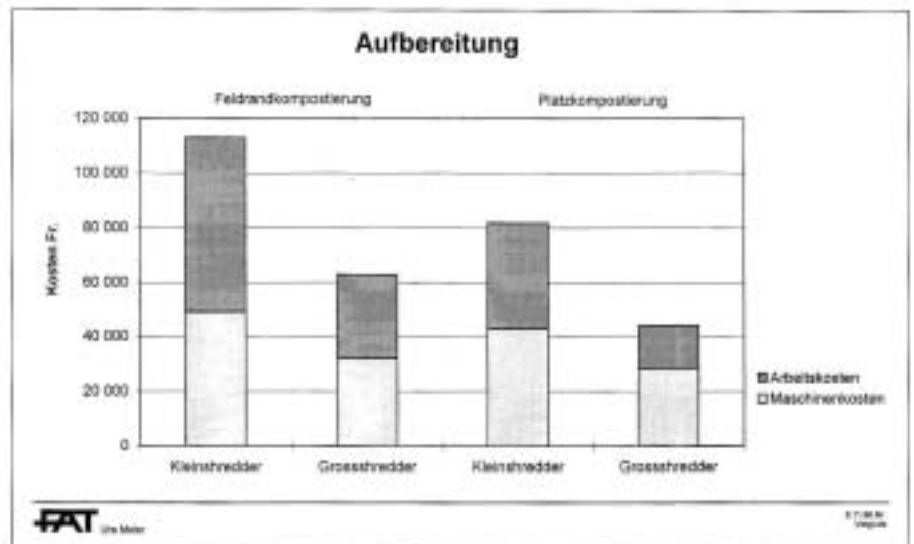


Abb. 16. Vergleich der Maschinen- und Arbeitskosten beim Aufbereiten des Rohmaterials, Anlagenkapazität 750 Jahrestonnen.

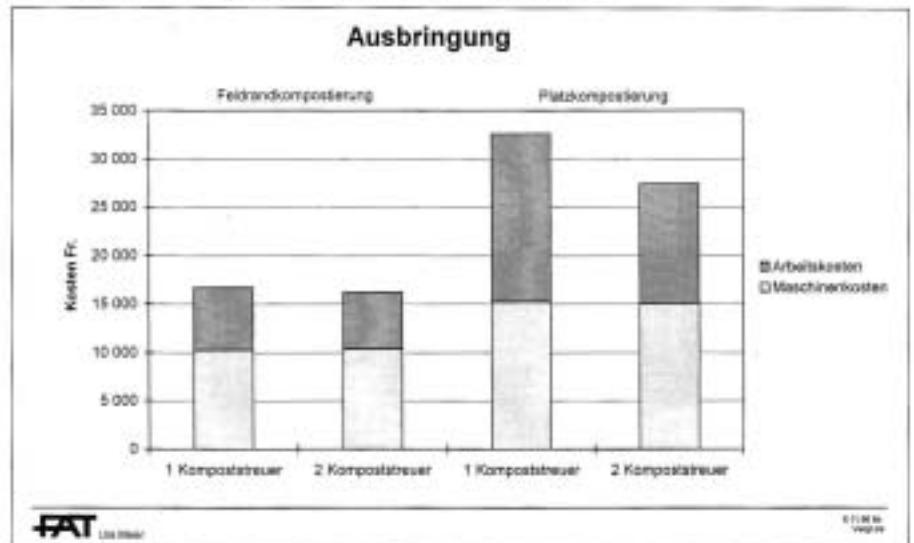


Abb. 17. Vergleich der Maschinen- und Arbeitskosten beim Ausbringen des Reifkompostes, Anlagenkapazität 750 Jahrestonnen.

Materials auf Kipper mit Förderband anstatt Frontlader.

- Ausbringen des Kompostes mit zwei Kompoststreuern anstelle von einem Streuer bei der Platzkompostierung.
- Ausreichende Abfallmengen verarbeiten.

Arbeitswirtschaftliche Daten

Der Arbeitszeitbedarf und die Maschinenstunden für die einzelnen Arbeitsvorgänge in der Feldrandkompostierung konnten anhand einer zweijährigen Untersuchung in der Praxis erhoben werden (LBBZ Schwand 1993-1994).

Die Gesamtarbeit ist in fünf Arbeitsvorgänge aufgeteilt:

1. Grünmaterial einsammeln (dies entspricht der Grünabfuhr in den Gemeinden).
2. Grünmaterial aufbereiten (sortieren und schreddern des gesamten Materials).
3. Kompost am Feldrand ansetzen.
4. Kompost umsetzen.
5. Reifkompost ausbringen.

Im ersten Jahr wurden 454 Tonnen Rohmaterial umgesetzt, 1994 bereits mehr als die doppelte Menge: 1035 Tonnen.

Betrachtet man die absolut aufgewendeten Stunden in den einzelnen Bereichen, so stellt man fest, dass der Arbeitsvorgang «Grünmaterial aufbereiten» sowie der Arbeitsvorgang «Miete am Feld ansetzen» die zeitintensivsten Bereiche darstellen (Abb. 18).

Der Bereich «Grünmaterial aufbereiten» ist wegen der Fremdstoffauslese ungeeigneter Bestandteile wie Glas, Metall, Kunststoff usw. sehr zeitintensiv. Dies ist besonders wichtig, um nicht den Schredder zu beschädigen und um zu verhindern, dass unerwünschte Fremdstoffe auf die Felder gelangen. Neben der Kontrolle des angelieferten Materials ist eine entsprechende Information und Aufklärung der beteiligten Haushalte und der Grüngutlieferanten wichtig.

1994 konnten die Arbeitskraftstunden pro Tonne (AKh/t) sowie die aufgewendeten Maschinenstunden pro Tonne (Mh/t) beträchtlich reduziert werden. Die Arbeitszeiterparnis beträgt in einzelnen Bereichen bis zu

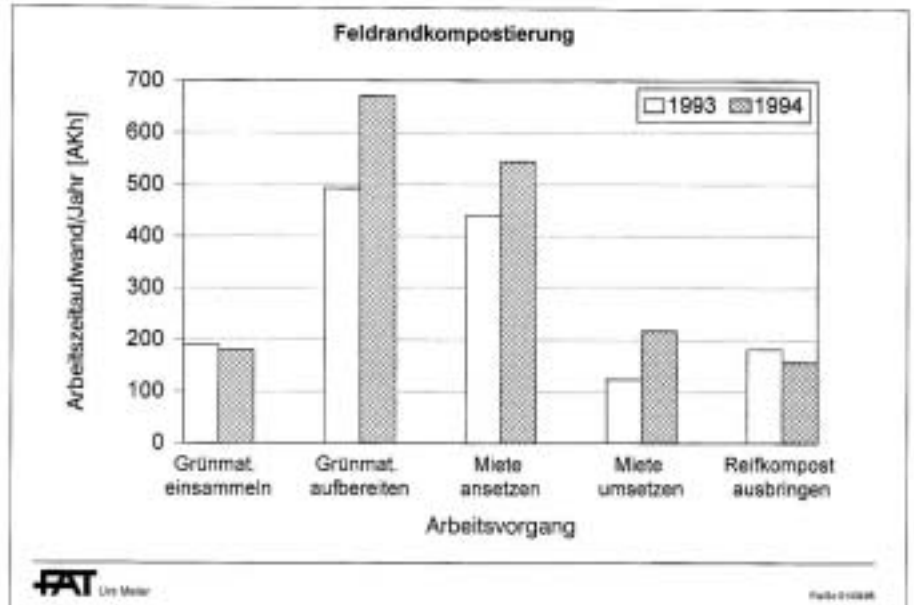


Abb. 18. Arbeitszeitaufwand für die einzelnen Arbeitsvorgänge 1993 (454 t) und 1994 (1035 t).

65%, was auf die grössere verarbeitete Menge, aber auch auf eine verbesserte Zusammenarbeit und Erfahrung zurückzuführen ist (Abb. 19). Dabei fällt auf, dass das Einsammeln des Grünmaterials der weitaus zeitaufwendigste Vorgang pro Tonne Material darstellt. Als weniger zeitaufwendige Alternative zur Grünabfuhr käme ein periodisches Aufstellen von Kippfahrzeugen an zentralen Plätzen in der Gemeinde in Frage.

Die relativen Anteile des Arbeitszeitaufwands (Abb. 20) für das Jahr 1994 zeigen, dass der Arbeitsvorgang

«Miete umsetzen» den geringsten Teil ausmacht. Ein einzelner Landwirt vermag mit Traktor und gezogener Umsetzmaschine eine Miete innert kurzer Zeit zu wenden.

Bis zum reifen Kompost wird eine Miete zirka 10-15mal umgesetzt.

Abbildung 21 zeigt, dass die gesamte Arbeitszeitbelastung im Jahre 1993 einer üblichen Verteilung über die Vegetationsperiode entspricht. 1994 ist allerdings ersichtlich, dass die Gesamtarbeitszeit gegen Ende des Jahres ansteigt. Dies ist vor allem auf zwei Ursachen zurückzuführen:

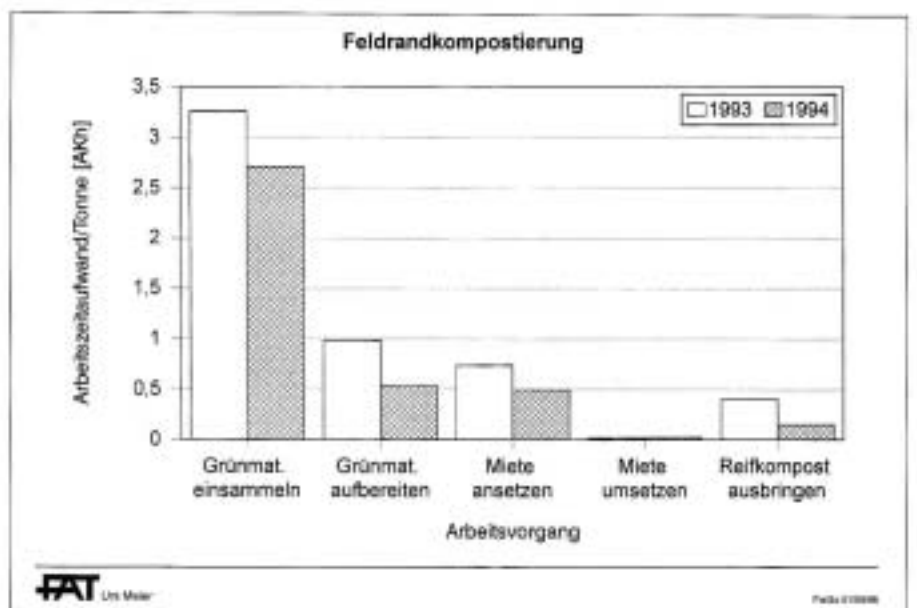


Abb. 19. Arbeitszeitaufwand pro Tonne für alle Arbeitsvorgänge 1993 und 1994.

1. Gegen Ende des Sommers fällt viel Gartenabraum wie Rasen, Sträucher- und Baumschnitt an. Hauptsächlich im November wird viel Laub gesammelt.

2. 1994 wurde bis spät im Jahr reifer Kompost ausgebracht, was allerdings auf die guten Witterungsverhältnisse zurückzuführen ist.

Für Landwirte, die im Nebenerwerb in der Kompostaufbereitung arbeiten, ist diese Arbeitsstundenverteilung willkommen, weil die meisten Feldarbeiten in dieser Periode bereits abgeschlossen sind. Es zeigt sich auch, dass das Ausbringen des reifen Kompostes in Randzeiten durchgeführt und so auftretende Arbeitsspitzen verhindert werden können.

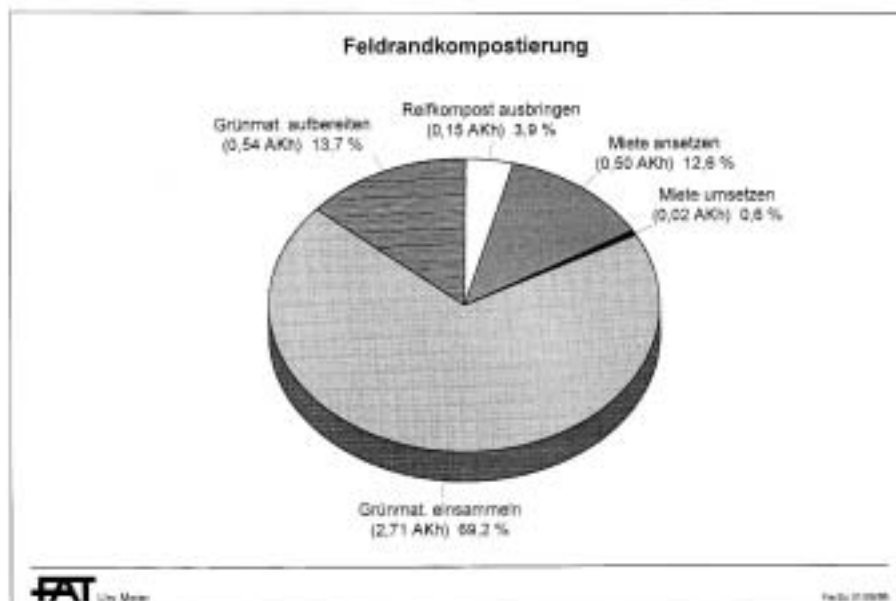


Abb. 20. Relativer Arbeitszeitaufwand pro Tonne für die einzelnen Arbeitsvorgänge 1994.

Folgerungen

Die gesetzlichen Vorschriften zur getrennten Erfassung und Verwertung von organischen Abfällen eröffnen neue Erwerbsmöglichkeiten für die Landwirtschaft. Vorwiegend hygienisch unbedenkliche Grün- und Heckenschnitte sowie Baumschnitt eignen sich für die landwirtschaftliche Kompostierung.

Die Kompostierung verlangt gute Kenntnisse und ein grosses Engagement des Betreibers. Die Qualität des Kompostes muss im Zentrum stehen. Mit einer Fremdstoffauslese und Sieben des Kompostes können ausreichende Qualitäten erreicht werden.

Die Rotteführung lässt sich mit einfachen Massnahmen steuern, sofern der Prozess regelmässig überwacht wird. Sowohl die Feldrandkompostierung als auch die Platzkompostierung sind für die Verarbeitung geeignete Verfahren. Gewisse Gründe (zum Beispiel Gewässerschutz, Organisation des Shredderns und Aufsetzens) sprechen aber längerfristig eher für die Platzkompostierung.

Die Verfahrenskosten für die Kompostierung von 750 Jahrestonnen belaufen sich auf Fr. 156.-/t bis Fr. 223.-/t für die Feldrandkompostierung. Die Kosten für die Platzkompostierung betragen Fr. 170.-/t bis Fr. 226.-/t. Die Verarbeitung von 250 Jahrestonnen verursacht Kosten von Fr. 200.-/t bis Fr. 257.-/t für die Feldrandkompostierung

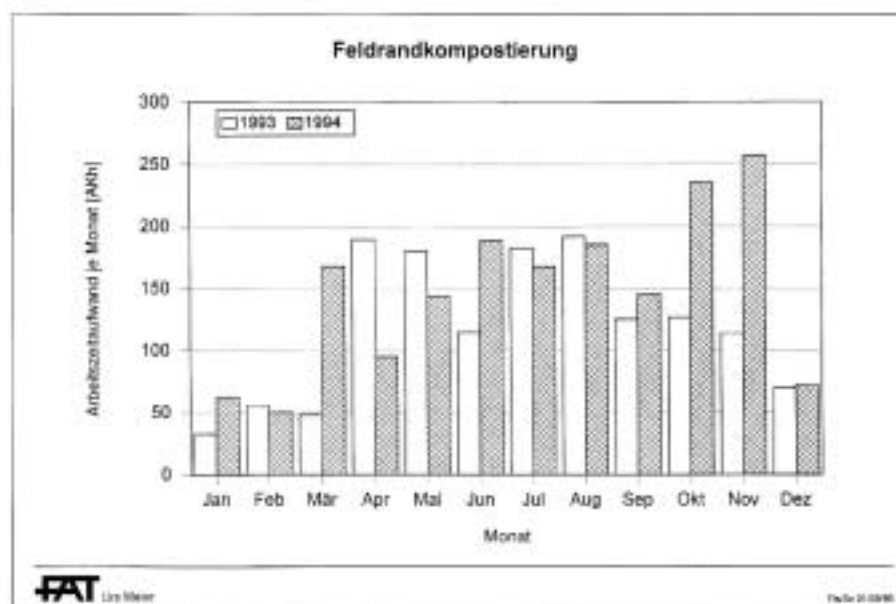


Abb. 21. Arbeitszeitaufwand je Monat für alle Arbeitsvorgänge 1993 und 1994.

bzw. Fr. 237.-/t bis Fr. 287.- für die Platzkompostierung.

Bei einer Verarbeitungsmenge von 250 Jahrestonnen müssen die Maschinen und Geräte, vor allem der Shredder und das Umsetzgerät, überbetrieblich eingesetzt werden. Andernfalls sollte die Verarbeitung auf schon bestehenden Anlagen erfolgen.

Der Arbeitszeitaufwand pro Tonne Rohmaterial liegt zwischen 1 und 1,8 Stunden für die Verarbeitung von 750 Jahrestonnen bei der Platzkompostierung und zwischen 1,3 und 2,3 Stunden bei der Feldrandkompostierung.

Für die Verarbeitung von rund 1000 Tonnen Rohmaterial liegt der Arbeitszeitbedarf bei der Feldrandkompostierung bei 1,2 Stunden. Für eine 3000 Einwohner zählende Gemeinde mit einem Anfall von 100 kg Grünabfällen pro Einwohner und Jahr ergeben sich jährlich 360 Stunden. Rechnet man das Einsammeln der Abfälle von etwa 180 Stunden dazu, so liegt der Aufwand bei 540 Arbeitsstunden pro Jahr. Dies kann für zwei bis drei Landwirte ein sinnvoller Nebenerwerb sein und einer kleineren Gemeinde eine wirtschaftliche und langfristige Lösung bieten.