

4. MASSNAHMEN ZUM ERHALT UND ZUR FÖRDERUNG DER STANDORT- UND BODENFRUCHTBARKEIT

4.1. Kompostierung

4.1.1. Einleitung

Unter Kompostierung im landwirtschaftlichen Sinn versteht man die planmäßig herbeigeführte biologische und chemische Zersetzung und Umwandlung organischer bzw. pflanzlicher Abfälle und Rückstände mit dem Ziel der Humuserzeugung. Dieser Prozeß läuft unter mehr oder minder kontrollierten Bedingungen in Haufen oder Gruben ab (Abbildung 4.1.a. zeigt einen einfachen Komposthaufen, der im Schatten eines Baumes in der Nähe von Stallung und Siedlung angelegt und mit Bananenblättern abgedeckt ist).

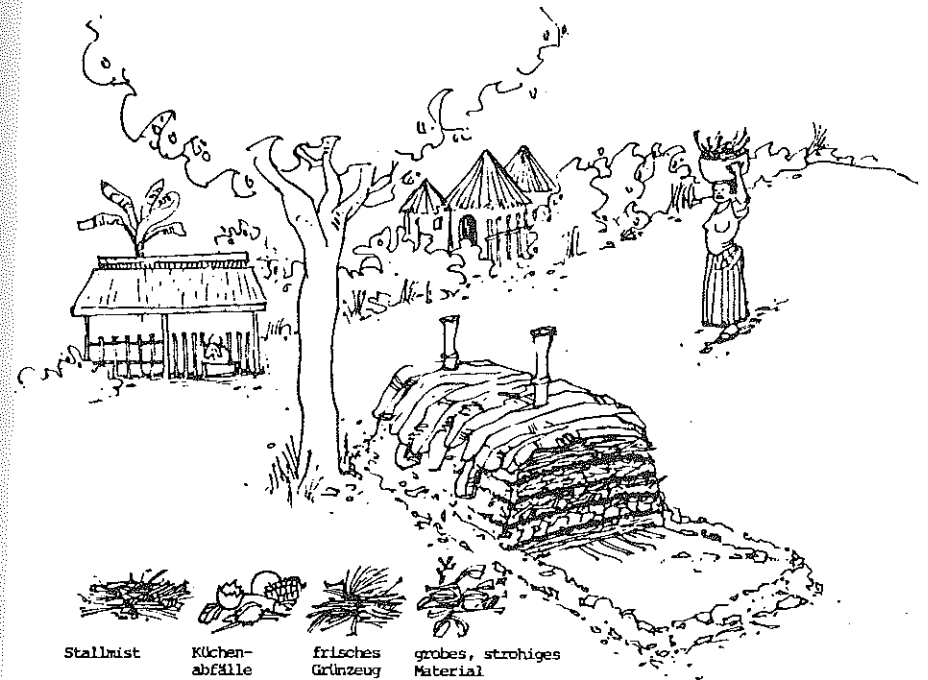


Abb. 4.1.a.: Einfacher Komposthaufen in Anlehnung an das Indore-Verfahren. Der Baum gibt Schatten, der kleine Erdwall verhindert Wasserzutritt.

Die Kompostierung ist somit ein Verfahren zum Recycling organischer Materialien, die qualitativ aufbereitet und in den natürlichen Stoffkreislauf zurückgeführt werden. Ziel der Kompostanwendung ist die Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit.

Je nach Situation und Standort kann Kompostierung auch spezielle Probleme lösen, die mit der Handhabung von Pflanzenrückständen verbunden sein können.

Krankheiten und Schädlinge in und an organischen Rückständen z.B. werden im Verlauf des Kompostierungsprozesses durch die hohen Temperaturen, die in einem guten Kompost entstehen, ebenso vernichtet wie Unkrautsamen¹⁾ (DALZELL et al. 1979). Das gilt auch für pflanzenschädigende Viren, sofern es gelingt, eine ausreichende Erwärmung des Komposthaufens sicherzustellen (wenn Tomatensamen abgetötet sind, kann nach HOLST (1983, persönliche Mitteilung) davon ausgegangen werden, daß auch die Viren alle erfaßt wurden). Virusranke Pflanzenabfälle sollten dabei stets ins Innere des Komposts gebracht und schnell abgedeckt werden, damit sie als (Re-) Infektionsquelle (z.B. über saugende Zikaden) ausgeschaltet sind.

Nager (Ratten, Mäuse) finden in herumliegenden Pflanzenrückständen oft ideale Schlupfwinkel und Brutstätten. Durch das Kompostieren lassen sich diese nach BHARDWAJ (1981) auch leicht beseitigen.

Das Einarbeiten von frischem Pflanzenmaterial als Gründüngung kann in der feuchten Jahreszeit auf Böden, die zu stauender Nässe neigen, ungünstig sein, da unter teils anaeroben Verhältnissen oder bei anhaltender Auswaschung mit erheblichen N-Verlusten gerechnet werden muß (MENGEL 1979, GUIRAUD et al. 1980).

Die Kompostierung der Biomasse bietet sich dann als nützliche Alternative an. Das ist auch der Fall, wenn Pflanzenrückstände mit einem sehr weiten

1) In Savannen können spezielle Probleme durch sogenannte pyrophile (hitzeresistente) Samen verursacht werden. In Yucatán (Mexico) konnte NEUGEBAUER (1984, pers. Mitteilung) beobachten, daß durch die Waldweide des Viehs Samen von *Catsin* (*Acacia* spp.) in den Mist kamen, der zur Kompostbereitung verwendet wurde. Da diese Samen Temperaturen von über 80° C gut aushalten, liefen sie in den kompostgedüngten Feldern massenweise auf. Ihre Sämlinge hatten bereits gefährliche Dornen, so daß auch das Jäten zu einer unangenehmen Arbeit wurde.

C/N- bzw. C/P-Verhältnis vorliegen (z.B. Getreidestroh), die bei Einarbeitung in den Ackerboden zu vorübergehender N- oder P-Festlegung im Boden und damit (oder durch phytotoxische Abbauprodukte) zur Behinderung des Pflanzenwachstums führen würden. Durch Kompostierung (am besten mit anderen grünen, N-reichen Materialien) läßt sich das vermeiden. Das C/N-Verhältnis wird dabei eingeengt, Hemmstoffe werden abgebaut, und es entsteht ein Humus, der den Pflanzen als leicht verwertbarer Dünger verabreicht werden kann. (Durch das Verbrennen der Rückstände könnten die unerwünschten Wirkungen zwar ebenfalls verhindert werden, aber dabei gingen auch wertvolles organisches Material und Stickstoff verloren.)

Der Kompost, als Endprodukt des Kompostierungsprozesses, ist ein Dünger mit wertvollen Eigenschaften und vielseitigen Funktionen. Die wichtigsten davon sind:

- a) Nährstofffunktion: Nährstoffe werden durch Adsorption an die organische Substanz, in Geweben der Mikroorganismen, in deren Ausscheidungen und in den Humusverbindungen selbst konserviert. Kompost stellt einen langsam fließenden Dünger dar, dessen Nährstoffgehalte je nach Ausgangsmaterial und Kompostierungsmethode schwanken.
- b) Strukturfunktion: Über die Mehrung organischer Substanz wird die Struktur des Bodens verbessert (siehe 2.3.3.).
- c) Anregung des Bodenlebens: Durch Humuszufuhr werden die Böden biologisch aktiver. Die Wasserkapazität, die Krümelbildung, die Infiltrationsfähigkeit, die Erosionsresistenz und die Durchwurzelbarkeit der Böden werden damit gefördert (ARAKERI et al., 1961; DALZELL et al., 1979; FLAIG, 1975).
- d) Stärkung der pflanzlichen Abwehrkräfte: Bei Kompostdüngung wurde oft die Beobachtung gemacht, daß die Pflanzen weniger von Schädlingen befallen werden als solche, die mit mineralischen Düngern ernährt werden bzw. solche, die gar nicht gedüngt wurden oder nur sehr geringe Dosen Kompost erhielten (HOWARD, 1943; GRUSSENDORF, zit. in SCHAEERFENBERG, 1955; BRUCE, o.J.). Bei Düngungsversuchen von NEUGEBAUER (GTZ 1983; pers. Information) trat der Nicht-Fraß-Effekt bei einer Heuschreckenplage nur in den Maisparzellen auf, die 100 - 120 t Kompost/ha erhalten hatten.

Schließlich ist noch zu bemerken, daß Kompost ein Dünger ist, der aus erneuerbaren Ressourcen gewonnen wird und dessen Erzeugung betriebsintern erfolgen kann.

Für viele Kleinbauern, die über wenig oder keinen Mist verfügen, stellt Kompostierung eine Möglichkeit dar, unabhängig von äußeren Mitteln nachhaltig die Bodenfruchtbarkeit sicherzustellen (HOWARD 1943). Dabei ist Kompost nicht, wie andere Dünger, nur kurzfristig wirksam, sondern er kann bei langjähriger, regelmäßiger Anwendung sogar die nachhaltige Produktionskraft der Böden (die dauerhaften Eigenschaften) verbessern (MÜCKENHAUSEN 1956). So sind die mächtigen, anthropogenen Reisböden in China durch jahrhundertlanges Kompostieren entstanden, und auch die bis über einen Meter mächtigen Eschböden in der Lüneburger Heide (sonst saure Podsole) verdanken ihre Existenz dem langjährigen Kompostieren von Plaggen mit Mist.

4.1.2. Prinzipien der Kompostierung

Organismen:

Der Verlauf der Kompostierung kann auch als Abfolge der Angriffe verschiedener Mikroorganismengruppen auf die ursprüngliche Struktur der organischen Substanz betrachtet werden (MINNICH et al. 1979).

Die wichtigsten Helfer dabei sind zu Beginn der Kompostierung Bakterien, Pilze, Actinomyceten, Regenwürmer, Asseln, Tausendfüßler und Schnecken, die dann zunehmend auch Protozoen, Springschwänze, Milben usw. Platz machen, bis schließlich im Endstadium des Kompostierungsprozesses vermehrt Laufkäfer, Hundertfüßler, Ameisen und Raubmilben auftreten.

Den Mikroorganismen kommt beim Zersetzungsprozeß die größte Bedeutung zu. Die größeren Organismen spielen vor allem bei der physikalischen Zersetzung (Zerkleinerung) eine wichtige Rolle.¹⁾

1) Zu speziellen Verfahren der Regenwurmkompostierung siehe Spezialliteratur wie z.B. MINNICH, J. (1977): The Earthworm Book. Rodale Press, Emmaus, Pennsylvania, USA, und RALOFF, J. (1980): Vermicomposting. Science News 5, p. 13-14. Die praktische Durchführung ist im FAO/UNDP (o.J.) gut und knapp dargestellt.

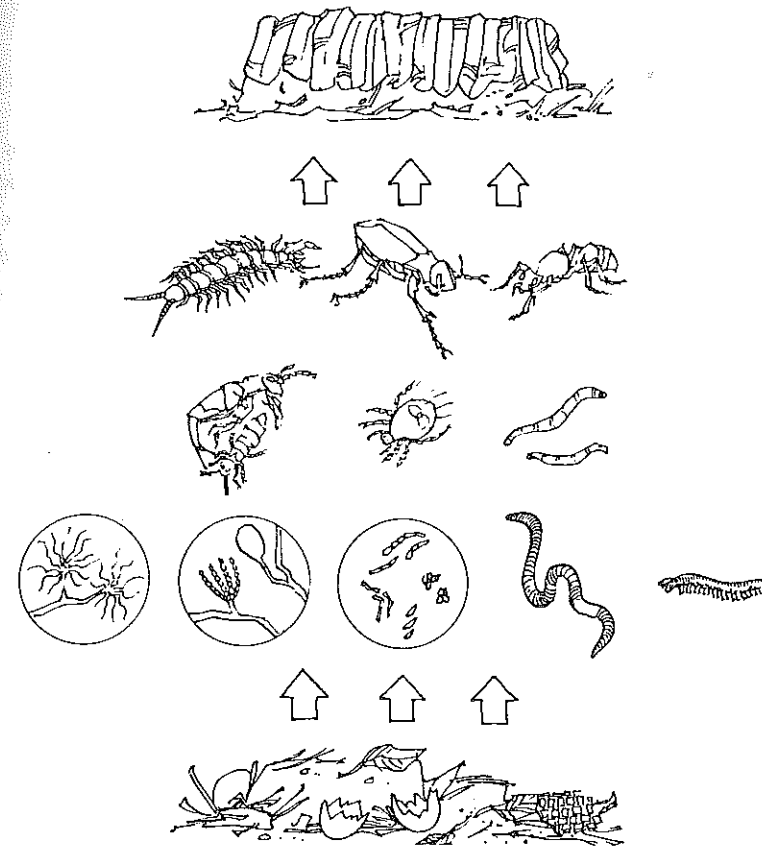


Abb. 4.1.b.: Von den Rückständen zum Kompost; die Abfolge verschiedener Organismen beim Zersetzungsprozeß. Von links unten nach rechts oben: Actinomyceten, Pilze, Bakterien, Würmer, Tausendfüßler, Springschwänze, Milben, Fliegen(-maden), Hundertfüßler, Käfer und Ameisen

Um einen befriedigenden Kompostierungsverlauf sicherzustellen, müssen die Bedingungen für die Mikroorganismen möglichst optimal gestaltet werden, d.h. Futterangebot, Luftzufuhr, Feuchtigkeit, Wärme und pH-Wert (Milieu) sollten möglichst günstig sein.

Kompostierungsmaterial:

Zur Kompostierung sind grundsätzlich alle organischen Stoffe (Pflanzen, Dung, Abfälle, Papier usw.) geeignet. Nur menschliche Fäkalien und Fäkalien von Fleischfressern nehmen eine Sonderstellung ein. Hier sind besondere Vorsichtsmaßnahmen zu treffen und spezielle Kenntnisse erforderlich, um eine ausreichende Hygiene sicherzustellen (Gefahr von Krankheiten, Parasiten usw. - siehe auch Kapitel 4.1.3.).

Die organische Masse ist das Futter für die Mikroorganismen und dient ihnen a) als Energiequelle und b) als Nährstoffquelle für Wachstum und Reproduktion. Stärke, lösliche Zucker, Kohlenhydrate und Aminosäuren sind leicht verfügbar und werden von den Mikroorganismen unter Wärmeentwicklung sehr schnell verarbeitet (Oxidation zu CO_2). Zellulose und insbesondere Lignin (Holz) sind dagegen sehr widerstandsfähig und müssen zuerst enzymatisch aufgeschlossen werden. Je höher der Anteil an solchen schwer verfügbaren Stoffen ist, desto langsamer läuft der Zersetzungsprozeß ab.

Der wichtigste Nährstoff im Kompostierungsprozeß ist der Stickstoff. Wenn die zu kompostierenden Materialien genügend Stickstoff (N) enthalten, sind meist auch die anderen Nährstoffe für die Mikroorganismen in ausreichender Menge vorhanden (DALZELL et al. 1979).

Das C/N-Verhältnis der Kompostmischung sollte nach Möglichkeit bei 30:1 liegen. Da chemische Analysen in der Praxis unmöglich sind, geben einige Autoren Faustregeln an.

Nach HOWARD (1943) entspricht eine Mischung von 75 Volumenprozent heterogenen Pflanzenabfällen und 25 Prozent Mist in etwa dieser Forderung.

Nach RAABE (1980) ergibt auch eine Mischung aus 50 Prozent frischem

pflanzenmaterial und 50 Prozent altem, trockenem Material etwa ein solches Verhältnis. Trotzdem sollten pflanzliche Rückstände möglichst mit Tierdung kompostiert werden, denn es erleichtert die richtige Zusammensetzung, beschleunigt den Kompostierungsprozeß, und es entsteht ein besserer Kompost.

In Tabelle 4.1.1. sind einige Materialien aufgeführt. Anhand dieser Tabelle ist es mit etwas Erfahrung möglich, die grobe Zusammensetzung eines Komposthaufens abzuschätzen (je nach Situation ergänzen).

Ist das C/N-Verhältnis zu eng, so treten N-Verluste auf, und der Kompost riecht nach Ammoniak.

Einmischen von Erde oder die Zugabe von etwas Sägemehl kann Verluste mindern; am besten setzt man solche Haufen aber gleich neu auf (MINNICH et al. 1979, JAISWAL et al. 1971).

Ist das C/N-Verhältnis über 35:1, so verläuft der Kompostierungsprozeß nur langsam, und die Erwärmung bleibt gering.

Materialien unterschiedlicher Herkunft und Natur kompostieren besser als einseitig zusammengesetzte Komposte. Je besser die Durchmischung der Materialien ist, desto besser ist der Kompost (homogenes chemisch-physikalisches Milieu).

Sehr grobes Material (Zweige, Äste, Faserstengel usw.) sollten auf etwa 10 Prozent Anteil beschränkt bleiben (HOWARD 1943). Bei solchen Materialien empfiehlt sich auch ein vorheriges Auslegen auf die Straße oder noch besser über Nacht als Bettung in Ställen, wo sie außerdem Urin und Kot aufnehmen. Ihre Kompostierungseignung wird dadurch verbessert. Insbesondere die sperrigen Materialien (aber auch andere) sollten möglichst auf 5 bis 12 cm Länge gehackt werden (vergrößerte Oberfläche). Auch vorheriges Einweichen oder Vorkompostieren kann sinnvoll sein. Schlamm aus Teichen und Wasserunkräuter (Wasserhyazinthen, Tang usw.) sollten vor der Kompostierung vorgetrocknet oder vorkompostiert werden (MINNICH et al. 1979). Stroh kann man - wo möglich - zur Vorrotte zunächst auf Feldern belassen (schützt gleichzeitig den Boden).

Große Mengen frischen Unkrauts sollten je nach Mischung angewelkt kompostiert werden.

Tab. 4.1.1.: Ungefähre Zusammensetzung einiger geeigneter Kompostierungsmaterialien (zusammengestellt nach DALZELL et al. 1979, NAT.ACAD.SCI. 1981, MINNICH et al. 1979, KIEHL 1978 und anderen)

Material	N in % der TM	C/N- Verhältnis	P ₂ O ₅ in %
Urin	15-18	0,8	
Blutmehl	10-14	3	
Hornmehl	12	-	
Knochenmehl	3	8	21
Fischputz (Schuppen)	7-10	5,1	4-10
Haar	14	-	
Hühnermist	3- 6	10-12	2- 3
Schafmist	3,8	-	
Schweinemist	3,8	-	
Pferdemist	2,3	25	
Kuhmist	1,7	18	1
Stapelmist (Ø)	2,15	14	
Fäkaliendung	5- 6	8	
Maniokblätter	4,35	12	0,72
Baumwollsamens (gem.)	7	-	2- 3
junges Grasheu	4	12	
Schnittgras (Ø)	2,4	20	
Porutlak	4,5	8	
Amaranthus	3,6	11	
Hühnerhirse			
(Dückergras)	2,6	19	
Erdnußstroh	2,8	20	
Luzerne	2,4-3	16-20	
Crotalaria juncea	1,95	26	0,4
Wasserhyazinthe	2,2	20	
Kuhbohnheu	1,5-3	20-39	
Soja (Heu)	1,5-3	-	
Maniokstengel	1,3	40	
Tabakstengel	3	-	
Cajanusstengel	0,7	70	
Kakaonußschale	1	-	1,5
Maisstrünke mit Blättern	0,7-0,8	55-70	
Hirsestengel (Millet)	0,7	70	
Weizenstroh	0,4-0,6	80-110	
Fallaub	0,4	45	
Reisstroh	0,4	100	
Zuckerrohrbagasse	0,3	150	
verrottetes Sägemehl	0,2	200	
frisches Sägemehl	0,1	500-800	0,01
Azolla	4- 5	10	1- 2
Bohnenstroh	1,5	-	0,75
Erdnußschalen	1	55	-
Kakaoschoten	1,3	-	-
Biertreber (Abijan)	3,6	14	-

Bei der Entscheidung, ob und was kompostiert werden soll (kann), treten oft Konflikte auf. TANAKA (1974) zählt allein für Reisstroh in Asien über 10 alternative Verwendungsmöglichkeiten auf. Unkräuter und andere Kompostierungsmaterialien werden z.B. oft an Tiere verfüttert. Kuhdung wird oft als Brennstoff verwendet.

In der Praxis hat das zur Folge, daß häufig nur noch relativ N-armes Material für die Kompostierung zur Verfügung steht. In solchen Fällen sollten verstärkte Anstrengungen unternommen werden, die flüssigen Dünger (Urin usw.) zu sammeln.

Wenigstens ein Teil des Mistes sollte für die Kompostierung gerettet werden, denn geringe Mistmengen lassen sich über den Kompost quasi vervielfachen. Stroh beispielsweise läßt sich schon mit relativ geringen Mistmengen kompostieren (Gewichtsverhältnis 4:1), wenn der Mist, mit Wasser aufgeschwemmt, darübergegossen wird (MINNICH et al. 1979).

PEAT und BROWN (zit. in WEBSTER und WILSON 1966) berichten, daß in Ukirigura, Tansania, pro Rind und Jahr 3 Tonnen Stallmist erzeugt werden können (durchschnittlich 1,5 Prozent N, 0,69 Prozent P₂O₅). In Kombination mit Kompostierung konnten damit aber 15 Tonnen Kompost erzeugt werden (durchschnittlich 0,93 Prozent N, 0,52 Prozent P₂O₅ - insgesamt eine beachtliche Vermehrung der organischen Düngermasse).

Auch der verstärkte Rückgriff auf Gründüngungsmaterialien (am besten Leguminosen wie *Crotalaria*, *Leucaena*, *Cassia*, *Canavalia*, *Cajanus*, *Pueraria* usw.) bietet sich oft an. Es kann auf speziellen Gründüngungsflächen produziert werden oder (meist besser) als Untersaat. NEUGEBAUER (GTZ, 1984) z.B. konnte durch die Untersaat von *Canavalia ensiformis* in Mais (Yucatán, Mexiko) mit der abgeernteten *Canavalia* von 600 m² etwa 1 t guten Kompost erzeugen, wobei die Maiserträge mit dem geregelten Untersaatverfahren sogar noch stiegen.

Wenn gar keine organischen Materialien zum N-Ausgleich C-reicher Kompostierungsmaterialien zur Verfügung stehen, so kann auch mit Mineraldüngern (N und P) kompostiert werden. Reisstroh wird z.B. in Japan im Verhältnis 100:2 mit Kalkstickstoff kompostiert (EGAWA 1975). Von Verfechtern des organischen Landbaus wird das allerdings entschieden abgelehnt, weil ihrer Ansicht nach die biologische Qualität des Komposts dadurch beeinträchtigt wird, und auch DALZELL et al. (1979) weisen darauf

hin, daß die Verwendung des billigen, oft empfohlenen NH_4SO_4 unterbleiben sollte, da es die Pilze im Kompost beeinträchtigen kann.

Feuchte:

Damit ein Kompost optimal gedeiht, brauchen Pilze und Bakterien ausreichend Feuchte, um sich zu entwickeln. Bei 12 bis 15 Prozent Feuchtegehalt kommt die Rotte vollständig zum Erliegen, aber auch schon bei 40 bis 45 Prozent Feuchte kann Wasser zum limitierenden Faktor werden (MINNICH et al. 1979).

Der optimale Feuchtegehalt eines Komposthaufens liegt bei etwa 50 bis 60 Prozent.

Mehr Feuchte führt zu anaeroben Verhältnissen, zu Fäulnis und Gestank. Für praktische Belange gilt die Regel, daß der Kompost sich wie ein ausgepreßter Schwamm verhalten sollte.

Die unterschiedlichen Materialien reagieren verschieden auf Befeuchtung. Stroh etwa kann langsam sehr viel Wasser aufnehmen, ohne dabei seine Struktur zu verlieren (am besten Vorweichen). Strukturschwache Materialien wie zum Beispiel Papier, Rasenschnitt usw. verlieren dagegen schnell ihre Struktur und werden kompakt, so daß die Durchlüftung und damit der Kompostierungsverlauf beeinträchtigt werden. Auch für eine gute Feuchteverteilung gilt daher, daß einzelne Materialien (Sägemehl, Heu usw.) nie in großen Lagen kompostiert werden sollten (max. 8-10 cm).

Meist ist in den Tropen ein optimaler Feuchtezustand aufgrund schnellerer Austrocknung (oder auch intensiver Regen) schwieriger zu erhalten als in gemäßigten Klimaten. Die Komposte sollten deshalb anfangs gut befeuchtet werden, was nach HOWARD (1943) am besten beim Aufsetzen, nach dem Aufsetzen und am nächsten Morgen geschieht (Gießkannen oder Sprüher sind besser geeignet als Eimer, da das Material Zeit braucht, um das Wasser aufzunehmen). Wo kein Wasser vorhanden ist, können Komposthaufen auch bei Regen aufgesetzt werden, wodurch ebenfalls eine gute Befeuchtung erreicht wird (vorheriges Ausbreiten der Materialien).

Um weiterhin einen guten Feuchtezustand sicherzustellen, sollten folgende

Punkte beachtet werden:

- windgeschützte, schattige Plätze sind vorteilhaft;
- bei jedem Wenden soll die Feuchte kontrolliert beziehungsweise wieder hergestellt werden;
- durch ein Abdecken des Komposthaufens z.B. mit Bananenblättern, geflochtenen Strohmatten und ähnlichen, noch luftdurchlässigen Materialien lassen sich Verdunstungsverluste ebenso vermindern wie Durchnässung und Auswaschung durch starke Regenfälle;
- wird für die Reifephase des Komposts eine Lebendbedeckung gewählt (z.B. Tradescantia oder Kürbis), so sollten die Pflanzen nicht auf, sondern direkt neben dem Komposthaufen gepflanzt werden. Beim Pflanzen auf den Komposthaufen ist die Gefahr gegeben, daß dieser durch den Wasserentzug zu stark austrocknet;
- eine feste Überdachung der Kompostanlage kann sowohl bei starker Hitze als auch bei starkem Regen sehr sinnvoll sein. Sie sollte möglichst als versetzbare Konstruktion gebaut sein;
- in Trockengebieten oder in Trockenzeiten ist Grubenkompostierung (s.u.) günstiger als Haufenkompostierung (evtl. auch flache Haufenform);
- in Regenzeiten (Gefahr der Staunässebildung) sind Haufenkomposte günstiger, und es sollte auf jeden Fall die Kuppelform gewählt werden (Abfluß von Niederschlagswasser).

Auch bei Beachtung all dieser Gesichtspunkte bleibt knappes Wasser in vielen Gebieten ein Haupthindernis für großflächige Kompostanwendung (JAISWAL et al. 1971). Nach DALZELL et al. (1979) kann eine Tonne fertiger Kompost bis zu 2700 l Wasser benötigen - was bei einer vorgesehenen Düngung von 25 t/ha etwa 67 500 Litern Wasser oder 6,7 mm Niederschlag entspricht. Das sind erhebliche Mengen, die für größere Kompostierungsanlagen nur dann herbeigeschafft werden können, wenn die Verhältnisse für die Wasserbeschaffung günstig sind. Oftmals entsteht aber auch eine Konkurrenz zu alternativen Verwendungsmöglichkeiten des Wassers - z.B. in der Bewässerung. DALZELL et al. (1979) sind dieser Frage etwas nachgegangen und kamen zu dem Schluß, daß bis zu Gaben von 25 t/ha der Kompostierung aus ackerbaulicher Sicht der Vorzug gegenüber

der Bewässerung zu geben ist, wenn man die Kompostwirkung nicht nur für eine Kultur betrachtet, sondern die langfristigen Wirkungen auf die Verbesserung des Wasserhaushalts der Böden mit in Betracht zieht. (Zu Wasserersparnis siehe auch "Bangalore-Verfahren".)

Durchlüftung:

Neben guter Feuchte ist gleichzeitig auf eine gute Durchlüftung der Komposte zu achten, damit Sauerstoff hinzutreten und CO_2 abgeführt werden kann. Nach HOWARD (1943) ist es nicht immer einfach, beide Forderungen gleichzeitig voll zu erfüllen.

Erhält der Kompost zu wenig Luft, so besteht die Tendenz zu einem Silierungsprozeß oder zur Fäulnis. Zuviel Durchlüftung führt u.U. zu einem Austrocknen des Komposts. Um eine gute Durchlüftung sicherzustellen, sollten deshalb folgende Punkte beachtet werden:

- die Materialien müssen richtig aufbereitet werden (zu grobes, langstieliges Material lagert zu locker, zu fein gehacktes Material (< 5 cm) neigt zu starker Verdichtung).
- Aufsetzen des Komposts auf eine Schicht aus feinen Zweigen, im Extremfall auf einen Lüftungsboden (im letzteren Fall ist ein Wenden meist überflüssig, die Erwärmung ist aber unsicher), kann bei relativ dichtlagerndem Material günstig sein.
- Kein Teil der Kompostierungsmasse sollte weiter als 70 cm von einer Stelle freien Luftzutritts entfernt sein.
- Grubenkomposte dürfen deshalb nicht tiefer als 50-70 cm eingegraben werden!
- Bei Kompostierung in Kästen sollten in den "Wänden" Luftschlitze oder Rillen (min. 1-2 cm) sein, die einen Gasaustausch ermöglichen.
- Sorgfältiges Mischen der Materialien (grob und fein).
- Kein Stampfen oder Festtreten des Komposts!
- Einbringen von Lüftungskanälen mit schmalen Pfosten oder Bambusrohren vertikal oder, wie KING (1911) aus China berichtet, auch horizontal (sollten etwas enger liegen) (siehe auch Kapitel 4.1.3.).

- 2- bis 3maliges Wenden des Komposthaufens in der ersten Zeit, jeweils nach Abfall der Temperatur.

Temperatur:

Ein idealer Temperaturverlauf ist das beste Zeugnis für eine gelungene Kompostierung (C/N-Verhältnis, Feuchte, Belüftung usw.).

Ist ein Komposthaufen ordnungsgemäß aufgebaut, so durchläuft er verschiedene Temperaturphasen, wie in Abb. 4.1.c. dargestellt.

Unter Oxidation der leicht verfügbaren (löslichen) Verbindungen steigt die Temperatur zunächst stark an und erreicht nach 1 bis 3 Tagen Temperaturen von 60 (-70)° C, die etwa einen Tag anhalten, um danach wieder langsam abzufallen. Die Umsetzungsvorgänge erreichen in der thermophilen (heißen) Phase ein Maximum. (Die wärmeliebenden (thermophilen) Mikroorganismen erreichen Populationen bis zu 10 Mrd pro Gramm organischer Rückstände (NAT.ACAD.SCI. 1981).) Die meisten Krankheitserreger und Unkrautsamen werden während dieser heißen Phase abgetötet, weshalb sie für den Kompostierungsprozeß von großer Bedeutung ist. Um eine Erwärmung (vor allem auch kleiner Komposthaufen) sicherzustellen, wird vielfach das Bedecken der Haufen zur Wärmekonservierung empfohlen (BRUCE o.J., RAABE 1980). Auch sollte die Mindestgröße eines Komposts 1x1x1 Meter betragen, damit eine Erwärmung stattfinden kann. In zu großen Haufen kann es dagegen zu Überhitzung (Abtötung fast aller Organismen) kommen, weshalb die Haufen maximal 2,5 m breit und 1,5 m hoch sein sollen (DALZELL et al. 1979).

In der Phase der Abkühlung setzt vermehrt die Zersetzung von Stroh und Fasern durch Pilze und Actinomyceten ein. Erneutes Wenden (je nach Verfahren nach 2 bis 14 Tagen) bringt eine Wiederholung des Temperaturanstiegs.

Da die hohen Temperaturen nur im Zentrum des Komposthaufens herrschen (nach RAABE 1980 bei überwiegend pflanzlichen Abfällen nur in den inneren 50 bis 60 Prozent), ist beim Wenden und erneuten Durchmischen unbedingt darauf zu achten, daß das Material von außen nach innen (von oben nach unten) und von innen nach außen gelangt!

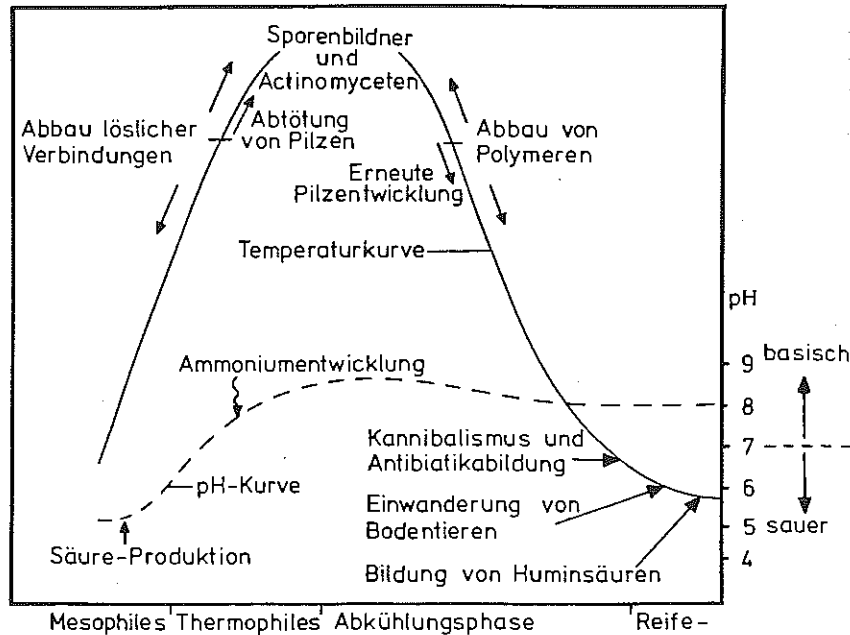


Abb. 4.1.c.: Temperatur- und pH-Veränderungen in einem Komposthaufen (nach DALZELL et al. 1979)

In der Reifephase des Komposts wandern wieder zunehmend Kleintiere und Würmer in ihn hinein.

Wenn reifer Kompost gelagert wird, so soll er unbedingt gut abgedeckt sein (gegen Regen und Sonne), um die Nährstoffverluste gering zu halten.

pH-Wert:

Bei sorgfältiger Kompostierung wird es nicht nötig sein, dem Kompost Kalk hinzuzufügen, um den natürlichen pH-Verlauf in Abb. 4.1.b. zu erzielen.¹⁾ Trotzdem empfehlen viele Autoren und Praktiker, Asche, Gips oder Kalk in die einzelnen Schichten einzuarbeiten. Auf alle Fälle soll dabei pro Schicht (20 bis 25 cm) nur sehr dünn bestreut (bepudert) werden, denn alkalische Verhältnisse fördern übermäßige gasförmige Verluste von Stickstoff. (Besonders akut in Komposten, in denen keine Erde mitverwendet wird, denn Erde ist ein guter Sorbent flüchtiger N-Verbindungen (BREMNER, 1977).)

Kompostierungshilfen (Zusätze):

"Der beste Aktivator ist ein ausgewogenes Kompostgemisch" (zit. nach MINNICH et al. 1979).

Dieser Ansicht wird nahezu von allen Autoren voll zugestimmt, womit gesagt werden kann: Wenn eine gute Ernährungs- und Vermehrungsgrundlage für die Mikroorganismen vorhanden ist, so werden sich die Mikroorganismen, die schon an den Materialien sind, sehr rasch und gut entwickeln.

Als natürliche Aktivatoren dienen alle Substanzen mit einem engen C/N-Verhältnis oder mit hohen Gehalten leicht verfügbarer Energie (Mist, Leguminosenpulver, Melasse, Neem-Kuchen, usw.). Gute Ergebnisse wurden auch erzielt, wenn etwas Erde oder besser noch alter Kompost in die Haufen mit eingemischt wurde (HOWARD, 1943; JAISWAL et al., 1971).

Nur bei sehr einseitig zusammengesetzten Komposten (Holz, Stroh) sind Ausnahmen zu verzeichnen. So berichten MINNICH et al. (1979), daß bei der Kompostierung von Holzabfällen in den USA z.B. eine Beimpfung mit Pilzkulturen (*Caprinus ephemerus*) den Kompostierungsprozeß beschleunigte.

Auch die Zugabe N-fixierender Mikroorganismen kann in Einzelfällen sinnvoll sein (siehe FAO/UNDP o.J.).

Die Zugabe von Rohphosphat und anderen Gesteinsmehlen (Basaltmehl, Dolomitstaub usw.) wird häufig empfohlen. Kalifeldspat eignet sich für

1) Ausnahme: Kompostierung von Piniennadeln und ähnlich sauren Materialien (MINNICH et al. 1979).

die Herstellung kaliumreicher Komposte, aber auch Wasserhyazinthen, Bananenabfälle und Wasserunkräuter sind gute Kaliumquellen.

Speziell in den Tropen, wo die Böden stark zur Phosphatfixierung neigen, kann es sehr sinnvoll sein, Phosphat nicht direkt zu geben, sondern die Rohphosphate zum Kompost zu geben. Die intensive biologische Aktivität im Kompost schließt die Rohphosphate auf und schützt sie bei der Ausbringung auf das Feld über die organische Masse vor der Festlegung. Der Wirkungsgrad der Rohphosphate kann dadurch gesteigert werden, und es entsteht eine langsam fließende Phosphatquelle.

BHARDWAJ (1981) berichtet außerdem, daß über die Zugabe von 1 bis 2 Prozent Rohphosphat die Aktivität von *Azotobacter* gefördert werden konnte, so daß diese Komposte gegenüber den Kontrollen einen etwas höheren N-Gehalt aufwiesen.

In der biologisch-dynamischen Wirtschaftsweise werden Kräuterkomposte angelegt und dann anschließend in die oberen Schichten der Komposte eingemischt. Sie sollen schon in homöopathischer Dosierung eine ertragssteigernde Wirkung zeigen (KOEPEL et al., 1980).

BRUCE (o.J.) aktiviert die Komposte mit speziellen Kräuterlösungen (Aktivatoren) von Schafgarbe, Brennnessel, Löwenzahn und Kamille (1 Teelöffel und 1 Tropfen Zucker auf einen halben Liter Wasser).

Positive Ergebnisse solcher Aktivierungspraktiken werden oft berichtet. Sie konnten aber bisher nicht eindeutig erklärt werden. Nach Untersuchungen von GILBERT und GRIEBEL (1969) könnte ein Stimulierungseffekt der Kräuter die Ursache sein. Sie konnten nachweisen, daß bereits flüchtige Verbindungen von Luzerne die Aktivität von Bodenorganismen stimulierten und kurzfristig um ein Vielfaches steigern konnten.

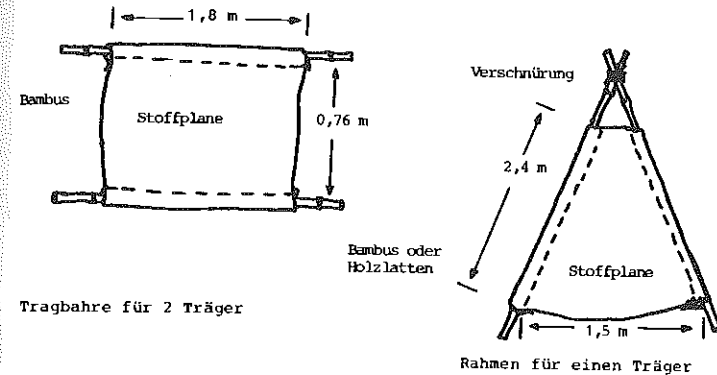
4.1.3. Praxis und Verfahren der Kompostierung

Auf die Materialien und deren Behandlung wurde schon oben hingewiesen.

Sammeln von Materialien:

Haus- und Gartenabfälle können leicht in Körben oder ähnlichem gesammelt werden.

Beim Sammeln von Ernterückständen auf den Feldern sollten die lokalen Transportmittel Verwendung finden (spezielle Aufbauten). Tragbahren, wie unten abgebildet, sind billige und einfache Geräte, um in jedem Gelände das sperrige Material zu sammeln und die Wagen zu beladen oder auch direkt den Komposthaufen zu beschicken.



Tragbahre für 2 Träger

Rahmen für einen Träger

Abb. 4.1.d.: Tragbahren zum Transport von Abfällen (nach DALZELL et al. 1979)

Wenn ein Kompost angelegt wird, sollte vorher, wenn nötig, möglichst ein Vorrat angelegt werden, damit ausreichend Material zur Verfügung steht, um einzelne Komposthaufen oder -abschnitte möglichst zügig fertigstellen zu können (nach HOWARD 1943 in maximal 7 Tagen), denn je zügiger die Beschickung erfolgen kann, desto besser sind die Bedingungen für eine gute Umsetzung.

Kleine Mengen täglich anfallenden Unrats (sie sind quasi kalt vorkompostiert) können später schichtweise in Komposte eingebaut werden. Grüne, weiche Materialien sollten vor einer Zwischenlagerung in einem Vorratsstapel 2-3 Tage in der Sonne angewelkt werden (FAO/UNDP o.J.).

Aufbau des Komposthaufens (Indore-Verfahren):

Fast alle heute gängigen Kompostierungsverfahren (zur Kompostierung von Siedlungsabfällen siehe Spezialliteratur) basieren auf der von HOWARD (1943) entwickelten "Indore-Methode", die wiederum in Anlehnung an die Erfahrungen von KING (1911) in China entwickelt wurde.¹⁾

Die Grundfläche für einen Komposthaufen sollte etwa 2 Meter breit und ebenso lang sein (dieselbe Fläche muß für das Umsetzen der Indorehaufen zur Verfügung stehen). Bei größeren Kompostieranlagen können die Haufen beliebig lang hintereinander in einer Reihe angelegt werden. Nur der erste Abschnitt wird dann freigelassen, um, mit dem ersten Haufen beginnend, Platz für das Wenden zu haben. Es ist besser, einzelne Abschnitte von mindestens 1 m Länge zügig auf die Endhöhe zu bringen, als breitere Abschnitte langsam nach oben zu stapeln (eine verschiebbare Holzwand erleichtert das Beschicken in Abschnitten).

Das Indore-Verfahren basiert auf der Mischung von pflanzlichen Abfällen mit Stallmist, (Urin-) Erde und etwas Asche, die beim Ansetzen schichtweise kompostiert werden (siehe Abb. 4.1.e.).

Auf eine Grundlage aus feinem Geäst und Zweigen (10 bis 20 cm), die Staunässe verhindert und die Durchlüftung fördert, folgt

- a) eine Schicht grobes Pflanzenmaterial (gehackt) von 10 bis 15 cm (das möglichst über Nacht im Stall war),
- b) eine Lage frischer (möglichst angewelkter) Pflanzenabfälle (7 bis 8 cm),
- c) eine 5 cm mächtige Schicht Einstreu oder 5 cm Stallmist, die dann mit einem Gemisch aus Harnerde und Holzasche bestreut wird.

1) Genaue Beschreibung des Verfahrens siehe HOWARD (1943) und HOWARD, A. und WAD, Y.D. (1931): The Waste Products of Agriculture: their Utilization as Humus. Oxford, University Press.

Wenn noch alte Komposterde hinzugefügt wird, fördert das die Kompostierung (z.B. 3 bis 4 kg pro Lage (JAISWAL et al. 1971)). Jede Lage wird befeuchtet. 7 solcher zusammengesetzter Lagen von 20-25 cm Höhe ergeben einen Komposthaufen von 1,30 bis 1,50 m Höhe, der zum Abschluß mit einer Schicht Erde bedeckt wird.

Zur Belüftung werden nach der zweiten Lage schlanke Pfosten in den Haufen gesteckt (siehe Abb. 4.1.e.). Durch leichtes Rütteln der Pfosten entstehen dadurch gute Belüftungskanäle.

Ist ein Abschnitt fertiggestellt, wird der nächste Abschnitt beschickt usw.

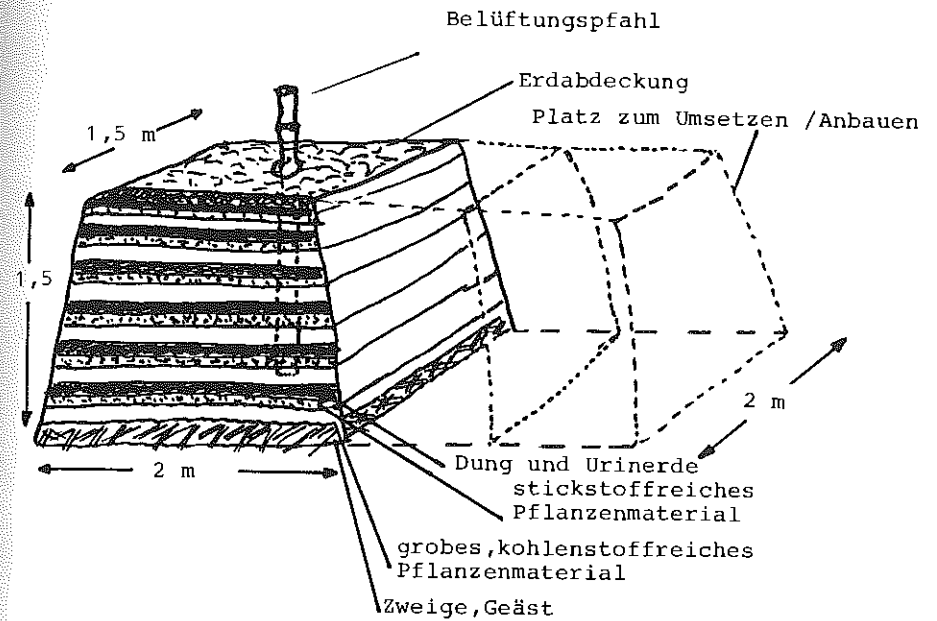


Abb. 4.1.e.: Schematische Darstellung des Aufbaus eines Indore-Haufenkomposts

Ein Indore-Kompost hat nach spätestens einer Woche sein Temperaturmaximum erreicht und sackt dann durch die Zersetzungsvorgänge zusammen.

Das erste Wenden erfolgt nach 2 bis 3 Wochen, wobei wieder lagenweise vorgegangen wird. Das Material sollte dabei gemischt werden und die äußeren Partien nach innen, die oberen Lagen nach unten gebracht werden

(Erhitzung!). Die Belüftung erfolgt wie oben. Die Feuchte wird geprüft (ergänzt). Das zweite Wenden erfolgt nach weiteren 2 Wochen. Dann soll der Kompost ruhen und ausreifen. Er ist in etwa 3 Monaten gebrauchsfertig.

Indore-Komposte lassen sich ebenerdig und auch (bei Trockenheit) in 60 bis 70 cm tiefen Gruben anlegen.

Nach HOWARD (1943) lassen sich mit einem Ochsen unter Verwendung von Einstreu und Urinerde, die aus dem Stallboden ausgekratzt wird, etwa 22 m³ pro Jahr erzeugen (etwa 22-26 t).

JAISWAL et al. (1971) führen folgende Nachteile des Indore-Verfahrens an:

- es erfordert viel Arbeit,
- es erfordert viel Aufmerksamkeit und Erfahrung,
- Wenden ist erforderlich,
- viel Wasser wird benötigt,
- hohe Anteile an Erde bzw. Urinerde (Gewicht und Arbeit),
- die aeroben Verhältnisse sorgen für einen schnellen Umsatz, haben aber beachtliche C- und auch N-Verluste zur Folge.

Das Bangalore-Verfahren:

Das Bangalore-Verfahren vermeidet viele dieser Nachteile.

Es ist eine Methode, die nur anfangs (1 bis 2 Wochen) aerob verläuft. In der Endphase verläuft der Prozeß semi-anaerob.

Die Gruben oder Haufen werden wie im Indore-Verfahren angelegt (der Boden soll ein leichtes Gefälle aufweisen).

Die Materialien, die nachts als Einstreu (Bettung) unter das Vieh gestreut waren, werden bei der abschnittswisen Beschickung schon kräftig mit Urinerde und Dung vermischt.

Täglich werden neue Lagen hinzugefügt, bis ein Abschnitt (er kann bei diesem Verfahren auch nur 60 cm lang sein) seine Endhöhe erreicht hat. Dann wird der kuppelförmige Haufen (gut befeuchtet) mit einem Erd- bzw. Schlammputz von 2,5 cm Dicke quasi versiegelt oder verschlossen.

Nach 8 bis 10 Tagen erwärmt sich der Kompost, und ohne weiteres Wen-

den oder Bewässern ist er nach 6 bis 8 Monaten fertig (2- bis 3fache Zeit des Indore-Verfahrens).

Wo Komposte nur zweimal jährlich verbraucht werden und Wasser knapp ist, kann dieses Verfahren vorteilhaft sein.

Kompostierung von Fäkalien:

In Indien wird das Bangalore-Verfahren auch zur Kompostierung von Fäkalien angewendet (keinesfalls das Indore-Verfahren!), und auch in China werden ähnliche Komposte in kleinerem Format hergestellt. Tierischer und menschlicher Dung werden im Verhältnis von 1:4 mit pflanzlichen Abfällen intensiv gemischt, befeuchtet und danach ebenfalls mit einem Schlammputz verschlossen. Bambusrohre werden als Lüftungsröhren vertikal und horizontal eingearbeitet. Wenn der Schlammputz hart ist, werden sie herausgezogen. Hat sich der Kompost nach 4 bis 5 Tagen erhitzt, werden die Luftlöcher wieder mit Erde verschlossen (Erhalt der Temperatur). Nach zwei Wochen wird der Haufen geöffnet, gewendet und erneut verschlossen (NAT.ACAD.SCI. 1981).

Generell erfordert das Kompostieren menschlicher Fäkalien viel Sorgfalt und meist auch ein längeres Kompostieren oder Vorkompostieren.

EGAWA (1975) empfiehlt die Praxis aus Japan, wo Fäkalien zunächst einige Monate in Erdlöchern gelagert werden, bevor sie benutzt werden. (Zugabe von 2 bis 3 Prozent Superphosphat verhindert gasförmige N-Verluste. Auch einjährige Lagerung in Erdgruben mit etwas Erd- und Aschezugabe wird empfohlen (AGRODOK 1976).

Wenn sorgfältig und schon mit einiger Kompostierungserfahrung gearbeitet werden kann (und nur dann!), kann durch das Einbeziehen der menschlichen Exkremeute der Rückfluß von Nährstoffen in das System deutlich verbessert werden.

In der folgenden Tabelle sind einige Krankheitserreger und ihr Verhalten unter verschiedenen Bedingungen dargestellt.¹⁾

1) Zu Problemen der Hygiene siehe auch KAMPF, MAAS und STRAUCHE (Hrsg.) (1964): Müll- und Abfallbeseitigung, Handbuch über die Sammlung, Beseitigung und Verwertung von Abfällen. Erich Schmidt Verlag, Berlin, und weitere Angaben in FAO Soils Bulletin No. 27, Rom 1975.

Tab. 4.1.2.: Das Überleben von Pathogenen¹⁾ bei Kompostierung menschlicher Fäkalien bzw. bei sonstiger Ausbringung aufs Feld

Organismus	Überleben bei:	
	Kompostierung	Ausbringung aufs Feld
Darmvirosen	- bei 60° C schnell abgetötet	- können bis 5 Monate im Boden überleben
Salmonellen	- bei 60° C in 20 Std. abgetötet	- im Boden überlebt <i>S.typhi</i> bis zu 3 Monaten, andere Arten bis zu 1 Jahr
Shigella (Ruhr)	- bei 55° C in 1 Std. abgetötet - bei 40° C in 10 Tagen abgetötet	- im Boden bis 3 Monate
Escherichia coli	- bei über 60° C schnell abgetötet	- mehrere Monate
Cholera vibrio	- bei 55° C schnell abgetötet	- nicht über 1 Woche
Leptospira (Hämorrhagien, Gelbsucht)	- bei 50° C in 10 Minuten abgetötet	- bis 15 Tage im Boden
Hakenwurmeier	- bei 50° C in 5 Minuten tot - bei 45° C in 1 Std. tot	- bis 20 Wochen im Boden
Spulwurmeier	- bei 55° C in 2 Std. tot - bei 50° C in 20 Std. tot - bei 45° C in 200 Std. tot	- mehrere Jahre
Schistosoma-Eier (Bilharziose)	- bei 50° C in 1 Std. tot	- auf feuchtem Boden bis 1 Monat

Quelle: WORLDBANK (1980), zit. in NAT.ACAD.SCI. (1981)

1) Pathogen = Krankheitserreger

Garten- und Kleinkomposte:

Sie werden prinzipiell wie die oben angeführten Komposte unter Beachtung der genannten Regeln gebaut.

BHARDWAJ (1981) beschreibt die Kompostierung in einer Grube unter Verwendung von 10 Gewichtsprozenten Stallmist und 1 bis 2 Prozent Rohphosphat mit später Zugabe von *Azotobacter* (nach dem zweiten Wenden). Durch dreimaliges Wenden war Kompost in 2 bis 3 Monaten fertig.

Eine Schnellmethode mit zwei Kästen wird von RAABE (1980) beschrieben. Er konnte ohne Zugabe irgendwelcher Hilfsstoffe (etwas Pflanzenfressermist ist nach seinen Aussagen förderlich) durch tägliches (bis zweimal tägliches) Wenden in 3 bis 5 Wochen einen fertigen Kompost erzielen. Gutes Abdecken (Einpacken) gegen Wärmeverlust war notwendig, um hohe Temperaturen zu erreichen.

Auch BRUCE (o.J.) entwickelte ein Schnellverfahren für Hausgärten, bei dem das Wenden durch Zugabe eines Aktivators aus Kräutern unterbleiben konnte, ohne daß nach ihren Aussagen Fäulnis entstand. Dabei soll ein Haufen aus Pflanzenabfällen und 15 bis 20 Prozent Stallmist und etwas Kalk in etwa ein bis zwei Monaten fertiggestellt und mit 8 bis 10 cm Erde bedeckt werden. In den Haufen werden dann einige Löcher bis 15 cm über dem Boden eingestoßen. In diese Löcher wird ein Aktivator (85 ml) gegeben und die Löcher dann mit trockener Erde verschlossen. Der Kompost ist ohne Wenden in 2 bis 4 Monaten fertig (Aktivator: 1 Teelöffel getrocknete Kräuter in einem halben Liter Regenwasser und 1 Tropfen Honig 24 Stunden stehen lassen).

Bei allen Schnellkompostierungsverfahren sollten relativ N-reiche Materialien verwendet werden. Je häufiger sie gewendet werden, desto schneller sind sie in der Regel fertig. Natürlich erfordert das häufige Wenden auch viel Arbeit, so daß Schnellkomposte nur in Spezialfällen in Betracht kommen.

Nach Möglichkeit sollten Garten-, Haus- oder Kleinkomposte stets in Einfassungen oder Gruben angelegt werden, denn bei den relativ kleinen Kompostmengen entsteht sonst eine sehr hohe freie Oberfläche, die sowohl die Erwärmung behindert als auch die Austrocknung oder Vernässung begünstigt.

Je nach Verfügbarkeit können für die Konstruktion von Kompostgruben verschiedene Materialien verwendet werden, und auch die Konstruktionen selbst können stark variieren (die folgenden zwei Abbildungen sollen nur als Beispiel und Anregung dienen). Es sollte nur beachtet werden, daß die Gruben eine Mindestgröße von 1 m³ haben und daß sowohl die Belüftung als auch der Schutz vor Austrocknung oder Vernässung gewährleistet ist.

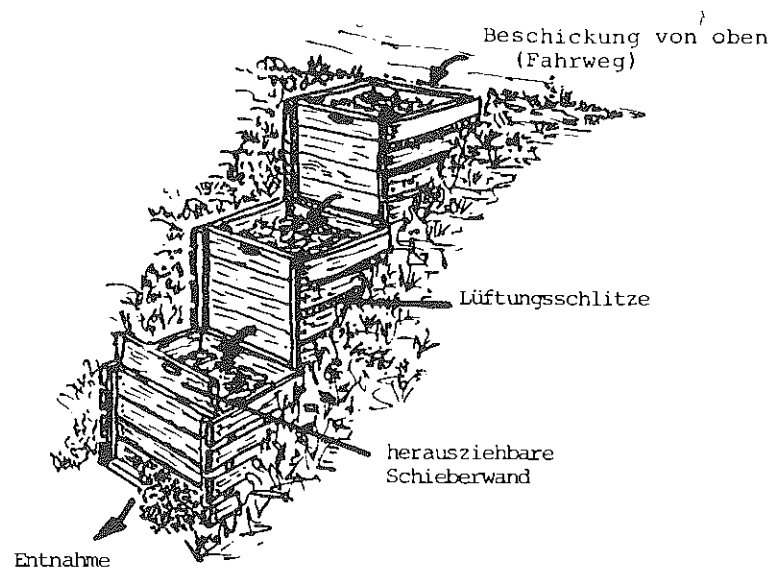


Abb.4.1.f: Kleinkompostanlage an einem Hang. Durch die treppenförmige Anordnung wird das Umsetzen (Wenden) erleichtert. (verändert nach Minnich et al., 1979)

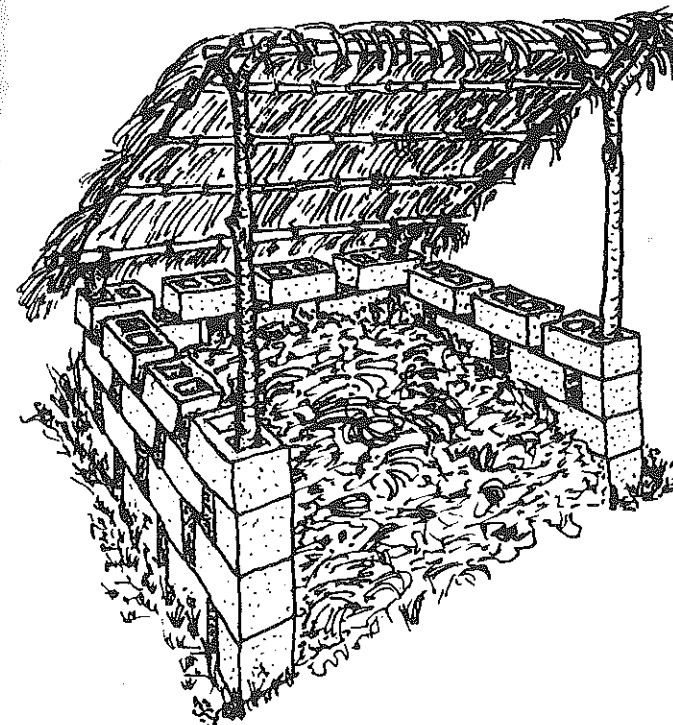


Abb.4.1.g: Einfache Hauskompostanlage aus Hohlblocksteinen mit einem Schutzdach.

4.1.4. Anwendung von Kompost

Nachdem Kompost auf das Land ausgebracht worden ist, sollte er möglichst schnell in die oberen 10 cm Boden eingearbeitet werden (vor Vegetationsbeginn). Wenn er aus arbeitswirtschaftlichen Gründen vor oder während der Trockenzeit verabreicht wird, was weniger günstig ist, so soll er möglichst tief in den Boden eingearbeitet werden (20-30 cm). Dabei kann nach dem Grundsatz verfahren werden: "soviel als möglich", denn von hohen Kompostgaben sind keine negativen Wirkungen zu erwarten.

In den Tropen ist es aufgrund des schnellen Abbaus organischer Masse bes-

ser, alljährlich Kompost auszustreuen. Bei Mengen, die weniger als 7,5 t pro ha ergeben, ist die Verteilung jedoch nicht mehr einfach und der relative Aufwand zu hoch, so daß besser innerhalb einer Rotation jeweils nur Teilflächen gedüngt werden (DALZELL et al. 1979). HOWARD (1943) empfiehlt Gaben von 20 bis 25 t/ha.

Weitere Möglichkeiten sind:

- die Ablage in Furchen vor der Saat (dem Pflanzen),
- Zugabe von Kompost in die Pflanzlöcher (z.B. Tomaten).

Zur Hauptwachstumszeit kann Kompost auch als Kopfdüngung gegeben werden (leicht einhacken).

Zum Angießen von Setzlingen wird oft eine Lösung von Kompost und Wasser im Verhältnis 1:4 empfohlen, die vorher 24 Stunden stehen soll.

Auch beim Pflanzen von Bäumen oder Bananen ist Kompost dringend zu empfehlen. Mit Kompost für das Pflanzloch sollte nie gespart werden (MINNICH et al. 1979).

Eine weitere Möglichkeit zur Kompostanwendung ergibt sich durch die Anlage von Tiefbeeten. Hierbei wird der Boden auf 50 cm Tiefe ausgehoben und durch Kompost ersetzt. Anschließend werden die Beete mit wichtigen, nährstoffdankbaren Kulturen bepflanzt. Die Erfolge sind meist so deutlich, daß diese Technik auch Kleinbauern überzeugt, die dem Kompost (vorwiegend wegen des hohen Arbeitsaufwands) sonst eher kritisch gegenüberstehen (wichtig: Staunässe vermeiden!).

4.1.5. Sozioökonomische Gesichtspunkte

Düngerwert:

Der Düngerwert schwankt je nach Material und Zusammensetzung zum Teil erheblich.

Tab. 4.1.3.: Zusammensetzung verschiedener Komposte aus organischen Abfällen (% Frischmasse) (1-8 nach DALZELL et al. 1979, 9-12 nach JAISWAL et al. 1971)

	% N	% P	% K	C/N
1. Baumwollstengel und Dung	0,40	0,13	1,4	-
2. Gemüseabfälle	0,49	0,12	0,9	-
3. Gemüseabfälle mit Dung	0,43	0,10	1,0	-
4. Unkraut gemischt mit Crotalaria	0,41	0,11	1,7	-
5. Unkraut gemischt ohne Crotalaria	0,40	0,12	1,3	-
6. Gartenkompost	0,4 -3,5	0,3 -1,0	0,2 -0,3	-
7. Geflügelmist mit Sägemehl	1,0	0,4	0,46	-
8. Schweinemist und Stroh	0,53	0,37	0,33	-
9. Gemischte Farmabfälle (Poona)	0,44	0,13	0,92	14
10. Vermischte trockene Rückstände (Indore)	0,45	0,11	0,8	11
11. Ø 6 Komposte (wie 9)	0,45	0,15	1,2	-
12. Weizenstroh (Ragi)*	0,62	-	-	26

* entstand nach dem Bangalore-Verfahren

Unter der Annahme, daß

- a) ein Kompost etwa 50 % Feuchte hat,
- b) 0,5 % N, 0,2 % P und 0,5 % K enthält,
- c) der mineralische Dünger in einem Jahr voll verfügbar ist,
- d) bei Kompost im ersten Jahr 30 % N, 100 % P und 80 % K verfügbar werden,

ist im folgenden ein Vergleich verschiedener Düngerformen dargestellt. Pro Tonne Kompost wird dabei ein Aufwand von etwa 3 Manntagen (inklusive Ausbringung) angenommen, wie er bei Kompostierung in Stallnähe mit Wasserleitung und Transport im tiergezogenen Wagen sowohl von HOWARD (1943) als auch von DALZELL et al. (1979) ermittelt wurde (Indore-Verfahren mit 3maligem Umsetzen).

Tab. 4.1.4.: Mineralische Dünger und Kompost im Vergleich (unter Berücksichtigung des Arbeitsaufwands für Kompost)*
(in Anlehnung an DALZELL et al. 1979)

Mineralischer Dünger Reinnährstoff	Düngerform	Kompost in t	Arbeitsaufwand Manntage
	in kg		
10 kg N	21,7 kg Harnstoff	6,6	19,8
	28,9 kg Ammoniumnitrat		
	66,6 kg 15-15-15-Komplex		
10 kg P (22,9 kg P ₂ O ₅)	116- 153 kg Superphosphat	5	15
	47 kg Ammoniumphosphat		
	66,6 kg 15-15-15		
10 kg K (12 kg K ₂ O)	19,4- 25 kg Kaliumchlorid	2,5	7,5
	25- 28 kg Kaliumsulfat		
	66,6 kg 15-15-15		

* 1 m³ Kompost wiegt in etwa 1,2 t (SAUERLANDT 1948); 1 t Kompost entspricht 0,8 - 1 m³

10 Tonnen Kompost (50 Prozent Feuchte) pro Hektar entsprechen im ersten Jahr einer Düngermenge pro Hektar von 15 kg N, 20 kg P und 40 kg K.

KIEHL et al. (1978) erzielten in Brasilien unter Verwendung von mineralischem N-Ausgleich und Stallmist plus 2 Prozent Ca-Phosphat Komposte mit relativ hohen Gehalten (1,8 % N, 0,4 % P, 0,3 % K). Sie errechneten unter Verwendung lokaler Preis/Kostenrelationen, daß es günstiger war, Kompostdünger zu produzieren, als ihn in mineralischer Form zu beziehen.

Durch Mechanisierung (Feldhäcksler und Traktor mit Frontlader) konnte dieses Ergebnis erzielt werden!

Bei der Beurteilung der Düngung mit Kompost muß langfristig auch in Rechnung gestellt werden, daß er den Boden verbessert.

Probleme des Spurennährstoffmangels, wie sie bei mineralischer Düngung oft schon nach wenigen Jahren auftreten (HEATHCOTE 1969, JONES 1980, TANAKA 1974), können bei Kompostdüngung besser vermieden werden

(DALZELL et al. 1979, KIEHL et al. 1978). MILLER (1976) schließlich verweist darauf, daß neben betriebswirtschaftlichen auch volkswirtschaftliche Überlegungen in die Düngerbewertung mit einfließen sollten. Er errechnete, daß durch die 4jährige Anwendung von Bagassekompost auf 8000 ha in Barbados ein volkswirtschaftlicher Gewinn von etwa 7 Millionen US-Dollar entstand.

Kompost in der bäuerlichen Wirtschaft:

Besonders aussichtsreich erscheint Kompostierung, wenn

- Vieh,
- organisches Material,
- Wasser und
- billige Arbeitskraft vorhanden sind.

(Eine Vollmechanisierung, wie von KIEHL et al. (1978) beschrieben, scheidet für Kleinbauern in der Regel aus.)

Die Integration von Vieh in die landwirtschaftlichen Betriebe ist eine Grundforderung des standortgerechten Landbaus (siehe auch Empfehlung der FAO 1975, S. 9), und die Attraktivität der Tierhaltung wird um so größer, je stärker sie in die innerbetrieblichen Strukturen (Transport, Düngung, Stoffkreisläufe) eingebunden wird. Kompostproduktion und -transport können somit einen zusätzlichen Anreiz darstellen, Zugtiere zu halten.

Organische Materialien können knapp sein oder knapp werden. Zunächst gilt es, die Aufmerksamkeit auf ungenutzte Quellen zu lenken. Die Integration von Leguminosenbäumen, Hecken, Wind- oder Erosionsschutzstreifen, Gründüngung und Intensivbrache kann die Verfügbarkeit leicht erhöhen.

Wo Wasser knapp ist, kann das Material vorgelagert und zu gegebener Zeit kompostiert werden.

Vor dem Rückgriff auf Lohnarbeitskräfte ist zu beachten, daß Betriebsangehörige saisonal oft unterbeschäftigt sind. Kompostierung ist dann (da zeitlich ungebunden) ohne wesentliche Mehrausgaben möglich.

Die Kapitalinvestitionen zur Schaffung und zum Unterhalt einer Kompostierungs-"Anlage" sind gering. Betriebskapital, das vorher für mineralische Dünger ausgegeben wurde, kann anderweitig eingesetzt werden.

Da Kompostierungswirtschaft vom Aufwand her primär als eine Transportwirtschaft angesehen werden muß, ist die Wahl des Standorts (oder mehrerer Standorte) gut zu überlegen. Die Lage der Felder, der Stallung(en) und der Wasserquelle(n) sind die drei wichtigsten Gesichtspunkte für die Standortwahl.

Betriebseigene Komposterzeugung verringert die Außenabhängigkeit der Betriebe und wirkt somit risikomindernd.

Kompostierung ist also ein Verfahren, das mit einer mittleren Technologie und erheblichem Arbeitsaufwand die Ertragsfähigkeit und -sicherheit der Böden verbessern kann, wobei Risiko und Kosten für den Betrieb gering bleiben (Stabilität von Betrieb und Produktion).

Möglichkeiten der Einführung von Kompostierung:

Nicht in jeden Betrieb paßt die Kompostierung ad hoc hinein. Andere Verfahren zum Schutz der Bodenfruchtbarkeit können günstiger, leichter durchführbar oder ganz einfach traditionell besser verankert sein als die Kompostwirtschaft.

Wo z.B. auf großen Flächen relativ extensiv gewirtschaftet wird, wo Flächen für Regenerationsbrachen oder Gründungsfruchtfolgen zur Verfügung stehen oder wo Arbeitskräfte sehr teuer sind, kann Kompostierung relativ unwirtschaftlich sein.

In anderen Fällen dagegen (z.B. sinkende Bodenfruchtbarkeit bei abnehmender Flächenausstattung) bedarf es oft nur der Erläuterung für den Anwender, damit dieser sie als auch ökonomisch sinnvoll erkennen kann.

Die Bereitschaft zur Kompostwirtschaft ist aber nicht nur von betriebswirtschaftlichen und pflanzenbaulichen Überlegungen bestimmt, sondern auch kulturelle oder soziale Gesichtspunkte müssen mit berücksichtigt wer-

den. So ist sie in Südostasien als Maßnahme zum Erhalt der Bodenfruchtbarkeit im Bewußtsein der Bauern verhaftet, während in weiten Teilen Indiens oder in Bangladesh andere Verwendungen - etwa von Reisstroh - die Einführung von Kompostwirtschaft sehr schwer oder unmöglich machen.

Neues ist fast immer schwierig einzuführen, aber oftmals findet man zum Beispiel die Tradition, Unkraut auf den Feldern zu Haufen zusammenzutragen. In solchen Fällen ist der Schritt zum Kompost für Berater und Bauern nicht mehr weit.

Der erste Schritt zur Einführung der Kompostierung kann der Haus- oder Gartenkompost sein. Darauf aufbauend kann dann der zweite und wesentlich schwierigere Schritt der Betriebskompostierung erfolgen. (In Fällen, wo die Feld- und Hausarbeit traditionell streng getrennt sind, ist es aber unter Umständen sinnvoller, gleich die Verfahren der Feldkompostierung einzuführen, denn die Übernahme von Gartenpraktiken in den Landbau kann dann erschwert sein.)

Da Innovationen in der Regel auch nur dann akzeptiert werden, wenn sie für die Bauern eine deutlich sichtbare (meßbare) Verbesserung bringen, sollten die Kompostgaben, zumindest im Anfang, besser auf kleine Flächen konzentriert werden. Ein kleines Maisfeld, das nach starker Kompostdüngung den doppelten Ertrag bringt, überzeugt den Anwender eher vom Wert der Kompostdüngung als ein Ertragszuwachs von beispielsweise 10 bis 20 Prozent auf einer sehr großen Fläche mit kleineren Kompostgaben.

4.1.6. Kompostierung und Kompostanwendung in zonaler Sicht

Regenwaldklima:

Aus dem Bereich der feuchttropischen Regenwälder liegen verhältnismäßig wenig Ergebnisse vor, die über die Anwendung von Kompost berichten. Dauerkulturen in Verbindung mit Mulch und Lebendmulch herrschen vor und sind aufgrund der klimatischen Verhältnisse auch gut an den Standort angepaßt.

In Südostasien wird Kompost äußerst erfolgreich in Naßreiskulturen eingesetzt. TANAKA (1974) erwähnt, daß die an sich ideale Kompostdüngung ohne Viehhaltung aber schnell an ihre praktischen und ökonomischen Grenzen stößt, weshalb in Indonesien und auf den Philippinen das Stroh nach einer Vorrotte auf dem Feld meist mit einfachen Geräten eingearbeitet wird.

Eine Ausnahme bilden Reisstrohkompote zur Pilzkultur. In Korea wurden 1977 pro Kubikmeter durchschnittlich 16,9 kg Pilze erzeugt (HONG KIM 1980). Siehe hierzu auch NAT.ACAD.SCI. (1981).

In agro-forstlichen Systemen kann Kompost auf intensiv genutzten Teilflächen (etwa Gemüsegarten mit Obstbäumen) sehr nutzbringend eingesetzt werden. SUIZA (1979) zeigt Möglichkeiten auf, die sich aus der Verwertung von Holzabfällen und Zweigen zur schnellen Kompostbereitung bieten (siehe hierzu auch PAIN und PAIN 1977).

AGBOOLA et al. (1975) verweisen auf die Tatsache, daß auf sauren tropischen Böden P-Dünger oftmals nur ansprechen, wenn organisch gedüngt wird.

BANDY und NICHOLAIDES (1979) konnten mit Kompost über 4 Vegetationsperioden hinweg Erträge erzielen, die nur 20 Prozent unter denen einer vollen mineralischen Düngung lagen. Zugabe von Kalium in der Folgezeit konnte dieses Niveau halten.

LYONGA (1980) erzielte in den Kamerunbergen mit 8 bis 10 t/ha Kompost zu Yam (*Dioscorea* spp.) eine höhere Wirtschaftlichkeit, als wenn entsprechende Erträge durch mineralische Dünger erreicht wurden. Er konnte bestätigen, daß Knollenfrüchte besonders gute Verwerter von Kompost sind (KEEN 1953).

Feuchtsavanne:

Im Bereich der Feuchtsavannengebiete sind die Verhältnisse für Kompostierung wesentlich günstiger. Der Abbau oberflächlich aufgebracht Materialien verläuft in Trockenzeiten nur langsam. Meist fehlt eine schlagkräftige Mechanisierung zum Einarbeiten von Ernterückständen vor erneuter Bestellung, so daß die Bauern oft die Erntereste zusammenschieben, um

sie dann zu verbrennen. Neben dem Verlust organischer Substanz gehen dabei außerdem Stickstoff und Schwefel verloren (BALASUBRAMANIAN und NNADI, 1980).

JONES (1971) fordert aufgrund langjähriger Untersuchungen in den Savannen Nigerias, daß zumindest die Ernterückstände auf den Feldern verbleiben sollten, wenn nicht die bessere Möglichkeit ausreichender Stallmistdüngung gegeben ist (Forderung eines mixed-farmings).

RANGANATHAN et al. (1980) kommen aufgrund von Untersuchungen in Indien zu dem Schluß, daß die Rückfuhr der Erntereste allein in den Tieflandtropen nicht ausreicht, um die C-Bilanz auszugleichen. Da Viehhaltung in dieser Region schon häufiger ist, Wasser meist ausreichend vorhanden ist und Materialien zur Kompostierung zur Verfügung stehen oder erzeugt werden können, ergibt sich über eine Vermehrung des Stallmists via Kompost in dieser Region die Möglichkeit einer nachhaltigen, kontinuierlichen Landnutzung.

JONES (1981) untersuchte die Böden in Samaru (Nigeria) nach 20jähriger Düngung mit 70 dt Stallmist/ha und konnte feststellen, daß ungedüngte Böden nur noch 0,22 % C hatten, während die gedüngten das ursprüngliche Humusniveau von 0,6 % gehalten hatten.

In Untersuchungen von RODEL et al. (1980) auf sauren, sandigen Böden in Zimbabwe waren mindestens 45 dt/ha Stallmist (Trockenmasse) notwendig, um gute Ergebnisse zu erzielen. Das entspricht unter lokalen Bedingungen 3,4 "life stock units" pro Hektar.

Über die Kompostbereitung mit Mist läßt sich die Besatzdichte auf ein Drittel bis ein Viertel reduzieren (PEAT und BROWN 1962).

Die Mineraldüngerwirkung wurde in diesen Versuchen durch Kraal-Kompost erheblich verbessert, das heißt, auch die Bedingungen für eine eventuelle Intensivierung durch mineralische Düngung werden über die Kompostwirtschaft erst geschaffen.

CHARREAU (1975) zitiert Gefäßversuche, die zeigten, daß eisenoxidreiche Böden nach Kompostgaben einen besseren P-Status aufweisen und auch nach P-Düngung wesentlich weniger Phosphat fixierten.

In der Praxis werden die obigen Überlegungen durch autochthone Landnutzungssysteme bestätigt. So betreiben die "Wakaras" am Viktoriasee Stallhaltung und Einstreukompostierung, die ihnen eine permanente Landnutzung ermöglichen (LUDWIG 1967). Auch NETTING (1968) berichtet von solchen Praktiken in Nigeria.

Wo Flüsse oder Kanäle ganzjährig Wasser führen, ergeben sich Möglichkeiten zur Kompostierung von Wasserhyazinthen, Azolla und anderen Wasserpflanzen mit Gewässerschlammschlamm (wie es in Asien häufig praktiziert wird). Nach SINGH und BALASUBRAMANIAN (1980) kann ein Kompost aus Wasserhyazinthen (*Eichhornia*) bis zu viermal höhere Nährstoffgehalte als Stallmist haben.

Trockensavanne:

In Trockensavannengebieten wird Kompostierung aufgrund des Wassermangels zunehmend schwieriger; auch können pflanzliche Kompostierungsmaterialien knapp sein. Viehhaltung ist dagegen in dieser Zone verbreitet, wird aber in Afrika leider meist von Stämmen betrieben, die ihrerseits kaum Ackerbau betreiben.

Organische Materialien sind in semiariden Gebieten oft nur deshalb sehr knapp, weil es an Brennmaterial fehlt. Durch vermehrte Nutzung von schnell wachsenden Hölzern (*Eucalyptus*, *Casuarina*, *Margosa* usw.) würden nicht nur Windschutzstreifen geschaffen, sondern der Knappheit an Brennstoffen würde entgegengewirkt; die Ernterückstände könnten geschont werden (BALASUBRAMANIAN und NNADI, 1980).

Oberflächenmulch ist oft unbeliebt, weil sich Termiten dann sehr stark vermehren können. (ROOSE (1981) verweist auf die wichtige Funktion der Mesofauna für die optimale Bodenstruktur.)

Über Kompostierung werden organische Masse und Nährstoffe genutzt, Einsammeln anstelle des Verbrennens wird ökonomischer, und auch regional mögliche Termitenplagen können vermieden werden.

Wo immer jahreszeitlich Wasser vorhanden ist, sollten deshalb Überlegungen angestellt werden, ob dieses dann für bereits vorher angelegte Kompostgruben genutzt werden könnte.

Zahlreiche Untersuchungen haben ergeben, daß gerade in semiariden Gebieten mit Kompostdüngung sehr gute Ergebnisse zu erzielen sind. CHARREAU (1975) berichtet von Versuchen im Senegal, wo Kompostdüngung eindeutig die Trockenresistenz verbesserte. Bei starker Trockenheit war Kompost noch in der Lage, das Pflanzenwachstum zu fördern und Stickstoff an die Pflanzen zu liefern, während mineralische Dünger längst nicht mehr verfügbar waren (Ertragsstabilität!). (Siehe hierzu auch FLAIG, 1975). Nährstoffverluste von Pflanzenrückständen waren am geringsten, wenn sie kompostiert wurden. Die Struktur der Böden konnte verbessert werden.

Letztere Ergebnisse werden bestätigt durch Gefäßversuche von GUIRAUD et al. (1980). Von allen organischen Düngerformen schnitt Kompost in Savannenböden (*sols ferrugineux peu lessivés*) auch bei ihnen am besten ab. Es traten weder Ertragsdepressionen noch N-Verluste auf; der Kompost erwies sich als stabile Quelle organischer Substanz. (Nach JONES (1971) 15 bis 20 Prozent Residualwirkung.)

FELLER und GANRY (1980) konnten mit Grubenkomposten von Pennisetumstroh (110 dt/ha) in vierjährigen Versuchen deutlich den Humusgehalt der Böden (sandige Alfisols in Senegal) verbessern. Allerdings war dieser Effekt nur deutlich bei gleichzeitiger mineralischer N-Düngung, die für sich alleine jedoch überhaupt keine positive Wirkung zeigte.

Aride und brackige Böden in Israel, Ägypten, Pakistan und Thailand konnten durch 2- bis 3jährige Applikation von 100 dt Kompost wieder kulturfähig gemacht werden (SUIZA, 1979).