

Wirksamkeit von Wirtschaftsdüngern im Grünland

Univ.-Doz. Dr. Erich M. Pötsch, Abteilung Grünlandmanagement und Kulturlandschaft
des LFZ Raumberg-Gumpenstein

Zusammenfassung

Wirtschaftseigene Dünger stellen für Grünland- und Milchviehbetriebe wertvolle und unverzichtbare Betriebsmittel dar, deren sachgerechter Einsatz sowohl aus ökonomischer als auch aus ökologischer Sicht von großer Bedeutung ist. Anfallsmengen von Wirtschaftsdüngern, deren Gehalt an düngungsrelevanten Nährstoffen sowie die Wirksamkeit im Vergleich zu mineralischen Düngemitteln sind zentrale Kenngrößen für die Einhaltung rechtlicher Bestimmungen im Boden- und Wasserschutz. Die vorliegenden Ergebnisse aus mehrjährigen Exaktversuchen auf drei klimatisch unterschiedlichen Standorten zeigen, dass die tatsächliche Wirksamkeit der einzelnen Wirtschaftsdüngersysteme hinsichtlich ihrer Ertragsleistung höher ist als die gemäß den österreichischen Richtlinien für die sachgerechte Düngung unterstellte, geringe Effizienz. Die Berücksichtigung der so genannten Jahreswirksamkeit, die insbesondere bei Festmistern und Komposten zu einer extrem hohen Reduktion der Gesamtwirksamkeit führt, muss daher für die Kulturart Dauergrünland kritisch hinterfragt werden.

Schlagerworte: Wirtschaftsdünger, Dauergrünland, Wirtschaftsdüngereffizienz, N-Wirksamkeit, Nitratrichtlinie

Efficiency of farm manure on permanent grassland

Abstract

By means of exact field trials comprehensive studies on the nutrient efficiency of different farm manure systems have been carried out on permanent grassland at three different sites in Austria. Slurry, solid manure and liquid slurry from cattle were applied on three cut and four cut meadows in different doses for a period of six years. Analyses on yield, forage quality and floristic diversity have been done as well as investigations on nutrient fluxes and on nutrient efficiency. Compared with mineral fertiliser systems, farm manure showed a high efficiency, which is not only based on the content of main nutrients but also on some additional effects (e.g. organic matter input). The results clearly indicate the high efficiency of farm manure on permanent grassland and show that sufficient yields and forage quality can be reached without the use of any additional mineral nitrogen.

Key words: farm manure, permanent grassland, farm manure efficiency, N-efficiency, nitrate directive

1. Einleitung

Für zahlreiche landwirtschaftliche Betriebe in Österreich stellen die hofeigenen Dünger die Hauptquelle für die Nährstoffversorgung von Kulturpflanzen auf Ackerflächen sowie insbesondere für Wiesen und Weiden des Dauergrünlandes dar. Wirtschaftsdünger sind kein lästiges Abfallprodukt der Nutztierhaltung sondern ein wertvolles, natürliches Betriebsmittel und zugleich unverzichtbares Element der landwirtschaftlichen Kreislaufwirtschaft. Gülle, Stallmist, Jauche und Festmistkompost sorgen als organische

Mehrnährstoffdünger bei richtiger und sachgerechter Anwendung für optimales Wachstum und gute Futterqualitäten. Die Durchführung einer den gesetzlichen Bestimmungen sowie den pflanzenbaulichen Anforderungen entsprechenden sach- und umweltgerechten Düngung erfordert vom Landwirt solides Fachwissen und Kenntnis der Mengen und Nährstoffgehalte der am Betrieb anfallenden Wirtschaftsdünger.

2. Problemstellung

Gemäß den Vorgaben der EU-Nitratrictlinie erfolgt für die Ermittlung der darin festgelegten Obergrenze von 170 kg N aus Dung (Wirtschaftsdünger) eine Reduktion der Brutto-N Ausscheidung (=schwanzfallend) um die sogenannten unvermeidbaren N-Verluste im Stall und am Lager zu berücksichtigen (EUROPEAN COMMISSION, 2002; FUNAKI and PARRIS, 2005). Diese in Form von Ammoniak auftretenden gasförmigen N-Verluste werden je nach Wirtschaftsdüngerart mit 15% (Rindergülle), 30% (Rinderjauche, Rindermist, Schweinegülle, Geflügelgülle, Pferdemit), 35% (Schweinemist), 40% (Geflügelmist) bzw. 45% (Putenmist, Schaf- und Ziegenmist) kalkuliert.

Zur Berechnung der im Wasserrechtsgesetz (WRG 1959) bestehenden Obergrenzen von 210 kg feldfallendem N/ha und Jahr für landwirtschaftliche Nutzflächen mit Gründeckung einschließlich Dauergrünland bzw. 175 kg feldfallendem N/ha und Jahr für landwirtschaftliche Nutzflächen ohne Gründeckung werden zusätzlich noch unvermeidbare N-Verluste, die bei der Ausbringung auftreten, abgezogen. Für Gülle und Jauche betragen diese Abzüge 13%, für Stallmist und Kompost werden 9% Verluste berücksichtigt und zwar ausgehend vom N-Anfall ex Lager. Bezogen auf die N-Exkretion einer Milchkuh mit einer Jahresmilchleistung von 6.000 kg ergeben sich von der Bruttoausscheidung von 96,5 kg N/Tier und Jahr bis hin zum Feld (= feldfallender Stickstoff) kalkulatorische N-Verluste von 25,2 kg = 26,1% (Tabelle 1).

Tabelle 1: Stickstoffanfall für eine Milchkuh mit einer Milchleistung von 6.000 kg pro Jahr auf Basis Gülle (Quelle: Richtlinien für die sachgerechte Düngung, 6. Auflage, 2006)
 Table 1: N-excretion of a dairy cow with a milk performance of 6,000 kg per year on the basis of slurry (source: Richtlinien für die sachgerechte Düngung, 6. Auflage, 2006)

Bezeichnung	Berechnung	kg N/Jahr	relevant für:
N-Anfall brutto (schwanzfallend)		96,5	
N-Anfall nach Abzug der Stall- und Lagerverluste (=15%)	$96,5 \times 0,85 =$	82,0	Obergrenze gemäß Aktionsprogramm (EU-Nitratrictlinie)
N-Anfall nach Abzug der Ausbringungsverluste (=13%)	$82,0 \times 0,87 =$	71,3	Bewilligungsgrenze gemäß WRG
Pflanzenwirksamer N-Anfall im Jahr der Anwendung (=70%)	$71,3 \times 0,70 =$	49,9	Umsetzung der Düngeempfehlung (Richtlinie f. SGD)

Dieses Berechnungsschema berücksichtigt den Umstand, dass Wirtschaftsdünger im landwirtschaftlichen Kreislauf Verlusten unterliegen – vom Zeitpunkt der Ausscheidung bis hin zur Ausbringung auf die jeweiligen Nutzflächen. Grundsätzlich muss dabei festgestellt werden, dass die tatsächlichen Verluste je nach Umweltbedingungen und Management von den kalkulatorischen Ansätzen deutlich abweichen können.

Spannungsfeld Aktionsprogramm – Wasserrecht – Düngungsrichtlinie

Neben den bestehenden N-Obergrenzen gemäß Aktionsprogramm und Wasserrechtsgesetz sind von den österreichischen Landwirten auch die in den Richtlinien für die sachgerechte Düngung enthaltenen Empfehlungsgrundlagen für die Stickstoffdüngung einzuhalten. Diese Empfehlungen berücksichtigen unterschiedliche Nutzungsformen, botanische Aspekte sowie drei unterschiedliche Ertragslagen. Es handelt sich bei den empfohlenen Werten allerdings um keine Entzugszahlen, sondern es werden dabei sowohl die Leistungen der biologischen N-Fixierung als auch die Bodennachlieferung durch die N-Mineralisierung berücksichtigt.

Mit zunehmendem Einsatz von externen Nährstoffen in Form von Kraftfutter und mineralischen Düngemitteln entwickelt sich eine von der Fläche immer unabhängiger werdende Produktionsleistung und Viehbesatzdichte (PÖTSCH, 2006). Sofern die von außen in den Betrieb eingebrachten Nährstoffmengen nicht über die Produkte selbst oder über die Abgabe von Wirtschaftsdüngern ausgeschleust werden, ergibt sich letztlich ein Nährstoff-/Stickstoffanfall je Flächeneinheit, der in der Praxis deutlich über den Empfehlungen der Richtlinien für die sachgerechte Düngung liegen kann.

Zur „Lösung“ dieser Problematik wurde die so genannte Jahreswirksamkeit des Wirtschaftsdüngerstickstoffs eingeführt, die sich auf dessen feldfallenden N-Gehalt bezieht. Diese Jahreswirksamkeit wird in diesem Sinne als Summe aus der Direktwirkung zum Zeitpunkt der Ausbringung und der darin anschließenden, geschätzten Stickstoffmineralisation definiert. Je nach Wirtschaftsdüngerart werden somit nur mehr 50% (Stallmist), 30% (Rottemist), 10% (Kompost) bzw. 70-85 % (bei Gülle) des feldfallenden Stickstoffs als wirksam angerechnet, nur der Jauchestickstoff wird mit einer Jahreswirksamkeit von 100% kalkuliert. Der angeführten Vorgangsweise folgend, ergibt das in Tabelle 1 dargestellte Berechnungsbeispiel eine kalkulatorische N-Reduktion von beinahe 50% (96,5 kg Brutto-N versus 49,9 kg pflanzenwirksamer N).

Offene Fragen:

Wo bleibt nun der in Abzug gebrachte Stickstoff, sofern er nicht zum Pflanzenwachstum und zur Produktion pflanzlicher Biomasse beiträgt? Was ist mit den mittel- und langfristigen Nachwirkungen bei regelmäßiger und langjähriger Anwendung von Wirtschaftsdüngern im Dauergrünland? Wie hoch ist die tatsächliche Wirksamkeit von Wirtschaftsdüngern im Vergleich zu Mineraldüngern?

3. Material und Methodik

Im Jahr 2000 wurden vom LFZ Raumberg-Gumpenstein an den drei Standorten Kobenz, Winklhof und Gumpenstein umfangreiche Feldversuche auf Dauergrünland angelegt. Das Versuchsdesign beinhaltet einen Dreischnittblock mit 9 Düngungsvarianten sowie einen Vierschnittblock mit 7 Düngungsvarianten, wobei sämtliche Varianten in jeweils vierfacher Wiederholung in randomisierter Form angelegt wurden.

Tabelle 2: Beschreibung der Versuchsstandorte

Table 2: Description of study sites

Standort	Höhenlage in m	Ø Jahrestemperatur	Ø Jahresniederschlag
Kobenz	627	8,2 °C	856 mm
Winklhof	490	8,2 °C	1400 mm
Gumpenstein	710	6,8 °C	1010 mm

Die beiden Teilversuchsblöcke unterscheiden sich nicht nur in der Nutzungsfrequenz sondern vor allem auch in den jeweils zugeführten Nährstoffmengen (Tabelle 3). Die N-Zufuhr im Dreischnittblock variierte zwischen 92,2 und 118,8 kg/ha und Jahr, wobei diese Werte ex Lager zu verstehen sind, nachdem die jeweiligen Wirtschaftsdünger vor der Ausbringung analysiert wurden.

Tabelle 3: Ausgewählte Versuchsvarianten in den Wirtschaftsdüngerversuchen sowie zugeführte Nährstoffmengen (Ø 2001 – 2006)

Table 3: Selected variants of the farm manure experiments and applied nutrient amounts (Ø 2001 – 2006)

Intensitätsstufen/Varianten	Anzahl Schnitte/ Jahr	Ø Nährstoffzufuhr (kg ha ⁻¹ Jahr ⁻¹)		
		N _{ex Lager}	P	K
NPK mineralisch	3	92,2	20,2	91,4
Gülle 1:0,25	3	92,8	13,4	84,0
Gülle 1:1	3	92,8	13,4	84,0
Rottemist + Jauche	3	103,8	28,5	176,3
Mistkompost + Jauche	3	118,8	31,6	185,8
NPK mineralisch	4	234,3	40,3	182,9
Gülle 1:0,25 + 50 kg N	4	236,7	26,1	162,4
Gülle 1:1 + 50 kg N	4	236,5	26,1	162,4
Rottemist + Jauche + 50 kg N	4	239,0	49,4	317,9
Mistkompost + Jauche + 50 kg N	4	256,5	54,1	310,9

Das N-Düngungsniveau der Varianten im Vierschnittblock liegt mit 234,3 bis 256,5 kg/ha und Jahr deutlich höher. In der Projektplanung wurde ein N-Niveau im Ausmaß von 2 ÖPUL-GVE (das entspricht etwa 2,6 GVE) angestrebt mit einer zusätzlichen Gabe von 50 kg mineralischem Stickstoff/ha und Jahr in Anlehnung an die Maßnahme „Reduktion ertragssteigernder Betriebsmittel“ auf Grünlandflächen im Programm ÖPUL 2000. Bis zum 18.12.2002 galt im österreichischen Nitrat-Aktionsprogramm als Übergangsregelung eine Obergrenze von 210 kg N/ha und Jahr aus Dung, die im vorliegenden Versuchsdesign auch eingehalten wurde. Durch die Reduktion dieser Obergrenze auf 170 kg N/ha und Jahr könnten die intensiven Düngungsvarianten nur mehr im Rahmen einer entsprechenden Ausnahmegenehmigung für 230 kg N aus Dung in der Praxis umgesetzt werden. Die im intensiven Versuchsblock enthaltene, mineralisch gedüngte NPK-Variante dient hier ausschließlich zum Vergleich mit den Wirtschaftsdüngervarianten und würde in der Praxis bereits einer wasserrechtlichen Bewilligung bedürfen.

Durchgeführte Erhebungen und Analysen

Neben der obligatorischen Bestimmung der geernteten Frisch- und Trockenmasse erfolgten auch detaillierte Untersuchungen zur Futterqualität (VOM und Energiegehalt nach Tilley & Terry, 1963 sowie Rohnährstoffe nach Weender) sowie entsprechende botanische Erhebungen (Projektive Deckung, Artengruppenanteile, Einzelartenanteile) und Bodenuntersuchungen auf allen drei Versuchsstandorten.

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1 Futterertrag

Eine Varianzanalyse für die Ertragsdaten der beiden Versuchsblöcke (3-Schnitt und 4-Schnitt) ergab jeweils einen signifikanten Einfluss der Hauptfaktoren Standort, Variante

und Jahr sowie eine signifikante Wechselwirkung zwischen Jahr und Standort. Der Standort spielt also eine ganz entscheidende Rolle bei der Betrachtung der Ergebnisse. In den Abbildungen 1 bis 3 ist daher der Ertragsverlauf über den Versuchszeitraum von 2001 bis 2006 für die einzelnen Standorte, jeweils getrennt für die beiden Nutzungsfrequenzen dargestellt. Ausgehend von einem sehr hohen Ertragsniveau im ersten Hauptnutzungsjahr, kam es bedingt durch die Trockenheit in den beiden Folgejahren zu teilweise massiven Ertragseinbußen, von dem die Standorte Kobenz und Gumpenstein sehr stark betroffen waren, während am niederschlagreichsten Standort in Winklhof diesbezüglich nur geringfügige Schwankungen zu verzeichnen waren.

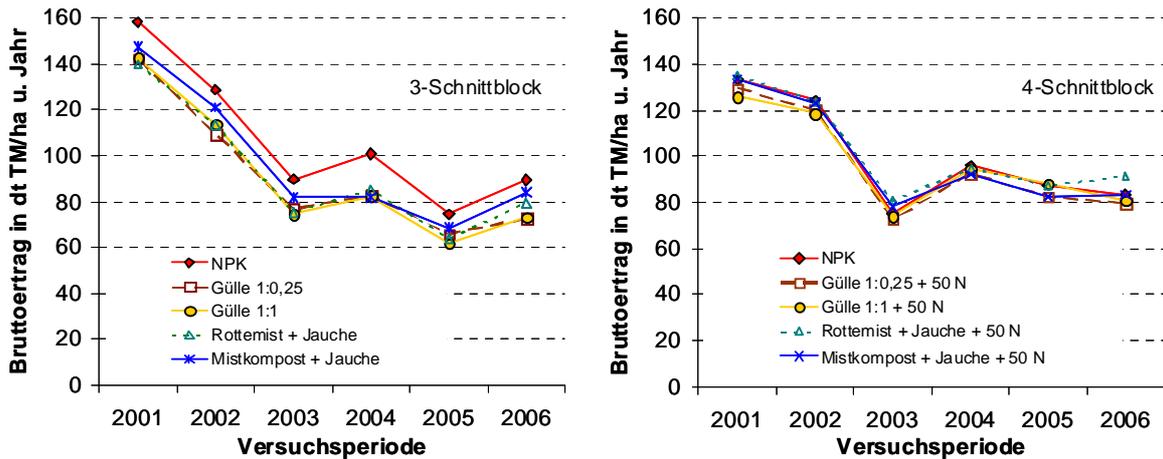


Abbildung 1: Ertragsverlauf (Bruttoerträge) unterschiedlicher Versuchsvarianten im Projektzeitraum 2001-2006 am Standort Kobenz

Figure 1: yield dynamic (gross yield) of different variants during the project period 2001-2006 at Kobenz

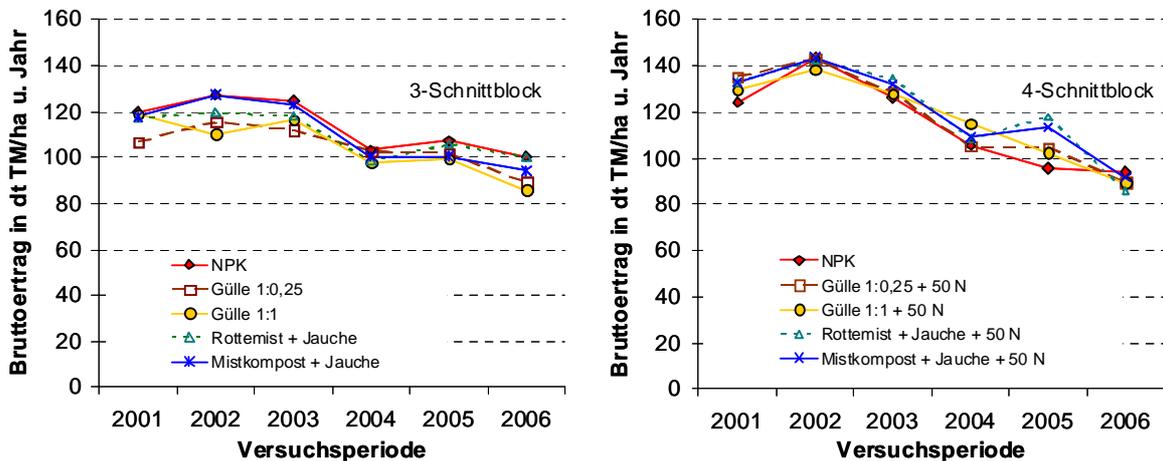


Abbildung 2: Ertragsverlauf (Bruttoerträge) ausgewählter Versuchsvarianten im Projektzeitraum 2001-2006 am Standort Winklhof

Figure 2: yield dynamic (gross yield) of different variants during the project period 2001-2006 at Winklhof

In Kobenz stabilisierte sich das Ertragsniveau in den Folgejahren, während sich in Winklhof und Gumpenstein der Ertragsrückgang in unterschiedlich stark ausgeprägter Form fortsetzte. Allgemein ist festzustellen, dass die einzelnen Versuchsvarianten auf

allen drei Standorten und über den gesamten Versuchszeitraum einer sehr ähnlichen Dynamik unterlagen, allerdings auf einem unterschiedlichen Ertragsniveau. Auffallend ist auch, dass sich mit Ausnahme des Dreischnittblockes am Standort Kobenz die mineralisch gedüngte NPK-Vergleichsvariante ertragsmäßig nur geringfügig von den Wirtschaftsdüngervarianten abhob.

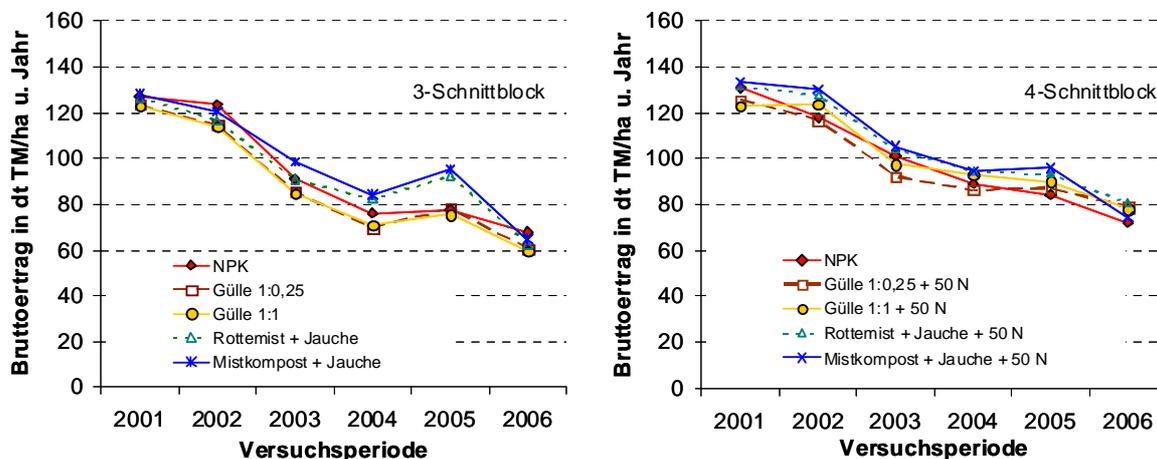


Abbildung 3: Ertragsverlauf (Bruttoerträge) ausgewählter Versuchsvarianten im Projektzeitraum 2001-2006 am Standort Gumpenstein

Figure 3: yield dynamic (gross yield) of different variants during the project period 2001-2006 at Gumpenstein

Hinsichtlich der Beurteilung von Düngungssystemen stellt ein längerer Betrachtungszeitraum eine wichtige Grundlage dar. Im konkreten Versuchsschema sind dies insgesamt 6 Jahre, deren durchschnittliche Ertragsleistung in Tabelle 4 zusammengefasst und hinsichtlich signifikanter Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsvarianten mittels multipler Mittelwertvergleiche analysiert wurde.

Tabelle 4: Ø Jahresbruttoerträge in dt TM/ha über den gesamten Versuchszeitraum von 2001 bis 2006 – die mit unterschiedlichen Indices versehenen Werte unterscheiden sich innerhalb des Standortes signifikant voneinander

Table 4: Ø yield productivity (dt DM/ha) during the total project period from 2001 to 2006 – values with different indices differ significantly

Intensitätsstufen/Varianten	Anzahl Schnitte/Jahr	Kobenz dt TM/ha	Winklhof dt TM/ha	Gumpenstein dt TM/ha
NPK mineralisch	3	106,8 ^a	113,9 ^a	94,0 ^a
Gülle 1:0,25	3	91,6 ^b	104,7 ^b	88,7 ^a
Gülle 1:1	3	91,3 ^b	104,8 ^b	88,0 ^a
Rottemist + Jauche	3	92,8 ^{ab}	109,9 ^{ab}	95,2 ^a
Mistkompost + Jauche	3	97,4 ^{ab}	110,6 ^{ab}	98,7 ^a
NPK mineralisch	4	99,9 ^a	114,9 ^a	99,2 ^a
Gülle 1:0,25 + 50 kg N	4	96,1 ^a	117,7 ^a	97,8 ^a
Gülle 1:1 + 50 kg N	4	97,0 ^a	117,1 ^a	100,8 ^a
Rottemist + Jauche + 50 kg N	4	102,1 ^a	120,3 ^a	105,2 ^a
Mistkompost + Jauche + 50 kg N	4	98,7 ^a	117,6 ^a	105,5 ^a

Bei den 3-Schnittvarianten wiesen auf allen drei Standorten die mineralisch gedüngten Versuchsvarianten das höchste Ertragsniveau auf, allerdings unterschieden sich diese nur in Kobenz und in Winklhof jeweils signifikant von den beiden Güllevarianten. Die weiteren Ertragsunterschiede lagen im Zufallsbereich bei einem Signifikanzniveau von $\alpha=0,05$. Bei den 4-Schnittvarianten fällt insgesamt auf, dass das Ertragsniveau im Durchschnitt des Versuchszeitraumes trotz der beachtlich höheren Nährstoffzufuhren nur relativ geringfügig variierte und damit der Effekt der zusätzlich ausgebrachten mineralischen N-Menge von je 50 kg/ha und Jahr als gering zu bezeichnen ist. Als insgesamt sehr gering ist der Effekt der zusätzlichen Gülleverdünnung zu bezeichnen, die im Durchschnitt des gesamten Versuchszeitraumes nur im 4-Schnittsystem am Standort Gumpenstein einen nennenswerten, jedoch nicht signifikanten Mehrertrag erbracht hat.

4.2 Relative Wirksamkeit der Wirtschaftsdünger

Zur Berechnung der N-Effizienz der eingesetzten Wirtschaftsdünger wurde deren Ertragsleistung je zugeführter N-Einheit (Basis: $N_{\text{ex Lager}}$) errechnet. Diese wurde anschließend in relativer Beziehung zur N-Effizienz der mineralisch gedüngten Variante (= 100%) dargestellt. Mit dieser Vorgangsweise wird nur der Einfluss der unterschiedlichen N-Zufuhren nivelliert, nicht jedoch die in den Wirtschaftsdüngern enthaltenen Mineralstoffe, Spurenelemente sowie die organische Substanz. Es handelt sich daher beim Ergebnis streng genommen nicht ausschließlich um die Effizienz des Wirtschaftsdüngerstickstoffs sondern eigentlich um eine Systemeffizienz im relativen Vergleich zu einer mineralischen NPK-Düngung. In der Literatur werden diesbezüglich sehr unterschiedliche Begriffe wie etwa Mineraldüngergleichwert, Mineraldüngeräquivalent, N-Ausnutzung, N-Wirkungsgrad oder allgemeiner Wirkungsgrad von Wirtschaftsdüngern verwendet, die allerdings alle versuchen, die Leistungsfähigkeit der wirtschaftseigenen Dünger abzubilden (ELSÄSSER u.a., 2005).

Tabelle 5: Relative N-Wirksamkeit (%) von unterschiedlichen Wirtschaftsdüngersystemen im Vergleich zu mineralischer NPK-Düngung

Table 5: relative N-efficiency (%) of different farm manure systems in comparison with mineral NPK-fertilization

Intensitätsstufen/Varianten	Anzahl Schnitte/ Jahr	Kobenz %	Winklhof %	Gumpen- stein %	unterstellte Wirksamkeit %
NPK mineralisch	3	100	100	100	100
Gülle 1:0,25	3	85	91	94	61
Gülle 1:1	3	83	89	90	61
Rottemist + Jauche	3	75	87	89	38
Mistkompost + Jauche	3	73	79	86	21
NPK mineralisch	4	100	100	100	100
Gülle 1:0,25 + 50 kg N	4	96	102	98	69
Gülle 1:1 + 50 kg N	4	97	101	100	69
Rottemist + Jauche + 50 kg N	4	100	102	103	51
Mistkompost + Jauche + 50 kg N	4	91	96	97	36

Die in Tabelle 5 als unterstellte Wirksamkeit benannten Zahlen beziehen sich auf die ex Lager anzurechnenden Werte – für Rindergülle ergeben sich dadurch 0,87 (für 13%

Ausbringungsverluste) x 0,70 (für 70% Jahreswirksamkeit) = 0,61 = 61%. Bei den beiden kombinierten Festmist/Kompost/Jauche-Systemen wurde eine dem vorliegenden Verhältnis des N ex Lager entsprechende Gewichtung zur Ermittlung der unterstellten Wirksamkeit vorgenommen. Bei jenen Wirtschaftsdüngervarianten, die eine zusätzliche mineralische N-Düngung erhielten, wurde deren Anteil ebenfalls in die Gewichtung des Wirksamkeitswertes miteinbezogen.

Bei allen geprüften Wirtschaftsdüngervarianten ist festzuhalten, dass die unterstellte Wirksamkeit deutlich übertroffen wurde, dies betrifft vor allem die Festmist/Kompost/Jauche-Systeme. Deren tatsächliche Wirksamkeit scheint durch die Einbeziehung der Jahreswirksamkeit und der damit verbundenen zusätzlichen Reduktion um 70% bei Rottemist bzw. 90% bei Kompost für Dauergrünland völlig unterschätzt. Auch die für Gülle eingesetzten Werte liegen deutlich unter den tatsächlich erzielten Wirksamkeiten. Anzumerken ist auch, dass die im Vierschnittblock erreichten und gegenüber dem Dreischnittsystem deutlich höheren Wirksamkeiten primär auf die vergleichsweise geringe Leistung der mineralischen NPK-Variante zurückzuführen ist.

In der Literatur werden Mineraldüngergleichwerte bei Gölledüngung von 75 - 90% (SCHECHTNER, 1981; SCHECHTNER, 1992; ELSÄSSER u.a. 1998; ELSÄSSER, 2002) bzw. bis zu 100% (PÖTSCH, 1998; ELSÄSSER, 1999; PÖTSCH and RESCH, 2008) beschrieben. Nach DIEPOLDER und SCHRÖPEL (2002) konnte bei einem mehrjährigen N-Steigerungsversuch im Allgäuer Alpenvorland ein Mineraldüngeräquivalent für N aus Gülle von ca. 80% abgeleitet werden. KIEFER et al. (2004) ermittelten in Baden-Württemberg einen Mineraldüngergleichwert von 89%, NEFF (2005) konnte für breit ausgebrachte Gülle einen Mineraldüngergleichwert von 100 % sowie eine bessere Ertragswirkung im Vergleich zu Mineraldüngung bei über Schleppschlauch gedüngter Gülle in einem mehrjährigen Versuch in Hessen nachweisen. Zahlreiche Arbeiten bestätigen, dass sich etwa die Effizienz der Gölledüngung mit zunehmender Anwendungsdauer verbessert (u.a. SCHECHTNER, 1978 und 1981; VAN DIJK et al., 1990; ELSÄSSER u.a. 1998). Hinsichtlich der Wirksamkeit von Wirtschaftsdüngern spielt insgesamt natürlich das gesamte Düngungsmanagement im landwirtschaftlichen Betrieb eine unverzichtbare Rolle (JARVIS and MENZI, 2004; PÖTSCH und RESCH, 2005).

5. Schlussfolgerungen und Konsequenzen

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass die tatsächliche Wirksamkeit der unterschiedlichen Wirtschaftsdüngersysteme hinsichtlich ihrer Ertragsleistung höher ist als die gemäß den Richtlinien für die sachgerechte Düngung unterstellte, geringe Effizienz. Die Berücksichtigung der sogenannten Jahreswirksamkeit, die insbesondere bei Festmistern und Komposten zu einer extrem hohen Reduktion der Gesamtwirksamkeit führt, muss für die Kulturart Dauergrünland kritisch hinterfragt werden. Die Ergebnisse bestätigen, dass die Einrechnung von unvermeidbaren Verlusten im Stall, am Lager und bei der Ausbringung plausibel ist und die dadurch bedingte, geringere N-Wirksamkeit der Wirtschaftsdünger im Vergleich zu Mineraldünger gut abbildet. Hinsichtlich der Wirksamkeitsunterschiede auf den drei untersuchten Standorten wäre es aber durchaus überlegenswert, bestimmte Standorts- und Wachstumsparameter zur Erstellung von spezifischen Korrekturfaktoren einzubinden.

Zur Einhaltung der Grundlagen und der Richtlinien einer sachgerechten Düngung erscheint es für die Düngung von Grünland unabdingbar, eine entsprechende Anpassung zwischen der am jeweiligen Standort vorliegenden Ertragslage und dem daraus möglichen

Viehbesatz bzw. Leistungsniveau vorzunehmen. Mit einer derartigen Abstimmung könnten einerseits Nährstoffüberhänge deutlich reduziert und andererseits auch die Problematik im Spannungsfeld Aktionsprogramm-Wasserrecht-Sachgerechte Düngung weitestgehend gelöst werden. Bei einer weiter bestehenden Diskrepanz zwischen niedriger Ertragsleistung und zu hohem Viehbesatz müssten konsequenterweise die dadurch entstehenden Nährstoffüberschüsse wieder aus dem Betrieb ausgeschleust werden.

6. Literatur

- Aktionsprogramm (2008): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über das Aktionsprogramm 2008 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen, CELEX-Nr.: 391L0676.
- BMLFUW (2006): Richtlinien für die sachgerechte Düngung. Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz. 6. Auflage, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien, 80 S.
- Diepolder, M und R. Schröpel (2002): Ergebnisse eines N-Steigerungsversuches auf einer weidelgrasreichen Wiese im Allgäuer Alpenvorland (Spitalhof). Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten, Schule und Beratung, Heft 4/02, Seite IV-3 bis IV-7.
- Elsässer M., Pötsch, E.M. und F. Taube (2005): Zur Stickstoffeffizienz von wirtschaftseigenen Düngestoffen bei Schnitt- und Weidenutzung von Grünland und der notwendigen Lagerkapazität für flüssige Wirtschaftsdünger. Stellungnahme für den DLG-Ausschuss für Grünland und Futterbau unter Mitwirkung von M. Diepolder, C. Kalzendorf, R. Neff und G. Riehl.
- Elsässer, M. (1999): Auswirkungen reduzierter Stickstoffdüngung auf Erträge, Futterwert und Botanische Zusammensetzung von Dauergrünland sowie Nährstoffverhältnisse im Boden. Habilitationsschrift, Universität Hohenheim, Wissenschaftsverlag Dr. Fleck, Gießen.
- Elsässer, M., Kunz, H.G. und G. Briemle (1998): Wirkungen organischer und mineralischer Düngung auf Dauergrünland - Ergebnisse eines 12jährigen Düngungsversuches auf Wiese und Mähweide. Pflanzenbauwissenschaften, 2, 2, 49-57.
- EU-Nitratrichtlinie (1991): Richtlinie 91/676/EWG des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen, Amtsblatt Nr. L 375 vom 31/12/1991.
- European Communities (2002): Nitrogen Equivalents in Livestock Manure. Luxembourg, 25 pp.
- Funaki, Y. and K. Parris (2005): The OECD agricultural nutrient balance indicators: establishing a consistent OECD set of nitrogen and phosphorus coefficients. European Commission Workshop "Nitrogen and phosphorus in livestock manure", Brussel.
- Gruber, L. and E.M. Pötsch (2007): Calculation of nitrogen excretion of dairy cows in Austria. Die Bodenkultur, Austrian Journal of Agricultural Research, 57. Band/Heft 1-4, 65-72.
- Jarvis, S. and H. Menzi (2004): Optimising best practice for N management in livestock systems: meeting production and environmental targets. Grassland Science in Europe, Vol. 9, 361- 372.
- Kiefer, J., Zeller, A., Kunz, H.G. und M. Elsässer (2004): Auswirkungen der Gülleausbringtechnik auf den Grünlandertrag. Mitteilungen der AG Grünland und Futterbau, Band 6, 31-34.

- Neff, R. (2005): Versuch zur Optimierung des Gülleinsatzes. Versuchsführer HDLGN – Eichhof.
- Pötsch, E.M. (1997): Auswirkungen langjähriger Wirtschafts- und Mineraldüngeranwendung auf Pflanzensoziologie, Ertrag, Futterinhaltsstoffe und Bodenkennwerte von Dauergrünland. Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien.
- Pötsch, E.M. (1998): Über den Einfluß der Düngungsintensität auf den N-Kreislauf im alpenländischen Grünland. *Die Bodenkultur* 49 (1), 19-27.
- Pötsch, E.M. (2006): Österreichisches Aktionsprogramm zur Umsetzung der EU-Nitratrichtlinie: Aktualisierung der N-Ausscheidungsrate für landwirtschaftliche Nutztiere - Konsequenzen für die Praxis. Bericht zum Seminar "Umweltprogramme für die Landwirtschaft und deren Auswirkungen auf die Grundwasserqualität", HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 7-12.
- Pötsch, E.M. and R. Resch (2008): Nitrogen efficiency of farm manure on permanent grassland in mountainous regions. EGF-Meeting 2008 „Biodiversity and Animal Feed“, Uppsala, Grassland Science in Europe, Volume 13, 299-301.
- Pötsch, E.M. und L. Gruber (2006): Neukalkulation der Wirtschaftsdüngeranfallsmengen und Nährstoffausscheidungen. In: Bericht zum 12. Alpenländischen Expertenforum "Neuerungen und Herausforderungen in der Düngung von Grünland und Feldfutter", HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 30.03.2006, 7-14.
- Pötsch, E.M. und R. Resch (2005): Einfluss unterschiedlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen auf den Nährstoffgehalt von Grünlandfutter. Bericht 32. Viehwirtschaftliche Fachtagung zum Thema Milchviehfütterung, Melkroboter, Züchtung, Ökonomik, Haltung. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 1-14.
- Schechtner, G. (1978): Zur Wirksamkeit des Güllestickstoffs auf dem Grünland in Abhängigkeit vom Düngungsregime. *Die Bodenkultur*, 29, 4, 351-376.
- Schechtner, G. (1981): Nährstoffwirkungen und Sonderwirkungen der Gülle. 7. Arbeitstagung "Fragen der Güllerei", Gumpenstein, 135-196.
- Schechtner, G. (1992): Pflanzenbauliche Bewertung des Wirtschaftsdüngerstickstoffs. *Der Förderungsdienst*, 3, 13-21.
- Van Dijk, T.A., J. Postmus and W.H. Prins (1990): Long term application of farmyard manure on grassland: effect on herbage yield and distribution of N and P in the soil profile. Proceedings 13th EGF - General Meeting, Banska-Bystrica, 159-164.
- Wasserrechtsgesetz – WRG (1959): idF BGBl. I Nr. 87/2005.