

Kompostprojekt Gumpenstein: Ergebnisse der grünlandwirtschaftlichen Versuche

E.M. PÖTSCH

1. Einleitung-/ Aufgabenstellung

Neben den herkömmlichen Systemen wie Gülle, Jauche und Stallmist ist in den letzten Jahren auch am Grünland eine immer stärkere Entwicklung der Kompostierung von Festmist, die in etwa acht von zehn Betrieben allein oder in Kombination mit Jauche anfallen, zu beobachten (Abschlußbericht AL-GL 2/55, 1994; STREBL, 1993). Besonders im Hinblick auf den Einsatz von tier- und artgerechteren Haltungssystemen, wie etwa Tretmist- und Laufställen (BARTUSSEK u.a., 1995) und dem damit verbundenen höheren Einstreubedarf, bietet die Kompostierung als eine Form der Festmistbehandlung (ÖKL, 1992; PÖLLINGER und PÖTSCH, 1998) eine brauchbare Möglichkeit, einige damit zusammenhängende Probleme (langsame und schlechte Verrottung der Einstreu, eingeschränkte Anwendung von Frischmist etc.) zu lösen (BUCHGRABER u.a., 1994).

Grundsätzlich werden folgende allgemeine Anforderungen an die Wirtschaftsdüngerbehandlung gestellt:

- Verringerung von Nährstoffverlusten während der Lagerung und Ausbringung
- Senkung der Geruchsbelastung und Erhöhung der Nährstoffwirkung
- Verbesserung der Pflanzen-, Boden- und Umweltverträglichkeit
- Erhöhung der Homogenität zur Erzielung einer gleichmäßigen Nährstoffversorgung
- Verbesserung der Ausbringungseigenschaften zur Erhöhung der Verteilgenauigkeit

Neben diesen allgemeinen Anforderungen weist die Festmistbehandlung noch folgende spezifische Zielsetzungen auf:

- eine gute Verrottung und Schaffung einer feinkrümeligen Struktur, damit

in den Grünlandbetrieben auch zwischen den einzelnen Schnitten ohne große Gefahr einer Futtermittelverschmutzung gedüngt werden kann.

- eine gute Bodenverträglichkeit des Düngers, insbesondere für sehr lockere, strukturschwache oder sehr schwere, kalte Standorte.

Was bringt die Anwendung von Festmistkomposten aus pflanzenbaulicher Sicht?

Bisher gibt es über den Einsatz von Kompost am Grünland nur wenige exakte Untersuchungen, vor allem im Vergleich zu den herkömmlichen Wirtschaftsdüngersystemen. Oft wird die Meinung vertreten, Festmistkomposte könnten im Hinblick auf die Düngerwirkung nicht mit den konventionellen Systemen mithalten. Durch den sehr geringen Anteil an leicht löslichen und daher unmittelbar pflanzenverfügbaren Nährstoffen im Vergleich zu Jauche und Gülle ist zwar die Direktwirkung (also jene zum jeweils gedüngten Aufwuchs) schwächer ausgeprägt, bei langjähriger Anwendung sollte aber die Summe aller Nachwirkungen dieses Manko kompensieren (BERNER, 1998). Ziel des vorliegenden Projektes ist es unter anderem, die Wirksamkeit der Hauptnährstoffe im Kompost als auch die Wirksamkeit des Kompostsystems in seiner Gesamtheit zu prüfen.

Tabelle 1: Gehalt an Bodennährstoffen im Kompostversuch Gumpenstein (0-10 cm, zu Versuchsbeginn 1991)

Parameter	Methode	mg/100g Fb	Gehaltsstufe
P ₂ O ₅	DL	24,0	D
P ₂ O ₅	H ₂ O-Auszug	4,5	
K ₂ O	DL	13,0	C
K ₂ O-Fix.		10,7	
Mg	Schachtschabel	11,0	D
	Methode	mg/1000g Fb	Gehaltsstufe
Fe	EDTA-Auszug	612	E
Mn	EDTA-Auszug	287	E
Cu	EDTA-Auszug	3,6	C
Zn	EDTA-Auszug	10,4	C
B	Acetat-Auszug	0,0	A

2. Material und Methoden

Zur Einschätzung der Wirksamkeit von Kompost am Grünland und dessen Vergleichbarkeit mit den herkömmlichen Wirtschaftsdüngersystemen sind entsprechende Langzeitversuche erforderlich. An Hand des Kompostversuches 604 in Gumpenstein soll dieser Fragenkomplex näher beleuchtet werden.

2.1 Untersuchungsstandort

Der oben genannte Feldversuch befindet sich auf einer nordexponierten, 10° geneigten Fläche auf dem Hauptversuchsfeld der BAL Gumpenstein. Die im Rahmen einer Exkursion der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft (EISENHUT, 1975) durchgeführte Bodenansprache, weist im Oberhang einen verbräunten Ranker und im Unterhang eine Lockersediment-Braunerde aus. Das Ausgangsmaterial stellen in beiden Fällen fluvioglaziale Sedimente (silikatischer Grus und Schotter) dar.

Der Ø Humusgehalt, des als lehmiger Sand eingestuften Bodens beträgt 5,8%, der Tongehalt liegt bei einem Wert von 8,7%. Die effektive Kationenaustauschkapazität (KAK_{eff}) beträgt 64,8 mval/1000g Feinboden und weist auf eine niedrige Pufferkapazität hin. Der Sättigungsanteil von Calcium liegt bei 80%, jener von Magnesium bei 15%.

Autor: Dr. Erich M. PÖTSCH, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 IRDNING

Tabelle 1 enthält die wichtigsten Bodenparameter zum Zeitpunkt des Versuchsbeginnes. Die Hauptnährstoffe P_2O_5 und Mg lagen in der Gehaltsstufe D (= hoch), K_2O war ausreichend vorhanden. Bei den Mikronährstoffen lagen sowohl Eisen als auch Mangan in der Gehaltsstufe E (= sehr hoch), der Gehalt an Kupfer und Zink war ausreichend, Bor konnte im Acetat-Auszug nach BARON nicht nachgewiesen werden (Gehaltsstufe A = sehr niedrig).

Die durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge am Standort Gumpenstein beträgt 1010 mm (60-jähriges Mittel), die Ø Jahrestemperatur liegt bei 6,8 °C. *Abbildung 1* zeigt den Jahresniederschlags- und Jahrestemperaturverlauf im Auswertungszeitraum von 1991- 1998. Im Vergleich zum langjährigen Mittel lag dabei die Ø Temperatur um 0,2°C höher, der Jahresniederschlag lag um knapp 60 mm über dem Vergleichswert.

2.2 Feldversuchsanlage

Bereits 1991 wurde der Kompostversuch 604 in Form einer Split-Plot-Anlage mit vierfacher Wiederholung angelegt. Der Faktor Düngung wird in zwei Teilfaktoren geführt, nämlich Subfaktor Düngungssystem mit 5 Varianten und Subfaktor Düngungsniveau mit 2 Varianten (siehe *Tabelle 2*). Die Einzelparzellen-

größe beträgt 16,6 m², die Nutzung erfolgte in Form von drei Schnitten/Jahr.

2.2.1 Düngung des Feldversuches

Das Düngungsniveau von 1,5 GVE/ha liegt im Bereich des landesüblichen Bewirtschaftungsniveaus (1,1 bis 2,0 GVE/ha), während das Düngungsniveau von 3,0 GVE/ha in der Praxis nur auf sehr wenigen Flächen angewendet wird und bereits nahe an den gesetzlichen Grenzwert von maximal 3,5 DGVE/ha herankommt. Die Ausbringung der einzelnen Dünger erfolgt manuell und in den in *Tabelle 3* angeführten Einzel- bzw. Teilmengen des Düngungsplanes. Die PK-Versorgung bei den Wirtschaftsdüngervarianten erfolgt größtenteils über die Wirtschaftsdünger selbst, eine allenfalls zusätzlich notwendige mineralische PK-Versorgung erfolgt nach Maßgabe einer PK-Bilanzierung. Angestrebt wird eine Rücklieferung von 0,7 kg P_2O_5 /dt Futtertrockenmasse bei einem Viehbesatz von 1,5 GVE/ha und 0,9 kg P_2O_5 /dt Futtertrockenmasse bei einem Viehbesatz von 3,0 GVE/ha, für Kali betragen diese Werte 2,3 kg bzw. 2,5 kg K_2O /dt Futtertrockenmasse. Diese Werte entsprechen im wesentlichen den aktuellen Empfehlungen nach den RICHTLINIEN FÜR DIE SACHGERECHTE DÜNGUNG (5. Auflage, 2000). Neben rein mineralisch

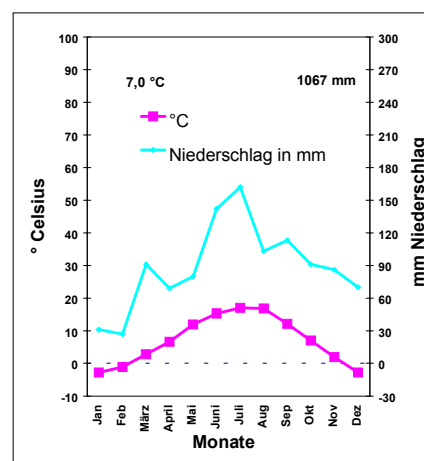


Abbildung 1: Klimadiagramm für den Zeitraum 1991-1998 am Standort Gumpenstein

gedüngten Varianten wurde hier das Güllesystem drei unterschiedlichen Festmistsystemen gegenübergestellt. Diese drei Festmistvarianten unterscheiden sich einerseits durch die Herkunft des Ausgangsmaterials, bezogen auf die Art des Haltungssystems und zum anderen im Grad der Rotte.

2.2.2 Nährstoffgehalt der eingesetzten Dünger

In *Tabelle 4* sind die im Kompostversuch 604 eingesetzten Wirtschaftsdüngerformen mit den jeweils durchschnittlichen Analysenwerten angeführt. Zur besseren Vergleichbarkeit mit den derzeit verwendeten Durchschnittswerten der Richtlinien für die sachgerechte Düngung (BMLF, 2000) beziehen sich die Gehaltswerte jeweils auf die Frischmasse. Die beiden Kompostvarianten weichen in den Nährstoffgehalten etwas voneinander ab, gegenüber dem Rottemist zeigt sich jedoch ein deutlich höherer Trockenmassegehalt sowie eine wesentlich höhere Konzentration für sämtliche Nährstoffe. Die in diesem Versuch ermittelten Nährstoffgehaltswerte der einzel-

Tabelle 2: Versuchsvarianten im Kompostversuch 604, Gumpenstein

Var.	Düngungssystem	Düngungsniveau
1	PK -Düngung - mineralisch	1,5 GVE/ha
2	Gülle unbehandelt 1:0,5 mit Wasser verd.	1,5 GVE/ha
3	Kompost Anbindehaltung + Jauche	1,5 GVE/ha
4	Kompost Tretmist (+ Jauche)	1,5 GVE/ha
5	Rottemist Anbindehaltung + Jauche	1,5 GVE/ha
6	NPK - Düngung - mineralisch	3,0 GVE/ha
7	Gülle unbehandelt 1:0,5 mit Wasser verd.	3,0 GVE/ha
8	Kompost Anbindehaltung + Jauche	3,0 GVE/ha
9	Kompost Tretmist (+ Jauche)	3,0 GVE/ha
10	Rottemist Anbindehaltung + Jauche	3,0 GVE/ha

Tabelle 3: Düngungsplan zum Kompostversuch 604, Gumpenstein

Varianten	GVE/ha	v.d. 1.Schnitt	n.d. 1.Schnitt	n.d. 2.Schnitt	n.d. 3.Schnitt
PK -Düngung - mineralisch	1,5	63 P + 168K	-	-	-
Gülle unbehandelt 1:0,5 mit Wasser	1,5	½ Gülle	½ Gülle	-	-
Kompost Anbindehaltung + Jauche	1,5	1/1 Kompost	1/1 Jauche	-	-
Kompost Tretmist (+ Jauche)	1,5	1/1 Kompost	1/1 Jauche	-	-
Rottemist Anbindehaltung + Jauche	1,5	1/1 Rottemist	1/1 Jauche	-	-
NPK - Düngung - mineralisch	3,0	45 P + 125 K + 56 N	45 P + 125 K + 56 N	+ 56 N	-
Gülle unbehandelt 1:0,5 mit Wasser	3,0	1/3 Gülle	1/3 Gülle	1/3 Gülle	-
Kompost Anbindehaltung + Jauche	3,0	½ Kompost ½ Jauche	½ Kompost	½ Jauche	-
Kompost Tretmist (+ Jauche)	3,0	½ Kompost	½ Kompost	1/1 Jauche	-
Rottemist Anbindehaltung + Jauche	3,0	½ Jauche	½ Rottemist	½ Jauche	½ Rottemist

Tabelle 4: Durchschnittliche Nährstoffgehalte der im Kompostversuch 604 eingesetzten Wirtschaftsdünger

Wirtschaftsdüngerart	g/kg Frischmasse					
	TM	N _{ges}	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Gülle (unverdünnt)	7,6	3,4	1,1	4,0	1,7	0,9
Jauche (unverdünnt)	3,1	3,0	0,2	8,6	0,2	0,5
Rottemist	21,9	5,7	4,4	7,2	6,2	2,9
Kompost (Anbindehaltung)	31,2	7,3	5,8	9,4	11,9	5,4
Kompost (Tretmist)	34,3	8,3	5,7	12,3	13,2	6,3

Tabelle 6: Nährstoffverhältnis der im Kompostversuch 604 eingesetzten Wirtschaftsdünger

Wirtschaftsdüngerart	Nährstoffverhältnis		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Gülle (unverdünnt)	1	0,35	1,2
Jauche (unverdünnt)	1	0,05	2,9
Rottemist	1	0,65	1,1
Kompost (Anbindehaltung)	1	0,70	1,2
Kompost (Tretmist)	1	0,60	1,3

Tabelle 5: Nährstoffgehalte von Wirtschaftsdüngern in kg/t bzw. kg/m³ sowie Anfallsmengen in t je Tier und Zeiteinheit (SCHECHTNER, 1991, ergänzt durch BUCHGRABER und PÖTSCH sowie BMLF, 2000)

Art der Tiere und des Wirtschaftsdüngers	Anfallsmenge je Tier- und Zeiteinheit	TM in %	Org. Masse	N		P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
				N _{stallfallend}	N _{anrechenbar}				
Milchkühe (inkl. Nachzucht)									
Stallmist (einstreuarm)	9 t/GVE und Jahr	20-25	175	5,0	3,5	3,0	5,0	5,0	2,0
Jauche ("unverdünnt")	6,5 t/GVE und Jahr	3	13	3,5	3,0	0,2	9,5	0,3	0,5
Gülle ("unverdünnt")	15 t/GVE und Jahr	10	75	4,5	3,4	2,0	6,5	3,0	1,5
Stallmistkompost	je nach Umsetzung	25-40	155		4,8	5,0	11,0	9,0	4,0
Mastrinder (Maissilage)									
Gülle (unverdünnt)	12 t/GVE und Jahr	10	75	6,0	4,5	2,5	5,0	2,0	1,0
Mastkälber	0,5 t/Kalb und								
Gülle (unverdünnt)	75 Tage Mastperiode	5	35	7,0	5,3	2,5	4,0	2,0	1,0
Schafe (inkl. Lämmer)									
Tiefstallmist	1 t/GVE und Monat Stallhaltung	25-30	200	8,0	5,6	3,0	7,0	4,0	2,0
Pferde									
Stallmist	8 t/GVE und Jahr	25-30	225	6,0	4,2	3,0	6,0	3,0	1,5
Zuchtsauen									
Stallmist	3,5 t/Sau und Jahr	25	200	6,0	4,2	6,0	4,0	6,0	2,0
Jauche	2,5 t/Sau und Jahr	2	8	4,0	3,4	1,0	3,0	0,5	0,2
Gülle	4,0 t/Sau und Jahr	10	75	7,6	5,6	4,5	4,0	5,5	1,5
Mastschweine (Gülle)									
Futter: Getreide	2,0 t/Mastplatz	10	75	8,0	6,0	5,0	4,0	4,5	1,5
Futter: MKS - CCM	1,4 t/Mastplatz	5	35	6,0	4,5	3,5	3,5	3,0	1,0
Tiefstallmist	1,4 t/Mastplatz	30	-	10,5	7,4	5,0	8,0	-	-

nen Wirtschaftsdünger liegen insgesamt im Bereich der von SCHECHTNER u.a. (1991) sowie BUCHGRABER und PÖTSCH (1996) in *Tabelle 5* angegebenen Werte. Für das Verhältnis der Hauptnährstoffe zueinander brachte die Kompostierung nur eine geringfügige Veränderung im Vergleich zum Rottemist (siehe *Tabelle 6*).

Auffallend, jedoch nicht ungewöhnlich, ist das sehr ungünstige Nährstoffverhältnis in der Jauche als einseitiger NK-Dünger, die Ausbringung von Jauche gemeinsam mit Festmist sorgt hier aber für einen entsprechenden Ausgleich in der Phosphorversorgung. Dieser Aspekt muß beim Stallmist/Jauche-System in der Düngungspraxis unbedingt berücksichtigt werden!

3. Ergebnisse und Diskussion

Die nachfolgenden Auswertungen beinhalten die Ergebnisse aus insgesamt acht Versuchsjahren, was im Hinblick auf die erwarteten Langzeiteffekte der Kompostdüngung eine noch relativ kurze Phase darstellt.

3.1 Futterertrag

Die *Abbildungen 2 und 3* zeigen den Ertragsverlauf aller Einzelvarianten im Versuchszeitraum von 1992 bis 1998, wobei mit geringen Abweichungen sämtliche Varianten in den Jahresschwankungen gleichgerichtet reagierten. Auffallend ist dabei der deutlich ausgeprägte Ertragsanstieg im Jahre 1994, dessen Niveau nach den zwei darauffolgenden

schlechteren Jahren erst im Jahre 1997 wieder erreicht wird und auch im letzten Auswertungsjahr 1998 anhält.

Abbildung 4 enthält Angaben über die durchschnittlichen Temperaturen (7^h, 14^h, 19^h und Tagesmittel) sowie über die Jahresniederschlagsmenge in den Jahren 1992 bis 1998. Die Ursache für die Ertragsdifferenzen in den einzelnen Jahren dürften in erster Linie auf die, verglichen mit der Ertragsdynamik, beinahe synchron verlaufenden Temperaturunterschiede zurückzuführen sein. Dabei fällt auf, daß im ertragsstarken Jahr 1994 die höchsten Temperaturwerte auftraten. Zwar wies dieses Jahr mit 891 mm die geringste Niederschlagssumme im Versuchszeitraum auf, was allerdings für Grünland noch durchaus ausreichend

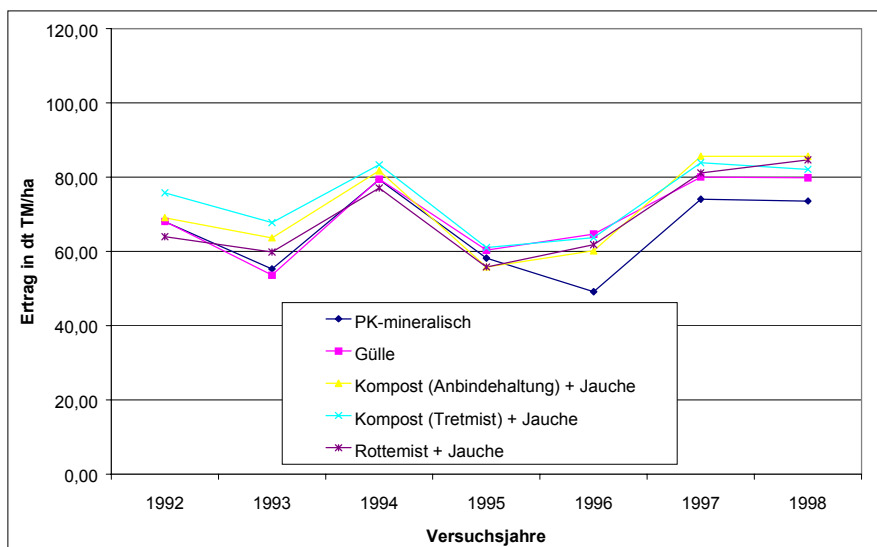


Abbildung 2: Ertragsverlauf der Varianten 1-5 (1,5 GVE/ha) im Kompostversuch Gumpenstein (1992-1998)

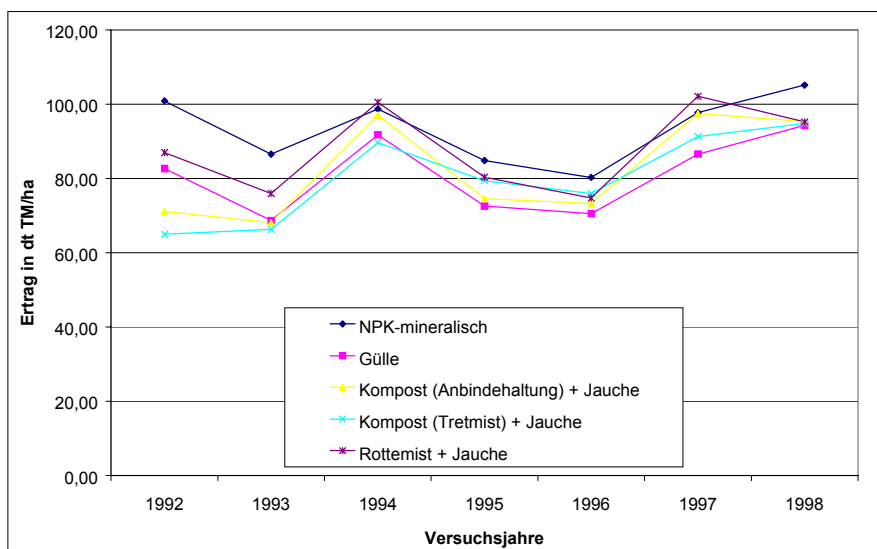


Abbildung 3: Ertragsverlauf der Varianten 6-10 (3,0 GVE/ha) im Kompostversuch Gumpenstein (1992-1998)

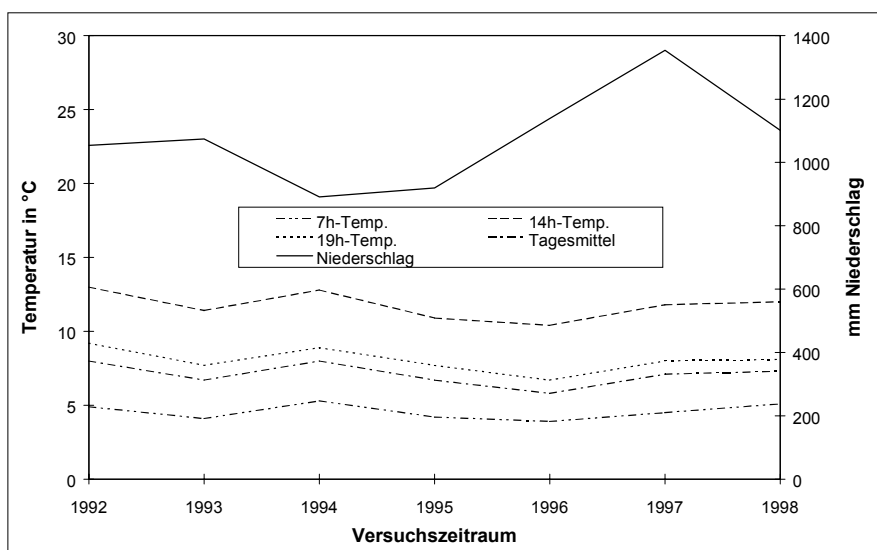


Abbildung 4: Niederschlags- und Temperaturdaten im Versuchszeitraum von 1992 - 1998 am Versuchsstandort Gumpenstein (1992-1998)

erscheint und keinen limitierenden Faktor darstellt.

Eine Streuungszerlegung, durchgeführt mit den Trockenmasseerträgen der Jahre 1992 bis 1998, zeigte in der Untergruppe "A" (=Varianten 1 bis 5) keinen signifikanten Einfluß der geprüften Düngungssysteme (Tabelle 7). Das bedeutet, daß etwaige Ertragsunterschiede sowohl zwischen den Rottemist- und Kompostvarianten als auch im Vergleich zum Güllesystem bei einem Düngungsniveau von 1,5 GVE/ha nur zufallsbedingt waren. Tendenziell wiesen in dieser Untergruppe aber die beiden Kompostvarianten das höchste Ertragsniveau auf. Interessant ist die Tatsache, daß die PK-Variante ohne jegliche externe N-Zufuhr mit $\bar{\emptyset}$ 65 dt/ha und Jahr ein durchaus beachtliches Ertragsniveau erreichte. Der in dieser Variante mit $\bar{\emptyset}$ 23 Gew.-% sehr hohe Leguminosenanteil leistete also über die biologische N-Bindung einen erheblichen Beitrag zur Nährstoffversorgung des Bestandes (PÖTSCH, 1997).

In der Untergruppe B (=Varianten 6-10) lagen zwischen den einzelnen Varianten signifikante Unterschiede im Trockenmasseertrag vor, wobei die mineralisch gedüngte NPK-Variante mit ca. 93 dt TM/ha das höchste Ertragsniveau aufwies und sich mit Ausnahme von der Variante 10 (=Rottemist + Jauche) signifikant unterschied (Tabelle 8). Die beiden Kompostvarianten lagen in dieser Untergruppe ertragsmäßig im Bereich der Güllevariante, von der sie sich nicht signifikant unterschieden.

Der Ertragsunterschied zwischen den beiden Düngungs niveaus 1,5 GVE/ha und 3,0 GVE/ha (Gruppe A zu Gruppe B) fiel mit ca. 15,5 dt TM/ha trotz Verdoppelung des Düngungs niveaus insgesamt recht bescheiden aus.

In den Düngungsvarianten der Untergruppe A konnte ein Grundfutterertrag erzielt werden, der zur Versorgung von rund 1,4 - 1,6 GVE ausreicht, während in der Untergruppe B im Durchschnitt der sieben Versuchsjahre ein Futterertrag für 1,8 - 2,1 GVE erzielt werden konnte (Variante 6 = mineralische Volldüngung).

Daraus ist ersichtlich, daß zur vollen Ausschöpfung einer hohen bzw. sehr hohen Ertragslage man mit den Wirtschaftsdüngern alleine nicht mehr das Auslangen findet und darüber hinaus

Tabelle 7: Einfluß der Düngungsvarianten auf den Trockenmasseertrag in der Untergruppe A (=Varianten 1-5)

Source	dF	Sum of square	Mean of square	F Ratio	F Prob.
Between Groups	4	1136,15	284,04	1,456	,219
Within Groups	135	26327,4	195,02		
Total	139	27463,5			

Varianten Gruppe A	Ø TM-Ertrag in dt/ha	
1	65,38	a
5	69,19	a
2	69,42	a
3	71,67	a
4	73,94	a

Tabelle 8: Einfluß der Düngungsvarianten auf den Trockenmasseertrag in der Untergruppe B (=Varianten 6-10)

Source	dF	Sum of square	Mean of square	F Ratio	F Prob.
Between Groups	4	3487,53	871,88	5,027	,001
Within Groups	135	23416,4	173,45		
Total	139	26903,9			

Varianten Gruppe B	Ø TM-Ertrag in dt/ha			
9	80,35	a		
7	81,02	a	b	
8	82,40	a	b	
10	87,98	a	b	c
6	93,46			c

Tabelle 9: Stickstoff in den Wirtschaftsdüngern aus der Rinderhaltung und dessen Wirksamkeit im Dauergrünland (SCHECHTNER u.a., 1991, ergänzt durch BUCHGRABER u.a., 1994)

	NH ₄ -N in %	org. geb. N in %	Jahreswirkung	längerfristige Nachwirkung	Gesamtwirkung
Stallmist	15	85	35	35	70
Jauche	90	10	85	5	85
Gülle	50	50	50	25	75
Kompost*	5	95	bis 30	40	bis 70

* vorläufige Werte

Tabelle 10: Gewichts- und Nährstoffverluste bei der Rotte bzw. Kompostierung im Vergleich zu Frischmist (PÖLLINGER, 1996)

	Frischmasse	Verluste*		
		N _{ges}	P ₂ O ₅	K ₂ O
Frischmist	-	-	-	-
Rottemist	30 %	20 %	0,3	4,5
Mistkompost	55 %	35 %	0,8	6,1

*Die Ergebnisse stammen aus Versuchen mit Vliesabdeckung - ohne Abdeckung ist vor allem bei Kalium mit höheren Verlusten zu rechnen.

eine zusätzliche Zufuhr von mineralischem Stickstoff erforderlich wäre, eine Möglichkeit, von der jedoch in der Praxis der österreichischen Grünlandwirtschaft vor allem aus ökologischen Gründen nur sehr wenig Gebrauch gemacht wird.

3.2 Nährstoffwirksamkeit

Über die Wirksamkeit von Komposten und deren Nährstoffe gibt es nach wie vor sehr unterschiedliche Meinungen und Aussagen. Vor allem die Frage nach der Wirksamkeit des Kompoststickstoffes wird sehr kontroversiell diskutiert und soll daher im folgenden näher beleuchtet werden. Während die Faktoren zur Berechnung des anrechenbaren Stickstoffes (früher als sogenannter feldfallender Stickstoff bezeichnet) für Gülle (0,75), Jauche (0,85) und Stallmist (0,70) seit vielen Jahren mehr oder weniger unbestritten sind, wird der bisher für Festmistkomposte verwendete Faktor von 0,70 als überhöht kritisiert (Tabelle 9). Abweichend zu den in Tabelle 9 angeführten Werten für den NH₄-N-Anteil in den einzelnen Wirtschaftsdüngerarten

ergaben die Analysen der im Kompostversuch 604 eingesetzten Wirtschaftsdünger für die Jauche einen NH₄-N-Anteil von 62%, für die Gülle von 38% sowie für den Rottemist 5%. Der NH₄-N-Gehalt in den beiden Kompostvarianten lag stets unter der Nachweisgrenze, die N-Wirkung von Kompost beruht daher in erster Linie auf der Mineralisierung des organisch gebundenen Stickstoffs.

Nach der ab 1.2.2000 in Kraft tretenden 5. Auflage der RICHTLINIEN FÜR DIE SACHGERECHTE DÜNGUNG (BMLF, 2000) ist für Stallmistkomposte unabhängig von der Intensität der Umsetzung ein Wert von 4,8 kg N/t Frischmasse anzurechnen. Verglichen mit einstreurem Stallmist, der je GVE bei einem Mengenanfall von 9 t/Jahr eine anrechenbare N-Menge von 31,5 kg (=9 x 3,5 kg N_{anrechenbar}) ergibt, reduziert sich durch diese Menge bei einem Massenverlust von beispielsweise 55% (Tabelle 10) auf 19,5 kg (=9 x 0,45 x 4,8). Verglichen mit dem einstreurem Stallmist ergibt dies einen Faktor von ca. 0,4 zur Berechnung des anrechenbaren N, wobei hier einerseits sowohl die durch die Kompostierung bewirkten Massenverluste als auch N-Verluste miteinfließen. Die unter 3.1 diskutierten Ertragsergebnisse müssen natürlich auch im Zusammenhang mit den in den einzelnen Varianten zugeführten Nährstoffmengen gesehen werden. Im speziellen werden dabei nachfolgend die Hauptnährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium näher betrachtet, deren Zufuhrmengen in Tabelle 11 angegeben sind. Während bei den Mineraldüngervarianten (Variante 1 und 6) die zugeführten NPK-Mengen über alle Versuchsjahre konstant waren, schwankten diese bei den Wirtschaftsdüngervarianten aufgrund von unterschiedlichen Anfallsmengen (variable Verluste beim Rottemist und vor allem bei den Kompostvarianten) sowie unterschiedlichen Gehaltswerten.

Die Tabellen 12 und 13 beinhalten die über den gesamten Auswertungszeitraum von 1992 bis 1998 erfolgten NPK-Zufuhren für die Varianten der Untergruppe A und B sowie deren Ø Ertragsleistung in dt TM/ha und Jahr. Auffallend ist, daß die Güllevariante in der Untergruppe A trotz höchster N_t-Zufuhr bei allerdings etwas geringerer PK-Zu-

Tabelle 11: Zufuhr an Hauptnährstoffen im Kompostversuch 604, Gumpenstein

Var.	Düngungssystem	Nährstoff	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
1	PK -Düngung - mineralisch	N	0	0	0	0	0	0	0	0
		P ₂ O ₅	63	63	63	63	63	63	63	63
		K ₂ O	168	168	168	168	168	168	168	168
2	Gülle unbehandelt	N	114	99	100	94	97	82	103	98,4
		P ₂ O ₅	40	38	35	34	123	23	37	47,1
		K ₂ O	92	131	127	94	318	102	119	140,4
3	Kompost Anbindehaltung + Jauche	N	68	89	98	68	82	112	64	83,0
		P ₂ O ₅	53	66	61	41	57	67	46	55,9
		K ₂ O	125	142	119	130	270	147	118	150,1
4	Kompost Tretmist (+ Jauche)	N	70	91	86	91	89	90	79	85,1
		P ₂ O ₅	62	67	48	60	66	66	57	60,9
		K ₂ O	192	197	119	172	127	146	113	152,3
5	Rottemist Anbindehaltung + Jauche	N	72	69	74	79	94	93	87	81,1
		P ₂ O ₅	58	70	38	55	48	33	52	50,6
		K ₂ O	118	153	92	149	236	129	125	143,1
6	NPK - Düngung - mineralisch	N	168	168	168	168	168	168	168	168
		P ₂ O ₅	90	90	90	90	90	90	90	90
		K ₂ O	250	250	250	250	250	250	250	250
7	Gülle unbehandelt	N	224	197	197	204	153	184	202	194,4
		P ₂ O ₅	73	70	64	72	54	51	70	64,9
		K ₂ O	215	255	250	210	188	229	245	227,4
8	Kompost Anbindehaltung + Jauche	N	132	168	175	133	189	190	127	159,1
		P ₂ O ₅	106	132	99	79	101	116	82	102,1
		K ₂ O	236	286	283	260	288	256	236	263,6
9	Kompost Tretmist (+ Jauche)	N	138	182	153	185	188	162	173	168,7
		P ₂ O ₅	123	133	86	112	111	122	103	112,9
		K ₂ O	376	395	230	314	263	240	224	291,7
10	Rottemist Anbindehaltung + Jauche	N	157	194	201	166	212	175	192	185,3
		P ₂ O ₅	133	154	112	74	151	88	122	119,1
		K ₂ O	243	310	293	264	352	292	323	296,7

Tabelle 12: Ø NPK-Zufuhren und TM-Erträge in den Varianten der Untergruppe A (1992-1998)

Var.	Düngungssystem	N _t	N _{anr}	P ₂ O ₅	K ₂ O	dt TM/ha
1	PK -Düngung	0	0	63	168	65,38
2	Gülle	98	73,5	47	140	69,42
3	Kompost Anbind. +J	83	54,6	56	150	71,67
4	Kompost Tretmist +J	85	52,8	61	152	73,94
5	Rottemist + Jauche	81	53,3	51	143	69,19

Tabelle 13: Ø NPK-Zufuhren und TM-Erträge in den Varianten der Untergruppe B (1992-1998)

Var.	Düngungssystem	N _t	N _{anr}	P ₂ O ₅	K ₂ O	dt TM/ha
6	NPK -Düngung	168	168	90	250	93,46
7	Gülle	194	146	65	227	81,02
8	Kompost Anbind. +J	159	105	102	264	82,40
9	Kompost Tretmist +J	169	105	113	292	80,35
10	Rottemist + Jauche	185	120	119	297	87,98

fuhr die Ertragsleistung der beiden Kompostvarianten nicht erreichte und nur knapp über der Rottemistvariante lag. Geht man von der Basis des anrechenbaren Stickstoffs (N_{anr}) aus, so verstärkt sich das Ergebnis weiter zugunsten der Kompost- bzw. Rottemistvarianten. Ähnlich ist die Situation in der Untergruppe B, in der die Güllevariante trotz beträchtlich höherer N-Zufuhren nur

knapp vor der Tretmistkompost-, jedoch hinter der Anbindekompost- und Rottemistvariante lag.

3.2.1 Stickstoffeffizienz

Die Variante 1 zeigt das Standortpotential bei ausschließlicher PK-Düngung ohne N-Zufuhr über die Düngung. Der Ertrag dieser Versuchsvariante muß daher zur Beurteilung und Berechnung der

Stickstoffeffizienz jeweils in Abzug gebracht werden. Der Quotient aus der Differenz von Variantenertrag - Ertrag der PK-Variante und der zugeführten N_t-Menge ergibt die N_t-Effizienz (BOCK, 1984), die in weiterer Folge auch auf Basis des N_{anr} ermittelt werden kann (Tabellen 14). Es zeigt sich dabei, daß die beiden Kompostvarianten eine gegenüber der Gülle- und Rottemistvariante deutlich höhere N_t-Effizienz aufweisen, bezogen auf den anrechenbaren Stickstoff wird dieser Vorteil durch die Verwendung der niedrigeren Wirksamkeitsfaktoren noch verstärkt. Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, daß die hier berechneten N-Effizienzen nicht ausschließlich auf dem Kompost- resp. Rottemist-N beruhen, sondern natürlich auch das Resultat der zusätzlich gedüngten Jauche sind. Wenn man nun dem Jauche-N 85% der Wirksamkeit des mineralischen Stickstoffes (= 100%, mit einem Ertrag von 16,7 kg TM/kg N) unterstellt, wie dies nach den Richtlinien für die sachgerechte Düngung festgelegt ist, so ergibt sich damit ein Mehrertrag

Tabelle 14: Stickstoffeffizienzen der Wirtschaftsdüngervarianten der Untergruppe A im Kompostversuch 604, Gumpenstein

Var.	Düngungssystem	N _t -Eff.	N _{anr} -Eff.	N _{kor} -Eff.
2	Gülle	4,1	5,5	5,5
3	Kompost Anbind. + J.	7,6	11,5	5,6
4	Kompost Tretmist + J.	10,1	16,2	9,7
5	Rottemist + Jauche	4,7	7,2	1,9

Tabelle 15: Stickstoffeffizienzen sämtlicher Düngervarianten der Untergruppe B im Kompostversuch 604, Gumpenstein

Var.	Düngungssystem	N _t -Eff.	N _{anr} -Eff.	N _{kor} -Eff.
6	NPK-mineralisch	16,7	16,7	16,7
7	Gülle	8,0	10,7	10,7
8	Kompost Anbind. + J.	10,7	16,2	9,6
9	Kompost Tretmist + J.	8,9	14,3	8,4
10	Rottemist + Jauche	12,2	18,8	11,7

von 16,7 x 0,85 = 14,2 kg TM/kg Jauche-N.

Abzüglich dieses durch die Jauche erzielten Ertragsanteiles ergibt sich für die Kompost- und Rottemistvarianten ein korrigierter Ertrag und darausfolgend eine korrigierte N-Effizienz (N_{kor}), die sich somit nur auf den Kompost-N_t bezieht. Die N_{kor}-Effizienz zeigt in der Untergruppe A, daß der Kompost aus der Anbindehaltung gleich, der Tretmistkompost hingegen wesentlich besser als die Gülle abschneidet. Die Rottemistvariante blieb in dieser Untergruppe deutlich hinter den anderen Varianten zurück. In der Untergruppe B unterscheiden sich die Gülle- und Kompostvarianten in der N_{kor}-Eff. nur geringfügig, das höchste Niveau erzielte hier die mineralisch gedüngte Variante gefolgt von der Rottemistvariante (Tabelle 15).

Diese Ergebnisse demonstrieren insgesamt recht eindrucksvoll die in diesem Ausmaß unerwartet gute und hohe Wirksamkeit des Kompostes resp. des Kompost/Jauche-Systems hinsichtlich des Ertragsniveaus (MOITZI, 1998). Die Abbildungen 5 und 6 zeigen den Verlauf der N_t-Effizienz der einzelnen Versuchsvarianten im Auswertungszeitraum von 1992 bis 1998. In der Untergruppe A zeigt sich bei allen Varianten eine stark ansteigende Entwicklung, nur die Kompost-Tretmistvariante weist einen stagnierenden Verlauf auf, der allerdings durchaus auf einem hohen Niveau liegt. Dieser Aufwärtstrend, der natürlich auch Jahresschwankungen unterworfen ist, spiegelt das Langzeitpotential der Wirtschaftsdünger wider, die sich aus den

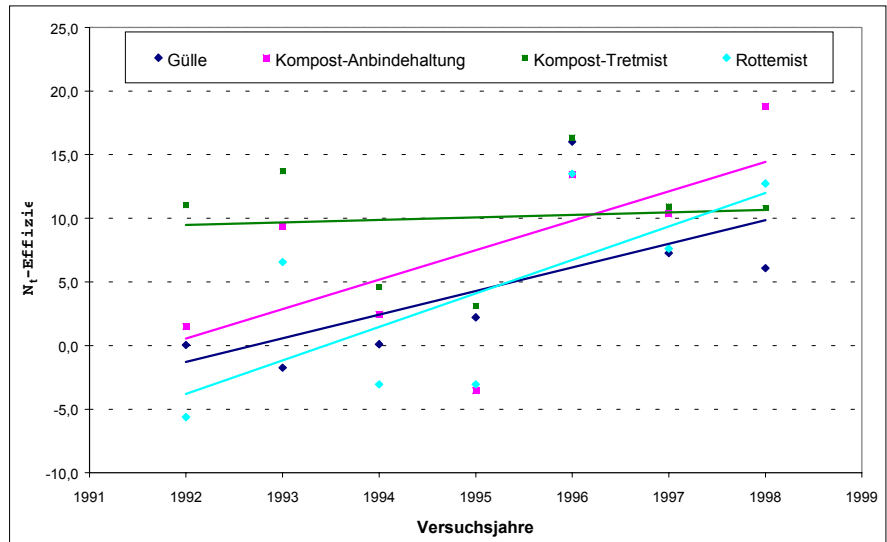


Abbildung 5: N_t-Effizienz der Versuchsvarianten der Untergruppe A (1,5 GVE) im Kompostversuch 604, Gumpenstein (1992 - 1998) (1992-1998)

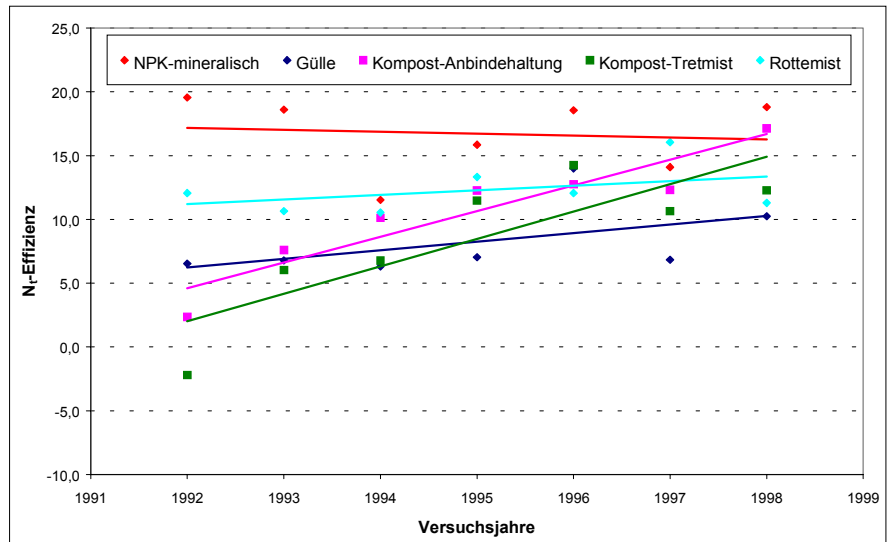


Abbildung 6: N_t-Effizienz der Versuchsvarianten der Untergruppe B (3,0 GVE) im Kompostversuch 604, Gumpenstein (1992 - 1998) (1992-1998)

mittel- und langfristigen Nachwirkungen ergeben. Ein ähnliches Bild vermittelt die Abbildung 6 für das höhere Düngungsniveau von 3,0 GVE/ha. Kennzeichnend für die hohe unmittelbare und kurzfristige N-Wirksamkeit von mineralischen Düngern ist hier der Verlauf der mineralisch versorgten NPK-Variante, die zwar insgesamt ein sehr hohes, jedoch konstantes Niveau aufweist. Auch in dieser Untergruppe ist die ansteigende "Form" der Wirtschaftsdüngervarianten deutlich erkennbar, wobei vor allem die beiden Kompostvarianten hervorstechen.

Die hier in diesem Versuch erzielten Ergebnisse übertreffen jedenfalls bei weitem die dem Kompost zugesprochene N-Wirksamkeit im Grünland, die zumindest bisher wesentlich niedriger als jene

der Gülle angesetzt wurde (GUTSER, 1992 und 1998).

3.2.2 Biologische N-Fixierung

Für das Grünland ist allerdings zur endgültigen Beurteilung auch die Beeinflussung des Pflanzenbestandes und hier in erster Linie der Anteil an Leguminosen zu berücksichtigen, der über die biologische N-Fixierung (BNF) einen ganz beträchtlichen Beitrag zur N-Zufuhr und in weiterer Folge zur Ertragsbildung leisten kann (HEGE und WEIGELT, 1991; PÖTSCH, 1995 und 1997). Tabelle 16 enthält den Anteil an Gräsern, Kräutern und Leguminosen in den einzelnen Versuchsvarianten. Daraus ist gut ersichtlich, daß die Kompost- und Rottemistvarianten bei einem Düngungsniveau

Tabelle 16: Artengruppenanteile in Gew.-% im Gumpensteiner Kompostversuch 604 im Auswertungszeitraum von 1992 bis 1998

Var.Düngungssystem	1992			1993			1994			1995			1996			1997			1998			Ø		
	G	K	L	G	K	L	G	K	L	G	K	L	G	K	L	G	K	L	G	K	L	G	K	L
1 PK-Düngung	45	34	21	40	35	25	47	27	27	50	29	21	53	28	20	54	18	28	60	16	24	50	27	24
2 Gülle	49	35	16	43	40	16	53	34	13	56	30	14	61	27	13	64	16	21	69	19	12	56	29	15
3 Kompost Anbind. +Jauche	43	38	19	39	39	22	49	37	15	49	33	18	49	32	20	59	17	23	65	20	15	51	31	19
4 Kompost Tretmist +Jauche	46	30	24	42	35	23	51	34	16	55	28	17	54	30	15	60	18	22	65	17	18	53	27	19
5 Rottemist + Jauche	43	42	15	42	42	16	54	33	13	54	30	16	51	31	18	58	17	25	69	18	13	53	30	17
6 NPK-Düngung	67	26	7	71	25	4	80	16	3	68	28	4	74	23	3	82	15	4	82	16	2	75	21	4
7 Gülle	60	24	16	44	36	20	53	35	11	59	27	15	65	29	6	73	19	8	68	26	6	60	28	11
8 Kompost Anbind. +Jauche	55	31	14	42	35	23	63	30	7	52	32	16	62	29	8	71	22	7	72	23	5	60	29	11
9 Kompost Tretmist +Jauche	52	31	17	41	40	19	60	31	9	55	29	15	61	30	9	69	25	6	69	26	6	58	30	11
10 Rottemist + Jauche	61	23	17	48	34	18	70	22	8	63	25	13	70	23	6	74	19	7	77	17	6	66	23	11

Tabelle 17: Ergebnisse der Stickstoffbilanzierung im Kompostversuch Gumpenstein (Ø Werte von 1992 bis 1998, Angaben in kg N/ha und Jahr)

Var.	Düngungssystem	N _t	N _{anr}	Mineralisation	Biol.N-Bindung	N-Entzug	Saldo
1	PK-mineralisch	0	0	60	47,1	155,6	-48,5
2	Gülle	98	73,5	60	31,2	158,6	+6,1
3	Kompost Anbind. + Jauche	83	54,6	60	40,9	164,7	-9,2
4	Kompost Tretmist + Jauche	85	52,8	60	42,1	171,1	-16,2
5	Rottemist + Jauche	81	53,3	60	35,3	161,2	-12,6
6	NPK-mineralisch	168	168	60	11,2	205,6	+33,6
7	Gülle	194	146	60	26,7	180,9	+51,8
8	Kompost Anbind. + Jauche	159	105	60	27,2	187,3	+4,9
9	Kompost Tretmist + Jauche	169	105	60	26,5	183,2	+8,3
10	Rottemist + Jauche	185	120	60	29,0	204,4	+4,6

von 1,5 GVE/ha nach der PK-Variante jeweils die höchsten Werte aufweisen, während die Güllevarianten etwas abfallen. In der Untergruppe B (3,0 GVE/ha) bestehen zwischen den Wirtschaftsdüngervarianten keine Unterschiede, den absolut geringsten Leguminosenanteil weist hier die mineralisch gedüngte NPK-Variante mit nur 4 Gew.-% auf. Der vor allem in der Untergruppe A hohe Leguminosenanteil der Kompost- und Rottemistvarianten verstärkt natürlich die Wirksamkeit dieser Düngungssysteme. Immerhin kann unter den standörtlichen Gegebenheiten in Gumpenstein mit einer Bindungsleistung von rund 3 kg N je Gew.-% Leguminosen gerechnet werden (PÖTSCH, 1997), was bei dem vorliegenden Ertragsniveau eine N-Zufuhr von 50 bis 60 kg /ha und Jahr bedeutet. Der vor allem beim niedrigeren Düngungsniveau von 1,5 GVE/ha positive Einfluß auf den Leguminosenbesatz führt letztlich zu der insgesamt hohen Systemeffizienz der im vorliegenden Projekt untersuchten Kompostvarianten.

3.3 Nährstoffbilanzierung

Stoffbilanzen eignen sich je nach Bezugsbasis sowie Einbeziehung und Qua-

lität unterschiedlicher Bilanzierungskomponenten recht gut als Indikatoren für die Nachhaltigkeit der Bewirtschaftung. Im landwirtschaftlichen Bereich werden dazu die sogenannte Hof-Tor-Bilanz oder die Stall-Feld-Bilanz als eine Form der flächenbezogenen Stoffbilanzierung eingesetzt. Im folgenden wird für Stickstoff, der wohl auch aus umweltökologischer Sicht eine wichtige und zentrale Rolle spielt, eine flächenbezogene Bilanzierung der einzelnen Versuchsvarianten durchgeführt (Tabelle 17).

Als Inputkomponenten werden dabei die N-Zufuhr über die Düngung in der Höhe des anrechenbaren Stickstoffs, die legume N-Bindung mit 3 kg N/Gew.-% Leguminosenanteil (die biologische N-Bindung wurde zusätzlich ertragsbezogen gewichtet) sowie eine Standortsnachlieferung von 60 kg N/ha und Jahr berücksichtigt. Der Eintrag über die nasse Deposition liegt nach langjährigen Gumpensteiner Messungen bei ca. 10 kg N/ha und Jahr und bewegt sich damit in einer ähnlichen Größenordnung wie etwaige Auswaschungsverluste - diese beiden Komponenten heben sich daher in der vorliegenden Bilanzierung auf. Die

Hauptkomponente auf der Outputseite stellen die N-Entzüge über das Grundfutter dar, die mittels der vorliegenden Rohproteinanalysen exakt erhoben und quantifiziert wurden.

Die Ergebnisse der N-Bilanzierung zeigen einen deutlich negativen Saldo für die mineralisch gedüngte PK-Variante, die ihren N-Bedarf ausschließlich über die Mineralisation sowie über die biologische N-Bindung abdecken muß. Entscheidend für die sehr hohe Ertragslage dieses Düngungssystems ist sicherlich eine ausreichende PK-Versorgung, um über einen hohen Leguminosenanteil die biologische N-Bindung auch entsprechend auszunutzen und zugleich für eine gute Wurzelentwicklung zu sorgen, die eine hohe N-Nachlieferung aus dem Boden und der unterirdischen Biomasse gewährleistet. Da sich, wie vergleichende Untersuchungen mit PK-Varianten belegen, auch nach langjährig negativen N-Salden keine meßbare Reduktion im Bodenstickstoff bzw. Humusgehalt ergeben (in vielen Fällen kommt es sogar zu einer Anreicherung), dürften unter solchen Bedingungen sowohl die Akkumulation als auch vor allem die Mineralisa-

Tabelle 18: Rohnährstoffe des Futters im Kompostversuch Gumpenstein (Ø Werte von 1992 bis 1996, Angaben in % der TM bzw. % der FM beim Trockenmassegehalt)

Var.	Düngungssystem	Trockenmasse	Rohprotein	Rohfaser	Rohfett	Rohasche	N-freie Extraktst.
1	PK-mineralisch	17,78	14,88	27,22	2,50	10,57	45,09
2	Gülle	18,47	14,30	27,60	2,54	10,04	45,48
3	Kompost Anbind. + Jauche	17,63	14,38	26,70	2,52	10,65	45,69
4	Kompost Tretmist + Jauche	18,49	14,48	27,09	2,48	10,00	45,87
5	Rottemist + Jauche	18,20	14,55	26,97	2,56	10,47	45,45
6	NPK-mineralisch	18,48	13,79	29,20	2,49	8,78	45,79
7	Gülle	17,50	14,00	27,71	2,50	10,68	44,97
8	Kompost Anbind. + Jauche	17,34	14,27	27,98	2,42	10,88	44,45
9	Kompost Tretmist + Jauche	17,35	14,25	28,24	2,45	10,20	44,75
10	Rottemist + Jauche	17,57	14,55	27,69	2,43	10,57	44,69

tion eine größere, als hier zahlenmäßig unterstellte, Rolle spielen. Sämtliche anderen Varianten in der Untergruppe A weisen einen relativ ausgeglichenen N-Saldo auf, Input und Output halten sich also die Waage.

Die Bilanzierung in der Untergruppe B ergibt einen mit 34 bzw. 52 kg doch bereits relativ hohen N-Überschuß in der mineralisch gedüngten NPK-Variante sowie in der Güllevariante. Die hohen N-Zufuhren über die Düngung konnten mit der hier vorgenommenen Dreischnittnutzung nicht zur Gänze in Futterprotein umgesetzt werden - das hohe Düngungsniveau würde bereits eine entsprechende Erhöhung der Nutzungsfrequenz auf vier Schnitte pro Jahr erfordern (BUCHGRABER u.a., 1994). Trotz dieser Bilanzierungsüberschüsse kam es in dem vorliegenden Versuch zu keinen nennenswerten Auswaschungen an Stickstoff, wie parallel durchgeführte Lysimeteruntersuchungen mit drei ausgewählten Varianten der Untergruppe B (3,0 GVE/ha) ergaben (MOITZI, 1998; EDER, 2000). Die Kompost- und Rottemistvarianten liegen im N-Entzug zum

Teil deutlich über der Güllevariante und weisen eine gut ausgeglichene N-Bilanz auf. Verglichen mit der mineralisch gedüngten NPK-Variante spielt die legume N-Bindung bei allen Wirtschaftsdüngervarianten eine wichtige Rolle in der N-Zufuhr, wobei sich allerdings zwischen den beiden Untergruppen eine klare Abstufung zeigt.

3.2 Futterqualität

Zur Beurteilung der einzelnen Düngungssysteme sind allerdings auch andere Maßstäbe als das Ertragsniveau anzulegen, nämlich jene pflanzenbaulichen Kennwerte, die auch Auskunft über die Futterqualität geben. Neben dem Gehalt an Rohnährstoffen (Tabelle 18) sind hier vor allem die Verdaulichkeit der organischen Substanz und der energetische Futterwert von besonderem Interesse.

Die mineralisch gedüngte PK-Variante, welche den mit Ø 24 Gew.-% höchsten Leguminosenanteil aufweist, zeigt mit knapp 14,9% auch den höchsten Rohproteingehalt, während die mineralisch gedüngte NPK-Variante mit nur Ø 4-

Gew.% Leguminosenanteil den niedrigsten Rohproteinwert bietet. Die Rohfaserwerte der Untergruppe A liegen jeweils unter jenen der Untergruppe B, die Rohfettwerte hingegen zeigen nur geringfügige Unterschiede. Beim Rohaschegehalt, der im Zusammenhang mit der Futtermverschmutzung eine zentrale Rolle spielt, fällt die Variante 6 mit einem sehr niedrigen Wert von 8,8% auf - sämtliche anderen Varianten liegen im Bereich des Normalwertes von 10% bzw. knapp darüber. Tabelle 19 beinhaltet den Energiegehalt des Futters sowie den Energieertrag je Flächeneinheit, der sich aus dem Produkt von Ertragsquantität (dt TM/ha) und der Energiekonzentration (MJ NEL/kg TM) ergibt.

Die Ø Energiekonzentration lag in allen Varianten der Untergruppe A über jenen der Untergruppe B. Hier schlägt der in dieser Untergruppe etwas höhere Rohfasergehalt durch, der sich wohl aus der Diskrepanz zwischen hohem Düngungsniveau (3,0 GVE/ha) und niedriger Schnittfrequenz (3 Schnitte/Jahr) ergibt. Der Energieertrag in GJ NEL/ha zeigt einen deutlichen Unterschied zwischen

Tabelle 19: Energiekonzentration im Futter sowie Energieerträge im Kompostversuch Gumpenstein (Werte von 1993 bis 1996)

Var.	Düngungssystem	1993		1994		1995		1996		Ø	
		MJ NEL/ kg TM	GJ NEL/ ha	MJ NEL/ kg TM	GJ NEL/ ha	MJ NEL/ kg TM	GJ NEL/ ha	MJ NEL/ kg TM	GJ NEL/ ha	MJ NEL/ kg TM	GJ NEL/ ha
1	PK-mineralisch	5,28	29,187	5,11	40,554	5,64	32,863	5,64	27,710	5,38	32,579
2	Gülle	5,35	28,690	4,93	39,149	5,81	35,015	5,63	36,434	5,40	34,822
3	Kompost Anbind. + Jauche	5,26	33,503	4,91	40,159	5,65	31,507	5,71	34,351	5,34	34,880
4	Kompost Tretmist + Jauche	5,40	36,594	5,00	41,636	5,56	33,959	5,71	36,347	5,38	37,134
5	Rottemist + Jauche	5,29	31,662	4,91	37,863	5,78	32,242	5,76	35,631	5,40	34,350
6	NPK-mineralisch	5,03	43,566	4,73	46,669	5,78	49,000	5,58	44,848	5,25	46,021
7	Gülle	5,25	36,030	4,77	43,742	5,74	41,690	5,66	39,942	5,32	40,351
8	Kompost Anbind. + Jauche	5,43	36,950	4,55	44,152	5,64	42,016	5,48	40,155	5,22	40,818
9	Kompost Tretmist + Jauche	5,31	35,193	4,62	41,432	5,60	44,516	5,61	42,599	5,26	40,935
10	Rottemist + Jauche	5,24	39,816	4,66	46,813	5,50	44,192	5,73	42,842	5,24	43,416

den beiden Düngungsniveaus und erstaunlich hohe Werte für die Kompost- bzw. Rottemistvarianten im Vergleich zu den beiden Güllevarianten.

3.3 Pflanzenbestand

Ein weiterer wichtiger Aspekt betrifft die Zusammensetzung des Pflanzenbestandes, die an Hand von sogenannten Routinebonitierungen (= Gewichtsprozentschätzungen der drei Artengruppen Gräser, Leguminosen und Kräuter) sowie Pflanzenbestandsaufnahmen nach Braun-Blanquet (= Flächenprozentschätzung der einzelnen vorkommenden Pflanzenarten) erfaßt und dokumentiert wird.

3.3.1 Artengruppenverhältnis

Die Ergebnisse der varianzanalytischen Berechnung sind in den Tabellen 20, 21 und 22 dargestellt, mittels des Range-Tests nach Bonferroni wurde dabei ein multipler Mittelwertvergleich durchgeführt. Mittelwerte mit unterschiedlichen Indices unterscheiden sich signifikant voneinander. Bei allen drei unterschiedenen Artengruppen zeigten sich signifikante Unterschiede beim Vergleich zwischen den beiden Düngungsniveaus. Während bei einer Viehbesatzstärke von 1,5 GVE/ha vor allem ein signifikant höherer Leguminosenanteil, aber auch

Tabelle 20: Artengruppenanteile in Abhängigkeit des Düngungsniveaus im Kompostversuch 604, Gumpenstein

	Gräser %	Kräuter %	Legum. %
1,5 GVE/ha	53 ^a	29 ^a	18 ^a
3,0 GVE/ha	64 ^b	26 ^b	10 ^b

Tabelle 21: Artengruppenanteile in den Varianten der Gruppe A im Kompostversuch 604, Gumpenstein

Varianten Gruppe A	Gräser %	Varianten Gruppe A	Kräuter %	Varianten Gruppe A	Leguminosen %
1	50 ^a	1	27 ^a	2	15 ^a
3	51 ^a	4	27 ^a	5	17 ^a
4	53 ^a	2	29 ^a	3	18 ^a
5	53 ^a	5	30 ^a	4	20 ^{ab}
2	56 ^a	3	31 ^a	1	23 ^b

Tabelle 22: Artengruppenanteile in den Varianten der Gruppe B im Kompostversuch 604, Gumpenstein

Varianten Gruppe B	Gräser %	Varianten Gruppe B	Kräuter %	Varianten Gruppe B	Leguminosen %
9	59 ^a	6	21 ^a	6	4 ^a
7	60 ^a	10	23 ^{ab}	7	11 ^b
8	60 ^a	7	29 ^{ab}	8	11 ^b
10	66 ^{ab}	8	29 ^b	9	11 ^b
6	75 ^b	9	30 ^b	10	11 ^b

ein stärkerer Kräuterbesatz zu verzeichnen war, lag beim Düngungsniveau von 3,0 GVE/ha insgesamt ein höherer Gräseranteil vor (Tabelle 20).

In der Untergruppe A unterschied sich die Variante 1 (PK) sowohl von der Variante 2 (Gülle), 3 (Kompost aus der Anbindehaltung) und 5 (Rottemist) signifikant im Leguminosenbesatz, die Unterschiede in den beiden Artengruppen "Gräser" und "Kräuter" waren hingegen nur zufälliger Natur (Tabelle 21). Beim Gräserbesatz zeigten sich in der Untergruppe B mit Ausnahme zum Rottemist signifikante Unterschiede zwischen der Variante 6 (NPK mineralisch) und den restlichen Varianten, während sich bezüglich des Leguminosenanteiles die NPK-Variante signifikant von allen anderen Varianten dieser Untergruppe unterschied (Tabelle 22). Beim Kräuteranteil wiesen die beiden Kompostvarianten und die Güllevariante den höchsten, die NPK-Variante hingegen den niedrigsten Kräuteranteil auf. Eine weitere Differenzierung des Artengruppenverhältnisses ist im weiteren Versuchsablauf noch zu erwarten.

3.3.2 Flächenanteil einzelner Pflanzenarten

Tabelle 23 und 24 enthalten die Daten der im Jahre 1992 und 1996 durchgeführten Pflanzenbestandsaufnahmen nach BRAUN-BLANQUET (1951) modifiziert von SCHECHTNER (1957). Dabei wurden die einzelnen vorkommenden Arten nach Gräsern (Unter-, Mittel- und Obergräser), Leguminosen

und Kräutern geordnet. Die Gesamtsumme übersteigt den Wert von 100% durch eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Überlappung in den einzelnen Beständen. Die ebenfalls erhobene und in den genannten Tabellen angeführte projektive Deckung ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Schätzwert für den Lückenanteil und dem Wert 100.

Die Hauptleitgräser in allen Varianten der Untergruppe A waren Goldhafer und Knautgras, wobei der Goldhaferanteil im Vergleichszeitraum zunahm, das Knautgras dagegen abnehmende Tendenz zeigte. Der Untergrasanteil war vor allem durch das Rote Straußgras dominiert, daneben traten aber auch die Wiesenrispe und der Horstrotschwengel stärker in Erscheinung. Der Kleeanteil, der in erster Linie vom Weißklee geprägt war, zeigte in allen Varianten eine stark rückläufige Tendenz, während der Kräuteranteil nur geringfügig variierte. Insgesamt wiesen sämtliche Varianten einen Rückgang im Gesamtdeckungsgrad auf, die sich jedoch noch nicht in einer Veränderung der projektiven Deckung niederschlug, die mit 96 - 98% einen recht guten Wert zeigte. Leichte Vorteile brachten die Güllevariante als auch die beiden Kompostvarianten hinsichtlich eines geringeren Kräuteranteiles gegenüber der Rottemistvariante.

In der Untergruppe B kam es zu einer recht deutlich ausgeprägten Zunahme im Ober- und Mittelgräseranteil, während der Untergrasbesatz eher unverändert blieb. Auch in dieser Gruppe legte der Goldhafer zu, während das Knautgras bis auf die NPK-Variante abnehmende Tendenz aufwies. Der Leguminosenanteil ging durch das hohe Düngungsniveau von 3,0 GVE/ha teilweise drastisch zurück, wobei hier die Wirtschaftsdüngervarianten weniger stark betroffen waren. Der Kräuteranteil blieb relativ unverändert, die Gesamtdeckung nahm bei gleichbleibend hoher projektiver Deckung, synchron mit jener der Untergruppe A ab. Eine ausführliche Diskussion der Entwicklung und Dynamik im Pflanzenbestand des Kompostversuches 604 findet sich bei MOITZI (1998).

4. Zusammenfassung

An Hand des 1991 an der BAL Gumpenstein angelegten Kompostversuches

Tabelle 23: Pflanzenbestandsaufnahmen im Kompostversuch Gumpenstein (Wertevergleich zwischen 1992 und 1996, Varianten der Untergruppe A = 1,5 GVE/ha)

Pflanzenart	Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4		Variante 5		
	1992	1996	1992	1996	1992	1996	1992	1996	1992	1996	
Glatthafer	0,3	4	-	2	0,3	4	1	0,3	0,3	4	Arrhenatherum elatius
Goldhafer	13	12	14	21	9	20	14	18	10	17	Trisetum flavescens
Knaulgras	23	9	23	14	22	10	26	14	18	13	Dactylis glomerata
Wiesenschwingel	-	1	-	2	-	2	-	2	-	0,3	Festuca pratensis
Wiesenlieschgras	-	1	-	1	1	2	-	2	0,3	2	Phleum pratense
Rasenschmiele	-	-	-	0,3	0,3	0,3	-	-	-	0,3	Deschampsia cespitosa
Wolliges Honiggras	-	-	1	0,3	-	-	-	0,3	-	0,3	Holcus lanatus
Weiches Honiggras	-	1	-	1	-	0,3	-	0,3	-	0,3	Holcus mollis
Wiesenfuchsschwanz	0,3	-	1	0,3	-	-	0,3	-	-	-	Alopecurus pratensis
Quecke	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	Agropyron repens
Italienisches Raygras	0,3	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-	Lolium multiflorum
Σ Ober- und Mittelgräser	37	28	39	41,9	32,9	38,6	41,3	36,9	28,6	37,5	
Wiesenrispe	7	5	6	5	7	4	6	6	6	6	Poa pratensis
Horstrotschwingel	2	3	2	1	5	4	3	3	9	5	Festuca nigrescens
Gemeine Rispe	1	2	1	2	3	2	0,3	2	2	2	Poa trivialis
Rotes Straußgras	7	16	6	14	5	5	5	11	7	5	Agrostis tenuis
Englisches Raygras	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	Lolium perenne
Jährige Rispe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Poa annua
Σ Untergräser	17	26	15	22	20	15	14,6	22	24	18	
Weißklee	40	15	37	14	38	17	41	13	31	14	Trifolium repens
Rotklee	0,3	0,3	-	0,3	-	0,3	0,3	0,3	-	0,3	Trifolium pratense
Vogelwicke	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Vicia cracca
Hornklee	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Lotus corniculatus
Σ Leguminosen	40	15,3	37	14,3	38	17,3	41,3	13,3	31	14,3	
Bärenklau	-	0,3	-	0,3	-	-	-	-	-	-	Heracleum sphondylium
Geißfuß	-	1	1	1	-	1	1	2	3	1	Aegopodium podagraria
Große Bibernelle	1	0,3	-	0,3	-	1	-	-	-	0,3	Pimpinella major
Kuhblume	4	7	7	7	7	11	6	8	3	9	Taraxacum officinale
Herbstlöwenzahn	-	7	1	4	1	6	-	4	2	5	Leontodon autumnale
Schafgarbe	12	4	12	3	13	6	11	3	14	17	Achillea millefolium
Wiesensauerampfer	5	6	5	6	5	4	6	5	5	4	Rumex acetosa
Scharfer Hahnenfuß	1	3	0,3	2	1	2	0,3	3	2	2	Ranunculus acris
Kriechender Hahnenfuß	2	1	3	1	1	0,3	3	1	2	1	Ranunculus repens
Spitzwegerich	0,3	2	1	1	0,3	2	1	2	1	2	Plantago lanceolata
Bergfrauenmantel	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	0,3	Alchemilla monticola
Pfennigkraut	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Lysimachia nummularia
Gänseblümchen	-	0,3	-	1	0,3	0,3	0,3	1	-	1	Bellis perennis
Gew. Hornkraut	0,3	1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	1	0,3	1	Cerastium caespitosum
Wiesenpippau	3	2	2	1	2	2	3	2	6	1	Crepis biennis
Vogelknöterich	-	0,3	-	0,3	-	0,3	-	0,3	4	0,3	Polygonum aviculare
Kriechender Günsel	0,3	-	-	0,3	0,3	-	-	-	1	-	Ajuga reptans
Wiesenstorchschnabel	1	0,3	0,3	0,3	0,3	-	1	-	0,3	-	Geranium pratense
Wiesenkerbel	-	-	-	-	-	0,3	-	-	0,3	0,3	Anthriscus sylvestris
Kleine Braunelle	-	1	-	1	-	0,3	-	2	0,3	-	Prunella vulgaris
Knolliger Hahnenfuß	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	Ranunculus bulbosus
Gamander-Ehrenpreis	-	1	-	1	-	1	-	4	-	1	Veronica chamaedrys
Gundelrebe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	Glechoma hederacea
Weißer Lichtnelke	-	-	-	-	-	0,3	0,3	0,3	-	0,3	Melandrium album
Σ Kräuter	29	37,5	32,9	30,8	31,5	37,8	32,9	38,6	44,5	46,2	
Gesamtdeckung	123	106,8	123,9	109	122,4	108,7	130,1	110,8	128,1	116	
Projektive Deckung in %	99	96	98	98	98	98	98	98	98	98	

Tabelle 24: Pflanzenbestandsaufnahmen im Kompostversuch Gumpenstein (Wertevergleich zwischen 1992 und 1996, Varianten der Untergruppe B = 3,0 GVE/ha)

Pflanzenart	Variante 6		Variante 7		Variante 8		Variante 9		Variante 10		
	1992	1996	1992	1996	1992	1996	1992	1996	1992	1996	
Glatthafer	0,3	3	-	3	0,3	3	1	3	0,3	4	Arrhenatherum elatius
Goldhafer	13	27	14	24	9	24	14	22	10	26	Trisetum flavescens
Knautgras	23	26	23	24	22	15	26	16	18	13	Dactylis glomerata
Wiesenschwingel	-	3	-	3	-	2	-	2	-	2	Festuca pratensis
Wiesenlieschgras	-	1	-	1	1	2	-	2	0,3	0,3	Phleum pratense
Rasenschmiele	-	-	-	-	0,3	0,3	-	0,3	-	0,3	Deschampsia cespitosa
Wolliges Honiggras	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	Holcus lanatus
Weiches Honiggras	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Holcus mollis
Wiesenfuchsschwanz	0,3	-	1	-	-	-	0,3	-	-	-	Alopecurus pratensis
Quecke	-	-	-	1	-	0,3	-	1	-	2	Agropyron repens
Italienisches Raygras	0,3	0,3	-	-	0,3	-	-	-	-	-	Lolium multiflorum
Σ Ober- und Mittelgräser	36,9	61,3	39	56	32,9	46,6	41,3	46,3	28,6	47,6	
Wiesenrispe	7	4	6	6	7	9	6	6	6	9	Poa pratensis
Horstrotschwingel	2	1	2	1	5	1	3	2	9	1	Festuca nigrescens
Gemeine Rispe	1	3	1	2	3	3	0,3	3	2	3	Poa trivialis
Rotes Straußgras	7	8	6	5	5	2	5	5	7	6	Agrostis tenuis
Englisches Raygras	-	-	-	0,3	-	0,3	0,3	-	-	0,3	Lolium perenne
Jährige Rispe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Poa annua
Σ Untergräser	17	16	15	14,3	20	15,3	14,6	16	24	19,3	
Weißklee	40	2	37	5	38	8	41	8	31	6	Trifolium repens
Rotklee	0,3	-	-	1	-	1	0,3	-	-	-	Trifolium pratense
Vogelwicke	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	Vicia cracca
Hornklee	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Lotus corniculatus
Σ Leguminosen	40,3	2	37	6	38	9	41,3	8,3	31	6	
Bärenklau	-	0,3	-	0,3	-	-	-	-	-	-	Heracleum sphondylium
Geißfuß	-	6	1	6	-	2	1	6	3	0,3	Aegopodium podagraria
Große Bibernelle	1	0,3	-	1	-	0,3	-	0,3	-	2	Pimpinella major
Kuhblume	4	12	7	13	7	10	6	13	3	13	Taraxacum officinale
Herbstlöwenzahn	-	4	1	4	1	9	-	6	2	4	Leontodon autumnale
Schafgarbe	12	3	12	2	13	3	11	5	14	5	Achillea millefolium
Wiesensauerampfer	5	2	5	3	5	3	6	3	5	4	Rumex acetosa
Scharfer Hahnenfuß	1	1	0,3	1	1	1	0,3	2	2	2	Ranunculus acris
Kriechender Hahnenfuß	2	-	3	1	1	3	3	0,3	2	1	Ranunculus repens
Spitzwegerich	0,3	1	1	1	0,3	2	1	1	1	2	Plantago lanceolata
Bergfrauenmantel	-	0,3	-	0,3	-	-	-	0,3	-	0,3	Alchemilla monticola
Pfennigkraut	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	Lysimachia nummularia
Gänseblümchen	-	1	-	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-	1	Bellis perennis
Gew. Hornkraut	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	Cerastium caespitosum
Wiesenpippau	3	0,3	2	0,3	2	1	3	0,3	6	1	Crepis biennis
Vogelknöterich	-	-	-	-	-	-	-	0,3	4	-	Polygonum aviculare
Kriechender Günsel	0,3	-	-	0,3	0,3	-	-	-	1	-	Ajuga reptans
Wiesenstorchschnabel	1	-	0,3	-	0,3	0,3	1	1	0,3	0,3	Geranium pratense
Wiesenkerbel	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	Anthriscus sylvestris
Kleine Braunelle	-	1	-	0,3	-	-	-	0,3	0,3	1	Prunella vulgaris
Knolliger Hahnenfuß	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	Ranunculus bulbosus
Gamander-Ehrenpreis	-	0,3	-	0,3	-	1	-	1	-	-	Veronica chamaedrys
Weißer Lichtnelke	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	Melandrium album
Gundelrebe	-	-	-	0,3	-	0,3	-	0,3	-	0,3	Glechoma hederacea
Σ Kräuter	29,9	32,8	32,9	34,7	31,5	36,5	32,9	41	44,5	37,8	
Gesamtdeckung	124,1	112,1	123,9	111	122,4	107,4	130,1	111,6	128,1	110,7	
Projektive Deckung in %	99	98	98	98	98	99	98	98	98	98	

604, wurden zwei unterschiedliche Festmistkomposte im Vergleich zu Gülle und Rottemist sowie mineralisch gedüngten Varianten getestet. Neben der Ertragsleistung wurde der Wirksamkeit des Kompoststickstoffes bzw. des gesamten Kompostsystemes besonderes Augenmerk geschenkt. Auffallend war die in diesem Versuch hohe N-Effizienz der Kompostvarianten, die ob des ausschließlich organisch gebundenem N-Anteiles doch überrascht. Entscheidend für die hohe Systemeffizienz ist sicher die hier erfolgte, ausreichende und gut auf den Ertrag abgestimmte PK-Versorgung, die einen entsprechend hohen Leguminosenanteil gewährleistet. Dieser verbessert in weiterer Folge die N-Zufuhr und damit auch die Ertragsleistung. Hinsichtlich der Höhe der Anrechnung des Kompoststickstoffes, läßt sich aus den hier erhobenen Versuchsergebnissen für Grünland der bisher (vorläufig) verwendete Wert von 0,70 durchaus bestätigen. Für die Praxis selbst sind natürlich auch die zum Teil beträchtlichen Kosten der Kompostierung zu berücksichtigen.

5. Abstract

Beside of traditional manure systems so as slurry, liquid manure and stable manure, composting of stable manure has been increased on grassland in the last years. Up to now, just few experiments have been carried out on grassland to study the utilization of compost compared with traditional systems. Evaluation of the efficiency of composted manure on grassland necessitates long termed experiments.

By means of the compost trial 604 these topics have been worked on in the last years at BAL Gumpenstein. This trial has been started in 1991 as a block designed experiment with four repetitions. Beside of exclusively mineral fertilized variants, the slurry system has been oppo-

sed to three different stable manure systems. On the one hand these systems differ from the origin of the material (kind of natural housing system) and the stage of rotting on the other hand. Till now yield data of seven years of experiment have been acquired in that trial.

The results show a surprisingly high efficiency of the compost nitrogen as well as that of the total compost system, which is strongly influenced by the high content of legumes and by the therefore high rate of biological N-fixation. The results also confirm the factor for the calculation of the so called accountable nitrogen, which is 0,7 up to now. But for the practical use also the sometimes substantially high costs of composting have to be well considered.

6. Literatur

- BARTUSSEK, H., M. TRITTHARD, H. WÜRZL und W. ZORTEA (1995): Rinderstallbau. Leopold Stocker Verlag, Graz
- BERNER, A. (1998): Berechnung der N-Effizienz von Mist, Mistkompost und Grünabfallkompost anhand von zwei Feldversuchen. Runder Tisch Kompost, UBA Wien
- BMLF (2000): Richtlinien für die sachgerechte Düngung, 5. Auflage
- BOCK, B. R., (1984): Efficient use of nitrogen in cropping systems. In "Nitrogen in crop production"
- BRAUN-BLANQUET, J. (1951): Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. 2. Auflage, Springer-Verlag, Wien
- BUCHGRABER, K., G. GINDL und A. DEUTSCH (1994): Zeitgemäße Grünlandbewirtschaftung. Leopold Stocker Verlag, Graz
- BUCHGRABER, K. und E.M. PÖTSCH (1994): Abschlußbericht AL-GL 2/55 "Richtige Wirtschaftsdüngeranwendung auf dem Grünland". BAL Gumpenstein
- EDER, G. (2000): Gumpensteiner Kompostprojekt: Ergebnisse der Kompostlysimeter. Bericht zum 6. Alpenländischen Expertenforum "Kompostanwendung in der Landwirtschaft", BAL Gumpenstein
- EISENHUT, M. (1975): Charakterisierung der einzelnen Standorte und Bodenprofile. Bericht zur Exkursion der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft am 19. und 20. 9. 1975 im Mittleren Ennstal/Steiermark zum Thema "Grünlandstandorte".
- GUTSER R. (1992): Zur Nährstoff- und Sonderwirkung von Festmist aus "UmweltverträglicheVerwertung von Festmist", Arbeitspapier 182, KTBL
- GUTSER, R. (1998): Grundlagenversuche zum Nährstoffumsatz von Biokomposten - Ableitung von umweltverträglichen Einsatzstrategien in Landwirtschaft und Gartenbau. Runder Tisch Kompost, UBA Wien
- HEGE H. und H. WEIGELT (1991): Nährstoffbilanzen alternativ wirtschaftender Betriebe. Landwirtschaftliches Jahrbuch 68.JHG., Heft 4/91
- MOITZI, G. (1998): Auswirkungen unterschiedlicher Düngungssysteme (organisch und mineralisch) auf bodenkundliche, pflanzensoziologische, pflanzenbauliche sowie umweltökologische Parameter von Dauergrünland. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur, Wien
- ÖKL-Arbeitskreis Landwirtschaftsbau (1992): Technische Richtlinien für die Errichtung einer Düngeraufbereitungsplatte für die bäuerliche Kompostierung. Wien
- ÖNORM S 2202: Anwendungsrichtlinien für Komposte.
- PÖLLINGER, A. (1996): Sickersaftemission aus Stallmistmieten und Stallmistkompostmieten - eine Grundwassergefährdung Ja oder Nein. Bericht über die 6. Lysimetertagung "Lysimeter im Dienste des Grundwasserschutzes", BAL Gumpenstein
- PÖLLINGER, A. und E.M. PÖTSCH (1998): Wirtschaftsdüngerbehandlung - so veredeln Sie Ihren Hofdünger. Der fortschrittliche Landwirt, Heft 15/98, 1-8
- PÖTSCH, E.M. (1995): Richtiger Einsatz der Wirtschafts- und Mineraldünger im alpenländischen Grünland. 107. VDLUFA-KONGRESS. VDLUFA-Verlag
- PÖTSCH, E.M. (1995): Nährstoffbilanzen, Futterinhaltsstoffe und Bodenkennwerte als Wegweiser zur sachgemäßen Grünlanddüngung. Alpenländisches Expertenforum "Düngung im Alpenländischen Grünland", BAL Gumpenstein
- PÖTSCH, E.M. (1997): Auswirkungen langjähriger Wirtschafts- und Mineraldüngeranwendung auf Pflanzensoziologie, Ertrag, Futterinhaltsstoffe und Bodenkennwerte von Dauergrünland. Dissertation an der Universität für Bodenkultur, Wien
- SCHECHTNER, G. (1957): Grünlandsoziologische Bestandsaufnahme mittels "Flächenprozent-schätzung". Z. Acker- und Pflanzenbau 105, 33-43
- SCHECHTNER, G. u.a. (1991): Wirtschaftsdünger - Richtige Gewinnung und Anwendung. Sonderausgabe der Zeitschrift "Förderungsdienst", Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz, BMLF, Wien
- STREBL, H. (1993): Kompost - Herstellung und Verwendung. Beratungsbroschüre der Landwirtschaftskammer für Oberösterreich, Linz