

4.2 Stallmist

4.2.1 Einleitung

Die Integration der Tierhaltung in die landwirtschaftlichen Betriebssysteme stellt eine der Grundforderungen im Konzept der standortgerechten Landwirtschaft dar.

Die Erzeugung von Mist (außerdem auch Milch, Fleisch, Häuten usw.) ist die wesentliche Funktion der Tierhaltung im Rahmen dieser Konzeption, denn bei zunehmender Intensität der Landnutzung kommt dem Dung eine äußerst wichtige Rolle für den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit zu.

Diese These gründet sich vor allem auf ackerbauliche Erfahrungen in Europa, aber auch auf Beobachtungen und Asien und Afrika, wo bei autochthonen Landnutzungssystemen beobachtet werden konnte, daß es mit zunehmendem Bevölkerungsdruck und fortschreitender Bodenverarmung regional zur Integration von Tierhaltung und Ackerbau gekommen ist.

Beispiele hierfür finden sich z.B. bei den Kikuyu in Kenia, bei den Kofyar im zentralen Bergland von Nigeria (NETTING, 1968) und bei den Wakara am Viktoriasee (LUDWIG, 1967).

Diese Völker haben die Tierhaltung mit einer geregelten Stallmist- und Kompostwirtschaft verbunden, so daß angenommen werden kann, daß die Tierhaltung vor allem dem Erhalt der Ertragsfähigkeit der Böden diene. (Befragungen von DRESSLER (1983) in dichtbevölkerten Gebieten Ruandas bestätigten diese These, denn die überwiegende Zahl der befragten Bauern gab als Hauptgrund für die Rinder- und Ziegenhaltung deren Dungproduktion an.)

Auch intensiv wirtschaftende Betriebssysteme in Asien sind stets mit Tierhaltung gekoppelt, wobei allerdings auffällt, daß hier oft Schweine und Geflügel an die Stelle der Wiederkäuer getreten sind (KING, 1911).

OMENGAN und SAJISE (1983) kamen bei der Untersuchung der Reisanbausysteme der Bontoc auf den Philippinen zu dem Ergebnis, daß der Schweinehaltung eine Schlüsselrolle bei der Sicherung nachhaltiger, guter Reiserträge zukommt (Komposte mit Schweinemist). Sie vermuten, daß aus diesem Grund die Haltung von Schweinen sogar Eingang in die religiösen Traditionen und Pflichten gefunden hat.

Es kann also festgehalten werden: ungeachtet der Tatsache, daß es für viele Subsistenzbauern bei fortschreitender Landknappheit schwieriger wird,

die Nahrungsgrundlage für die Tiere sicherzustellen (DRESSLER, 1983), ist gerade in autochthonen Systemen, die mit wenig Land eine hohe Bevölkerung zu ernähren haben, die Tierhaltung ein wichtiges Betriebselement, ja es stellt sich sogar die Frage, ob die Tierhaltung nicht eine unerläßliche Voraussetzung für den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit bei permanentem Anbau darstellt (KOTSCHI et al. 1982); z.B. bezüglich des Humushaushalts.

Einige Besonderheiten kleinbäuerlicher Tierhaltung können dabei deutlich herausgestellt werden:

- a) Mit der Intensivierung der Landnutzung bis hin zum permanenten Anbau ist auch bzw. muß auch eine Intensivierung der Tierhaltung verbunden sein.
- b) Die Weidehaltung muß in Kleinbetrieben mit Flächenknappheit zugunsten der Stallhaltung nach und nach aufgegeben werden.
- c) Feldfutterbau (Futterwerbung) ersetzt die Weide als Futtergrundlage.

Für eine Integration von Ackerbau und Tierhaltung sprechen neben den bereits erwähnten Gesichtspunkten auch die folgenden Tatsachen:

- a) Tiere verwerten Pflanzen und Pflanzenteile, die ansonsten kaum oder nur schlecht vom Menschen genutzt werden können (es sei denn, als Kompostmaterial, Mulch oder Gründüngung). Sie transformieren Biomasse in menschlich nutzbare Biomasse (Fleisch, Milch, Rohstoffe wie z.B. Leder und tierische Arbeitskraft).
- b) Über den tierischen Dung fällt im Nährstoffkreislauf der Betriebe ein relativ hoch konzentrierter, transportwürdiger und relativ schnell wirksamer Dünger an. Der örtlich und zeitlich gezielte Einsatz von Nährstoffen wird dadurch erleichtert bzw. ermöglicht.
- c) Aus dem betrieblichen Kreislauf abgeflossene Nährstoffe (z.B. durch Erosion in tiefe Hanglagen oder Talsohlen verlagerte Nährstoffe) können durch Futterbau und Streugewinnung wieder in den Stall und mit dem Mist wieder in die höher gelegenen Felder der Nahrungs- und Verkaufsfrüchte gebracht werden, wie MILNE (1947) dies für die "Catena" beschrieben hat.
- d) Die Kompostbereitung wird durch die Verwendung von Stallmist sehr erleichtert. Ohne tierischen Dünger verläuft der Prozeß oft sehr langsam und ist mit vielen Materialien kaum praktikabel.

- e) Natürliches Brachland oder Unland kann durch Ansaat mit Futterleguminosen oder Gemengen intensiviert werden. Die Kosten für diese Maßnahme, die geeignet ist, die Standorte zu verbessern, werden über die Futternutzung gesenkt oder gedeckt. Mehr Futter bedeutet außerdem mehr Dung im Stall und damit auch verbesserte Erträge auf den Feldern.¹⁾
- f) Die Möglichkeiten der Flurgestaltung (Integration von Futterhecken, Schneitelbäume, bepflanzten Erosionsschutzstreifen usw.) werden erweitert, da durch Tiere die Nutzungsmöglichkeiten und damit auch die Anwendbarkeit solcher systemstabilisierender Elemente verbessert wird. Über den Nutzen aus der Tierproduktion und die Mistdüngung anderer Flächen kann der entgangene Nutzen durch diese Elemente teilweise oder ganz kompensiert werden.
- g) Wenn Zugtiere gehalten werden, wird die Transportsituation der Betriebe stark verbessert. Das Sammeln und Ausbringen von Kompostmaterial und Kompost oder Stallmist wird dadurch effizienter, ja oftmals erst lohnend (siehe auch Abschnitt 4.2.7., Tab. 4.2.17.).

Da die Wirtschaftlichkeit der Tierhaltung in einem weitgehend auf Selbstversorgung ausgerichteten Ackerbaubetrieb in starkem Maße von der Menge und Qualität des anfallenden Mistes abhängig ist, soll im folgenden auf diese Punkte eingegangen werden.

4.2.2. Düngemengen und deren Zusammensetzung

Die Mengen an tierischem Dünger, die weltweit anfallen, sind enorm. Allein für Indien, wo ein Fünftel des Rinderbestandes der Welt lebt, schätzt man die jährlich anfallende Menge auf 1.762 Millionen Tonnen

1) In Deutschland veröffentlichte Johann Christian SCHUBART im Jahre 1783 die Schrift: "Hut, Trift und Brache, die größten Gebrechen und die Pest in der Landwirtschaft", in der er leidenschaftlich für die Stallhaltung und die Bebauung der Brachflächen mit Futterleguminosen eintrat. Die Annahme seiner Forderungen führte in Deutschland in den folgenden Jahren zu einer Verbesserung der geringen Erträge um bis zu 100 %.

(BALASUBRAMANIAN und SINGH, 1980), was bei einem durchschnittlichen Gehalt von 0,3 % Stickstoff einen theoretischen Düngerwert von 15 kg/ha indischen Bodens ergäbe oder sogar fast 50 kg N pro Hektar Ackerland.

In der Praxis sind solche Werte bei weitem nicht zu erreichen, denn je nach Tierhaltungsform, Lagerungsverfahren und Verwendung geht ein Großteil des Dungs und der Düngungsnährstoffe für die landwirtschaftliche Nutzung verloren.

Für den Einzelbetrieb ist es dennoch wichtig, in etwa zu wissen, welche Kot- und Urinmengen ihm theoretisch zur Verfügung stehen, das heißt, wieviel davon bestimmte Tierarten pro Tag oder Jahr produzieren.

Zur groben Orientierung können hier Faustzahlen herangezogen werden, man muß sich jedoch darüber im klaren sein, daß Faustwerte selten den tatsächlichen Verhältnissen entsprechen. Je nach Futtergrundlage und Wasserversorgung der Tiere treten regional und jahreszeitlich große Unterschiede auf. Futterarme und futterreiche Zeiten mit Grünfütter nehmen starken Einfluß auf die anfallenden Dungmengen (wo möglich sollten regionale Untersuchungen herangezogen oder eigene Erhebungen durchgeführt werden).

Die folgenden Werte sind nach indischen (JAISWAL) und deutschen Angaben (SAUERLANDT) zusammengestellt (Tab. 4.2.1.).

Da sich eine tropische Vieheinheit auf ein Rind mit 250 kg Lebendgewicht bezieht, sind in der 3. Spalte der Tabelle geschätzte Werte angegeben, die sich auf etwa eine "Tropical Lifestock Unit" beziehen (im Gegensatz zur deutschen Großvieheinheit (GVE) mit 500 kg Lebendgewicht).

Ähnliche Schwankungen wie in der Menge bestehen auch bezüglich der Zusammensetzung der Ausscheidungen. Innerhalb der einzelnen Tierarten hängt die Kot- und Urinzusammensetzung hauptsächlich vom Futter (Standort, Jahreszeit), dem Wasserangebot, aber auch vom Alter, der Leistung und der Nutzungsrichtung der Tiere ab. Jungtiere und milchreiche Kühe z.B. scheiden aufgrund besserer Eiweißausnutzung weniger Stickstoff aus als Arbeitstiere oder alte Tiere.

In Tabelle 4.2.2. sind durchschnittliche Werte (mit Schwankungsbreiten) angegeben. (Die Gehaltsunterschiede zwischen den Tierarten treten trotz der starken Streuung der Werte noch deutlich in Erscheinung.)

Tab. 4.2.1.: Kot- und Urinproduktion verschiedener landwirtschaftlicher Nutztiere (grobe Faustwerte)

Tierart	nach JAISWAL et al., 1967		nach SAUER- LANDT, 1948		geschätzte Menge je TLU ¹⁾	
	Angaben in kg bzw. l/Tag (Frischmasse)					
	Kot	Urin	Kot	Urin	Kot	Urin
Milchkuh	23,5	9,0	20-25	12	11	6,5
Pferd	16,0	3,6	10-15	5	5-7	2,5
Schwein	2,7	1,5	1,5-2,5	1,5	-	-
Schaf/Ziege	1,1	0,6	1,0-1,5	1,0	-	-
Hühner	0,04	-	-	-	-	-

1) TLU = trop. Livestock Unit \approx 250 LG

Zum Dungstickstoff ist zu bemerken, daß der Anteil des löslichen Stickstoffs bei frischem Dung relativ gering ist (außer bei Geflügel). Er beträgt bei frischem Rinder-, Pferde- oder Schafdung 0,05 - 0,06 %, das heißt nur etwa 10 % des Gesamtstickstoffs sind sofort verfügbar.¹⁾ Durch Lagerung und Rotte werden die Gehalte an verfügbarem Stickstoff verbessert.

Noch größere Schwankungen der Zusammensetzung als im Kot treten im Urin auf. In Tabelle 4.2.3. sind Werte aus Indien und Deutschland aufgeführt. Sie zeigen, daß Urin vor allem das Kalium und den Stickstoff enthält, während der Kot im wesentlichen Calcium, Stickstoff, Phosphat und Magnesium enthält. (Der Stickstoff im Urin liegt in löslicher Form vor und ist schnell pflanzenverfügbar. Bei der Anwendung von Urinjauche ist aber Vorsicht geboten, denn unverdünnte Jauche verursacht Verbrennungen an den Pflanzen.)

In Abbildung 4.2.a. ist am Beispiel der Rinderausscheidungen noch einmal graphisch anschaulich dargestellt, wie sich die Nährstoffe und die Gewichtsmengen auf die Anteile Kot und Urin verteilen. Außerdem veranschaulicht die Darstellung, daß Kot und Urin für sich alleine relativ einseitige Dünger sind und daß erst durch die Kombination der beiden (hier als Vollgülle dargestellt) ein relativ harmonisches Nährstoffverhältnis entsteht.

1) Neben Mineralstoffen besteht Dung zu einem erheblichen Anteil aus Bakterienmasse, Huminstoffen (Vorstufen von Huminsäuren), Ligninen, Cellulosen etc. (KLAPP, 1967).

Tab. 4.2.2.: Durchschnittliche Zusammensetzung des frischen Kotes mehrerer Tierarten (nach Angaben von SAUERLAND, 1948; JAISWAL et al., 1971 und McCALLA, 1975)

Tierart	% Wasser	org. Masse %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	C/N-Veth.
Rindvieh	80 (79-82)	16 (15-18)	0,3 (0,3-0,5)	0,2 (0,18-0,2)	0,15 (0,14-0,18)	0,2 (0,1-0,3)	20-25
Pferd	73 (60-76)	22 (21-24)	0,5 (0,5-0,6)	0,25 (0,2-0,3)	0,3	0,2 (0,17-0,25)	24
Schaf	64 (62-68)	31 (29-33)	0,7 (0,6-1,2)	0,4 (0,3-0,5)	0,25 (-0,29)	0,4 (-0,46)	20-25
Ziege	ähnlich Schaf						
Schwein	78 (75-82)	17 (16-18)	0,5 (0,4-0,6)	0,4 (0,3-0,5)	0,4	0,07 (0,05-0,09)	19-20
Hühner	57 (50-60)	29	1,5 (1,2-3)	1,3 (1,1-2,6)	0,8 (0,6-2)	4,0 (2-6)	9-11
Enten	-	-	1,0	1,4	0,6	1,7	-
Kaninchen	-	-	1,1	1,2	2,7	0,1	-
Wasserbüffel	81	12,7	0,25	0,18	0,17	0,4	25-28

Tab. 4.2.3.: Durchschnittliche Zusammensetzung des Urins einiger Tierarten nach SAUERLANDT (1948) und JAISWAL et al. (1976) (Angaben von SAUERLANDT in Klammern)

Tierart	Wasser %	org.Masse %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %
Milchvieh (Kuh)	92,6 (92,5)	4,8 (3,0)	1,21 (1,0)	0,01 (0,1)	1,35 (1,5)	1,35 (0,3)
Pferd	89,6 (89,0)	8,0 (7,0)	1,29 (1,2)	0,01 (0,05)	1,39 (1,5)	0,45 (0,15)
Schaf	86,3 (87,5)	9,3 (8,0)	1,47 (1,5)	0,05 (0,10)	1,96 (1,8)	0,16 (0,3)
Ziege	-	-	- (1,9)	- (0,12)	- (0,59)	- (0,16)
Wasser- büffel	81,0	-	0,6	Spuren	1,61	Spuren
Schwein	96,6 (94,0)	1,5 (2,5)	0,38 (0,5)	0,10 (0,05)	0,99 (1,0)	0,0 (0,02)

Kühe: Ausscheidungen (t) und Nährstoffe (kg) pro 1000 Tierstage

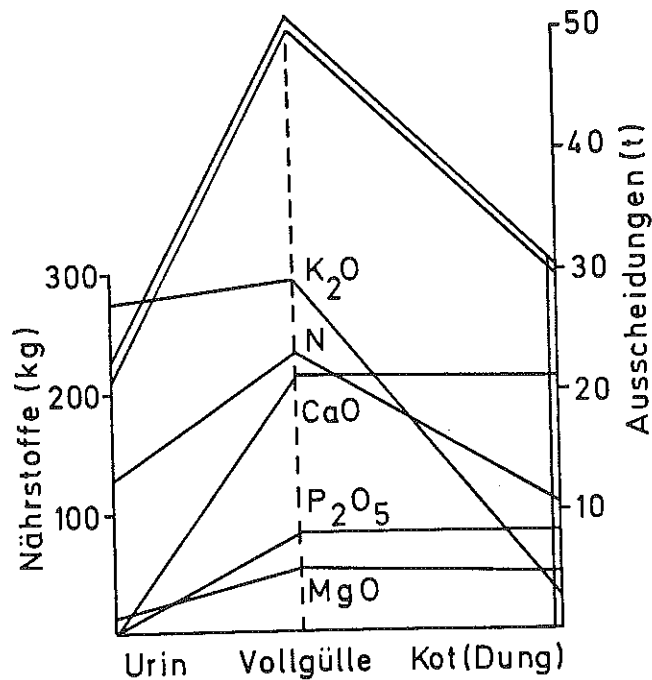


Abb. 4.2.a.: Kot- und Urinproduktion von Milchkühen (in t) und die Verteilung der Nährstoffe auf Kot und Urin (nach FLAIG et al., 1978)

4.2.3. Die Herstellung und Handhabung von Stallmist

4.2.3.1. Ausgangssituation

Stallmist ist weltweit der am häufigsten angewandte und am meisten verfügbare organische Dünger. In vielen Regionen der Erde wird Mist aber auch kaum genutzt, denn auf extensiv genutzten Weideflächen bestehen weder Möglichkeiten noch ein dringender Bedarf, den Kuhdung zu nutzen (BURNETT, 1975). Vor allem in Afrika wäre eine vermehrte Nutzung in vielen Regionen zwar wünschenswert, wird aber durch die Trennung von Ackerbau und Viehzucht sehr erschwert (MUSA, 1975; OFORI, 1980). In Indien, Pakistan und Bangladesh ist "mixed farming" (Mischbetriebe mit Ackerbau und Tierhaltung) weit verbreitet, so daß die Nutzung und Verwertung von tierischem Dung erleichtert wird, dennoch aber gehen durch mangelnde Aufmerksamkeit beim Sammeln und durch die Nutzung als Brennmaterial riesige Mengen an organischer Masse und an Nährstoffen für die Landwirtschaft verloren - ARAKERI et al. (1962) schätzen den Anteil des Dungs, der in Indien jährlich verbrannt wird, auf 40 %. Weitere 20 % gehen verloren und etwa 40 % werden als Dünger und Bodenverbesserer genutzt. (Bei Zugrundelegung einer jährlichen Dung- und Urinproduktion von 1.762 Millionen Tonnen (s.o.) mit einem durchschnittlichen Stickstoff-Gehalt von 0,3 % entspricht das allein für Indien jährlichen Verlusten von 2,1 Millionen Tonnen Stickstoff!)

In Südostasien erkannten die Menschen (auch unter dem Druck hoher Bevölkerungsdichten) schon frühzeitig den Wert einer sorgfältigen Behandlung der tierischen (und menschlichen) Exkremente (China, Japan, Korea), was sie dazu befähigte, permanenten Anbau mit nachhaltiger Produktivität zu verbinden.

Die Probleme, die im Zusammenhang mit der Handhabung und Verwendung der tierischen Dünger auftreten, sind so vielfältig wie die weltweiten Variationen im Grad der Ausnutzung. Oftmals mangelt es schon an der Bereitschaft zur Pflege und zur Aufarbeitung des Dungs (MINISTRY OF AGRICULTURE, New Delhi, 1975), oder der Arbeitsaufwand wird als unzumutbar angesehen. Mancherorts wird es von den Bauern abgelehnt, daß Misthaufen auf ihrem Hofgelände entstehen sollen (LENZNER und KEMPF, 1982), oder andere soziale und kulturelle Gegebenheiten stehen einer Stallmistwirtschaft entgegen. So erschwert z.B. in Afrika die vielerorts prakti-

zierte Gemeinschaftstierhaltung die Nutzung des Dungs. Auch die technischen Probleme dürfen nicht unterbewertet werden, denn vielfach fehlt es ganz einfach an Kenntnissen im Umgang mit dem tierischen Dung. Nach WEBSTER und WILSON (1966) gilt das besonders für Gebiete, die erst in relativ junger Vergangenheit die Tierhaltung eingeführt haben (die Förderung mineralischer Dünger durch die Beratung stabilisiert solche Defizite). Auch MUSA (1975) sieht in der mangelnden Information und Ausbildung der Bauern über effiziente Methoden der Konservierung und Lagerung ein Hauptproblem, denn es hat zur Folge, daß (unter Mühen) Miste mit minderwertiger Qualität hergestellt werden. Bei der Ausbringung auf die Felder entstehen durch lange und ungeschützte Zwischenlagerung in Sonne und Regen weitere Verluste, die den Wert nochmals herabsetzen. Die konsequente Folge solcher Fehler ist eine Geringschätzung der Stallmistwirtschaft durch die Bauern. Aus diesen und anderen Gründen (z.B. Transportproblem!) ist die Mistanwendung oft, wie im Sudan, auf die Hausgärten beschränkt. Eine breitere Verwendung und Nutzung von Stallmist hängt demnach, außer von soziokulturellen Faktoren, auch zu einem Großteil von der Anwendung sachgerechter Methoden der Stallmistbereitung ab. Der Wert von Stallmist wird dadurch gesteigert, die Kosten werden gesenkt, die Düngewirkung wird erhöht - die Pflege insgesamt wird akzeptabler.

4.2.3.2. Einstreumittel und Eigenschaften von Einstreu

Wenn Tiere in Ställen gehalten werden, sollte stets Einstreu verabreicht werden. Zum einen wird dadurch die Stallhygiene verbessert (Sauberkeit der Tiere, trockener Standplatz, Schutz vor Krankheiten); zum anderen soll die Einstreu Kot und Urin binden. In geschlossenen Ställen ist die Einstreu auch dringend notwendig, um das Stallklima und damit das Wohlbefinden von Tier und Mensch zu verbessern. Vor allem die Adsorption von Ammoniakstickstoff aus dem Urin ist wichtig, weil dieser sonst in die Stallluft (ungesund für die Tiere) bzw. in die Atmosphäre entweichen würde (Stickstoffverluste). Leicht angerottete Streu bindet nach SAUERLANDT (1948) besonders viel Ammoniak. Die Rotteprozesse werden durch Einstreu begünstigt und reguliert, die Bildung von Huminsäuren wird gefördert und der Dung wird in seinen chemi-

schen und physikalischen Eigenschaften (Handhabung etc.) verbessert. Strohhige, saugfähige Materialien sind besonders zur Einstreu geeignet. Wachsreiche und holzige Streu ist weniger geeignet, denn sie nimmt nicht so viel Flüssigkeit auf. Wie die folgende Tabelle, in der einige Materialien mit ihrer Feuchtekapazität aufgeführt sind, zeigt, können vor allem Torf und Sägemehl viel Feuchtigkeit aufnehmen.

Tab. 4.2.4.: Wasserabsorptionskapazität von Einstreumitteln (nach SAUERLANDT, 1948 und JAISWAL et al., 1971)

Einstreumaterial	Wasserabsorption in 1 pro 100 kg trockene Einstreu (nach 24 Std. Wässern)
Weizenstroh	220-250
Schilfstreu	200-300
Bohnenstroh	250-300
Laubstreu	200-250
Kartoffelkraut	200-250
Torfstreu	600-800
Sägemehl	350-400
Erde	40- 60

Unter Praxisbedingungen erreichen die Materialien meist nur 50 % ihrer maximalen Binfefähigkeit, wobei zu beachten ist, daß das Feuchtebindungsvermögen von Stroh auch von der Halmlänge und der Beschaffenheit des Materials abhängig ist. Gehacktes und noch mehr gequetschtes Stroh bindet 20-30 % mehr Flüssigkeit als Langstroh (SAUERLANDT, 1948). (Läßt sich leicht erzielen, indem man Stroh auf einem Fahrweg ausbreitet.) - Gehacktes Stroh erleichtert überdies die Handhabung bis hin zur Ausbringung und Einarbeitung, was insbesondere bei reiner Handarbeit unbedingt zu beachten ist (KLAPP, 1967). Was die verschiedenen Materialien anbelangt, so ist Stroh zwar eine sehr gute Einstreu, es ist aber oft zu wertvoll, um als Einstreu Verwendung zu finden (Futter, Handwerksmaterial etc.). In solchen Fällen muß nach anderen Materialien gesucht werden, wie z.B. Sägemehl, das zwar sehr saugfähig ist, dessen Miste aber sehr hohe Anteile schwer zersetzlichen Lignins und ein meist zu weites C/N-Verhältnis

haben. Reine Sägemehlmiste sollte man deshalb kompostieren. Am häufigsten werden Mischungen aus allerlei Abfällen und Ernterückständen als Einstreumaterial verwendet. Teilweise dienen diese als Futter, und was von den Tieren nicht angenommen wird, bleibt als Einstreu zurück. Wenn Einstreumaterialien knapp sind, kann der Dung auch ausgeschüttelt und relativ konzentriert gestapelt oder verkompostiert werden. Im Hochland von Ruanda konnten LENZNER und KEMPF (1982) beobachten, daß derart gereinigte Einstreu getrocknet und dann noch ein- bis zweimal wiederverwendet wurde.

In manchen Gebieten Indiens wird mangels anderer Stoffe auch Erde als Einstreu benutzt, das heißt, die Erde in den Stallungen wird regelmäßig ausgehoben und durch frische Erde ersetzt. Die Verluste und die Arbeitsbelastung bei diesem Verfahren sind aber sehr hoch, so daß dieses Vorgehen nur als eine Notlösung angesehen werden kann.

In manchen Gebieten Asiens wird auch eine dünne Schicht Gips in die Ställe gegeben, um den Ammoniak als Sulfat zu binden. JAISWAL et al. (1971) empfehlen 1/2 - 1 kg pro Kuh und Tag.

Die Einstreumengen, die notwendig sind, hängen von der Aufstallungsform, von der Tierart und vom Futter der Tiere (d.h. der mehr festen oder flüssigen Konsistenz des Dungs) ab.

Pro tropische Vieheinheit (250 kg LG) genügen in Anbindeställen 1,5 bis 3 kg strohähnliche Einstreu pro Tag. Bei Tiefstallhaltung sollte mehr Streu (3-5 kg/Tag) angewendet werden (in Europa geht man in Tiefställen von 8-10 kg trockenem Stroh bei 500 kg Lebendgewicht aus). Urin, der von der Streu nicht aufgefangen werden kann, sollte gesammelt und als Jauche auf Mist- und Komposthaufen gegossen werden.

Die Verluste an organischer Masse, die bei der Lagerung von Stallmisten auftreten, sind stark von den Einstreuanteilen abhängig, denn unterschiedlich hohe Strohanteile verändern den Lufthaushalt, den Anteil zersetzlicher anorganischer Verbindungen und das C/N-Verhältnis.

Nach Untersuchungen von KOLENBRANDER (1955) in Europa nehmen die Trockenmasseverluste im Stallmist um so mehr zu, je höher die Einstreumengen pro Tier und Tag sind. Bei lockerer Lagerung können bis zu 50 % der organischen Masse in 4 Monaten veratmet werden, während es bei stark anaerober Lagerung nur 20-30 % sind (Abb. 4.2.b.).

Bei Tiefstallmisten (gut urindurchtränkt, festgetreten) sind die Verluste selten höher als 20 % (trotz hoher Einstreuanteile).

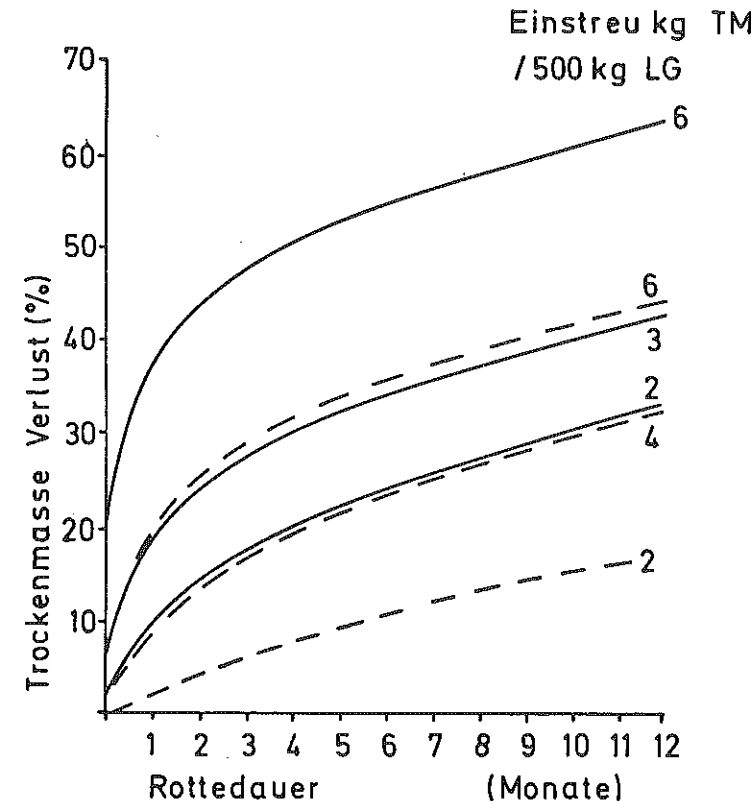


Abb. 4.2.b.: Trockenmasseverluste in gestapelten Stallmisten in Abhängigkeit von der Rottedauer, der Einstreumenge (kg pro GVE mit 500 kg Lebendgewicht) und der Art der Lagerung (—) aerob, (---) anaerob; (nach KOLENBRANDER, 1955)

In geringem Umfang sind Trockenmasseverluste erwünscht (Einengung des C/N-Verhältnisses auf etwa 20 : 1), sie sollten jedoch nicht darüber hinausgehen, damit dem Bodenleben noch energiereiche, organische Masse zur Verfügung steht.

4.2.3.3. Frischmist

Die einfachste Methode der Mistbereitung ist die, daß man gar nichts mit dem Mist macht, sondern ihn sofort auf die Felder bringt. - Gegen ein solches Vorgehen spricht, daß es arbeitswirtschaftlich sehr umständlich ist und oft auch keine freien Felder für den Mist zur Verfügung stehen. SAUERLANDT und TIETJEN (1970) verweisen außerdem darauf, daß frischer Stallmist vermehrt organische Säuren bildet. Diese werden von Bodenorganismen sehr schnell verarbeitet, so daß es zu einer Belastung des Sauerstoff- und Stickstoffhaushalts in frisch gedüngten Böden kommen kann.

Das C/N-Verhältnis von Frischmisten ist oftmals zu weit, so daß es zu vorübergehender N-Sperre kommt bzw. in der 1. Vegetationsperiode kaum Miststickstoff verfügbar wird (FLAIG, 1978). Eine Verbesserung des Humusgehalts der Böden ist bei Frischmisten, im Gegensatz zur Anwendung von Rottemisten, nicht zu erwarten, und auch die Gehalte an laktatlöslichem Phosphat in Ackerböden konnten nur bei Anwendung von Rottemisten, nicht aber mit Frischmistgaben erhöht werden (SAUERLANDT und TIETJEN, 1970).

Eine Zwischenlagerung der Stallmiste (einige Verfahren werden im folgenden behandelt) ist der Anwendung von frischen Misten, welche das Wachstum der Folgekultur beeinträchtigen können, deshalb vorzuziehen.¹⁾

4.2.3.4. Die Lagerung und Stapelung von Misten

Fast alle Verfahren der Mistkonservierung und -aufbereitung stellen mehr oder minder variierende Formen der Stapelung von Stallmist dar. Verbun-

1) Auf leichten, sandigen Böden scheinen Frischmiste (wenn einstreuarmer) noch am ehesten mit Erfolg einsetzbar zu sein (MUSA, 1975). AUGSTBURGER (1983) erzielte gute Ergebnisse auf sauren Gebirgsböden im Hochland von Bolivien (2500 m N.N.), wo frischer Hühnermist (pH = 9,0) gelagertem Mist überlegen war.

den mit der Stapelung sollen neben der platzsparenden Aufbewahrung und Zwischenlagerung folgende Ziele erreicht werden:

- a) Einengung des C/N-Verhältnisses (Verbesserung der Düngewirkung)
- b) Relative Anreicherung von Huminstoffen und Schaffung beständiger Humusformen

Viele wertbestimmende Bestandteile werden erst bei der Reife des Stallmistes gebildet, weshalb man bei der Rotte, die mit Verlusten an organischer Masse verbunden ist, auch von einem positiven Schwund spricht (fördernde Inhaltsstoffe werden vermehrt, hemmende Stoffe werden abgebaut).

Unter den besonderen chemisch-physikalischen Bedingungen, wie sie im Miststapel herrschen (pH, Gashaushalt etc.), werden Humusformen gebildet, die bei frischer Ausbringung in den Boden nicht oder kaum gebildet werden. Viele der so gebildeten Humusstoffe sind resistent gegen den Abbau als die ursprünglich im frischen Dung vorhandenen.

- c) Nährstoffaufschluß (Mineralisierung) bei möglichst geringen Verlusten)
- d) Vernichtung (bzw. Verminderung) von keimfähigen Unkrautsamen
- e) Verbesserung der physikalischen, biologischen und chemischen Eigenschaften (bessere Handhabung und Wirkung) (KLAPP, 1967)

Die Lagerstätten sollten, wie die Kompostierstätten (s.o.), so eingerichtet sein, daß sie vor Sonne, Wind und Regen weitgehend geschützt sind (evtl. Überdachung). Stauende Nässe durch Sickersaft oder Wasser muß vermieden werden.

Am günstigsten ist ein fester, möglichst undurchlässiger Boden mit einem leichten Gefälle (ca. 2 %), so daß die Jauche abfließen und in einem weitgehend luftgeschlossenen Schacht (mit dem Urin aus dem Stall) gesammelt werden kann (zentrale Rinne).

Ein wallartiger Sockel, der die Dunglege umgibt, verhindert das unkontrollierte Abfließen von Gülle bzw. den Zufluß von Niederschlagswasser (siehe Abb. 4.2.c.).

Der frische Mist sollte zum Stapeln etwa 60-70 % Feuchtegehalt haben, also gut feucht sein. Bei Schafmisten, Ziegenmisten und evtl. auch Pferdemen kann es deshalb sinnvoll sein, den Mist vor dem Stapeln etwas zu wässern; noch besser ist ein Begießen mit Urin (JAISWAL et al., 1971; KLAPP, 1967).

In zu trockenen Misten treten Verluste auf, und die Umsetzungen sind behindert. Ein weißes Mycel in den Misthaufen ist das Zeichen für zu trockene Lagerung.

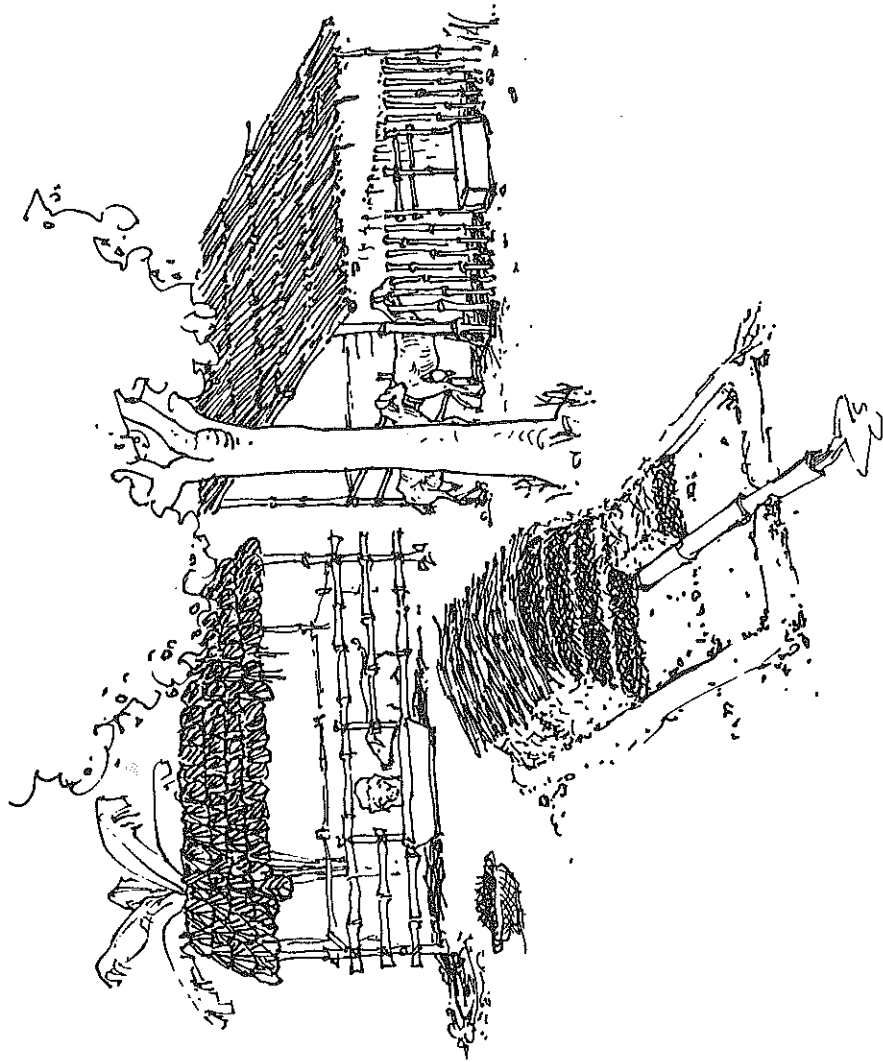


Abb. 4.2.c.: Schicht- und abschnittsweise beschickter, gewöhnlicher Misthaufen (schartige Lage, eventuelle Überdachung, Erdwall, zentraler Abflussskanal, Erd- und/oder Strohabdeckung)

Zu naß gelagerte Miste zeigen gelbgrüne Verfärbungen.

Eine möglichst gleichmäßige braune bis schwarze Farbe des Stapelmistes ist das einfachste Mittel, um zu erkennen, daß der Mist relativ optimal gelagert wurde.

4.2.3.5. Der gewöhnliche Stapelmist

Beim gewöhnlichen Stapelmistverfahren werden die anfallenden Mistmengen täglich oder alle zwei Tage auf die Dunglege gebracht. Bei der Beschickung der Dunglege ist es besser, abschnittsweise vorzugehen und auf kleiner Grundfläche (ca. 1/2 m²) schnell in die Höhe zu stapeln, als den Mist auf dem ganzen Mistplatz zu verteilen (kleinere freie Oberfläche, dadurch weniger Auswaschung bzw. Austrocknung, weniger Verluste).

Kleinbetriebe sollten möglichst 1,5 - 2 m hoch **umrandete Dunglegen** wählen, damit die kleinen Haufen besser geschützt sind (Holzkonstruktionen oder Mauerwerk).

Schicht auf Schicht werden die einzelnen Abschnitte bis auf eine Höhe von 1,5 - 2 m gestapelt und danach mit einer Schicht Erde (15-20 cm) bedeckt, um Austrocknung und Ammoniakverluste zu verringern.

Besonders Miste mit hohem Strohanteil (bzw. sonstiger Einstreu) sollten sogleich festgetreten werden (nur bei einstreuarmer, festlagernden Misten kann darauf verzichtet werden). Besonders die Ränder freier Stapel sollen gut verfestigt werden, um ihnen die nötige Stabilität zu verleihen und um den Luftaustausch mit der Umgebung zu begrenzen. Abschnitt für Abschnitt der Miststelle wird so befüllt und festgetreten (günstig ist eine Anordnung, die es erlaubt, die alten Stapel vor den jüngeren zu entnehmen, damit stets ausgegorene Miste Verwendung finden).

Der Verlauf des folgenden Rottevorgangs ist weitgehend vom Verhältnis der Dung- und Strohanteile abhängig. Strohreiche Miste erhitzen sich leicht bis auf 70° C, was zur Folge hat, daß erhöhte C- und N-Verluste auftreten und die Miste leicht austrocknen. In solchen Fällen ist ein erneutes Festtreten zur Reduktion der Sauerstoffzufuhr oder auch ein mehrmaliges Übergießen mit Urinjauche anzuraten.

Rottetemperaturen von 35-45° C sind normal und bewirken eine gute Umsetzung. Miste, die kälter bleiben (meist sehr einstreuarmer) brauchen mehr Einstreu, oder es kann auch etwas Erde (Lüftung) zugegeben werden.

Das beschriebene Verfahren ist und war in Deutschland weit verbreitet¹⁾ und dürfte sich auch für tropische Breiten vielerorts eignen.

4.2.3.6. Verfahren der Heißvergärung

Eine besondere Variante des Stapelverfahrens stellt die sogenannte Heißvergärung von Misten dar (nach KRANTZ, 1924, zit. in SAUERLANDT und TIETJEN, 1970). Bei diesem Verfahren wird der Mist zunächst ganz bewußt sehr lose gestapelt; er wird locker geschüttet (verzettelt) und auf gut 60-90 cm Höhe gestapelt.

Danach wird er bedeckt (Platte oder ähnliches), so daß die festgetretenen Ränder und der Deckel die entstehende Wärme im Stapel halten und Feuchteverluste verhindern. Am nächsten Tag, am 3. und 4. Tag wird daneben in gleicher Weise ein neuer Stapel errichtet (es werden also 3-4 Stapel nacheinander aufgesetzt).

Erst nach 3-4 Tagen bzw. wenn der Mist sich auf 60-70° C erhitzt hat, wird er festgetreten oder verdichtet, um die Luft auszutreiben. Die anfänglich aerobe Phase wird beendet, und die anaerobe Gärphase wird eingeleitet. Sie soll die Reife des Mistes bringen.

Bei diesem Verfahren ist es wichtig, daß es gelingt, die anfänglich voll aerobe Phase zu beenden (schwierig bei strohreichen Misten), weil diese heiße Anfangsphase mit hohen Trockenmasseverlusten verbunden ist.

Wenn dies gelingt, sinkt die Temperatur binnen etwa 2 Wochen auf 30 bis 35° C ab und die Verluste (CO₂, Feuchte, N) halten sich in tolerierbaren Grenzen.

Der Vorteil dieses etwas aufwendigen Verfahrens, das nicht für Anfänger, sondern für ältere Mistroutiniers geeignet ist, besteht darin, daß die Unkrautsamen durch die für etwa 2 Wochen herbeigeführten hohen Temperaturen im Miststapel ihre Keimfähigkeit verlieren. Heißvergorene Misten werden deshalb auch als Edelmiste bezeichnet.

Das Verfahren ist empfehlenswert, wenn die Einstreu viel Unkrautsamen enthält, die ansonsten auf stallmistgedüngten Flächen auflaufen würden bzw. wenn das Futter viele Samen enthält, die im Verdauungstrakt die

1) Im Volksmund galt der Spruch: "Halt ihn feucht und tritt ihn fest, das ist für den Mist das Beste."

Keimfähigkeit behalten oder erlangen und die auf den Feldern zum Problem würden. Ansonsten ist das Verfahren nicht zu empfehlen, denn die Mistqualität ist nicht besser als beim einfachen Stapelverfahren, so daß sich die Mehrarbeit nicht lohnt.

Die folgenden zwei Verfahren sind den bisher dargestellten Verfahren sehr ähnlich, wurden aber unter indischen Bedingungen entwickelt.

4.2.3.7. (Rund-)Hügelmethode

Das Verfahren der Hügelmethode wird in Indien für Gebiete und Jahreszeiten mit viel Niederschlägen empfohlen, während für semiaride bis aride Gebiete die unten beschriebene Grubenmethode angeraten wird.

Bei der Hügelmethode, die mit relativ einstreuarmer indischen Misten entwickelt wurde, wird auf relativ kleiner Grundfläche möglichst schnell in die Höhe gestapelt. Innerhalb kurzer Zeit entsteht dadurch ein Misthaufen, der zur weiteren Lagerung und Reife verschlossen und geschützt wird. Die Hügel werden auf einem Platz in der Nähe des Stalles angelegt (er darf nicht überschwemmungsgefährdet sein).

Die täglich anfallenden Dungmengen mit mehr oder minder großem Einstreuanteil werden auf einer kreisrunden Grundfläche von 1,5 bis maximal 2 m Durchmesser schichtenweise (je Schicht etwa 30 cm) aufgetragen (siehe Abb. 4.2.d.), und der Hügel wird Schicht für Schicht bis auf eine Höhe von 1,5 Metern gebaut.

Ist diese Stapelhöhe erreicht, erhält er eine runde Kuppe und wird rundum mit einem Lehmputz zugekleistert. Eine dachähnliche Abdeckung mit Stroh oder Palmzweigen schließt ihn nach oben hin ab und schützt ihn vor Niederschlägen. Nach 4-5 Monaten ist der Mist gebrauchsfertig (ARAKERI et al., 1962).

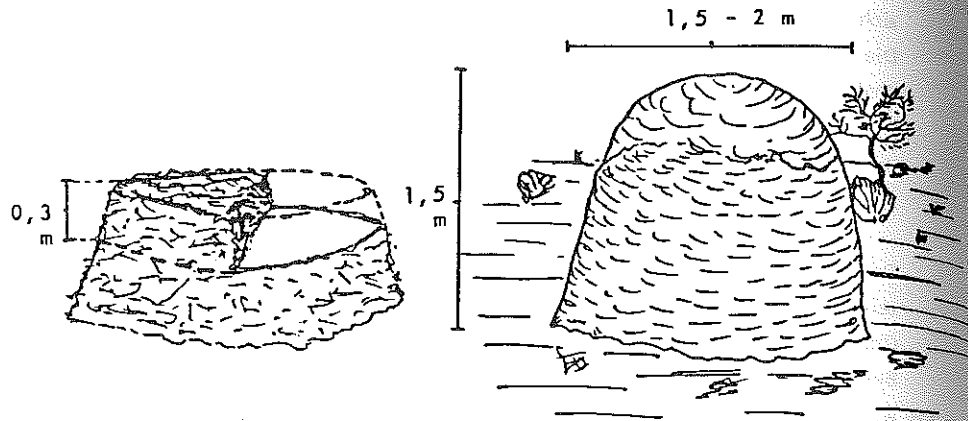


Abb. 4.2.d.: Mistlagerung nach der indischen Hügelmethode
 a) Aufbau aus Schichten zu etwa 30 cm Höhe
 b) Abdeckung
 c) Lehmputz

4.2.3.8. Grubenmethode

Die Grubenmethode wird in Indien für aride und semiaride Gebiete oder auch für die aride Jahreszeit empfohlen.

Bei diesem Verfahren wird zunächst eine Grube von etwa 1,8 bis 2 m Breite, 90 cm Tiefe und beliebiger Länge (je nach Viehbesatz) ausgehoben. Der Boden soll ein leichtes Gefälle haben und möglichst festgestampft sein, damit der Sickersaft (über eine Rinne, ein Rohr) in eine Jauchegrube abfließen kann.

Pro Vieheinheit werden nun etwa 3-5 kg Stroh auf den Boden der Grube gelegt (Absorptionsschicht), die sodann abschnittsweise mit Stallmist beschickt wird. Die Befüllung sollte auch bei diesem Verfahren so erfolgen, daß pro Tag Schichten von etwa 30 cm Höhe entstehen. Der Mist wird festgetreten und pro Schicht mit 1 cm Erde abgedeckt. So wird schichtweise verfahren, bis der Stapel eine Höhe von etwa 1,2 Meter erreicht hat und 30 cm über den Boden hinausragt (Abb. 4.2.e.).

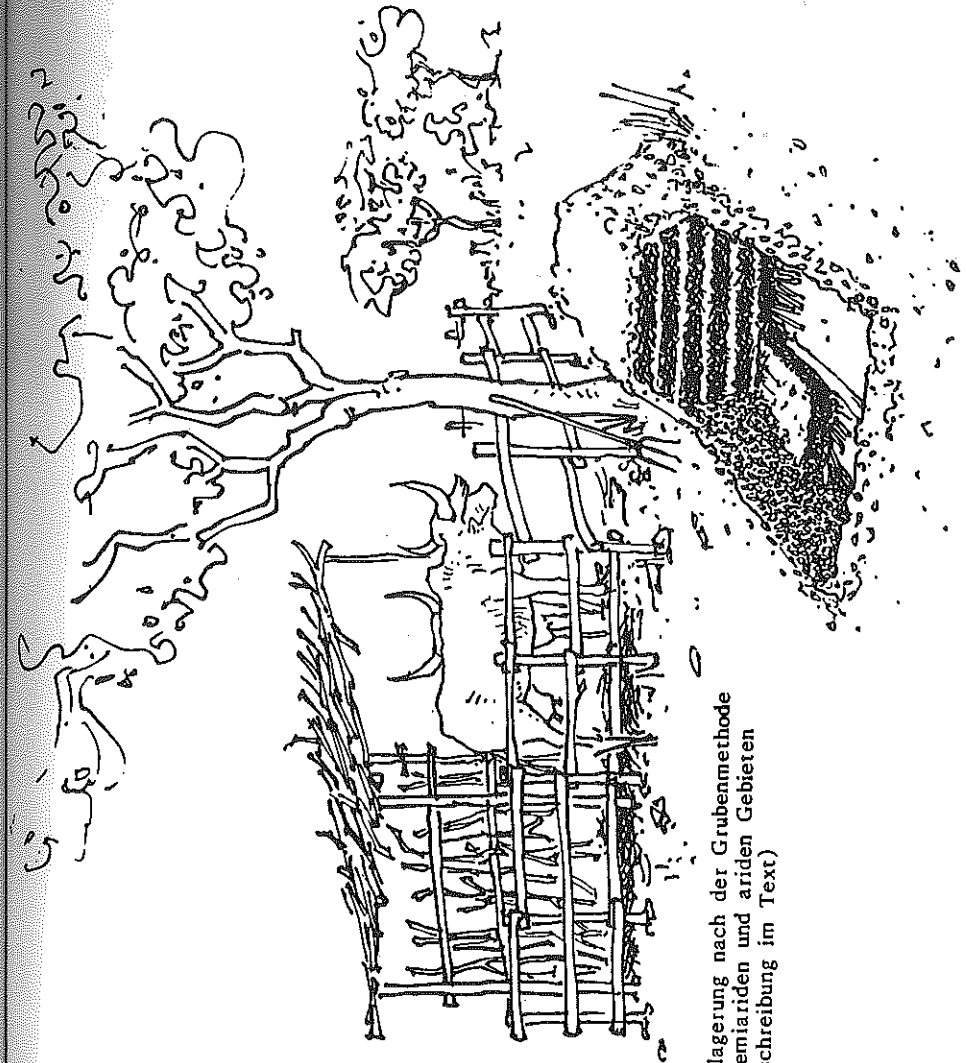


Abb. 4.2.e.: Mistlagerung nach der Grubenmethode in semiariden und ariden Gebieten (Beschreibung im Text)

Nun wird er mit 10 cm Erde und/oder Stroh abgedeckt und verbleibt vier Monate in der Grube, bis er ausgereift ist. Die Grube sollte nach Möglichkeit mit einem kleinen Wall umgeben sein, damit kein Niederschlagswasser hineinläuft.

Auch die Grubenmethode wurde mit einstreuarmer Misten entwickelt, und wie Untersuchungen aus Afrika zeigen (Tab. 4.2.5.), kann dieses Verfahren anderen Lagerungsarten deutlich überlegen sein.

Die geringeren Nährstoff- und Trockenmasseverluste, die in Nordghana durch KWAKYE (1980) und ähnlich von MUSA (1975) im Sudan ermittelt wurden, sind mit sehr stroharmen Kuhfladen erzielt worden, und es ist noch ungeklärt, ob die Vorteile bei einstreureicherer Misten auch so deutlich sind.

Tab. 4.2.5.: Auswirkung verschiedener Lagerungsarten von Kuhmistfladen auf die N-, P- und K-Gehalte nach 3 Monaten Lagerungsdauer in Ghana. Die Werte in Klammern bezeichnen die relativen Verluste gegenüber dem Ausgangsmaterial (KWAKYE, 1980)

Lagerungsart ¹⁾	Trockenmasse- gehalt (%)	Stickstoff (%)	Phosphat (%)	K ₂ O (%)
a) lockerer Haufen (ohne Abdeckung)	22 (-28)	0,71 (-59)	0,50 (-28)	1,32 (-45)
b) gestapelt und gleich festgetre- ten (bedeckt) ²⁾	26 (-16)	0,93 (-47)	0,51 (-27)	1,51 (-37)
c) lose gestapelt, nach 3 Tagen festgetreten (bedeckt) ²⁾	24 (-22)	0,79 (-55)	0,55 (-20)	1,45 (-40)
d) in Grube gela- gert (bedeckt) ²⁾	27 (-12)	1,48 (-15)	0,60 (-12)	2,14 (-11)

1) Stapelhöhe jeweils 1 m

2) Bedeckung aus einer Schicht mit Erde und Gras

Ein Vorteil bei der Grubenlagerung ist, daß die Gefahr einer Austrocknung der Misten kaum besteht und daß ohne ein nachträgliches Befeuchten oder die aufwendige Umbauung kleinerer Dunglegen der Mist in gutem (feuchtem) Zustand gehalten werden kann.

Nachteilig ist die Gefahr der Staunässebildung bei unsachgemäßer Anlage der Grube und die Mehrarbeit, die beim Ausheben und bei der Mistentnahme entstehen.

Allen bisher behandelten Verfahren, die mehr oder weniger nur Variationen verschiedener Stapelverfahren darstellen, sind zumindest drei Dinge gemeinsam, die - egal welches Verfahren schließlich angewendet wird - beachtet werden sollten:

- a) Es wird eine möglichst feste Lagerung der Misten angestrebt, das heißt, nach einer kurzen Phase rascher Umsetzung (Feuchte, Sauerstoff) wird ein mehr anaerober Zustand herbeigeführt, bei dem die Umsetzungsprozesse nur noch langsam ablaufen (Reifephase).
- b) Hohe Lagerung (Stapelhöhen von mindestens 1 m) mit einer geringen Oberfläche wird angestrebt.
- c) Die Lagerstätten sind sowohl vor Nässe als auch vor Wind, Hitze und Trockenheit zu schützen (Bedeckung, Überdachung).

4.2.3.9. Erdmiste

Ein etwas spezielleres Verfahren der Misthandhabung stellt die Vererdung von Misten dar, die schon im 18. Jahrhundert in England praktiziert wurde und die auch aus China überliefert ist (KING, 1911).

Dem Verfahren liegt der Gedanke zugrunde, schon im Misthaufen, durch die Zugabe kalkreicher Tonminerale, stabile Ton-Humus-Komplexe zu schaffen und diese dann auf die Felder zu bringen (KLAPP, 1967).

Je nach Verfahren werden dabei unterschiedliche Anteile von Erde und Mist zusammen aufgesetzt und für mehrere Monate gelagert. In neuzeitlich beschriebenen Verfahren ist der Erdanteil meist auf 20-25 % beschränkt, während er früher oft über 50 % betrug.

Die Erde, die verwendet wird, sollte in arbeitsschwachen Jahreszeiten zusammengetragen werden und vorzugsweise aus nährstoffreichem Boden bestehen (Hofkehricht, Schlamm aus Bächen, Erosionsabspülungen etc.). In China wird solcher Boden mindestens 1-2 Monate mit Kalk versetzt gelagert (1-2 kg/m³) und erst dann mit frischem Stallmist gemischt.

Die fertigen Erdmisten werden nur oberflächlich ausgebracht und dann leicht eingehackt (auch als Kopfdüngung). Nach SAUERLANDT (1948) erhöhen sie die P-Verfügbarkeit, fördern stark das Bodenleben und verbessern die Bodenstruktur.

Ein klarer Nachteil des Verfahrens ist, daß große Erdmengen bewegt und transportiert werden müssen. Deshalb und weil bei Versuchen, die bis in

die 60er Jahre im gemäßigten Klimaraum durchgeführt wurden, keine bedeutenden Unterschiede gegenüber sonstigen Misten auftraten, ist man wieder von diesem Verfahren abgekommen.

Ob Erdmiste im Bereich der Tropen besser abschneiden, ist noch nicht geklärt und erscheint unwahrscheinlich. Aus der Elfenbeinküste liegt allerdings ein Ergebnis vor, wo eine Mischung aus 1/3 Sand, 1/3 Erde und 1/3 Mist auf einem ferrallitischen Boden eine deutlich bessere Humuswirkung zeigte als reine Mistdüngung (GODEFROY, 1979).

Aufgrund der hohen Arbeitsbelastung (Erdtransport) kann Mistvererdung nur dann in Erwägung gezogen werden, wenn lokal durchgeführte Versuche eine Überlegenheit ergeben bzw. wenn Schlamm, Schlick und Hofkehricht in den Betriebskreislauf zurückgeführt werden sollen.

Durch die Verwendung von Erde rückt diese Technik in die Nähe von Kompostierungsverfahren, in denen Mist, Pflanzenabfälle und Erde verwendet werden. Tatsächlich ist in traditionellen Systemen oft nicht klar zu unterscheiden, ob es sich nun schon um Kompost oder noch um Stallmist handelt, denn je nach Jahreszeit kann das Gemisch aus Dung, Einstreu, Pflanzenresten und Erde unterschiedlich zusammengesetzt sein.

Nach SAUERLANDT und TIETJEN (1970) haben Stallmistkomposte meist noch eine bessere Humuswirkung als Stallmist alleine, das heißt, wo sich die Möglichkeit bietet, mit relativ wenig Stallmist viel guten Kompost zu erzeugen, da sollte sie auch wahrgenommen werden (siehe auch Kapitel 4.1).

4.2.3.10. Tiefstallmist

In Tiefställen oder auf Dauer angelegten Pferchen kann ebenfalls ein sehr hochwertiger Mist gewonnen werden (KLAPP, 1967; SAUERLANDT und TIETJEN, 1970).

Im Tiefstall werden die Tiere an Ort und Stelle gefüttert, und sie treten den Kot mit der regelmäßig notwendigen Einstreu selbst fest, so daß auch bei diesem Verfahren nach einer (die Rotte begünstigenden) aeroben Phase alsbald anaerobe Lagerbedingungen auftreten, die geeignet sind, Verluste an C und Stickstoff zu vermindern (unter anderem führen anaerobe Bedingungen zur Bildung organischer Säuren, die Ammoniak binden).

Neben dem Kot gelangt auch der ganze Urin in den Stallmist, ohne daß dafür ein Mehraufwand nötig wäre. Vornehmlich die Stickstoff- und Kaliumgehalte werden dadurch verbessert und es entsteht ein relativ enges C/N-Verhältnis.

Bis zur Entnahme für die Düngung auf dem Feld braucht der Mist nicht umgesetzt zu werden, denn er verbleibt bis dahin im Stall. (Zu geringe oder zu hohe Feuchtigkeit müssen durch Anfeuchten mit abgeflossener Jauche (Wasser) oder durch mehr Einstreu (bzw. Ableiten der Sickerflüssigkeit) ausgeglichen werden.)

Der Aufwand für eine, stets die Verluste mindernde, Überdachung der Dungstätte ist in diesem Fall gleichbedeutend mit einer Überdachung des Viehstalls und deshalb besonders wirtschaftlich und angebracht.

Bei der Tiefstallmistgewinnung ergänzen sich also Stallhaltung und Mistgewinnung in vielerlei Hinsicht. Der Arbeitsaufwand wird gegenüber anderen Verfahren geringer und trotzdem werden alle Exkremeente erfaßt.

In Europa ist diese Form der Aufstallung, die in England als "cattle-yard" schon im 18. Jahrhundert bekannt war¹⁾ (SAUERLANDT und TIETJEN, 1970), auch heute noch üblich. Sie läßt sich aber auch in autochthonen Betriebsformen Afrikas mehr oder weniger deutlich ausgeprägt wiederfinden. EGGER (1982) erwähnt die Tiefstallhaltung der Kikuyu in Kenia, und NETTING (1968) beschreibt die Ziegenhaltung bei den Kofyar in Nigeria, die aus Steinen (oder Holz) runde Pferche von 1,5-2 m Höhe und 3-5 m Durchmesser errichten, in denen die Ziegen (Kühe) während der ganzen Vegetationsperiode (8-9 Monate) angepflockt (Ziegen klettern) gehalten werden. Die tägliche Futtervorlage (Unrkäuter, Gräser, Stroh, Zweige von Büschen und Bäumen) übersteigt in der Regel den Bedarf, so daß der Rest als Einstreu verbleibt. Der Mist, der auf Höhen bis zu 2 m anwächst, verbleibt bis zum Beginn der nächsten Vegetationsperiode im Pferch und wird dann auf die Felder getragen. Die Kofyar erzeugen auf diese Weise große Mengen von Tiefstallmist (oder Tiefstallmistkompost), den sie gezielt zu den wichtigsten Nahrungskulturen in ihren Fruchtfolgen einsetzen.

1) Der "cattle-yard" ist ein runder, vertiefter Viehhof, der in seiner Gesamtheit (außer rundumführenden Gängen) gleichzeitig die Dungstätte bildete, in deren Mitte ein Futterplatz angelegt war.

Die traditionelle Verbreitung der Technik läßt vermuten, daß dieses System der Stallmistgewinnung relativ gut akzeptiert wird (erste Projekterfahrungen in Ruanda bestätigen dies; EGGGER, 1982).

Nachteile des Verfahrens ergeben sich aus der unterschiedlichen Reife des Mistes in den oberen und unteren Lagen. Eine Trennung ist aufwendig, so daß es sich in der Praxis empfiehlt, die Lagen vor dem bzw. beim Ausbringen gut zu mischen. (Nur in schnellwachsenden Kulturen (z.B. Gemüse) ist die Wahl stark gerotteter Mistes mit einem C/N-Verhältnis vorzuziehen.)

Überlagerte Mistes sind möglichst zu vermeiden,¹⁾ denn bei der Ausbringung entstehen hohe Stickstoff-Verluste. Sie sind auch relativ arm an energiereichen, leicht verfügbaren C-Verbindungen und bewirken deshalb eine geringere Anregung des Bodenlebens (KLAPP, 1967).

Der hohe Einstreubedarf bei dieser Aufstallungsform (3-5 kg Stroh pro tropische Vieheinheit und Tag) ist in Gebieten mit Einstreumangel als ein Nachteil anzusehen. (Falls dieser Mangel nur aus der alternativen Verwendung strohiger Materialien z.B. als Strohdüngung oder Mulch resultiert, so ist nach ersten Erfahrungen des GTZ-Projektes in Nyabisindu/Ruanda der Verwendung als Einstreu der Vorzug zu geben; EGGGER, 1982).

Das Verfahren ist überall zu empfehlen, wo mehr oder minder ganztägige Stallhaltung betrieben wird und wo genügend Einstreumaterial zur Verfügung steht. Abb. 4.2.f. zeigt einen Tiefstall.

4.2.3.11. Zugaben zu Stallmist

Häufig werden Zusätze verwendet, um die Qualität der Stallmiste zu verbessern.²⁾

Rohphosphate (P-Aufschluß und Verbesserung der Gehalte), Knochenmehl (Ca, P, ca. 50 kg pro Rind und Jahr) und Gesteinsmehle (Aufschluß; 30 bis 50 kg pro t Stallmist) werden am häufigsten zugesetzt. In biologisch-dynamischen Betrieben werden auch Kräuterpräparate (502, 506 etc.) in homöopathischen Dosen zugesetzt, um die Rotte, die Gärungsprozesse und das

- 1) Nach 3-4 Monaten sind die meisten Mistes ausgereift.
- 2) Wird vor allem von Betrieben praktiziert, die sich fast ausschließlich auf betriebseigene organische Dünger stützen und deshalb besonders darauf bedacht sein müssen, einen qualitativ hochwertigen Dünger herzustellen.

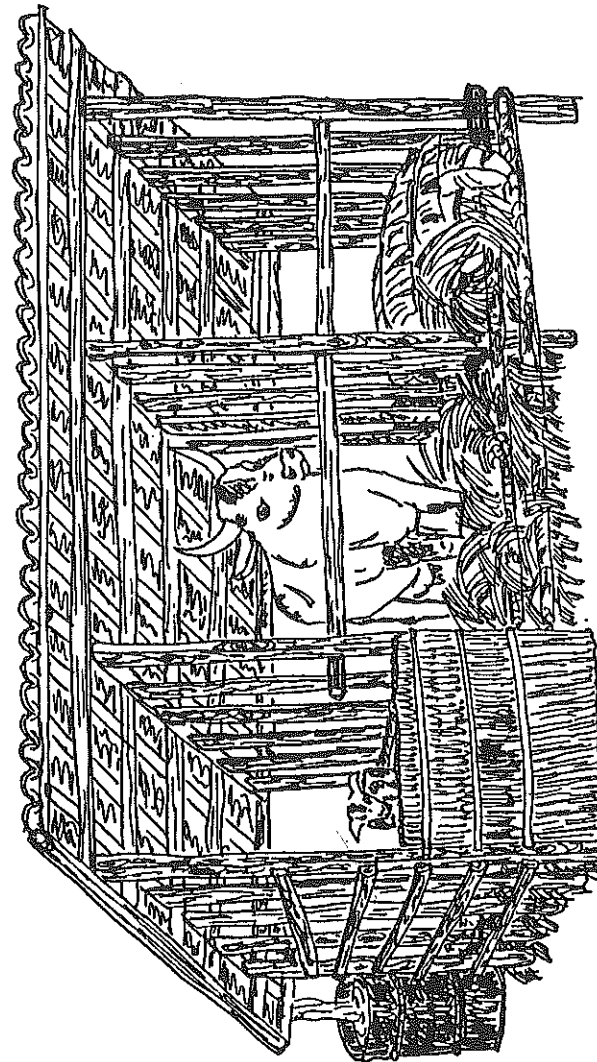


Abb. 4.2.f.: Tiefstall für ganztägige Aufstallung in Nyabisindu (Ruanda)

Mikrobenleben günstig zu beeinflussen (ABELE, 1978; von HALLER, 1978; KOEPF et al., 1980).

Auch für den Bereich der Tropen werden solche Zusätze empfohlen, wobei es sich hier vor allem um die Zugabe von Phosphat handelt, das häufig den limitierenden Nährstoff darstellt (AUGSTBURGER, 1983). JAISWAL et al. (1971) empfehlen z.B., pro t Stallmist bis zu 20 kg Rohphosphat zu geben, um den Düngewert zu verbessern und um die Ammoniumverluste zu verringern (Zugabe entweder schon in den Stall oder zum Miststapel).

Wie die folgenden Versuchsergebnisse zeigen, ist ein solches Vorgehen durchaus sinnvoll.

SAUERLANDT (1948) konnte zeigen, daß die Phosphatwirksamkeit besser war, wenn die gleiche Menge Phosphat/ha über einen Mist höherer Konzentration gegeben wurde, als wenn sie mit mehr Mist geringerer Konzentration verabreicht wurde (Tabelle 4.2.6.). Phosphat zunächst zum Stallmist und erst dann auf die Felder gebracht, war außerdem effektiver (weniger Festlegung) als direkt mineralisch gedüngtes Phosphat.

Tab. 4.2.6.: Die Wirkung von Stallmistphosphat als Dünger in Abhängigkeit von der P-Konzentration im Mist (SAUERLANDT, 1948)

	Gedüngte Phosphatmenge jeweils 0,2 g P ₂ O ₅ pro Gefäß. - Stallmist mit X % P ₂ O ₅		
	0,11 %	0,23 %	0,33 %
Mehraufnahme an P in % der Düngergabe	15,3	22,5	29,0
Mehrerträge in g je Gefäß	11,0	19,1	31,3

Bei Versuchen in Ghana wurden sehr einstreuarmer, N-reichen Misten verschiedene phosphathaltige Dünger zugesetzt. Nach 3monatiger Lagerung durchgeführte Analysen ergaben, daß Phosphat die N-Verluste deutlich vermindern konnte (Tabelle 4.2.7.).

Superphosphat wirkte (wohl aufgrund der Bildung von Ammoniumsulfat) am günstigsten. Auch eine Begünstigung der Mikroorganismen (engeres C/P-Verhältnis) und deren vermehrte N-Bindung kann als Ursache vermutet werden.

Tab. 4.2.7.: Auswirkungen von Phosphatzugaben auf den prozentualen N-Gehalt von Stapelmist nach 3monatiger Lagerung (KWAKYE, 1980)

Behandlung	% Stickstoff	relativer Stickstoffzuwachs (%)
Stallmist ohne P-Zusatz	0,87	-
Stallmist und Superphosphat	1,50	73
Stallmist und Triple-Superphosphat	1,04	21
Stallmist und Rohphosphat	1,29	49
G.D. (p = 0,1)	0,09	-

Nach SAUERLANDT und TIETJEN (1970) wird auch die Humuswirkung von Stallmist durch die Zugabe von P verbessert.

4.2.4. Stallmistmengen und Nährstoffgehalte

Außer Urin-, Dungmengen und Lagerungsverfahren interessiert auch die Frage, wieviel Stallmist in einem Betrieb anfällt und welche Nährstoffmengen zur Düngung zur Verfügung stehen.

Auf dem Weg von Dung und Urin zu betrieblich verfügbarem Stallmist sind unzählige Variationen möglich und dementsprechend variiert auch die Ausbeute.

Im einfachsten Fall handelt es sich um Stallhaltung mit einer nahezu gleichbleibenden Futterversorgung und Einstreu. Dann läßt sich die anfallende Mistmenge nach SAUERLANDT mit folgender Stallmistformel grob ermitteln:

$$\dots \text{ kg Kotmasse/Tag} + \dots \text{ kg trockene Einstreu/Tag} \times \frac{\text{Anzahl der Stallhaltungstage}}{\dots}$$

Für 10 Ziegen ergibt sich nach dieser Formel eine Mistmenge von etwa 7 t (naturfeucht bei 3 kg Einstreu pro Tag). EGGER (1982) gibt für eine Großvieheinheit Ziegen im Hochland von Ruanda 10-12 t/ha an, d.h. die Einstreumenge muß hier bedeutend größer gewesen sein.

Die jährliche Stallmistmenge, die pro Milchkuh und Jahr bei ganztägiger Stallhaltung anfällt, beträgt nach Faustzahlen 10 t (naturfeucht).

Für Indien geben ARAKERI et al. (1962) bei gleicher Haltungsform 6-8 t Stapelmist pro Kuh und Jahr an, und auch für Afrika werden pro tropische Vieheinheit bei ganztägiger Stallhaltung und Einstreu 7 t als Richtwert empfohlen (MEMENTO DE L'AGRONOME, 1980).

Die tatsächlich in den Betrieben zur Verfügung stehenden Mistmengen liegen meist erheblich unter den hier genannten Faustzahlen.

Im Norden der Elfenbeinküste ermittelte SCHLEICH (1985) bei Zugochsen, die nur nachts mit Einstreu im Stall gehalten wurden, 2,2 - 4,4 t Frischmist pro Tier und Jahr (Durchschnitt 3,3 t) oder 1,0 - 2,2 t Trockendung (Fladen). Das ist etwa 1/3 bis 1/2 dessen, was theoretisch möglich wäre. Noch weit geringere Trockendungen (von Stallmist im eigentlichen Sinn kann man nicht mehr sprechen) fielen an, wenn die Tiere auf der Savanne gehütet und nur nachts in einen Pferch ohne Dach getrieben wurden. Bei dieser Haltungsform erhielt der Dung überhaupt keine Pflege, wurde nur einmal jährlich entnommen und war von schlechter Qualität (dem Tritt der Tiere, Sonne und Regen ausgesetzt, mit Erde vermischt). Mit etwa 0,2 t Trockendung (entspricht 0,4 - 0,5 t Frischmasse) pro tropische Vieheinheit belief sich die Mistausbeute bei dieser Haltungsform nur noch auf 1/5 dessen, was bei nächtlicher Stallhaltung mit Einstreu erzielt wird und auf weniger als 1/10 dessen bei ganzjähriger Stallhaltung.

Es versteht sich von selbst, daß Miste (bzw. Trockendung), die auf so verschiedenem Wege gewonnen werden, bezüglich der Nährstoffgehalte nur schwer einheitlich zu bewerten sind. In Tabelle 4.2.8. sind einige Angaben zusammengestellt.

Durch Analysen vor Ort sollte nach Möglichkeit herausgefunden werden, mit welchen Gehalten bei welchen Lagerungsverfahren in etwa gerechnet werden kann (Basis für grobe Nährstoffbilanz und Düngeberatung).

Das Nährstoffverhältnis von Rindermist ist grob etwa 10:5:13 (N:P₂O₅:K₂O) und vom Stickstoff können in 1 Jahr (je nach Boden und Klima) 30 bis maximal 60 % als verfügbar angesehen werden (McCALLA, 1975; FLAIG, 1978).

Tab. 4.2.8.: Nährstoffgehalte verschiedener Miste unterschiedlicher Herkunft (Angaben in % der Frisch- oder Trockenmasse)

Mistart	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Autor
Kuhmist (naturfeucht) (Elfenbeinküste)	0,5- 0,6	0,2- 0,8	0,8- 1,4	0,4- 0,9	0,3- 0,6	GODEFROY (1979)
Kuhmist (naturfeucht) (Deutschland)	0,5	0,25	0,7	-	-	SAUER- LANDT (1948)
Kuhmiste (in % der TM) (Westafrika)	0,5- 1,9	0,2- 1,3	0,5- 3,1	-	-	MOKWUNYE (1980)
Kuhdung (Trockene Fladen, Grube) (Elfenbeinküste)	1,5	0,6	1,1	0,7	0,4	SCHLEICH (1985)
Schafmist (in % der TM) (Indien)	1,4	0,2	1,0	3,5	-	BALASUB- RAMANIAN u. SINGH (1980)
Schafdung (trockene Fladen) (Elfenbeinküste)	1,0	0,6	1,4	0,9	-	SCHLEICH (1983)

Die Verfügbarkeit von P und K entspricht in etwa der von mineralischen Düngern (die Wirkung des P kann sogar besser sein, da nicht so viel P auf einmal löslich wird wie z.B. bei Superphosphat und deshalb auch weniger Festlegung stattfindet).

Untersuchungen von FLAIG et al. (1978) ergaben, daß die Düngerwirkung von Stallmisten um so besser ist, je feiner sie ausgestreut werden, je höher der Anteil an löslichem N und je enger das C/N-Verhältnis.

Der Anteil des löslichen Stickstoffs läßt sich durch sachgerechte Lagerung deutlich verbessern (MUSA, 1975). Der in tiefer Grube gelagerte Fladenmist (Poudrette) hatte nach 4 Monaten gegenüber flacher Lagerung (30 cm Stapelhöhe) sechsmal soviel löslichen Stickstoff (obwohl das C/N-Verhältnis mit 42 gegenüber 38:1 noch weiter war (Tabelle 4.2.9.).

Tab. 4.2.9.: Der Einfluß der Stapelhöhe und Lagerungsdauer auf das C/N-Verhältnis, die Feuchte und die Menge an löslichem Stickstoff in Mistfladenstapelmist im Sudan (MUSA, 1975)

Grubenform	Ausgangsgehalt in ppm N					nach 4 Monaten				
	C/N	N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Feuchte (%)	C/N	N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Feuchte (%)
1 m x 1,50 m x 30 cm	60	1,32	0,0	590	33,3	38	1,26	47	260	17
1 m x 1,50 m x 1,50 m	62	1,36	0,0	590	33,1	42	1,48	64	1771	36

Außer den Hauptnährstoffen enthält Mist auch in erheblichem Umfang Mikronährstoffe. Je nach Boden und Futtergrundlage der Tiere treten aber auch bei den Mikronährstoffen große Schwankungen auf (Tabelle 4.2.10.).

Tab. 4.2.10.: Mittlere Mikronährstoffgehalte von Stallmistdünger (ppm in Trockenmasse)

Mikronährstoff	SAUERLANDT u. TIETJEN (1970) (Deutschland)	JAISWAL et al. (1971) (Indien)
Kupfer (Cu)	9,8	4,6
Zink (Zn)	82,0	5,3
Mangan (Mn)	218,7	83,6
Bor (B)	17,4	0,06
Molybdän (Mo)	0,7	keine Angabe
Kobalt (Ko)	1,0	keine Angabe

Da die Gehalte an Spurennährstoffen im Stallmist vor allem durch das Futter bestimmt sind und die Gehalte im Futter wiederum vom Standort abhängen, läßt sich über organische Düngung alleine ein eventuell am Standort vorhandener Mangel an solchen Nährstoffen nicht beheben. Die Verfügbarkeit wird durch organische Dünger zwar meist verbessert, eine

grundlegende Änderung tritt jedoch nur auf, wenn die Mangelnährstoffe über eine bessere Mineralstoffernährung der Tiere (z.B. Mineralfutter) oder durch Zusätze, z.B. von Steinmehlen, zum Stallmist in den Betrieb eingeführt werden.

Obwohl dem Erhalt der Nährstoffe bei der Stallmistpflege eine sehr wichtige Bedeutung zukommt, wird man dem Stallmist in keinsten Weise gerecht, wenn man ihn auf die Funktion eines Nährstoffträgers beschränkt. Er ist auch sehr bedeutend als Lieferant von Nährhumus und Dauerhumusformen, die geeignet sind, den Strukturzustand und den C-Haushalt des Bodens langfristig positiv zu beeinflussen (siehe Abschnitt 4.2.6.). Außerdem enthält Stallmist Hormone, Vitamine, antibiotisch wirksame und wachstumsregulierende Stoffe, wie z.B. Biotin, dessen fördernde Wirkung auf das Wurzelwachstum und das Wachstum von Mikroorganismen (Hefekulturen) experimentell nachgewiesen werden konnte (SAUERLANDT, 1948; SAUERLANDT und TIETJEN, 1970).

4.2.5. Ausbringung von Stallmist und Höhe der Gaben

Hat man durch Sorgfalt beim Sammeln, Lagern und Transportieren einen guten, nährstoffreichen Stallmist gewonnen, so sollte dieser auch so ausgebracht werden, daß er gut zur Wirkung kommt.

Er soll sorgfältig ausgebreitet und verteilt werden (keine Klumpen), damit er seine Wirkung voll entfalten kann und keine Störungen im Wurzelbereich der Pflanzen auftreten. Dies ist bei gut gerotteten Misten und Mistkomposten leichter zu bewerkstelligen als bei langstrohigen, schlecht gerotteten Misten.

Nachdem er auf das Feld gebracht wurde (schon ausgebreitet oder erst in kleinen Haufen verteilt), muß der Stallmist möglichst umgehend eingearbeitet werden, denn durch lange Zwischenlagerung auf dem Feld gehen Nährstoffe und Düngewirksamkeit verloren.

Wie Tabelle 4.2.11. zeigt, ist vor allem bei warmem, sonnigem Wetter mit hohen Verlusten zu rechnen, und auch bei Untersuchungen in Ohio/USA waren nach 4 Tagen Lagerung auf dem Feld 50 % des Stickstoffs verloren gegangen (McCALLA, 1980).

Tab. 4.2.11.: Relative Erträge von Futterrüben nach Stallmistgaben in Abhängigkeit von der Lagerdauer auf dem Feld (nach SAUERLANDT, 1948);

Behandlung des Stallmistes nach Ausbringung auf das Feld	Wetter	
	trüb, regnerisch, windstill	sonnig, klar, windig
Sofort untergepflügt	100	100
nach 6 Std. untergepflügt	97	90
nach 24 Std. untergepflügt	94	71
nach 4 Tagen untergepflügt	86	58

Flache Einarbeitung ist besser als tiefes Vergraben. Je leichter ein Boden ist, desto tiefer kann eingearbeitet werden (> 20 cm) und umgekehrt. Auch der Rottegrad ist zu beachten. Ein stark gerotteter oder vergorener Mist kann tiefer eingebracht werden als ein relativ frischer Mist. In jedem Fall ist darauf zu achten, daß der Mist gut mit der Ackererde vermischt wird und keine kompakten Matten im Unterboden entstehen.

Ein besonderes Verfahren der Ausbringung von Stallmist ist die Flächenkompostierung, also das oberflächliche Aufstreuen von Stallmist. Auf schweren Böden kann sie über die Anregung des Bodenlebens zur physikalischen Verbesserung des Standortes beitragen (JAISWAL et al., 1971; KLAPP, 1967); die Nährstoffverluste (volatil und durch Oberflächenabfluß) sind jedoch groß, d.h. die Nährstoffwirkung tritt gegenüber der Mulchwirkung zurück. (Nur auf gut nährstoffversorgten Böden bzw. in düngerreichen Betrieben zu empfehlen, um bodenphysikalische Verbesserungen, z.B. in Kombination mit Gründungsansaat, zu erzielen.)

Wie oft und in welchen Mengen Stallmist ausgebracht werden soll, ist umstritten. Während man früher von der Annahme ausging, daß häufige, kleine Gaben (40-80 dt/ha) besser sind als stärkere Gaben (150-250 dt/ha) in größeren Abständen, so ist man heute etwas davon abgekommen. Zwölfjährige Versuche von GRIMES und CLARKE in Kenia (zit. in WEBSTER und WILSON, 1966) ergaben z.B., daß die Erträge in einer viergliedrigen Fruchtfolge mit 60 dt Stallmist jedes Jahr nicht signifikant von den Er-

trägen mit 180 dt Stallmist alle 3 Jahre verschieden waren.¹⁾ Ähnliche Untersuchungsergebnisse liegen aus Europa vor, allerdings konnten SAUERLANDT und TIETJEN (1970) hier auch zeigen, daß größere Gaben gegorenen Mistes, alle 3 Jahre gegeben, die bessere Humuswirkung hatten (+ 0,2 % in 12 Jahren) und damit den anderen Ausbringungsformen (Frischmist und/oder jährliche Gaben) in der Humusbildung überlegen waren.

Auch erste Erfahrungen des GTZ-Projektes zum standortgerechten Landbau in Ruanda haben ergeben, daß es günstiger ist, in größeren Abständen mehr Stallmist zu düngen, als alle Flächen häufiger mit geringen Mengen zu behandeln (EGGER, 1982). Ein solches Verhalten läßt sich auch bei den autochthonen Intensivanbausystemen der Kofyar in Nigeria und der Wakara in Tansania beobachten. Auch sie setzen Stallmist bzw. Stallmistkomposte nur in größeren Abständen in ihren Rotationen ein, und zwar zu Kulturen, die besonders gut auf Stallmist reagieren (vornehmlich zu Pennisetumhirse). Zwischen den Stallmistdüngungen steht meist noch eine Leguminose in der Fruchtfolge.

Von pflanzenbaulichen und bodenkundlichen Überlegungen einmal abgesehen ist ein solches Vorgehen auch arbeitswirtschaftlich und organisationstechnisch besser zu bewerkstelligen, denn viele Flächen mit jeweils wenig Mist abzdüngen, erfordert einen viel größeren Aufwand als wenig Fläche mit mehr Mist zu versorgen.

Die Höhe der Stallmistgaben richtet sich vor allem nach der angestrebten Wirkung.

Wenn primär ein Ausgleich für die Nährstoffentzüge geschaffen werden soll, dann richtet sich die Höhe der Gaben nach einer groben Nährstoffbilanzierung. Wie vorliegende Versuchsergebnisse zeigen (siehe Abschnitt 4.2.6.), lassen sich auch schon mit kleinen Stallmistmengen (25 dt/ha) zum Teil sehr beachtliche Ertragswirkungen erzielen. Dies ist dann der Fall, wenn durch die Stallmistgaben ein einseitiger Mangel (Nährstoffe, Mikro-nährstoffe) beseitigt wird bzw. wenn durch die Gabe eine wichtige chemische, physikalische oder biologische Bodeneigenschaft verändert wird.

1) Die Frage, wie ein Boden (ein Standort) verschieden hohe Stallmistgaben verwertet, hängt natürlich in hohem Maße vom Boden selbst ab. Ein tätiger, luftiger Boden z.B. 'verdaut' eine größere Stallmistgabe leichter und schneller als ein schwerer Boden.

Soll das Humusniveau eines Ackerbodens auf einem noch akzeptablen Niveau gehalten werden, so sind nach Untersuchungen in westafrikanischen Savannen Gaben von mindestens 50 dt/ha und Jahr nötig. Humusmehrende Wirkung wurde auf diesen Standorten erst mit Gaben von über 100 dt/ha erzielt (JONES, 1971), und auch YOUNG (1966) hält Gaben von mindestens 100 dt/ha und Jahr für nötig, um auf annähernd permanent genutzten Luvisols nachhaltige, befriedigende Erträge erzielen zu können. Angaben anderer Autoren bewegen sich um Mindestmengen von 50-90 dt/ha (GUNN, 1953; RODEL et al., 1980). In den immerfeuchten Tropen scheinen höhere Gaben notwendig zu sein (GODEFROY, 1979) bzw werden um mindestens 40-50 % höhere Gaben empfohlen (JAISWAL et al., 1971). Begleitende Maßnahmen zum Bodenschutz (Bodenbedeckung etc.) sind hier außerdem unerlässlich (AGBOOLA et al., 1975).

4.2.6. Wirkungen der Stallmistanwendung

4.2.6.1. Erfahrungen und Ergebnisse aus gemäßigten Klimaregionen

Aus dem Bereich der gemäßigten Klimate liegen sehr umfangreiche und über lange Zeiträume durchgeführte Untersuchungen zur Wirkung von Stallmist vor. Wie Tabelle 4.2.12. zeigt, konnte der Humusgehalt der Böden durch Stallmistdüngung stets verbessert werden. Außer einer Humusverbesserung (je nach Boden und Klima zwischen 15 und 50 %) konnte nach Stallmistanwendung auch eine Zunahme erosionsstabiler Bodenkrümel und der Durchwurzelbarkeit des Bodens festgestellt werden. Nach KLAPP (1967) erstreckt sich die Wirkung von Stallmist im gemäßigten Klima auf die Verbesserung aller physikalischen Bodeneigenschaften (Krümelung, Porenvolumen, Wasserhaltevermögen und -speicherkraft, Wasserdurchlässigkeit, Luftführung usw.). Auch chemisch-physikalische Eigenschaften wie das Nährstoffhaltevermögen (Sorptionskraft) und die Fähigkeit zur dosierten Nährstoffabgabe (Pufferkapazität) werden durch Stallmistdüngung verbessert (kommt besonders auf kolloidarmen Böden, wie z.B. Sandböden, zum Tragen). Stimulierende Wirkungen auf das Bodenleben und das Wachstum von Wurzel und Sproß sind ebenfalls durch Versuche belegt (z.B. FLAIG, 1956). - Seit den Arbeiten von REINMUTH (1968) weiß man auch, daß ein aktives, reiches Bodenleben die Gesundheit eines Ackerbodens stabilisiert.

Tab. 4.2.12.: Veränderung der C-Gehalte in der Ackerkrume in Abhängigkeit von der Düngung (langjährige Feldversuche nach mehreren Autoren; zit. in SCHEFFER und SCHACHT-SCHABEL, 1982)

Ort	Halle (Deutschl.)	Askow (England)		Lauchstädt (Deutschl.)	Bonn (Deutschl.)
Versuchsdauer (Jahre)	80	50	50	52	52
Ton (%)	13	4	9	26	17
pH (KCl)	6,4	5,9	7,2	7,0	7,0
Stallmist (dt/ha/Jahr)	120	95	95	100	108
C-Gehalt (%)					
a) ungedüngt	1,14	0,79	1,30	1,49	1,12
b) P, K	-	-	-	1,48	-
c) N, P, K	1,26	0,96	1,43	1,61	1,18
d) Stallmist	1,69	1,09	1,52	1,77	1,21
e) N, P, K + Stallmist	-	-	-	1,86	1,29

Aus dem Bereich der Tropen liegen relativ wenige Langzeituntersuchungen zur Wirkung von Stallmisten vor (gilt insbesondere für die Tieflandtropen); sie lassen jedoch erkennen, daß Stallmist im Prinzip die gleichen Effekte auf den Boden hat wie im gemäßigten Klima (Humusmehrung, Nährstoffwirkung, Verbesserung physikalischer und chemischer Eigenschaften). Hinzu kommen spezielle Wirkungen wie die Milderung und Beseitigung von Aluminiumtoxizität oder die Förderung der Phosphatverfügbarkeit, die auf tropischen Standorten ausgeprägter in Erscheinung treten. Auch das positive Zusammenwirken von mineralischer Düngung und Stallmistdüngung ist in den Tropen meist stärker ausgeprägt.

4.2.6.2. Wirkung auf den Humushaushalt

Wie die folgenden Ergebnisse zeigen, ist die Humuswirkung von Stallmistgaben auch in den Tieflandtropen eindeutig gegeben.

Auf ferrallitischen Lehmböden der Elfenbeinküste, welche zum Anbau von Bananen und Ananas genutzt wurden, konnte beispielsweise durch alle zwei Jahre verabreichte Gaben von 10-50 t Stallmist/ha nach 16 Jahren ein relativer Anstieg im C-Gehalt von 30-46 % gegenüber der Kontrolle ermittelt werden (Anstieg von 0,9 auf 1,2 % bzw. von 1,3 auf 1,9 % organischen Kohlenstoff; GODEFROY, 1969). AGBOOLA et al. (1975) berichten, daß auf einem Ackerboden der Regenwaldzone schon mit mittleren Stallmistgaben (leider keine genauen Angaben - um 50-100 dt/ha?) der Humusabbau deutlich gebremst wurde und nur halb so schnell verlief wie bei mineralischer Düngung.

Auf einem Savannenstandort in Samaru, Nigeria (1000 mm/J) hatten Ackerböden (ferric Luvisols, sandige Lehme) nach 15jähriger Anwendung von 25 bzw. 50 dt Stallmist/ha 50 bzw. 90 % mehr Humus als die Kontrollparzellen, d.h. schon relativ kleine Gaben hatten auf diesem Standort eine deutliche Wirkung und bremsten stark den Abbau des Bodenhumusgehaltes und anderer fruchtbarkeitsbestimmender Bodeneigenschaften (siehe Tabelle 4.2.13.; BACHE und HEATHCOTE, 1969).

Wie weitere Untersuchungen von JONES (1980) auf diesem Standort ergaben, betrug der jährliche Humusschwund in der Kontrolle, auch nach 18 Jahren Ackerbau, immer noch 3-5 % jährlich, während er mit 50 dt Stallmist/ha bei etwa 0,7-0,8 % Humus (0,4-0,5 % C) stabilisiert werden konnte. Gaben von 125 dt/ha und Jahr bewirkten eine echte Humusmehrung und führten nach zwanzigjähriger Anwendung zu einem Humusgehalt, der nahe bei den Gehalten im natürlichen Milieu lag (1,5 % Humus).

Ähnliche Ergebnisse wurden bei Langzeitversuchen auf Rotlehmen in Bihar/Indien (1400 mm/J) erzielt. 200 dt Stallmist über 20 Jahre hinweg gegeben, bewirkten einen Anstieg im C-Gehalt des sandigen Lehmbodens von 0,6 auf 1,1 % (+ 90 % Zunahme).

Wie in den gemäßigten Klimaten ist die Humuswirkung sehr stark vom Boden bzw. vom Standort abhängig und tritt nur bei langjähriger Anwendung nachhaltig und deutlich in Erscheinung.

Tab. 4.2.13.: Wirkungen 15jähriger Stallmistgaben auf einem Ackerboden (ferric Luvisol) in Samaru/Nigeria (zusammengestellt nach BACHE und HEATHCOTE, 1969)

Behandlung Boden- eigen- schaften	ohne Düngung (Kontrolle)	25 dt Stallmist pro Jahr	50 dt Stallmist pro Jahr
C-Gehalt (%)	0,24	0,34	0,43
N-Gehalt (%)	0,021	0,028	0,034
KAK (m.e./100 g)	2,17	2,53	2,83
Austauschb. Ca (m.e./100 g)	0,73	0,92	1,14
Austauschb. Mg (m.e./100 g)	0,30	0,41	0,49
Austauschb. K (m.e./100 g)	0,14	0,17	0,19
pH (1:5 Wasser)	5,4	5,6	5,8
pH (1:1 CaCl ₂)	4,03	4,30	4,44
Al	0,78	0,25	0,11
Mn	0,36	0,18	0,14

4.2.6.3. Wirkung auf andere Bodeneigenschaften

Einhergehend mit einer Stabilisierung des Humusgehaltes in den Böden wird deren Sorptionskraft, das heißt, das Vermögen, Nährstoffe zu speichern und abzugeben, verbessert (Tabelle 4.2.13.). Auch auf Naßreisböden wurden hierzu beeindruckende Ergebnisse erzielt. So konnte z.B. die Kationenaustauschkapazität (KAK) durch regelmäßige Stallmistdüngung mit 100 bzw. 200 dt/ha in 27 Jahren von bereits 15 m.e./100 g Boden auf 19 bzw. 21 m.e./100 g verbessert werden (EGAWA, 1975).

Die Versauerung der Böden wird stark gemindert oder umgekehrt, die Gehalte an austauschbarem Calcium und Magnesium nehmen zu, die Gehalte freien Aluminiums und Mangans gehen bei regelmäßiger Anwendung zurück, das Wurzelwachstum und damit die P-Aufnahme werden gefördert (AGBOOLA et al., 1975; CHARREAU, 1975).

Die Gehalte von als verfügbar geltendem Eisen unterscheiden sich in vielen Versuchen kaum von denen in mineralisch gedüngten Feldern. Trotzdem scheint die Gefahr der Eisentoxizität bei Stallmistdüngung weitaus geringer zu sein. So berichten z.B. AGBOOLA et al. (1975), daß in Westafrika die Eisentoxizität durch Gaben gerotteter, organischer Dünger gemindert werden konnte und auch Versuche von MILLER und OHLROGGE (1958) hatten schon ergeben, daß die Eisenaufnahme von Mais und Soja nach Zugabe von Stallmistextrakten und von Stallmist erheblich (!) zurückging, was sie darauf zurückführten, daß die großmolekularen Komplexverbindungen von den Pflanzen weniger gut aufgenommen bzw. transportiert werden können.

Auch physikalische Bodeneigenschaften wie z.B. Wasserspeicherkapazität, Erosionsstabilität und Gasaustausch lassen sich durch Stallmistdüngung verbessern und führen dazu, daß die Ertragsstabilität gegenüber rein mineralisch gedüngten Feldern schon nach wenigen Jahren deutlich besser sein kann. So war bei 5jährigen Versuchen von RODEL et al. (1980) in Zimbabwe der Ertrag der stallmistgedüngten Varianten auch im Trockenjahr 1967/68 mit nur 350 mm Niederschlag höher als im Vorjahr (1966/67), wo 800 mm fielen (siehe Tabelle 4.2.14.; 1968/69 herrschte extreme Trockenheit). Da alle Parzellen eine komplette Grunddüngung erhalten hatten, ist diese Wirkung vor allem auf die physikalischen Bodenverbesserungen zurückzuführen (außerdem läßt sich beobachten, daß die Mistwirkung im Vergleich mit mineralischer N-Düngung von Jahr zu Jahr besser abschnitt; in der Tabelle fett gedruckt). Auch in Versuchen von ABDULLAH (zit. in MOKWUNYE, 1980) scheinen vor allem bodenphysikalische Verbesserungen dafür verantwortlich gewesen zu sein, daß auf Böden, die 20 Jahre organisch unterversorgt waren, selbst mit sehr hohen Mineraldüngergaben nicht die Erträge erzielt werden konnten, die schon mit langjährigen Stallmistgaben von 75 dt/ha erreicht wurden (Tabelle 4.2.16.).

Viele physikalische Eigenschaften eines Bodens (wie z.B. das Infiltrationsvermögen) lassen sich oft noch schneller und kurzfristiger auch mit Strohdüngung verbessern (SOMANI und SAXENA, 1975), das heißt, bei entsprechender N-Ausgleichsdüngung kann über diese Art der Düngung ein akutes Problem wie z.B. hoher Oberflächenabfluß schneller gemindert werden.

Stallmist wirkt langsamer, zeigt mit zunehmender Dauer regelmäßiger Anwendung aber eine immer bessere und nachhaltige Wirkung, ohne zu Stickstoff- oder P-Sperre zu führen.

Tab. 4.2.14.:* Wirkung von Misten (aus Viehpferch) und von mineralischer N-Düngung (KAS) auf den Maisertrag¹⁾ (in bags/ha) auf einem sauren, sandigen Lehm Boden in Zimbabwe (RODEL et al., 1980)

Behandlung ²⁾	Anbausaison					Mittel
	1. 1964/65	2. 1965/66	3. 1966/67	4. 1967/68	5. 1968/69 ⁴⁾	
Kontrolle	2,9	9,4	3,9	8,5	0,5	5,0
45 dt Pferchmist/ha (TM) ³⁾	2,2	14,0	9,1	26,0	2,7	10,9
90 dt Pferchmist/ha	4,0	23,2	21,0	32,9	7,6	17,7
90 kg N/ha	10,4	53,9	48,4	34,6	8,9	31,2
180 kg N + 90 dt Pferchmist/ha	26,0	79,0	80,5	48,9	37,5	54,4

* Alle Varianten erhielten eine Grunddüngung mit P, K, Ca, Mg

1) Hohertragshybridmais

2) Nur 5 von 16 Varianten angeführt

3) 45 dt Trockenmasse Pferchmist enthielten bei Ausbringung ca. 75 kg Gesamt-N, 90 dt 150 kg (ca. 1,7 % N)

4) extremes Trockenjahr

Abschließend zur physikalischen Wirkung von Stallmist noch ein Resultat aus einem ariden Gebiet in Tunesien (Tab. 4.2.15.), wo bei Anbauversuchen mit *Atriplex numularia*¹⁾ zur Rekultivierung arider Salzböden deren Ertragsfähigkeit durch geringe Stallmistgaben (30 dt/ha) effektiver gefördert wurde als durch mittlere Gaben eines synthetischen Bodenverbessers (Agrosil S).

1) Pionier- und Futterpflanze auf salzigen Böden.

Tab. 4.2.15.: Wuchsleistung von *Atriplex numularia* (Oldman saltbush) bei verschiedenen Bodenbehandlungen auf einem salzigen Standort in Tunesien (ROMMEL, 1974)

Behandlung	Wuchshöhe		Kronendurchmesser	Vegetationsvolumen	
	cm	%		cm ³	%
1. Kontrolle	16,2	100	7,2	122	100
2. Stallmist (3 t/ha)	39,2	242	17,4	712	563
3. Plastikabdeckung + Agrosil S (500 kg/ha) + 500 kg/ha K ₂ SO ₄	32,9	203	13,3	514	421
4. Agrosil S (1000 kg/ha)	48,6	300	28,2	1430	1172

4.2.6.4. Nährstoff- und Ertragswirkung

Die Düngerwirkung - vor allem die Stickstoffwirkung - von Stallmist bleibt anfangs meist hinter der Wirkung entsprechender Gaben löslicher, mineralischer Dünger zurück, weil in der 1. Vegetationsperiode erst ein Teil (30-60 %) des Stickstoffs verfügbar wird.¹⁾ Der Rest ist noch chemisch festgelegt bzw. dient zum Aufbau des Humus- und Stickstoffvorrats im Boden. Dieser steigt bei regelmäßiger Anwendung gegenüber nicht mistversorgten Feldern meist deutlich an (PRASAD und SINGH, 1980).

Nach zwei- bis dreimaliger Stallmistdüngung kommt die unmittelbare Wirkung und die Nachwirkung der früheren Gaben zusammen und der Mist kann (spätestens nach Erreichen eines neuen Humusgleichgewichtsniveaus) seine Nährstoffwirkung voll entfalten (JONES, 1971).

Besonders ausgeprägt ist auf tropischen Standorten die Wirkung von Mist als P-Dünger bzw., bei Kombination mit mineralischen P-Düngern, die Verbesserung der Wirksamkeit dieser Dünger (MOKWUNYE, 1980). Auch AGBOOLA et al. (1975) führen einen typischen Fall hierzu an: Auf einem

1) Ausnahmen bestätigen auch hier die Regel. So konnten in Lushoto/Tansania mit 100 dt/ha Stallmist deutlich bessere Maiserträge erzielt werden als bei entsprechender N,P-Düngung (BAUM et al., 1983).

sauren (pH 3,7), feuchttropischen Standort zeigte eine mineralische P-Düngung zu Vigna-Bohnen keinerlei Wirkung.

Wurde die Düngung jedoch zusammen mit relativ kleinen Stallmistmengen (25 dt/ha) verabreicht, so führte die Steigerung der P-Gaben auch zu steigenden Erträgen (siehe folgende Abbildung).

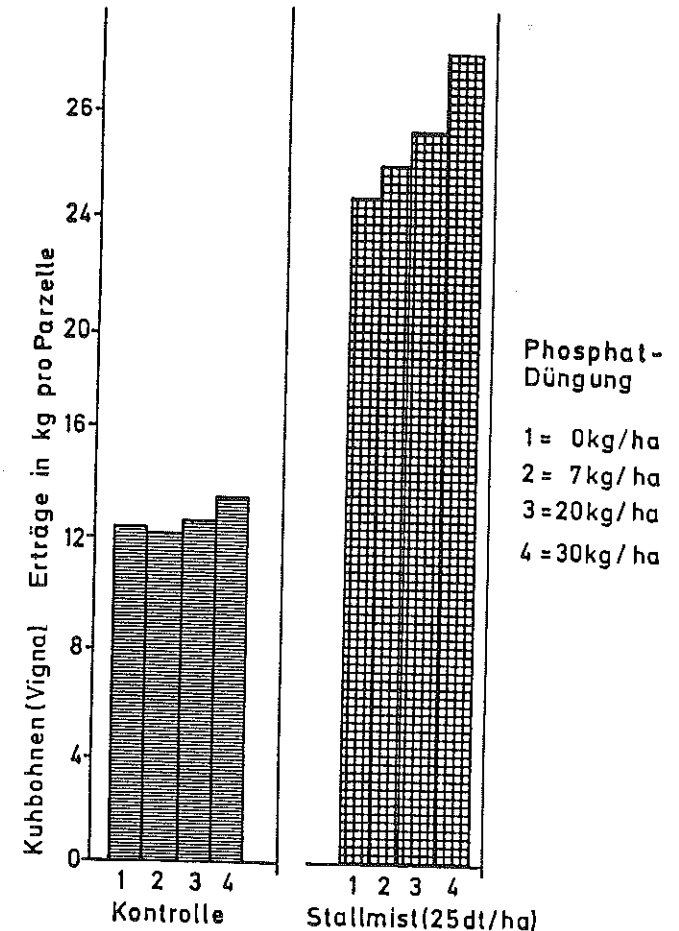


Abb. 4.2.g.: Erträge von Vigna-Bohnen in Abhängigkeit von organischer Stallmistdüngung und von Phosphatdüngung auf einem sauren Boden (nach AGBOOLA et al., 1975)

Einer P-Verarmung oder einem Rückgang der P-Verfügbarkeit auf ackerbaulich genutzten Böden wird durch Stallmistdüngung stark entgegengewirkt, häufig kommt es sogar zu einer deutlichen Zunahme an verfügbarem Phosphat (GODEFROY, 1979; PRASAD und SINGH, 1980).

Die Gründe und Ursachen, weshalb Mist eine Steigerung der P-Verfügbarkeit bewirkt, sind sowohl chemisch-physikalischer Art (z.B. pH-Anstieg, Einengung des C/P-Verhältnisses) als auch biologischer Natur (erhöhte biologische Aktivität, Mineralisation von P-Verbindungen, bessere Durchwurzelung etc.) und OFORI (1980) gibt vor allem folgende Gründe an:

- a) organische Kolloide verhindern, daß gelöstes Phosphat mit freiem Aluminium und Eisen in Kontakt kommt.
- b) Bei der Zersetzung organischer Substanz gebildetes Kohlendioxid löst Phosphat.
- c) Organische Phosphate werden weniger stark durch den Boden gebunden.
- d) Mikroorganismen mineralisieren vermehrt organische Phosphatverbindungen.

Je nach Standort, das heißt, je nach primärer Art der Wirkung (z.B. als N- oder P-Dünger, biologisch, physikalisch) und je nach Zustand der Böden, ist mit stark unterschiedlichen Ertragswirkungen von Stallmist zu rechnen. Während auf einem Trockensavannestandort im Sudan die Erträge von Sorghum z.B. schon mit 40 dt Mist/ha von 13 dt/ha auf 24 dt/ha (also um über 80 %) gesteigert werden konnten (MUSA, 1975), blieb die Wirkung von 150 dt/ha auf einem Standort im ruandesischen Bergland relativ gering. Der Maisertrag stieg nur um 30 % auf 13 dt/ha. Auf einem anderen, verarmten und degradierten Nachbarstandort derselben Region konnte der Maisertrag von 6 auf 13 dt/ha gesteigert werden, das heißt, hier war die Wirkung mit einem Plus von 116 % wieder sehr deutlich (NEUMANN und PIETROWICZ, 1983).

4.2.6.5. Nachwirkungen

Zur Beurteilung der Ertragswirkung organischer Düngungsmaßnahmen ist es, weit mehr als bei mineralischer Düngung, notwendig, auch die Nachwirkungen mit zu berücksichtigen. Beträgt der Mehrertrag z.B. in der 1. Saison nach der Düngung 40 % und 20 bzw. 10 % in den nachfolgenden Ernten, so ergibt das einen Gesamtertragseffekt von plus 70 %.

Während im gemäßigten Klima nach Stallmistdüngung eine Nachwirkung bis ins 3. oder maximal 4. Folgejahr als gesichert gelten kann (SAUERLANDT und TIETJEN, 1970), ist die Nachwirkung in den Tropen kürzer zu veranschlagen. Sie beschränkt sich in der Regel auf zwei bis drei Anbauperioden, bei Frisch- und Hühnermist kann eine Nachwirkung auch völlig ausbleiben (AUGSTBURGER, 1983). PEAT und BROWN (1962) beschrieben allerdings deutliche Nachwirkungen noch zwei bis sieben Jahre nach mehrjähriger Stallmistdüngung. Die Stallmistwirkung als solche (Dünger, Humus) reicht zur Erklärung solcher Langzeiteffekte nicht aus, denn er ist nach solcher Zeit längst umgesetzt. Es handelt sich dabei vielmehr um standortbedingte Sondereffekte wie z.B. die Aufhebung eines Mikronährstoffmangels oder sonstige biologische oder physikalische Nebenwirkungen.

4.2.6.6. Komplexwirkung mit mineralischen Düngern

Die komplementäre Wirkung von Stallmist und mineralischer Düngung ist aus temperierten Gebieten bekannt (DEBRUCK und von BOGUSLAWSKI, 1979) und wurde auch für tropische Standorte bestätigt. MOKWUNYE (1980) zitiert diesbezügliche Untersuchungen von RICHARDS (1967), ROCHE (1970), LEMARE (1972) und GANRY et al. (1974). Nach CHARREAU (1975) ergibt sich für das Zusammenwirken von Stallmist und mineralischer Düngung etwa der in Abb. 4.2.h. dargestellte Zusammenhang, wonach die Erträge bei gleicher Nährstoffmenge höher sind, wenn sie kombiniert (mineralisch und organisch) verabreicht werden, als wenn sie nur mineralisch gegeben würden. Dies gilt vor allem bei langfristiger Betrachtung und wenn das Niveau der mineralischen Düngung relativ niedrig ist.

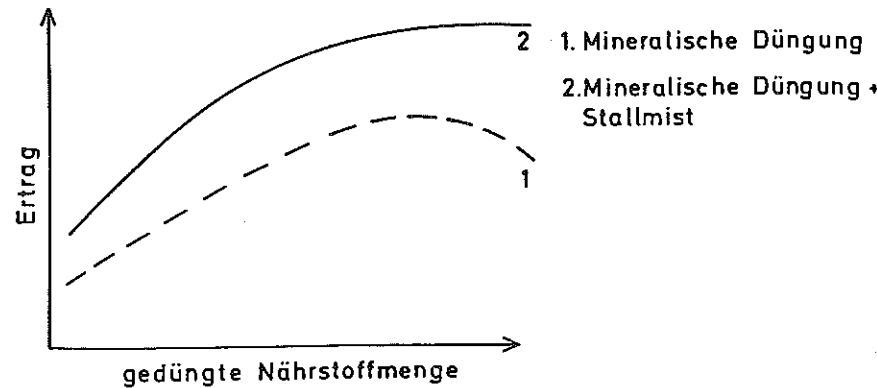


Abb. 4.2.h.: Ertragswirksamkeit gleicher Nährstoffmengen mineralischer Dünger alleine oder kombiniert mit Stallmist bzw. organischem Dünger allgemein (CHARREAU, 1975)

In Samaru/Nigeria hatten Ackerböden, die 20 Jahre organisch unterversorgt waren, z.B. eine wesentlich geringere Ertragsfähigkeit als Böden, die regelmäßig Stallmist erhalten hatten. Selbst höchste Mineraldüngergaben erreichten nicht die Wirkung kombinierter, mittlerer Gaben von Stallmist- und Mineraldüngung (Tab. 4.2.16.).

Besonders das synergistische Zusammenwirken von Mist und P-Düngern, das bereits in Abschnitt 4.2.6.4. erwähnt ist, wurde auch in Samaru bestätigt. Abweichend von den Verhältnissen im gemäßigten Klima, wo mineralische Düngung die Humuswirkung von Stallmist unterstützt (Tabelle 4.2.12.), läßt sich auf tropischen Verwitterungsböden beobachten, daß eine zusätzlich zu Stallmist gegebene mineralische Düngung, insbesondere aber einseitige Stickstoffdüngung, die Humuswirksamkeit von Mist nicht nur nicht fördern,

sondern sogar um 50 % und mehr vermindern kann (JONES, 1971; PRASAD und SINGH, 1980).

Tab. 4.2.16.: Maiserträge (kg/ha) in Abhängigkeit von mineralischer Düngung nach 20jähriger Behandlung des Bodens (ferric Luvisol, sL) mit unterschiedlichen jährlichen Stallmistgaben in Samaru/Nigeria (nach ABDULLAH, 1971, zit. in MOKWUNYE, 1980)

Behandlung			Vorangegangene Langzeitbehandlung (20 J.) mit Stallmist (t/ha)			
N	P	K	0	2,5	7,5	12,5
0	0	0	33	584	2543	3145
134	28	56	1016	2316	3775	3821
268	56	112	2065	3311	4108	4247

4.2.7. Sozioökonomische Gesichtspunkte

Die bisher gemachten Ausführungen gehen stillschweigend davon aus, daß Ackerbau und Viehhaltung sich integrieren lassen oder bereits zusammen vorkommen. In der Realität stößt eine solche Integration - auch wenn von den naturräumlichen Gegebenheiten her günstige Voraussetzungen gegeben sind - oft auf Gewohnheiten, Vorbehalte und Traditionen, die dies erschweren. Vor allem in Afrika ist die Trennung in Völker, die fast ausschließlich Ackerbau betreiben und solche, die der Viehhaltung nachgehen, sehr ausgeprägt, was jedoch nicht verhindert hat, daß sich, unter Bedingungen, die zu einer Intensivierung der Landwirtschaft gezwungen haben (Landknappheit), regional auch gemischte Betriebsformen entwickelt haben bzw. daß solche Entwicklungen in Gang gesetzt wurden.

Wo solche Ansätze aufgegriffen und forciert werden sollen, muß dies in enger Zusammenarbeit mit den Betroffenen geschehen, denn die Tierhaltung und eventuell auch die Stallhaltung von Tieren greift tief in das betriebliche Geschehen und in das gesellschaftliche Leben ein. LENZNER und KEMPF (1982) und SCHLEICH (1983) weisen in diesem Zusammenhang beispielsweise darauf hin, daß es, selbst in Gegenden, in denen traditionell Viehhaltung vorhanden ist, häufig schwierig ist, zu einer besseren Mistpflege zu finden, weil hygienische Vorbehalte und Sitten dem entgegenstehen (z.B. keine Duldung von Misthaufen auf dem Hofgelände). Auch wird das Hantieren mit Stallmist oft als minderwertige Tätigkeit angesehen, oder es fehlt an der Bereitschaft, die

viele Arbeit zu leisten, die mit der Stallmistpflege und -düngung verbunden ist. Wenn in einer solchen Situation die Beratung auch noch die Anwendung subventionierter Mineraldünger empfiehlt, dann wird es sehr schwer oder unmöglich, eine bessere Nutzung und Pflege des betriebseigenen Stallmistdüngers zu erreichen. (Besteuerung importierter Mineraldünger kann umgekehrt den Einsatz von Viehhaltung fördern).

In Betrieben, die bereits Tierhaltung betreiben, läßt sich beobachten, daß es bei noch frei verfügbarem Land relativ unwirtschaftlich und unattraktiv ist, die Bodenfruchtbarkeit über Stallhaltung und intensive Stallmistwirtschaft zu pflegen und zu erhalten.¹⁾ Zunehmende Flächenknappheit und ein Rückgang oder das Fehlen von Brachezeiten führen aber zu einem Absinken der Bodenfruchtbarkeit, zu erhöhtem Erosionsrisiko und zwingen zu anderen Bodenpflege- und Düngungsformen als der Anwendung von Brache. Die Weideflächen müssen eingeschränkt werden, Stallhaltung und Futterbau werden attraktiver; der Stallmist erlangt große Bedeutung zum Erhalt der Bodenfruchtbarkeit.

In Europa (Deutschland) gelang eine Erhöhung der Dungproduktion erst nach Einführung der Stallhaltung, wozu wiederum der Anbau von Futterpflanzen Voraussetzung war, welcher verstärkt auf ehemaligen Brachflächen und Hutungen durchgeführt wurde. SCHÖNLEUTNER (zit. in SAUERLANDT und TIETJEN, 1970) untersuchte schon 1810 die Umstellung der Fruchtfolgen (Futterbau statt Brache) und konnte beobachten, daß der Futterbau sich positiv auf die Mistmengen und die Erträge auswirkte (+30-50 %).

Wie bereits erwähnt, hat eine solche Entwicklung auch in dichtbesiedelten Regionen Afrikas (vor allem in mittleren Höhenlagen) stattgefunden (NETTING, 1968; LUDWIG, 1967; EGGER, 1982), wo der Verzicht auf die Weidehaltung (Hutung) eine höhere Intensität und Produktivität der Flächennutzung möglich gemacht hat. Da Produktionssysteme mit Feldgraswirtschaft (Rotation von Futterbeständen mit Ackerkulturen) für Kleinbetriebe ohne Pflügenanwendung (Hackbau) wegen des hohen Arbeitsaufwandes in der Regel ausscheiden, wird das Futter in solchen Betrieben besser von permanent vorhandenen Futterpflanzen oder Pflanzstreifen gewonnen, wie das z.B. im 'Ecofarming'-Projekt in Ruanda praktiziert wird, wo das Futter für die Rinder und Ziegen vor allem von hangparallel angelegten Streifen mit *Leucaena*, Gräsern, Büschen und Schneitelbäumen stammt (0,3 bis 0,4 ha pro Kuh; 0,07 ha pro Ziege).

1) Näheres hierzu s.u. (Erläuterungen zu Tabelle 4.2.17.; Abb. 4.2.i.).

Die Vegetationsstreifen sind in diesem Anbausystem gleichzeitig ein wichtiges, als notwendig erachtetes Element, um die hügeligen Felder vor Erosion zu schützen und die Betriebe ökologisch zu stabilisieren.

Unter einer bestimmten Mindestbetriebsgröße (in Ruanda etwa bei 1,2 bis 1,4 ha) wird die Rinderhaltung auch bei Stallhaltung und Futterproduktion über Heckenelemente schwierig, weil die Fläche nicht mehr ausreicht, um Nahrung und Viehfutter zu erzeugen (EGGER, 1982; DRESSLER, 1983). In einer solchen Situation muß der Betrieb die Rinderhaltung aufgeben, er kann aber auch, wie dies die Kleinbauern in Ruanda taten, auf Ziegen und/oder Schafe ausweichen, die weit weniger Futter benötigen.¹⁾

Wie DRESSLER (1983) in diesen Betrieben ermittelt hat, wird die Rinderhaltung bei so wenig Fläche auch unter dem Aspekt des Erhalts der Bodenfruchtbarkeit zu teuer und wird in der Wirtschaftlichkeit von Kompost im Wechsel mit eingesäter Gründüngungsbrache weit übertroffen.²⁾

Da eine geregelte Kompostwirtschaft ganz ohne tierischen Dünger nur schwer möglich, zumindest aber schwierig ist³⁾, eine Versorgung der Felder mit Rindermist in den Kleinbetrieben aber auch nicht mehr in Frage kommt, stellt die Haltung von Kleinwiederkäuern wie Ziege oder Schaf eine angemessene Lösung dar, denn durch die Kompostierung pflanzlicher Rückstände mit Mist und eventuell etwas Erde (s.o.) läßt sich aus einer kleinen Dungmenge leicht eine große Menge eines qualitativ guten organischen Düngers erzeugen. (Die Bontoc auf den Philippinen erzeugen in ihren Kleinbetrieben mit 1-2 Schweinen 250 dt Kompost pro ha; OMENGAN und SAJISE, 1983).

Zusammenfassend läßt sich danach in etwa die unten dargestellte Entwicklung aufzeigen:

- 1) In besonders gelagerten Fällen besteht auch die Möglichkeit, zunächst von großrahmigen Tieren auf kleine Rinderrassen umzustellen, wobei diese im Idealfall Mehrnutzungsrasse sein sollten, da solche den kleinbäuerlichen Verhältnissen besonders angemessen sind.
- 2) Von folgenden Annahmen wurde ausgegangen: a) 20 t Kompost/ha im Wechsel mit eingesäter Gründüngungsbrache haben die gleiche Ertragswirkung wie 15 t Stallmist/ha, b) es handelt sich um subsistenzorientierte Betriebe mit ausreichend Arbeitskraft.
- 3) Bei einer Umfrage unter Bauern in Ruanda gaben alle Befragten an, daß eine Kompostierung nur in Verbindung mit Tierhaltung sinnvoll sei (v.d.LÜHE, 1983).

- zunehmende Flächenknappheit
- Intensität
- Arbeitskräfteausstattung

Viehhaltung

1. **Weidehaltung**
(evtl. nachts im Pferch)
2. **saisonale Weide**
- jahreszeitlicher Futterbau
- halbjährliche Stallhaltung
3. **ganzjährige Stallhaltung**
- mit Auslauf, Futterbau, evtl. Abweiden von Ernterückständen
4. **Ersatz der Rinder durch Kleinwiederkäuer** oder Schweine (im Extrem Kaninchen und Hühner)

Dungbewirtschaftung

- sehr schwach ausgeprägt, (evtl. Gartenkulturen)
- mehr oder weniger sorgfältig betrieben, meist hohe Verluste
- Intensive Formen der Dungproduktion und Stallmistwirtschaft
- Stallmistwirtschaft durch Kompostwirtschaft ersetzt bzw. mit ihr kombiniert

Nicht immer stellen sich die Verhältnisse jedoch so dar wie in diesem Beispiel aus Ruanda, sondern es besteht noch die Alternative, die Bodenfruchtbarkeit entweder über Stallmist oder über Brache zu erhalten (frei verfügbare Flächen). In einem solchen Fall wird sich der, auf die Arbeitskraft gestützte Kleinbetrieb für die Methode entscheiden, die bei gleichem Nutzen weniger Arbeit erfordert, da die Arbeitskraft das Produktionsvolumen begrenzt.

Wie die Erhebungen von SCHLEICH (1983) im Norden der Elfenbeinküste zeigen, ist der Transport von Stallmist auf die Felder, je nach Feldentfernung und Transportmöglichkeiten, mit viel bis sehr viel Arbeit verbunden (Tabelle 4.2.17.). Wo immer möglich, sollten deshalb Ochsenkarren oder ähnlich effiziente Transportmittel eingeführt und eingesetzt werden, denn der Transport bestimmt weithin über die Wirtschaftlichkeit der Stallmistanwendung (s.u.).

Da zu Beginn der Bestellung kaum Zeit zur Mistausbringung zur Verfügung steht, wird der Trockendung oder Mistkompost häufig schon in der arbeitsschwachen Trockenzeit, 6-8 Wochen vor dem Beginn der Vegetationsperiode, auf die Felder getragen (NETTING, 1968), was allerdings zur Folge hat, daß durch die Zwischenlagerung in kleinen Haufen auf dem Feld nochmals erhebliche Verluste entstehen. - Da eine sofortige Einarbeitung in dieser Zeit aufgrund des trockenen Bodens ausscheidet, ein frühzeitiger Transport auf die Felder aus arbeitswirtschaftlicher Sicht aber geboten ist, sollte verstärkt auf eine sorgfältige Zwischenlagerung von Misten direkt auf den zu düngenden Feldern übergegangen werden, etwa in der Art, daß große Misthaufen auf den Feldern angelegt werden, die mit Stroh und/oder Erde zu bedecken sind, wie das z.B. von KING (1911) aus China berichtet wird.

Tab. 4.2.17.: Arbeitszeitbedarf (AK-Tage) der Trockendunganwendung auf 1 ha Ackerfläche in Abhängigkeit von Technik und Feldentfernung; 5 t TM Dungmenge (SCHLEICH, 1983)

Feldentfernung (km)	Ausbringungstechnik			
	Rotation	Nachtpferch ¹⁾	Ochsenkarren ²⁾	Fahrrad/Mofa zu Fuß
0,5		13,0	14,3	12,5 36,7
1		-	16,0	14,7 67,8
2		-	19,2	18,7 119,8
3		-	22,5	22,7 194,3

- 1) traditioneller Pferch, versetzbarer Nachtpferch zu direkter Abdüngung
- 2) Arbeitszeit für Be- und Entladen, Transport und Verteilung auf dem Acker

Ein solches Vorgehen stellt auch sicher, daß sorgfältig bereitete Mist hohe Qualität entsprechende Wirkung zeigen und nicht in den letzten Wochen vor der Bestellung alle Verbesserungen bei der bisherigen Mistbereitung verspielt werden.¹⁾

Ungeachtet des Umstandes, ob der Mist (gilt auch für Kompost) nun vor oder erst zur Bestellung auf die Felder kommt, wird ein Betrieb nur dann Mist anwenden, wenn ihm daraus ein Vorteil erwächst (s.o.). Für die Situation im Norden der Elfenbeinküste unterscheidet SCHLEICH (1983, 1984) prinzipiell zwei Fälle:

- a) Es steht ausreichend Boden zur freien Verfügung, um langjährige Brachen einzuhalten. In dieser Situation steht die Düngung in unmittelbarer Konkurrenz zur Möglichkeit, andere brachliegende Flächen zu bewirtschaften und ist deshalb nur dann sinnvoll, wenn der Nutzen aus der Stalldunganwendung größer ist als der Nutzen aus der Rodung und

1) Durch eine gute und rechtzeitig vorgenommene Zwischenlagerung der tierischen Dünger auf dem Feld (arbeitsschwache Zeit) läßt sich auch ein Problem angehen, das grundsätzlich im Zusammenhang mit Stallhaltung und zeitweiser Weide der Tiere auf hoffernen Flächen auftritt. Es handelt sich um die Verarmung und Degradierung hofferner Flächen. Sie entsteht dadurch, daß Stallmist, aus Mangel an Zeit oder Transportmöglichkeiten, nur auf die hausnahen Felder gebracht wird. Für die Fruchtfolgegestaltung und die Landnutzung entstehen dadurch zum Teil einschneidende Restriktionen, die nur noch den Anbau relativ anspruchsloser Kulturen auf den verarmten Schlägen erlauben. Sofern auch durch Zwischenlagerung nicht die Möglichkeit geschaffen werden kann, sie mit Stallmist zu versorgen, muß auf den hoffernen Flächen häufiger Leguminosenanbau oder regelmäßige Gründüngung angestrebt werden.

Bestellung weiterer Flächen.¹⁾ Unter den Bedingungen der nördlichen Elfenbeinküste war das nur dann der Fall, wenn die Düngung direkt über Nachtpferch erfolgte (selten möglich), oder wenn der Trockendüngung mit Ochsenkarren ausgefahren werden konnte und die Felder nicht weiter als 1-2 km vom Stall entfernt lagen. Es wurde davon ausgegangen, daß 5 t Trockendüngung bei Mais einen Mehrertrag von 25-50 % bringen (Abb. 4.2.i., linke Seite).

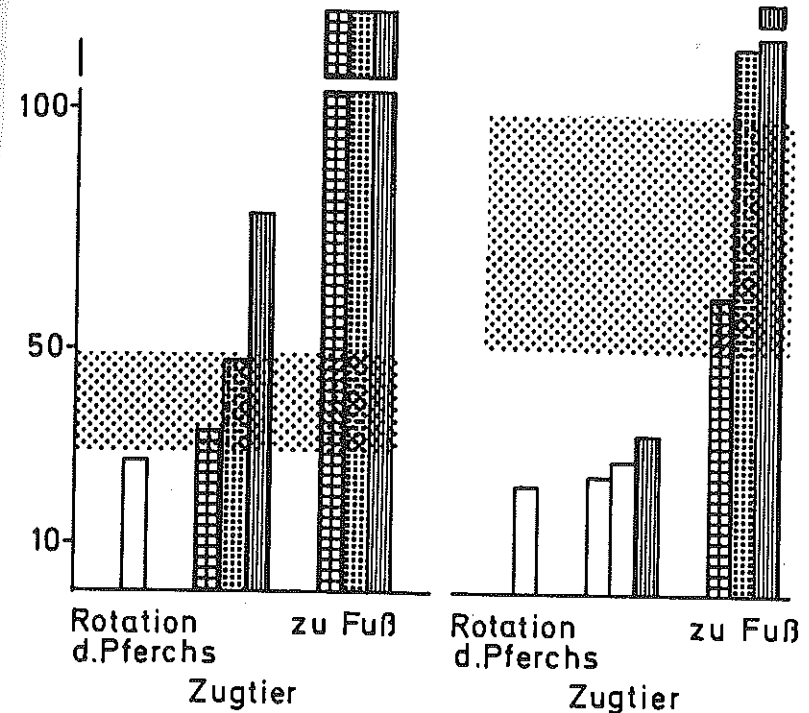
- b) Es herrscht Bodenknappheit, und der Boden kann sich bei verkürzter bzw. zu kurzer Brachedauer nur wenig regenerieren. In dieser Situation geht die Arbeitsproduktivität des Wanderfeldbaus erheblich zurück, weil die Erträge zurückgehen, der Arbeitsaufwand pro ha Mais (60 - 90 AK-Tage) aber gleich bleibt oder sogar steigt (häufigeres Roden bezogen auf eine Kultur, mehr Verunkrautung). Mit der Stallmistdüngung verhält es sich in diesem Fall genau umgekehrt, denn die relative Ertragswirkung von Stallmist wird besser (+50-100 %), so daß durch eine Mistdüngung der gleiche Ertragszuwachs erzielt werden kann wie durch die Kultur weiterer 0,5 - 1 Hektar Ackerland. Wenn die Flächen nicht zu weit vom Hof entfernt lagen, lohnte sich in diesem Fall sogar der Trockendüngungstransport zu Fuß (Abb. 4.2.i., rechte Seite).

Abschließend zu den sozioökonomischen Betrachtungen noch einige Anmerkungen bezüglich der relativen Vor- und Nachteile von Festmistern gegenüber der anaeroben Vergärung zu Faulschlamm und Biogas.

Zu den Vorteilen der Vergärung von tierischem Düng in Biogasanlagen kann zweifelsfrei gezählt werden, daß Energie aus der Biomasse zurückgewonnen und unmittelbar genutzt werden kann. Fossile, oft sehr teure Brennstoffe werden dadurch geschont. Ein Mangel an Brennholz und damit verbundene Erscheinungen wie übermäßiges Abholzen können durch Biogasnutzung gelindert werden.

1) Beachte: Bei Mistdüngung kann ein Feld länger genutzt werden, als wenn es nur im Wanderfeldbau ohne Düngung bewirtschaftet wird. Der relative Aufwand für Rodungsarbeiten geht dadurch zurück, was sich besonders beim Einsatz von Zugochsen bemerkbar macht, denn zur Pflugbearbeitung müssen die Rodungsarbeiten wesentlich gründlicher vorgenommen werden als bei Hackkulturen, wo Wurzelstümpfe wenig störend sind.

Ertragssteigerung(%)
 mittleres Fruchtbarkeitsniveau
 Ausreichende Bodenverfügbarkeit
 Relative Bodenknappheit
 geringes Fruchtbarkeitsniveau



- ▣ Feldentfernung: 500m
- ▤ Feldentfernung: 1 km
- ▥ Feldentfernung: 2 km

⊘ Bereich der wahrscheinlichen Ertragssteigerung

Abb. 4.2.i.: Wirtschaftlichkeit der Stalldüngunganwendung, dargestellt am Beispiel der Ertragssteigerung, die notwendig ist, um den Arbeitsaufwand für die Trockendüngungsausbringung zu rechtfertigen (Elfenbeinküste; SCHLEICH, 1985)

Wie Untersuchungen in Indien und anderswo ergaben, sind die Kosten für den Bau einer Biogasanlage, die Organisation der Arbeitsabläufe und die Wartung der Einrichtung jedoch ernstzunehmende Hindernisse für die Verbreitung der Technologie im kleinbäuerlichen Bereich. In Indien z.B. ergab sich eine wirtschaftliche Kalkulation erst ab 4 und mehr Kühen bzw. durch den (oft schwierigen) Zusammenschluß mehrerer Kleinbauern (MAULIK, 1982), das heißt, die Festmistbereitung ist einer kleinbäuerlich-subsistenzorientierten Landwirtschaft meist besser angepaßt.

Von dieser Problematik abgesehen interessiert im Zusammenhang mit der Bodenfruchtbarkeit vor allem die Frage, wie die Qualität von Faulschlamm gegenüber Stallmist zu bewerten ist. Nach GARG et al. (in FAO, 1981) ergeben sich Vorteile für den Faulschlamm, weil er noch mehr organische Masse enthält und auch weniger Stickstoffverluste auftreten (Tabelle 4.2.18.).

Selbst wenn man unterstellt, daß diese Vorteile durch Biogasaufbereitung gegeben sind (was nicht unumstritten ist), bleibt es nach heutigem Untersuchungsstand zweifelhaft, ob diese Vorteile auch in der Praxis zur Wirkung gelangen. MAUEL (1984) zitiert zahlreiche Untersuchungen, wo durch Faulschlamm und Festmiste keine unterschiedliche Düngewirkung erzielt wurde, und auch ESGUERRA und STOCKER (o.J.) sprechen von einer noch großen Unsicherheit bezüglich der Düngerbewertung (gilt auch bezüglich biologischer, physikalischer Langzeitwirkungen). Lediglich bei der Grünlanddüngung sprechen die Ergebnisse fast einheitlich zugunsten von Faulschlamm. So war in den einsaisonalen Düngeversuchen von GAEDE (1984) der Ertrag von Elefantengras nach Faulschlammdüngung viel besser als nach entsprechender Festmistdüngung. Zu Mais schnitt dagegen der Stallmist deutlich besser ab (eingearbeitet), während die Faulschlammdüngung (oberflächlich) fast keine Wirkung zeigte. Die Stickstoffverluste bei dieser Art der Ausbringung (löslicher Faulschlammstickstoff liegt fast ausschließlich in Ammoniumform vor) sind sehr hoch und auch bei langer Zwischenlagerung in Faulschlammtanks (teuer) können schon beachtliche Verluste auftreten (WENZLAFF, 1982).

Mehr noch als bei Festmistern (s.o.) stellt die Düngung mit Faulschlamm auch ein Transport- und Lagerungsproblem dar, denn mit nur 2-5 % Trockenmasse und beispielsweise Stickstoffgehalten von 0,14 % (GAEDE, 1984) müssen zur Düngung enorme Flüssigkeitsmengen bewegt werden, wozu die Kleinbetriebe in der Regel weder aus technischen noch aus betrieblichen Gründen in der Lage sind.

Da sich der Schlamm mit seinem hohen Feuchtegehalt aber ausgezeichnet für die Kompostbereitung eignet, schlägt JOGLEKAR (1982) vor, die Wirtschaftlichkeit der Biogasanlagen dadurch zu verbessern, daß sie von vornherein auch gleichzeitig als Kompostierungsanlagen geplant werden sollten. (Er berichtet von 12,5 t Stalldungkompost pro Kuh und Jahr mit einem Stickstoffgehalt von 1,5 %).

Tab. 4.2.18.: Dung- und Gasproduktion durch 1 Tonne naturfeuchten Kuhdung (GARG et al., zit. in FAO, 1981)

	1000 kg (0,25 % Stickstoff)	
	traditionelle Mistgewinnung	Biogasvergärung
a) Verluste an organ. Masse	500 kg	270 kg
b) Stickstoffverluste	1,25 kg	unbedeutend
c) verbleibende Düngermenge	500 kg	730 kg
d) N-Gehalt in der Trockenmasse	1 %	1,3 %
e) zusätzlicher Gewinn		56 m ³ Biogas ¹⁾

1) Durchschnittlicher Brennwert etwa 5000 kcal/m³

4.2.8. Zonale Gesichtspunkte

Zunächst einmal bietet sich die Stallmistdüngung in all den Regionen an, wo auch günstige Bedingungen für die Viehhaltung existieren. Für die Tropen trifft das für die Savannenklimate, vor allem aber für die tropischen Höhenklimate zu, in denen der Krankheitsdruck auf die Tiere viel geringer ist (vor allem Tse-tse-Fliege bzw. Tripanosomiasis). Schweinehaltung ist auch in heißen Gebieten weit verbreitet.

Wie Ergebnisse aus der südlichen Elfenbeinküste gezeigt haben, ist zwar auch auf ferrallitischen Böden (GODEFROY, 1979) bei hohen Stallmistgaben eine deutliche Verbesserung der bodenchemischen Eigenschaften möglich, die Viehhaltung wird in den immerfeuchten Tropen jedoch selten in einem größeren Umfang betrieben, so daß die benötigten Stallmistmengen, die über denen der Savannengebiete liegen, selten aufzubringen sind. Die Stallmistwirtschaft hat deshalb in diesen Zonen mehr eine unterstützende Funktion zu den biologischen Maßnahmen (hohe Biomasseerzeugung) der Fruchtbarkeitsförderung.

Die meisten positiven Ergebnisse der Stallmistanwendung stammen aus den Savannenregionen mit wechselfeuchtem Klima, wo auch schon relativ geringe Mistgaben (50-75 dt/ha) oft zu beträchtlichen Verbesserungen der physikalischen Bodeneigenschaften und des C- und N-Status von Böden führten (JONES, 1971; MOKWUNYE, 1980).

In allen Klimazonen hat sich Stallmistdüngung als äußerst gute Grundlage für eine ergänzende mineralische Düngung erwiesen, deren Effektivität dadurch beträchtlich verbessert werden konnte. Die negativen Folgen mineralischer Düngung auf die Bodeneigenschaften konnten mit Stallmist kompensiert bzw. stark gemindert werden.

Wie bei der Kompostierung, so ist auch bei der Mistlagerung in den trockenen Gebieten der Grubenlagerung gegenüber den Miststapeln der Vorzug zu geben. Tiefstallmiste sind bei geregelter Stallhaltung sowohl in den wechselfeuchten Gebieten wie auch in den tropischen Höhenlagen günstig zu beurteilen.