

Kompostprojekt Gumpenstein: Vorstellung des Projektes und Aspekte der Stoffbilanzierung

A. PÖLLINGER

1. Einleitung und Problemstellung

Die Kompostierung und Lagerung von Stallmist wurde in den 30er Jahren und in den 50er Jahren verstärkt bearbeitet (KRANTZ, 1927; FRANZ, 1935; SAUERLANDT, 1948; REMER, 1954; ROHDE, 1956). In den Jahren danach beschäftigte sich die landwirtschaftliche Forschung in erster Linie mit der Perfektionierung der Güllewirtschaft aus arbeitswirtschaftlicher, verfahrenstechnischer und pflanzenbaulicher Sicht (SCHECHTNER, 1981; HOCHKÖNIG, 1981). Die Festmistkette schien vor allem aus arbeitswirtschaftlicher Sicht kaum noch interessant. Beinahe 85% aller Stallneubauten in den 70er, 80er und 90er Jahre wurden mit Flüssigmistsystemen ausgerüstet (KAUPE, 1992). Aufgrund des Aufschwunges im Biolandbau in den 90iger Jahren und des zunehmenden Druckes in Richtung kostengünstiger, tierfreundlicher, meist eingestreuter Rinder- und Schweineställe wurden Festmistsysteme wieder interessanter (BARTUSSEK, et al, 1984).

Im Biolandbau wurden bereits frühzeitig Umsetztechniken zur Dreiecksmietenkompostierung entwickelt, die die zeitaufwendige Arbeit der Durchlüftung übernommen hatten (DUNST, 1991). Die primäre Zielsatzung war es nicht, möglichst geringe Nährstoffverluste zu erzielen, sondern die Überlegung, mit der Mistbehandlung einen insgesamt wertvollen Dünger zu schaffen (GOTTSCHELL, 1984).

Mit der getrennten Abfallsammlung und der Kompostierung organischer Reststoffe im kommunalen Bereich wurde die für den landwirtschaftlichen Bereich entwickelte Mietenkompostierungstechnik teilweise auch in diesen Bereichen übernommen. Somit standen nun auch technische Verfahren zur Verfügung, die eine Kompostierung im landwirtschaftlichen Bereich erleichterte.

Im In- und Ausland wurden zahlreiche Untersuchungen bezüglich der Umsetzungsprozesse, Verfahrensoptimierung und Anwendung in der Landwirtschaft, vor allem für Komposte aus dem kommunalen Bereich durchgeführt (SWOBODA, 1990; HELM, 1995; BUCHGRABER, 2000; WIMMER et al, 2000).

Die am landwirtschaftlichen Betrieb vorhandenen Wirtschaftdünger wurden diesbezüglich vernachlässigt. Für den Landwirt stellt sich immer wieder die Frage, welches Wirtschaftdüngersystem (Flüssigmist, Festmist oder Festmistkompost mit Jauche) für seinen Betrieb besser ist. Gesamtbetriebliche Untersuchungen, vom Anfall der Wirtschaftdünger bis hin zur Anwendung fehlen. Aufgrund verschiedener Umweltprogramme (ÖPUL,..) sind die Betriebe verstärkt auf die sorgsame Verwendung der hofeigenen Wirtschaftdünger als wichtigste Nährstoffquelle angewiesen (PÖTSCH et al, 1997). Deshalb wurde 1992 an der BAL Gumpenstein ein Projekt mit dem Titel "Vergleichsuntersuchungen von landesüblichen bäuerlichen Stapel- und Kompostmisten bezogen auf die Gehalte und Mengen an Nährstoffen, Umsetzungsprozesse und ihre Wirkung auf Ertrag, Pflanzenbestand, Inhaltsstoffe des Futters sowie auf den Boden, am Grünland und am Acker in den inneralpinen Lagen" begonnen.

Die verschiedenen Wirtschaftdüngersystemen (Festmist, Gülle) und Behandlungsverfahren (Kompostierung und Lagerung) stehen im Vergleich zu Mineraldünger im Bezug Nährstoffflüsse und Qualitätsparameter im Bereich der Gewinnung (Lagerung, Kompostierung) und Anwendung (Acker, Grünland). Die unterschiedliche Wirkung der Dünger auf den Boden (Krümelstabilität), das Bodenleben und die Pflanze (Gesundheitszustand, Inhaltsstoffe) stellen ebenfalls eine zentrale Frage dar. Die Qualität und der Ertrag des geernteten Futters

(der Früchte) sind unter der Annahme eines mehr oder weniger geschlossenen Kreislaufsystems wichtige Detailfragen.

2. Material und Methoden

Drei verschiedene Wirtschaftsdüngerformen, Flüssigmist, Rottemist und Kompost aus Stallmist werden im Vergleich zu Mineraldünger in einem Kreislaufsystem geführt. Die Nährstoffverluste von der Lagerung bzw. Behandlung der Wirtschaftsdünger (Kompost und Stallmist) bis hin zur Pflanzen- und Bodenwirkung werden genau analysiert und quantifiziert. Zur Berechnung der Düngermengen dienen fiktiv angenommene Betriebe mit festgelegtem GVE-Besatz pro Hektar.

2.1 Die Wirtschaftsdüngerbehandlung bzw. -lagerung

2.1.1 Ausgangsmaterialien, Herkunft, Mengen

Der Stallmist für die Lagerung bzw. für die Kompostierung (*Tabelle 1*) stammt aus verschiedenen Stallhaltungsformen (Tretmistsystem und Anbindehaltung). Es handelt sich dabei um Milchviehbetriebe mit Jungviehaufzucht (gemeinsame Sammlung des anfallenden Mistes). Die Betriebe weisen einen guten Milchleistungsdurchschnitt (6000 bis 7000 kg/Kuh und Jahr) auf (Rasse: Brown-Swiss), füttern im Winter Gras- und Maissilage, kombiniert mit Heu, während im Som-

Tabelle 1: Übersicht der verwendeten Wirtschaftsdünger

Ausgangsmaterial	Endmaterial
Stallmist aus e. Tretmistsystem (ca. 4,0 kg Stroh/GVE u. Tag)	- I Kompost-Tretmist
Stallmist aus e. Anbindesystem (ca. 2,0 kg Stroh/GVE u. Tag)	- II Kompost - Stallmist
	- III Rottemist-Stallmist

Autor: Dipl.-Ing. Alfred PÖLLINGER, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 IRNDING

mer die Weide die Basis für die Grundfütteration darstellt.

Als Zuschlagsstoff wird bei der Kompostierung Stroh (in der Regel Weizenstroh) für die Anhebung der Ausgangstrockenmasse auf rund 25 % verwendet. Pro Miete sind dies zwischen 100 und 300 kg auf rund 7000 kg Stallmist, je nach Feuchtigkeitsgehalt des Ausgangsmaterials. Seit 1995 wird aufgrund der Schwierigkeiten, eine homogene Probe aus der Mischung Stallmist, Stroh und Erde zu ziehen, keine Erde mehr zugesetzt.

Die gesamten Materialien werden zu Beginn und am Ende der Kompostierung bzw. Lagerung genau verwogen und analysiert. In der Regel werden zwischen 5.700 bis 8.800 kg Frischmist eingelagert bzw. mit Stroh (und bis 1994 auch mit Erde) vermischt.

Im Jahr 1996 und 1997 wurde der Kompostversuch der BAL Gumpenstein im Durchgang 2/96 und 1/97 mit einer Versuchsanlage der Universität für Bodenkultur, Institut für Land-Umwelt- und Energietechnik zur Messung der Gasemissionen (NH_3 , CO_2 , CH_4 und N_2O) aus den Stallmist- und Stallmistkompostmieten ergänzt (siehe auch Punkt 2.1.4).

2.1.2 Kompostierungsverfahren, Verfahrenstechnik

Die Kompostierung bzw. Lagerung des Stallmistes erfolgte auf drei, 3 x 10 Meter großen (30 m² Grundfläche) Betonplatten mit einer mittig angeordneten Entwässerungsrinne und einem zweiprozentigen Gefälle der Betonplatte hin zur Rinne. Die Entwässerungsrinne ihrerseits besitzt ein Gefälle von 2 % hin zu einer 300 Liter Tonne, in der die Sickersäfte aufgefangen werden. Die Sickersaftauffangbehälter sind in Bodenschächte abgesenkt und gegen das Niederschlagswasser mittels Eisendeckel abgeschirmt. Der Füllstand der Behälter wurde ständig kontrolliert und vor dem Überlaufen beprobt und entleert.

Der Stallmist (Tretmist oder Stallmist aus der Anbindehaltung) wurde jeweils zu einer Dreiecksmiete mit ca. 150 cm Höhe eingelagert. Bei den Kompostvarianten wurde zuerst Stroh auf den Betonplatten aufgelegt, der Stallmist oder Tretmist abgekippt und noch zusätzlich Stroh auf die Miete gespreitet. Danach wurde mit dem Umsetzer das Stroh am

Boden und auf der Miete liegend eingemischt. Der Stallmist für die Variante Rottemist wurde ohne Strohzugabe auf die Betonplatte abgekippt und zu einer Dreiecksmiete geformt.

Die Kompostmieten und der Rottemist wurden mit einem Kompostvlies abgedeckt. Damit soll ein unkontrolliertes Eindringen der Niederschlagswässer verhindert werden. Am Mietenfuß wurden rund um die Kompostmiete Siloplanen ca. 10 cm hochgezogen, damit wurde ein Einsickern des von der Miete abrinneenden Niederschlagswassers am Mietenfuß verhindert.

Das Wenden des Kompostmaterials erfolgte in einem 7- bzw. 14-tägigen Intervall. In der Regel wurde der Stallmistkompost fünfmal gewendet. Aus einer Voruntersuchung und aus Erfahrungen aus der Praxis hat sich dieses Umsetzintervall gut bewährt.

Das Umsetzintervall wurde im Durchgang 1/97 verkürzt und die Anzahl der Umsetzvorgänge von fünf auf acht erhöht. Zwischen den ersten drei Umsetzterminen lagen vier bis fünf Tage, das Umsetzintervall erhöhte sich dann auf acht, zehn und zwölf Tage.

Nach etwa zehn Wochen Lagerung bzw. Kompostierung wurde das Endmaterial (Kompost, Rottemist) verwogen und analysiert. Fiel die Fertigstellung des Kompostes in den Winter, wurde im darauffolgenden Frühjahr die Massenbilanzierung durchgeführt. Somit ergaben sich

keine einheitlich vergleichbare Lagerzeiten.

Während des Rotteverlaufes wurde täglich die Mietentemperatur erhoben und protokolliert. Bis 1995 wurden die Temperaturen mit einem Stechthermometer gemessen, seit 1995 wird die Mietentemperatur mittels PT100 Temperatursensoren erfasst und mit Datenlogger (Scorpio) im Stundenintervall protokolliert. Für die Auswertung wurde ein Tagesmittel errechnet.

2.1.3 Probenahme, Untersuchungsparameter, Analysen

Die Ausgangsmaterialien und das Endmaterial wurden jeweils nach den Parametern Trockensubstanz, pH-Wert, Feuchtdichte, Leitfähigkeit, Gesamtstickstoff, Ammoniumstickstoff, Phosphor, Kalium, Kalzium und Magnesium analysiert.

Für 1/96, 2/96 und 1/97 wurden auch Schwermetalluntersuchungen (nach Cu, Zn, Pb, Cd, Cr und Ni) der Ausgangs- und Endmaterialien durchgeführt. Der Gesamtkohlenstoff (TC) wurde stichprobenartig (1/96, 1/97) im BFL Hirschstetten bestimmt. Die Bundesanstalt für Agrarbiologie in Linz untersuchte die Endmaterialien auf ihre Pflanzenverträglichkeit nach dem Linzer Substrattest. Im Hinblick auf ihre mikrobiologische Zusammensetzung wurden bis 1995 Untersuchungen durchgeführt. Die Aussagekraft der mikrobiologischen Untersuchungen war zu gering und eine Weiter-

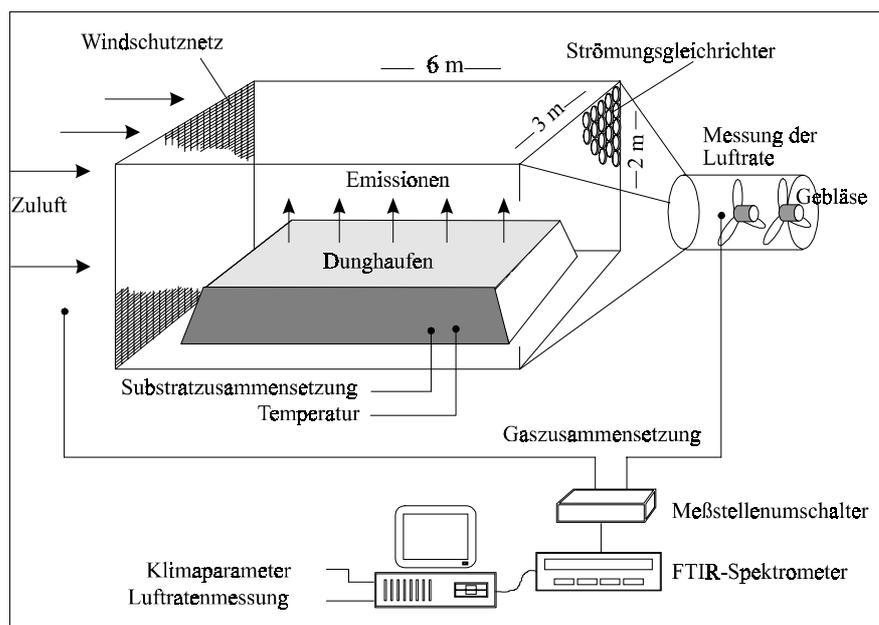


Abbildung 1: Mobiler Emissionsmessraum des ILUET

führung aus Kosten- und Zeitgründen deshalb nicht sinnvoll.

Die Sickersäfte wurden quantitativ und qualitativ nach den Parametern Trockensubstanz, pH-Wert, Leitfähigkeit (teilweise), Gesamtstickstoff, Ammoniumstickstoff, Phosphor, Kalium, Kalzium und Magnesium analysiert. Seit 1994 wird der BSB5-Wert in den Sickersäften bestimmt (teilweise). Im Jahr 1995 wurden keine quantitativen Erhebungen der Sickersaftmengen durchgeführt.

Die Probenahme:

Die Ausgangsmaterialien wurden einzeln (als Stallmist und Stroh) und in der fertigen Mischung (gewendet) beprobt. Vom Stallmist wurde vor der Beimengung von Stroh und nach dem Wendevorgang eine Probe gezogen. Zur Beprobung wird bei der Anlieferung an sechs bis acht Punkten der Miete mit einer Mistgabel Material von der Oberfläche und aus tieferen Schichten entnommen. Bei den fertigen Mieten wird während des Abräumens aus dem Mietenquerschnitt die Probe entnommen. Die Probenentnahme mittels Bohrer brachte keine homogenen Proben, weshalb von dieser umständlichen Entnahmetechnik wieder abgegangen wurde. Rund 25 Liter des Stallmistes bzw. des Kompostes (Endmaterial) wurden jeweils in einer Wanne gesammelt, händisch gemischt und daraus mittels Mischkrenz die Probe von ca. einem Liter gezogen (lt. ÖNORM S 2023).

Die Feuchtdichte wurde nach der ÖNORM S 2023 abgeändert bestimmt, ohne Siebung und in einem Zweilitergefäß. Dabei wurde das zu prüfende Substrat (Stallmist, Rottemist, Kompost) in einem 2-Liter Zylinder gefüllt und 10 Mal von rund 10 cm Höhe auf einen harten Untergrund fallen gelassen und danach das Gewicht und das Volumen bestimmt. Zusätzlich wurden bei den ausgelagerten Wirtschaftdüngern die Kubatur und das Gewicht des am Kipper geladenen Materials ermittelt und so eine "praxisnahe" Feuchtdichte gemessen.

2.1.4 Emissionsmessanlage des IL-UET 1996/97

Im Jahre 1996 und 1997 wurde die Versuchsreihe der BAL um die Emissionsanlage des Institutes für Land-, Umwelt- und Energietechnik der Universität für Bodenkultur erweitert, um die gasförmigen

Verluste während der Kompostierung bzw. Lagerung erfassen zu können. Zur Bestimmung der Emissionsraten eines Gases müssen Gaskonzentration und Lufrate bekannt sein. Die Gaskonzentrationen von NH₃, CO₂, CH₄ und N₂O wurden mittels eines hochauflösenden FTIR-Spektrometers (Auflösungsvermögen 0,25 cm⁻¹) erfasst.

Zur Bestimmung der Emissionsraten während der Lagerung und Kompostierung von Stallmist wurde ein großer, mobiler Emissionsmessraum nach dem "open-dynamic-chamber Prinzip" über den Stallmistemien errichtet (Abbildung 1). Der Messraum hat eine Höhe von 2 m, eine Breite von 3 m und eine Länge von 6 m. Dieser Emissionsmessraum wurde alle zwei bis drei Tage abwechselnd von der Stallmistkompost- zur Rottemistmiete und umgekehrt umgebaut. An der Frontseite des Messraumes gelangt Zuluft über den gesamten Querschnitt durch ein Windschutznetz in den Messraum hinein, überstreicht die Stapelmist- oder Kompostmieten und reichert sich dabei mit den Emissionen an. Ein Gleichrichter am Ende des Meßraumes sorgt für eine gleichmäßige Strömung. Am Ende des Messraumes wird

der große Querschnitt durch einen Trichter auf den Durchmesser des Gebläses verengt. Vor dem Gebläse erfolgt die Probenahme für die Abluft sowie die Bestimmung der Lufrate. Ein Messventilator deckt den gesamten Querschnitt des Rohres ab und seine Drehzahl ist von der Lufrate abhängig. Der Messraum besteht aus einzelnen no-drop-beschichteten Polycarbonatplatten, wie sie auch im Gewächshausbau verwendet werden, eingebaut in eloxierten Aluminiumrahmen.

3. Ergebnisse

3.1 Gehaltswerte der Wirtschaftsdünger und Bilanz-ergebnisse

Im Durchschnitt wurde in den letzten 8 Versuchsjahren etwas über 7000 kg Stallmist bzw. Mischungen von Stallmist und Stroh pro Durchgang auf den Kompostplatten der BAL eingelagert (Tabelle 2). Mit Hilfe der Strohbeigabe konnte der TM-Gehalt des frischen Mistes auf 23 % (Stallmist aus Anbindehaltung) und knapp 26 % (Stallmist aus einem Tretemistssystem) im Durchschnitt angehoben werden. Der eingelagerte Stapelmist wies im Durchschnitt einen TM-Gehalt

Tabelle 2: Nährstoffgehalte von Stallmist (Anbindehaltung, Tretemist) vor der Lagerung/Kompostierung (Werte in kg/t Frischmasse)

unters. Material	Stat. Wert	FM in kg	TM	Asche	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	Ges. -N	NH ₄ -N	pH
Tretmist-Kompost	Mittelwert	7269	257	94	5,0	2,9	7,4	2,9	5,5	0,2	8,4
	Min	5390	191	38	2,8	1,7	5,1	2,4	4,0	0,0	7,6
	Max	8715	366	214	8,7	4,4	11,3	3,6	6,9	1,0	9,3
Stallmist-Kompost	Mittelwert	7358	229	70	4,7	2,2	5,9	3,0	5,6	0,5	8,3
	Min	2795	178	32	2,8	1,3	3,7	2,0	4,0	0,0	7,6
	Max	8800	319	199	6,1	4,2	8,7	4,1	7,4	1,0	9,2
Stallmist	Mittelwert	7023	189	38	4,3	1,8	5,7	2,7	5,4	0,6	7,9
	Min	3575	160	33	2,8	1,1	3,6	1,9	4,3	0,0	7,4
	Max	8700	230	43	5,6	2,4	8,5	3,3	7,4	1,2	8,7

Tabelle 2.1: Nährstoffgehalte von Stallmist (Anbindehaltung, Tretemist) vor der Lagerung/Kompostierung (Werte in kg/t Trockenmasse)

unters. Material	Stat. Wert	FM in kg	TM	Asche	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	Ges. -N	NH ₄ -N
Tretmist-Kompost	Mittelwert	7269	257	400	21,3	12,2	31,5	12,5	23,7	0,9
	Min	5390	191	162	12,0	7,2	21,6	10,1	17,1	0,0
	Max	8715	366	916	37,1	18,7	48,1	15,3	29,4	4,3
Stallmist-Kompost	Mittelwert	7358	229	301	20,2	9,4	25,2	12,9	23,7	2,0
	Min	2795	178	138	12,0	5,7	15,9	8,7	17,1	0,0
	Max	8800	319	848	26,0	17,9	37,1	17,5	31,8	4,4
Stallmist	Mittelwert	7023	189	161	18,4	7,5	24,3	11,6	23,2	2,5
	Min	3575	160	141	12,0	4,7	15,2	8,2	18,3	0,0
	Max	8700	230	185	23,9	10,3	36,3	14,1	31,7	5,2

von knapp 19 % auf. Die Inhaltsstoffe waren im Normalbereich, so wiesen alle drei Wirtschaftsdüngerarten zu Beginn der Lager- bzw. Behandlungsperiode einen Gesamt-N Gehalt von rund 5,5 kg/t Frischmist auf. Bezogen auf eine Tonne Trockenmasse betrug der Gehalt rund 2,3 % Gesamt-N (Tabelle 2.1).

Der fertige Kompost hatte nach der 2,5 oder 8 monatigen Behandlungs- und Lagerdauer einen TM-Gehalt von 32,5 % und 35,6 % bei einem Frischmassegewicht von knapp über 3000 kg. Der Rottemist lediglich von 20 % bei 4500 kg Frischmasse (Tabelle 3). Im Stickstoffgehalt unterscheidet sich der kompostierte Stallmist vom herkömmlichen auf Mieten gelagerten Stallmist insofern, als die Gehalte mit 7,6 und 7,8 kg Gesamt-N/t Frischmasse deutlich höher sind als die für Rottemist mit 5,5 kg/t. Diese Tatsache lässt vermuten, dass es bei der Kompostierung zu einer Anreicherung von Stickstoff kommen könnte. Diese Theorie entsteht aufgrund der Nichtberücksichtigung der höheren Masseverluste bei der Kompostierung, wodurch es zu einer Konzentrierung der Inhaltsstoffe kommt und somit widerlegt wird. Interessant ist der Anteil von Gesamt-N zu Ammonium-N, so enthält die

Tabelle 4: Nährstoffverluste in kg pro Tonne Stallmist bei der Kompostierung/Lagerung

unters. Material	Stat. Wert	FM in kg	TM	Asche	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	Ges. -N
Tretmist-Kompost	Mittelwert	505	98	9	-0,4	-0,6	1,0	0,0	2,1
	Min	312	51	-21	-5,4	-3,7	-2,3	-1,1	0,3
	Max	662	189	73	2,5	1,6	4,3	1,2	3,7
Stallmist-Kompost	Mittelwert	545	83	0	-0,2	-0,2	1,2	0,0	2,1
	Min	237	20	-61	-5,4	-3,7	-2,3	-1,7	-0,8
	Max	660	178	129	2,2	1,8	4,4	1,5	4,6
Stallmist	Mittelwert	317	101	14	1,4	0,5	2,7	0,8	2,9
	Min	114	68	5	-0,8	-0,6	0,7	-0,4	0,9
	Max	510	139	18	3,0	1,5	4,9	1,8	6,0

Ausgangsmischung noch zwischen 3 und 11 % NH₄-N, während der fertige Kompost keinen NH₄-N und der gelagerte Mist nur mehr rund 2 % NH₄-N im Vergleich zum Gesamt-N aufweist. Diese Ergebnisse decken sich nicht ganz mit den Gehaltswerten, wie sie in mehreren Fachunterlagen angegeben werden.

Aus einer zusammengefassten Berechnung aller Analysenwerte der letzten 18 Kompostdurchgänge wurde auch eine Tabelle erstellt, die die Nährstoffverluste aufgrund einer Bilanzierung der Nährstoffe ergibt. Dabei wurden die aus meistens zwei, manchmal auch vier bis sechs bestehenden Analysendaten pro Wirtschaftsdünger errechneten Aus-

gangsgelhalte an Nährstoffen den Endgehalten nach der Auslagerung absolut und relativ gegenüber gestellt (Tabelle 4 und 5). Aus den Tabellen wird die Schwierigkeit sichtbar, aus einem inhomogenen Material, wie es insbesondere die festen Wirtschaftsdünger sind, homogene Proben zu ziehen. Die negativen Vorzeichen bedeuten rechnerisch einen Gewinn an Nährstoffen. Diese Problematik wird insbesondere bei der prozentuellen Darstellung der Nährstoffverluste deutlich, wo es bei den Komposten zu "Gewinnen" von durchschnittlich 3 bis 33 % bei Kalzium- und Magnesiumoxid kommt. Mit Hilfe einer Bilanzkontrollrechnung wurde auf die Aschebasis zurückgerechnet und der Anfangsgehalt mit dem Endgehalt jeweils verglichen. Dabei zeigte sich in der Regel eine starke Differenzierung zwischen den Gehalten, das ein deutliches Zeichen dafür ist, dass es nicht möglich war, trotz mehrerer geprüfter Probenahme- und Nachbereitungsverfahren eine verlässliche homogene Stichprobe zu erhalten, die im Labor die gesamte Miete repräsentiert. Hier dürfte insbesondere die Probenahme für die Laboranalyse entscheidend sein.

Mit Sicherheit sind die Masseverluste im richtigen Verhältnis von rund 55 % bei den Komposten und 33 % bei den Stapelmisten. Auch die Stickstoffverluste von knapp über 35 % bei den Komposten liegen im Bereich der in der Literatur angegebenen Spannweite (GOTT-SCHALL, 1984). Die 53 % Stickstoffverluste für den Stapelmist sind allerdings nicht erklär- und interpretierbar.

3.2 Nährstoffverluste durch Sickersäfte

Als Sickersäfte werden jene Flüssigkeiten definiert, die am Mietengrund durch

Tabelle 3: Nährstoffgehalte von Stallmist (Anbindehaltung, Tretmist) nach der Lagerung/Kompostierung (Werte in kg/t Frischmasse)

unters. Material	Stat. Wert	FM in kg	TM	Asche	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	Ges. -N	NH ₄ -N	pH
Tretmist-Kompost	Mittelwert	3254	356	188	12,0	7,7	14,2	6,6	7,8	0,0	8,2
	Min	2350	252	105	4,2	3,1	7,0	3,7	4,9	0,0	6,8
	Max	3765	647	480	19,8	15,8	26,5	9,7	13,6	0,0	8,8
Stallmist-Kompost	Mittelwert	3022	325	158	10,9	5,3	10,6	6,8	7,6	0,0	8,1
	Min	910	218	67	4,2	1,9	7,0	3,7	4,9	0,0	6,8
	Max	4095	630	485	17,2	9,3	19,8	10,9	15,9	0,0	9,2
Stallmist	Mittelwert	4501	197	53	6,4	2,7	6,7	4,2	5,5	0,2	8,1
	Min	2177	127	33	3,3	0,8	4,4	2,5	3,1	0,0	7,5
	Max	5340	240	72	10,2	4,7	11,5	5,9	9,4	0,9	8,8

Tabelle 3.1: Nährstoffgehalte von Stallmist (Anbindehaltung, Tretmist) nach der Lagerung/Kompostierung (Werte in kg/t Trockenmasse)

unters. Material	Stat. Wert	FM in kg	TM	Asche	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	Ges. -N	NH ₄ -N
Tretmist-Kompost	Mittelwert	3254	356	531	33,8	21,7	40,1	18,6	22,0	0,0
	Min	2350	252	296	11,8	8,7	19,6	10,5	13,8	0,0
	Max	3765	647	1353	55,8	44,5	74,6	27,4	38,2	0,0
Stallmist-Kompost	Mittelwert	3022	325	445	30,9	14,9	29,9	19,2	21,4	0,0
	Min	910	218	188	11,8	5,5	19,6	10,5	13,8	0,0
	Max	4095	630	1367	48,5	26,2	55,8	30,6	44,7	0,1
Stallmist	Mittelwert	4501	197	150	18,2	7,7	18,9	11,9	15,6	0,5
	Min	2177	127	94	9,2	2,3	12,4	6,9	8,8	0,0
	Max	5340	240	204	28,9	13,3	32,5	16,7	26,5	2,5

Tabelle 5: Nährstoffverluste in Prozent bei der Kompostierung/Lagerung von Stallmist

unters. Material	Stat. Wert	FM	TM	Asche	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	Ges.-N
Tretmist-Kompost	Mittelwert	55	38	0	-12,5	-32,6	12,6	-2,4	35,9
	Min	44	21	-45	-157,4	-221,1	-45,1	-48,0	7,0
	Max	66	63	52	56,0	51,2	57,7	38,7	61,8
Stallmist-Kompost	Mittelwert	59	37	-6	-2,8	-13,7	17,9	-2,5	38,4
	Min	44	7	-65	-157,4	-221,1	-45,1	-55,2	-12,6
	Max	72	57	65	53,4	55,1	57,6	39,4	61,8
Stallmist	Mittelwert	35	53	37	32,2	28,4	45,7	28,9	53,0
	Min	18	41	13	-24,5	-40,0	19,7	-16,9	18,1
	Max	49	64	55	67,4	75,0	65,7	57,0	81,1

die mittig angeordnete Flüssigkeitsrinne abgeleitet und in einem 300 Liter Behälter aufgefangen werden. Da die Kompostplatten um wenige Zentimeter erhöht liegen ist ausgeschlossen, dass Oberflächenwässer auf die Betonplatte gelangen und in den Sickersauffangbehälter abfließen können. Das Niederschlagswasser kann über das Abdeckvlies abfließen, oder durch das Abdeckvlies in die Kompost- oder Stallmistmiete gelangen und in weiterer Folge als Sickersaft erfasst werden. Die so gesammelten Sickersäfte sind somit Niederschlagswässer, die mit Nährstoffen aus den Mieten angereichert werden, und Prozesssäfte, die bei der Zersetzung von organischen Materialien frei werden.

In *Tabelle 6* sind die Nährstoffverluste durch Sickersäfte in Gramm bezogen auf eine Tonne Frischmist angegeben, wie sie bei der praxisüblichen Stallmistkompostierung und Lagerung von Stallmist entstehen können. Dabei fällt auf, dass zwar durchschnittlich über 1000 g, im Maximum 2744 g Trockenmasse durch Sickersäfte verloren gehen, der Anteil an Gesamtstickstoff im Verhältnis dazu aber weniger als 7 % ausmacht. Der Anteil an wasserlöslichem Stickstoff in Form des Ammoniumstickstoffs liegt bei rund 2 % der gesamten ausgeschwemmten Trockenmasse. Vom wasserlöslichen Kaliumoxid findet man rund 250 g/t Frischmist in den Sickersäften wieder, im Maximum kann der Verlust auf knapp 600 g/t Frischmist ansteigen. Bezogen auf den gesamten Nährstoffgehalt in den Wirtschaftsdüngern geht dabei rund 4 % verloren, im Maximum sind es 11,6 % beim Stallmistkompost (*Tabelle 8*).

In der *Tabelle 7* sind die gemessenen Nährstoffverluste angegeben, die pro m² Stapelgrundfläche bei einer Anfangsstä-

pelhöhe von rund 150 cm zu erwarten sind. Dabei verdient insbesondere der Stickstoff besondere Beachtung, da die Wirtschaftsdüngermieten auf den Feldern immer mehr in das Schussfeld der Wasserwirtschaft geraten sind (HRA-DETZKY und SCHULZ, 1996).

Im Schnitt, über alle Varianten hinweg, wurden rund 16 g Gesamt-N/m² Mieten-Grundfläche ausgetragen. Das Maximum liegt bei 67 g/m² Mieten-Grundfläche (Stallmistkompost). Die durchschnittliche Menge an ausgetragenem Ammonium-N/m² liegt bei 5,2 g, maximal bei knapp über 20 g. In dieser Ergebnisdarstellung sind die unterschiedlichen La-

gerperioden – Sommerdurchgang rund 2,5 Monate und Winterdurchgang rund 8 Monate – nicht extra berücksichtigt. Das deshalb, da es keine nennenswerten Auswaschungen mehr nach zwei Monaten gibt. Der Großteil der Auswaschungen erfolgt in den ersten drei bis vier Wochen nach der Auslagerung bzw. nach dem Kompostierungsbeginn (*Abbildung 2*). In dieser Abbildung wird beispielsweise der Durchgang 1/94 dargestellt. Nach 30 Tagen wurde die Tonne zum ersten Mal entleert und darin rund 65 g Gesamt-N/t eingelagerten Frischmist festgestellt. Bereits zum zweiten Termin 14 Tage später wurden knapp 20 g und nach weiteren 30 Tagen weniger als 5 g Gesamt-N/t Frischmist gemessen. Das heißt über 60 % des über Sickersäfte ausgetragenen Gesamt-N gingen in den ersten 30 Tagen nach der Anlieferung von Stallmist verloren.

3.3 Gasförmige Emissionen bei der Kompostierung und Lagerung von Stallmist (AMON, B. et al. 1997)

Der mobile Emissionsmessraum kam im Sommer 1996 bei einem Vergleich zwischen Festmistlagerung und -kompostie-

Tabelle 6: Nährstoffverluste durch Sickersäfte bei der Kompostierung/Lagerung von Stallmist (Werte in g/t Frischmist)

unters. Material	Stat. Wert	TM	Asche	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	Ges.-N	NH ₄ -N
Tretmist-Kompost	Mittelwert	844	481	17	21	229	13	44	9
	Min	248	153	8	10	55	6	3	0
	Max	1648	853	49	38	393	30	81	32
Stallmist-Kompost	Mittelwert	1386	687	37	34	311	19	91	32
	Min	378	244	7	8	100	2	15	0
	Max	2744	1221	82	75	586	42	251	77
Rottemist	Mittelwert	927	475	24	23	214	10	51	19
	Min	246	130	5	5	60	1	7	0
	Max	2005	1084	60	47	533	25	172	55

Tabelle 7: Nährstoffverluste durch Sickersäfte bei der Kompostierung/Lagerung von Stallmist (Werte in g/m² Grundfläche)

unters. Material	Stat. Wert	TM	Asche	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	Ges.-N	NH ₄ -N
Tretmist-Kompost	Mittelwert	200	115	4,0	5,0	54	2,8	10,4	2,1
	Min	45	27	1,8	1,8	10	1,5	0,9	0,0
	Max	346	194	10,3	9,4	94	6,3	20,3	6,7
Stallmist-Kompost	Mittelwert	372	184	9,9	9,2	83	5,1	24,4	8,6
	Min	101	65	1,9	2,3	27	0,4	3,9	0,0
	Max	736	327	22,0	20,1	157	11,3	67,2	20,6
Rottemist	Mittelwert	248	127	6,5	6,2	57	2,8	13,7	5,0
	Min	66	35	1,5	1,4	16	0,3	2,0	0,0
	Max	537	291	16,0	12,5	143	6,7	46,1	14,8

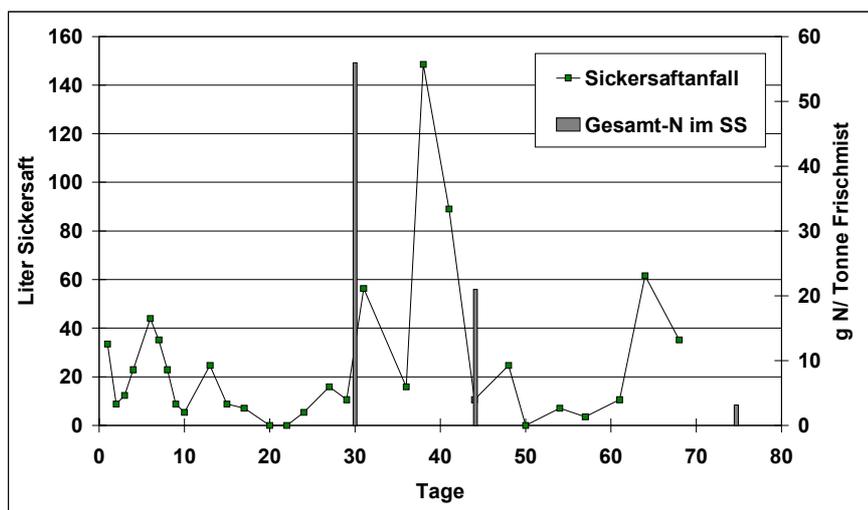


Abbildung 2: Zeitlicher Sickersaftanfall und Stickstoffaustrag durch Sickersäfte (Frühjahr 1994)

Tabelle 8: Nährstoffverluste in Prozent durch Sickersäfte bei der Kompostierung/Lagerung von Stallmist

unters. Material	Stat. Wert	TM	Asche	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	Ges. -N
Tretmist-Kompost	Mittelwert	0,31	0,60	0,34	0,72	3,02	0,39	0,72
	Min	0,06	0,10	0,14	0,22	0,66	0,18	0,09
	Max	0,68	1,47	1,13	1,78	5,79	1,00	1,37
Stallmist-Kompost	Mittelwert	0,65	1,29	0,83	1,69	5,90	0,68	1,67
	Min	0,13	0,20	0,15	0,26	2,07	0,05	0,29
	Max	1,32	2,76	2,26	3,59	11,64	1,53	4,11
Rottemist	Mittelwert	0,49	1,24	0,57	1,41	4,15	0,40	0,91
	Min	0,14	0,40	0,12	0,33	1,07	0,04	0,17
	Max	1,01	2,54	1,52	4,09	9,58	0,90	2,60

rung zum Einsatz. Die Kompostvariante wurde im Laufe der zehnwöchigen Lagerung sieben Mal umgesetzt, bei der Stapelmistvariante erfolgten keine Eingriffe. Der Kompost wurde händisch bei aufgebautem Messraum umgesetzt, die dabei frei werdenden Emissionen wurden gemessen.

Abbildung 3 und 4 zeigen die kumulierten Methan- und Ammoniakemissionen während der Festmistlagerung und -kompostierung bezogen auf eine Tonne Frischsubstanz. Die während der Versuchszeit gemessenen Emissionen wurden addiert, am 80sten Tag kann die Gesamtsumme der Emissionen während des Lagerungsversuches abgelesen werden. Interessant ist der unterschiedliche Verlauf der Kurven. Während der Kurvenverlauf bei Methan nach 80 Tagen immer noch auf leicht steigende Emissionen hinweist, ist bei den Ammoniakemissionen bereits nach 14 Tagen der überwiegende Anteil an flüchtigem Gas entwichen und kaum mehr eine Zunah-

me erkennbar. Aus dem anaerob gelagerten Stapelmist emittieren mehr klimarelevante Gase (CH₄ und N₂O) als aus dem aerob gelagerten Kompost. Besonders gravierend ist dieser Unterschied bei Methanemissionen.

Die Ammoniakemissionen während der Lagerung sind beim Kompost deutlich höher als beim Stapelmist. Sie nehmen ab dem 10. Tag ab und kommen ab dem 20. Tag zum Erliegen. Beim Stapelmist waren die Ammoniakemissionen nach der Ausbringung nahezu gleich hoch wie während der gesamten Lagerungsdauer. Bei Kompost konnten nach der Ausbringung keine Ammoniakemissionen mehr nachgewiesen werden.

Wenn man nun diesen Ergebnissen die Gesamtbilanzergebnisse aus der Differenzrechnung gegenüberstellt so ergibt sich eine Differenz von rund 1300 g/t Frischmasse. Mittels Differenzrechnung wurden 2,1 kg/t Frischmasse an Verlusten ermittelt, in den Emissionsmessungen des ILUET 0,8 kg/t FM. Prozentu-

ell entsprechen die 800 g NH₃-Verluste/t FM einem Stickstoffverlust von rund 14,5 % bezogen auf den Gesamtgehalt von durchschnittlich 5,5 kg/t FM.

4. Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen

Die Kompostierung von Stallmist erfordert ein hohes Engagement und Einsatzbereitschaft vom Landwirt. In der Regel sind die Stallmiste zu feucht, als das sie ohne Ausgleichsmaterialien kompostiert werden könnten. Nur Stallmist aus der Tiefstreuhaltung könnte diesen Anforderungen gerecht werden. Während der Lagerung und vor allem der Kompostierung kommt es zu einer Nährstoffkonzentrierung in den Wirtschaftsdüngern, was aber absolut gesehen keine Nährstoffanreicherung bedeutet. Der Trockenmassegehalt steigt im Schnitt auf über 35 % und knapp über 50 % der Gesamtmasse wird durch die Kompostierung reduziert. Diese Tatsache schafft geringeren Bedarf an Transportkapazitäten bei der Ausbringung im Vergleich zu Frischmist, der allerdings nur zu einem kleinen Teil den zusätzlichen Aufwand für die Kompostierung abdeckt.

Der geringe Ammonium-N Gehalt im Frischmist von rund 10 % wird bei der Kompostierung und auch bei der Lagerung auf Null reduziert.

Die Erfassung der Sickersäfte mittels Auffangbehälter brachte keine nennenswerten Unterschiede zwischen den einzelnen Festmistarten und Behandlungsvarianten. In niederschlagsreichen Gebieten mit 800 und mehr mm Niederschlägen pro Jahr sollten die Kompostmieten unbedingt mit Kompostvlies abgedeckt werden, um eine Vernässung der Mieten zu verhindern.

Gesamthafte Stoffbilanzen sind im Bereich der Landwirtschaft äußerst schwierig zu realisieren, handelt es sich doch durchwegs um sehr inhomogene Materialien. Die bilanzierten N-Verluste lagen mit knapp über 35 % bei den Komposten in dem von der Literatur angegebenen Bereich. Allerdings weit über den vom ILUET mittels mobilen Emissionsmessraum gemessenen Wert von 14,5 %. Auch zeigten die "rechnerischen Nährstoffgewinne" die Schwierigkeit eine homogene Probe aus den Wirtschafts-

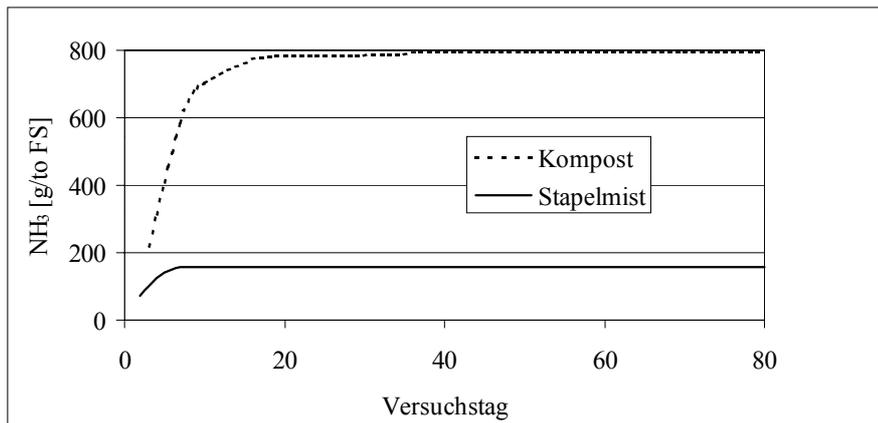


Abbildung 3: Kumulierte Methanemissionen im Verlauf der Festmistlagerung und -kompostierung

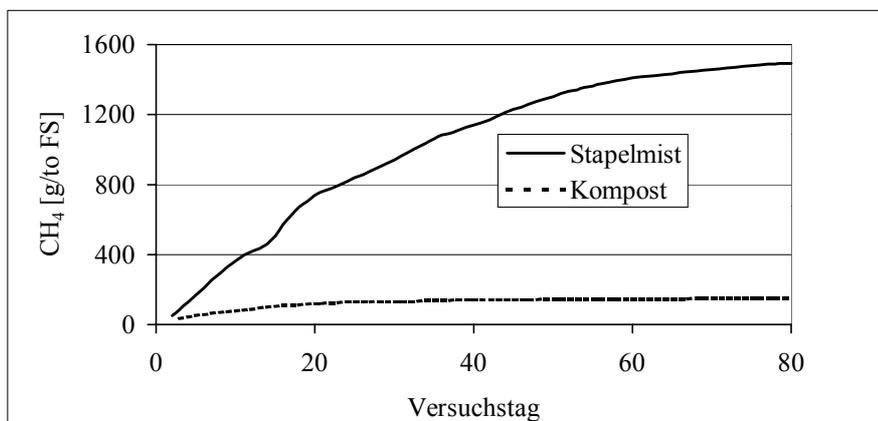


Abbildung 4: Kumulierte Ammoniakemissionen im Verlauf der Festmistlagerung und -kompostierung

düngern zu gewinnen, die letztlich mit 25 g (Einwaage im Labor) eine Miete von knapp über 7000 kg repräsentieren soll. Trotzdem muss bei der Beurteilung eines Verfahrens, insbesondere aus der Sicht der Emissionen die gesamte Verfahrenskette, vom Stall über die Lagerung und die Ausbringung berücksichtigt werden. Bei der Beurteilung der Umweltrelevanz eines Verfahrens müssen umwelt- und klimarelevante Gase gemeinsam berücksichtigt werden (siehe CH₄- und N₂O-Emissionen beim Stapelmist, NH₃-Emissionen beim Kompost).

5. Zusammenfassung

An der BAL Gumpenstein wird seit 1992 im Rahmen des Projektes "Wirtschaftsdüngerkompostierung und Anwendung auf dem Grünland und Acker" (Kurztitel) Stallmist aus der Anbindehaltung kompostiert, gelagert und Stallmist aus einem Tretmistsystem nur kompostiert. Die so behandelten Wirtschaftsdünger werden neben Flüssigmist und Mineral-

dünger in unterschiedlichen Intensitätsstufen (1,5 und 3,0 GVE/ha am Grünland und 2,0 GVE/ha am Acker) in einem Kreislaufsystem geführt.

Der Stallmist wird zum einen Teil gelagert, zum anderen Teil mit Stroh vermengt und kompostiert. Die Kompostierung und Lagerung erfolgt auf drei 30 m² großen Betonlysimeteranlagen der BAL Gumpenstein und dauert ca. 10 Wochen im Sommer und sieben Monate bei einer Herbstlagerung/-kompostierung. Beim Flüssigmist wird von durchschnittlichen Lagerverlusten für die Düngermengenberechnung ausgegangen.

Während der Kompostierung muss mit einer Reduktion von rund 55 % an Frischmasse und knapp 40 % an Trockenmasse gerechnet werden. Stickstoff geht zu rund 35 % nach der Differenzmethode errechnet verloren. Über 95 % davon sind gasförmige Verluste. Rottemist verliert im Mittel rund 35 % der Frischmasse, weitere Zahlen sind nach der Differenzmethode nicht interpretier-

bar. Große Probleme bereitet die repräsentative Probenahme von der Miete bis zum Aufschluss.

Die Nährstoffverluste durch Sickersäfte sind sowohl bei der Kompostierung als auch bei der Lagerung von Stallmist bezogen auf die Gehaltswerte in den Wirtschaftsdüngern gering. Ein bis maximal vier Prozent des Gesamtstickstoffgehaltes in den Kompost- und Rottemistmieten gehen durch Sickersäfte verloren. Davon werden rund 60 % in den ersten drei bis vier Lagerungs- bzw. Behandlungswochen in den Sickersäften nachgewiesen. Davon liegt weniger als ein Drittel in Form des leicht löslichen Ammonium-Stickstoffes vor (9 bis 32 g/t Frischmist).

Die Verluste weiterer Nährstoffe (MgO, P₂O₅ u. CaO) sind verschwindend gering.

Der am ILUET der Universität für Bodenkultur entwickelte Emissionsmessraum wurde 1996 erstmals bei der Festmistkompostierung und -lagerung eingesetzt. Bei der anaeroben Festmistlagerung wurden höhere Methan- und Lachgasemissionen gemessen als bei der Festmistkompostierung. Der Kompost emittierte mehr Ammoniak als der Stapelmist, allerdings mit 14,5 % N-Verluste gemessen am Anfangsgehalt wesentlich weniger als mittels Differenzberechnung ermittelt.

6. Literatur

- AMON, B., J. BOXBERGER, Th. AMON, A. ZAUSSINGER u. A. PÖLLINGER, 1997: Einsatz eines mobilen Emissionsmessraumes zur Emissionsratenbestimmung umwelt- und klimarelevanter Gase aus der Rinderhaltung (Stall, Festmistlagerung und -kompostierung). Bau, Technik und Umwelt in der Landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. Beitrag zur 3. Internationalen Tagung, 11.-12.3.97, Kiel. S. 344-351.
- BARTUSSEK, H., M. TRITTHART, H. WÜRZL u. W. ZORTEA, 1995: Rinderstallbau. Leopold Stocker Verlag, Graz.
- BUCHGRABER, K., 2000: Komposteinsatz in der Landwirtschaft und im Gemüsebau. Der fortschrittliche Landwirt. „Komposteinsatz in der Landwirtschaft“. H. 1.
- DUNST, G., 1991: Kompostierung. Anleitung für die Kompostierung am Bauernhof, im Garten und im kommunalen Bereich. Leopold Stocker Verlag, Graz.
- FRANZ, H., 1950: Neue Forschungen über den Rotteprozess von Stallmist und Kompost. Veröffentlichungen der Bundesanstalt für alpine Landwirtschaft Admont. Springer-Verlag, Wien.

- GOTTSCHALL, R., 1984: Kompostierung. Optimale Aufbereitung und Verwendung organischer Materialien im ökologischen Landbau. Verlag C.F. Müller, Karlsruhe.
- HELM, M., 1995: Prozessführung bei der Kompostierung von organischen Reststoffen aus Haushalten. KTBL Schrift 371.
- HOCHKÖNIG, W., 1981: Wirtschaftlichkeit und Grenzen der Gülletechnik. 7. Arbeitstagung „Fragen der Güllerei“. II. Band. BAL Gumpenstein, 29.09.-02.10.81. S. 493-548.
- HRADETZKY, R. u. L. SCHULZ, 1996: Einfluss von im Freiland angelegten Miststapel auf das Grundwasser. Erste Ergebnisse. 6. Gumpensteiner Lysimetertagung „Lysimeter im Dienste des Grundwasserschutzes“, BAL Gumpenstein, 16-17.4.96. S. 163-174.
- KAUPE, L., 1992: Mündliche Mitteilung über die Förderung von Wirtschaftsdüngersammelanlagen, Verteilung von Jauchegruben zu Güllelagerraum. BMLF, Wien.
- KRANTZ, H., 1927: Die behelfsmäßige Edelmistbereitung. Gärstatt GmbH, München.
- ÖNORMS 2023. Untersuchungsmethoden und Güteüberwachung von Komposten. 1993.
- PÖTSCH, E., 1997: Was gilt es bei der Düngung von Grünland zu beachten? Der fortschrittliche Landwirt: „Grünlanddüngung“. H. 19.
- REMER, N., 1954: Bodenständige Dauerfruchtbarkeit. Schriftenreihe „Lebendige Erde“ Forschungsring für biologisch-dynamische Wirtschaftsweisen, Stuttgart. Metta Kinau Verlag Nachf./Lüneburg.
- ROHDE, G., 1956: Stalldünger und Bodenfruchtbarkeit. Deutscher Bauernverlag, Berlin.
- SAUERLANDT, W., 1948: Grundlagen der Bodenfruchtbarkeit. Humusdüngung und Bodengare. Metta Kinau Verlag Nachf./Lüneburg.
- SCHECHTNER, G., 1981: Nährstoffwirkung und Sonderwirkungen der Gülle auf dem Grünland. 7. Arbeitstagung „Fragen der Güllerei“. I. Band. BAL Gumpenstein, 29.09.-02.10.81. S. 135-196.
- SWOBODA, M., 1990: Kompostieren - Ein „neues“ landwirtschaftliches Verfahren. Praktische Landtechnik - 115. 4/90. S. 3-5.
- WIMMER, J., R. MAYER u. K. AICHBERGER, 2000: „Kompostversuch Ritzlhof“. Prüfung von Bioabfall-, Grünschnitt- und Mistkomposten auf Pflanzenverträglichkeit und Nährstoffverfügbarkeit im Feldversuch (1991-2001). Zwischenbericht d. Projektes Nr. BAB 2/91. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.