

# Zur Wirksamkeit von Wirtschaftsdüngern im Grünland

E.M. PÖTSCH

## 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.

Die Grundlage für die Ermittlung der Anfallsmengen als auch der Nährstoffgehalte von hofeigenen Düngern stellen in Österreich die vom Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz erarbeiteten Richtlinien für die sachgerechte Düngung (BMLFUW, 6. Auflage, 2006) dar. Im Rahmen der Erstellung der Neuauflage dieses wichtigen Regelwerkes wurden neben den Anfallsmengen an unterschiedlichen Wirtschaftsdüngern vor allem auch die Nährstoffausscheidungsmengen für Stickstoff, Phosphor und Kalium für die unterschiedlichsten Nutztierarten aktualisiert. Damit wurde auch der massiven Kritik der Europäischen Kommission an den im internationalen Vergleich teilweise deutlich niedrigeren österreichischen Exkretionsmengen Rechnung getragen.

## 2. Problemstellung

Gemäß den Vorgaben der EU-Nitratrichtlinie 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 (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.

In *Tabelle 1* wird die Vorgangsweise zur Berechnung bzw. Überprüfung der jeweils relevanten N-Obergrenzen am Beispiel einer Milchkuh mit einer Jahresmilchleistung von 6.000 kg auf Basis Gülle dargestellt. Bezogen auf die Brutto-N-Exkretion von 96,5 kg/Tier und Jahr ergeben sich von der Ausscheidung bis hin zum Feld (= feldfallender Stickstoff) kalkulatorische N-Verluste von 25,2 kg = 26,1%.

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 Verlus-

te je nach Umweltbedingungen und Management von den kalkulatorischen Ansätzen deutlich (in beide Richtungen) abweichen können. Sowohl im Stall als auch bei der Lagerung und insbesondere im Bereich der Ausbringung, bei der das Risiko für N-Verluste am stärksten ist, hat der Landwirt zahlreiche Möglichkeiten, diese Verluste zu reduzieren und damit die Wirksamkeit und zugleich den Wert seiner Wirtschaftsdünger zu erhöhen (KATZ, 1996; MENZI, 1996; PÖTSCH, 2007).

## 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.

Das Prinzip einer kreislauforientierten Grünlandwirtschaft nimmt in hohem Maß Bezug auf die Ertragsleistung des Standortes. Die Menge und Qualität des am Betrieb erzeugten Grünlandfutters bestimmt in diesem Fall weitestgehend den Viehbesatz je Flächeneinheit. Eine Milchleistung von bis zu 5.000 kg/Kuh und Jahr kann bei entsprechender Quantität und Qualität ausschließlich über das wirtschaftseigene Grundfutter erzielt werden. Höhere Milchleistungen erfordern jedoch einen steigenden Einsatz an höherwertigen und für viele Grünlandbetriebe meist externen (Kraft) Futtermitteln (GRUBER und PÖTSCH, 2007). Mit zunehmendem Input an

**Autor:** Univ.-Doz. Dr. Erich M. PÖTSCH, Abteilung Grünlandmanagement und Kulturlandschaft, LFZ Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, A-8952 IRDNING, erich.poetsch@raumberg-gumpenstein.at

**Tabelle 1: Beispiel für die Berechnung des jahreswirksamen Stickstoffanfalls für eine Milchkuh mit einer Milchleistung von 6000 kg pro Jahr auf Basis Gülle (Quelle: 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-Nitratrichtlinie)
N-Anfall nach Abzug der Ausbringungsverluste (=13%)	$82,0 \times 0,87 =$	71,3	Bewilligungsgrenze gemäß WRG
<b>Pflanzenwirksamer N-Anfall im Jahr der Anwendung (=70%)</b>	<b><math>71,3 \times 0,70 =</math></b>	<b>49,9</b>	<b>Umsetzung der Düngeempfehlung (Richtlinie f. SGD)</b>

externen Nährstoffen entwickelt sich aber 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 unter bestimmten Bedingungen deutlich über den Empfehlungen der Richtlinien für die sachgerechte Düngung liegt. Verschärfende Bedingungen ergeben sich vor allem dann, wenn ein hohes Leistungsniveau in Gebieten angestrebt und umgesetzt wird, in dem eine natürlich bedingte, niedrige Ertragslage vorherrscht. Die relativ unspezifischen N-Obergrenzen im Aktionsprogramm und im Wasserrechtsgesetz führ(t)en unter solchen Voraussetzungen bei der Einhaltung der Richtlinienempfehlungen für die N-Düngung zu Problemen.

Zur Umgehung dieses Spannungsfeldes wurde die sogenannte 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.

Ergänzend wird zugestanden, dass beim regelmäßigen Einsatz von Wirtschaftsdüngern im Sinne einer Kreislaufwirtschaft je Anwendungsjahr neben der Jahreswirksamkeit auch mit einer Nachwirkung von 3 bis 5% gerechnet werden

kann. Weiters wird zwar angemerkt, dass daher im Grünland die Gesamtwirksamkeit bei langjährigem regelmäßigem Einsatz von Wirtschaftsdüngern und günstigen Mineralisierungsverhältnissen bis zu 100% erreichen kann – in der praktischen Bewertung der Wirksamkeit des Stickstoffs in Wirtschaftsdüngern bleibt dies jedoch unberücksichtigt.

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). Damit kann bei Ausschöpfung der bei diesem Leistungsniveau nach dem Aktionsprogramm maximal möglichen Zahl von etwa 2,1 Kühen/ha selbst die N-Empfehlung von 80-100 kg N/ha für eine dreischrittige, kleereiche Dauerwiese in mittlerer Ertragslage (zumindest rechnerisch) noch eingehalten werden. Ende gut – alles gut? Nicht ganz, denn ein paar nicht ganz unwesentliche Aspekte bleiben noch offen.

#### **Fragen zum Verbleib der kalkulatorischen N-Verluste und zur tatsächlichen Wirksamkeit des Wirtschaftsdüngerstickstoffs**

Wo bleibt nun der in Abzug gebrachte Stickstoff, sofern er nicht zum Pflanzenwachstum und zur Produktion pflanzlicher Biomasse beiträgt? Neben potenziellen N-Verlusten über Ammoniakabgasung und Denitrifikation sowie über Oberflächenabfluss und Auswaschung bietet sich hier noch die Möglichkeit der Immobilisierung und der Akkumulation im Boden an. 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? Diese abschließende Frage wird im nachfolgenden Beitrag an Hand von aktuellen Versuchsergebnissen behandelt und diskutiert.

### **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. Die drei Versuchsstandorte weisen unterschiedliche Verhältnisse hinsichtlich Höhenlage, Temperatur und Jahresniederschlag auf und repräsentieren damit sehr viele österreichische Grünlandregionen mit mittlerer bis intensiver Bewirtschaftungsintensität. Das Versuchsdesign beinhaltet einen Dreischnittblock mit 9 Düngungsvarianten sowie einen Vier-schnittblock mit 7 Düngungsvarianten, wobei sämtliche Varianten in jeweils vierfacher Wiederholung in randomisierter Form angelegt wurden. Für die gegenständliche Fragestellung wurden die in *Tabelle 3* angeführten Versuchsvarianten herausgegriffen und analysiert.

Die beiden Teilversuchsblöcke unterscheiden sich nicht nur in der Nutzungsfrequenz sondern vor allem auch in den jeweils zugeführten Nährstoffmengen. Die N-Zufuhr im Dreischnittblock variierte zwischen 92,2 und 118,8 kg/ha und Jahr, wobei diese Werte ex Lager zu

**Tabelle 2: Beschreibung der Versuchsstandorte**

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

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

Intensitätsstufen/Varianten	Anzahl Schnitte/ Jahr	Ø Nährstoffzufuhr (kg ha <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup> )		
		N <sub>ex</sub> 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

verstehen sind, nachdem die jeweiligen Wirtschaftsdünger vor der Ausbringung analysiert wurden. Diese Vorgangsweise entspricht exakt der Regelung in den Richtlinien für die sachgerechte Düngung, wonach bei Vorliegen eines Untersuchungsergebnisses für den Stickstoffgehalt nur mehr (unvermeidbare) Verluste bei der Ausbringung in Abzug gebracht werden dürfen. 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.

Auffallend ist bei beiden Versuchsblöcken, dass die Zufuhr an Phosphor und Kalium sehr stark variiert, insbesondere bei den Versuchsvarianten mit

Rottemist und Mistkompost. Es wurde gemäß der Versuchsplanung mit der Hauptzielsetzung einer vergleichbaren N-Zufuhr keine Ausgleichsdüngung für diese beiden Nährstoffe vorgenommen. Dies wäre hinsichtlich des starken PK-Überhanges bei den Mistvarianten auch nicht möglich gewesen. Hinsichtlich des P- und K-Gehaltes der Versuchsböden ist anzumerken, dass die P-Versorgung zu Versuchsbeginn als ausreichend (Gehaltsklasse C) und die K-Versorgung in Kobenz und Gumpenstein als niedrig (Gehaltsstufe B) und in Winklhof als ausreichend zu beurteilen war.

#### 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 Roh Nährstoffe nach Weender) sowie entsprechende botanische Erhebungen (Projektive Deckung, Artengruppenanteile, Einzelartenanteile) und Bodenuntersuchungen auf allen drei Versuchsstandorten.

## 4. Ergebnisse und Diskussion

Für die Bearbeitung der Themenstellung werden in der vorliegenden Arbeit nur die Ertragsleistungen und Qualitätserträge der einzelnen Versuchsvarianten näher betrachtet. Eine detaillierte Auswertung der weiteren Kennwerte erfolgt im in Bearbeitung stehenden Abschlussbericht.

### 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. Es handelt sich dabei um die Bruttoerträge, von denen je nach Nutzungs- und Konservierungsform noch entsprechende Verluste in Abzug zu bringen sind. Ausgehend von einem sehr hohen Ertragsniveau im ersten Hauptnutzungsjahr (die Daten des Anlagejahres 2000 wurden nicht in die Auswertung einbezogen), kam es bedingt durch die Trockenheit in den beiden Folgejahren zu teilweise massiven Ertrags-einbußen, von dem die Standorte Kobenz und Gumpenstein sehr stark betroffen waren, während am niederschlagreichsten Standort in Winklhof diesbezüglich nur geringfügige Schwankungen zu verzeichnen waren.

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 nicht wirklich positiv von den Wirtschaftsdüngervarianten abhob.

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 wurden.

Bei den 3-Schnittvarianten wiesen auf allen drei Standorten die minera-

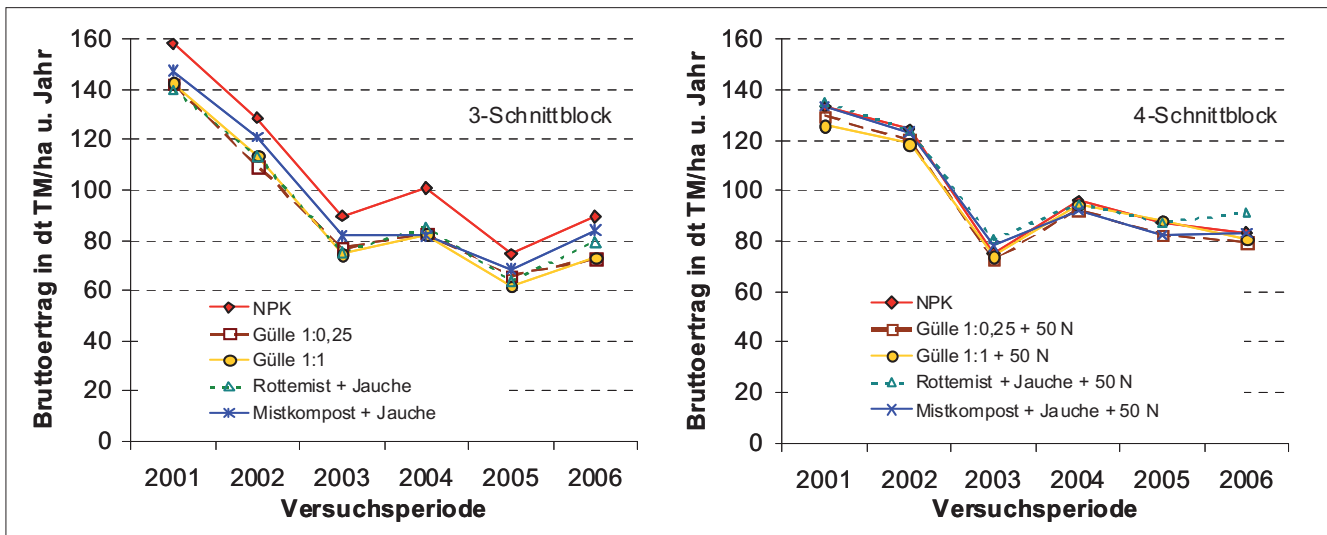


Abbildung 1: Ertragsverlauf (Bruttoerträge) ausgewählter Versuchsvarianten im Projektzeitraum 2001-2006 am Standort Kobenz

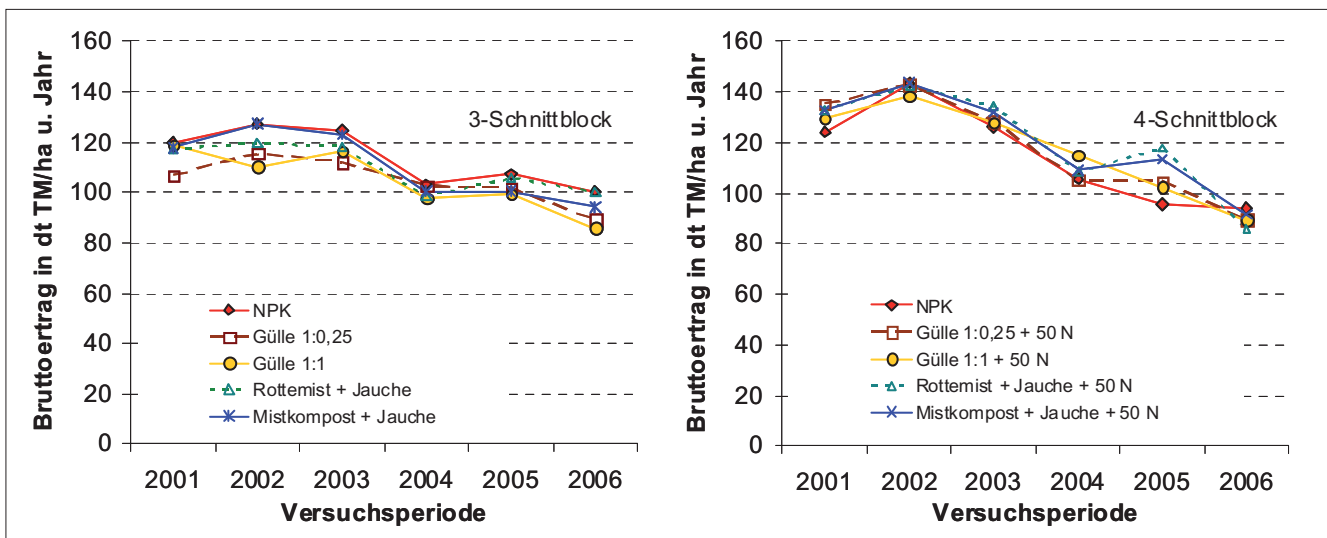


Abbildung 2: Ertragsverlauf (Bruttoerträge) ausgewählter Versuchsvarianten im Projektzeitraum 2001-2006 am Standort Winklhof

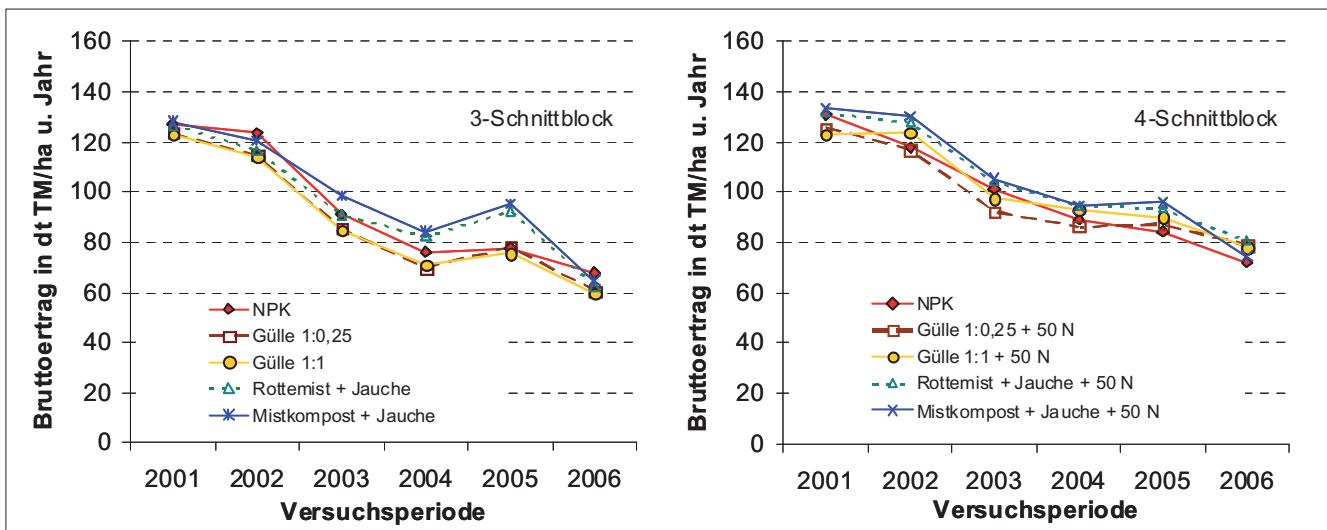


Abbildung 3: Ertragsverlauf (Bruttoerträge) ausgewählter Versuchsvarianten im Projektzeitraum 2001-2006 am Standort Gumpenstein



**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**

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

**Tabelle 5: Ø Qualitätserträge in GJ NEL/ha über den Versuchszeitraum von 2001 bis 2003 – die mit unterschiedlichen Indices versehenen Werte unterscheiden sich innerhalb des Standortes signifikant voneinander**

Intensitätsstufen/Varianten	Anzahl Schnitte/Jahr	Kobenz GJ NEL/ha	Winklhof GJ NEL/ha	Gumpenstein GJ NEL/ha
NPK mineralisch	3	64,02 <sup>a</sup>	52,76 <sup>a</sup>	53,47 <sup>a</sup>
Gülle 1:0,25	3	56,82 <sup>a</sup>	47,94 <sup>b</sup>	49,96 <sup>a</sup>
Gülle 1:1	3	55,59 <sup>a</sup>	52,28 <sup>a</sup>	52,72 <sup>a</sup>
Rottemist + Jauche	3	55,64 <sup>a</sup>	51,83 <sup>a</sup>	52,83 <sup>a</sup>
Mistkompost + Jauche	3	58,23 <sup>a</sup>	52,06 <sup>a</sup>	52,06 <sup>a</sup>
NPK mineralisch	4	58,47 <sup>a</sup>	64,70 <sup>a</sup>	64,37 <sup>a</sup>
Gülle 1:0,25 + 50 kg N	4	62,02 <sup>a</sup>	65,78 <sup>a</sup>	62,50 <sup>a</sup>
Gülle 1:1 + 50 kg N	4	58,59 <sup>a</sup>	67,11 <sup>a</sup>	63,25 <sup>a</sup>
Rottemist + Jauche + 50 kg N	4	61,52 <sup>a</sup>	66,20 <sup>a</sup>	66,89 <sup>a</sup>
Mistkompost + Jauche + 50 kg N	4	63,48 <sup>a</sup>	67,54 <sup>a</sup>	68,30 <sup>a</sup>

lich gedüngten Versuchsvarianten das höchste Ertragsniveau auf, allerdings unterschieden sich diese nur in Kobenz und in Winkelhof jeweils signifikant von den beiden Güllevarianten. Die weiteren Ertragsunterschiede lagen im Zufallsbereich bei einem Signifikanzniveau von 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. Es ist allerdings dabei zu berücksichtigen, dass die höhere Nährstoffversorgung entsprechend den Grundsätzen einer guten Abstimmung zwischen Düngungs- und Nutzungsintensität mit einer Anhebung der Schnittfrequenz verknüpft wurde. 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 Mehr-

ertrag erbracht hat. Der durchschnittliche TM-Gehalt der 1:0,25 verdünnten Gülle betrug 8,2%, jener der 1:1 verdünnten Gülle 5,1%. Allerdings bleibt anzumerken, dass die Gülleverdünnung im empfohlenen Verhältnis von 1:0,5 bis 1:1 vor allem bei sehr heißen, niederschlagsarmen Verhältnissen zur Verringerung von hohen  $\text{NH}_3$ -Verlusten und vor allem auch hinsichtlich einer Vermeidung der Futterverschmutzung nach wie vor Bedeutung hat.

#### 4.2 Qualitätsertrag

Dieser Kennwert ergibt sich als Produkt von Ertrag (kg TM/ha) und Energiekonzentration des Futters (MJ NEL/kg TM) und wird in MJ NEL bzw. GJ NEL/ha angegeben. Damit wird die Ertragsleistung um einen für die Verwertung des Grundfutters wichtigen, qualitativen Aspekt ergänzt. In *Tabelle 5* sind die durchschnittlichen Qualitätsbruttoerträge über den Analysenzeitraum von 2001 bis 2003 für die einzelnen Standorte, jeweils getrennt für die beiden Nutzungsfrequenzen dargestellt.

Innerhalb des 3-Schnittblockes ergaben

sich signifikante Unterschiede im Qualitätsertrag hinsichtlich der Faktoren Standort, Jahr und Versuchsvariante, innerhalb des 4-Schnittblockes hinsichtlich der Faktoren Standort und Jahr. Die mineralische Vergleichsvariante erzielte auf allen 3 Standorten bei Dreischnittnutzung den höchsten Ø Qualitätsertrag, wobei der Unterschied in Winkelhof und Gumpenstein gegenüber den Wirtschaftsdüngervarianten nur marginal ausfiel. Bei der Vierschnittnutzung wiesen hingegen mit nur zwei Ausnahmen die Wirtschaftsdüngervarianten die höchsten Qualitätserträge auf.

#### 4.3 Relative Wirksamkeit der Wirtschaftsdünger

Die bisher angeführten Ergebnisse zum Futterertrag und Qualitätsertrag beruhen auf einer Darstellung der Absolutwerte, untergliedert nach den im Versuchsdesign enthaltenen Faktoren. Im Folgenden wurde zur Berechnung der N-Effizienz der eingesetzten Wirtschaftsdünger 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 zwar der Einfluss der unterschiedlichen N-Zufuhren nivelliert, nicht jedoch die Menge an zugeführtem Phosphor, Kalium und anderer in den Wirtschaftsdüngern enthaltenen Mineralstoffen, Spurenelementen sowie der organischen 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 Mineraldünger-gleichwert, 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).

In *Tabelle 6* sind die erzielten N-Wirksamkeiten der im Versuch eingesetzten Düngersysteme dargestellt. Die als unterstellte Wirksamkeit angegebenen Werte beziehen sich auf die ex Lager anzurechnenden Werte – für Rinder-

**Tabelle 6: Relative N-Wirksamkeit (%) von unterschiedlichen Wirtschaftsdüngersystemen im Vergleich zu mineralischer NPK-Düngung bei 3- und 4-Schnittnutzung auf drei Versuchsstandorten im Dauergrünland**

Intensitätsstufen/Varianten	Anzahl Schnitte/Jahr	Kobenz %	Winklhof %	Gumpenstein %	unterstellte Wirksamkeit %
NPK mineralisch	3	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
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	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
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

gülle ergeben sich dadurch  $0,87$  (für 13% Ausbringungsverluste)  $\times 0,70$  (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 erzielten Wirksamkeiten, die bei Dreischnittnutzung im schlechtesten Fall bei 74% (im Jahr 2002 am Standort Winklhof) und bei der Vierschnittnutzung bei 88% (im Jahr 2004 am Standort Gumpenstein) lagen. 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 sind.

In der Literatur werden Mineraldüngergleichwerte bei Gülledüngung von 75 - 90% (SCHECHTNER, 1981; SCHECHTNER, 1992; ELSÄSSER et al., 1998; ELSÄSSER, 2002) bzw. bis zu 100% (PÖTSCH, 1998; ELSÄS-

SER, 1999; NEFF, 2005; PÖTSCH und 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. Grünlandflächen werden meist über Wirtschaftsdünger kontinuierlich mit Nährstoffen und organischer Substanz versorgt - je länger und regelmäßiger diese eingesetzt werden desto höher liegt der N-Wirkungsgrad. Zahlreiche Arbeiten bestätigen, dass sich etwa die Effizienz der Gülledüngung mit zunehmender Anwendungsdauer verbessert (u.a. SCHECHTNER, 1978 und 1981; VAN DIJK et al., 1990; ELSÄSSER et al., 1998; ELSÄSSER et al., 1995). Hinsichtlich der Wirksamkeit von Wirtschaftsdüngern spielt insgesamt natürlich das gesamte Düngungsmanagement im landwirtschaftlichen Betrieb eine unverzichtbare Rolle (PÖTSCH und BUCHGRABER, 1995; JARVIS und MENZI, 2004; PÖTSCH, 2005; PÖTSCH und RESCH, 2005).

Die biologische N-Bindung durch die Leguminosen besitzt allgemein eine starke Bedeutung im landwirtschaftlichen N-Kreislauf und damit auch für die Frage der Wirksamkeit von Düngungssystemen (TAUBE und PÖTSCH, 2001). Die durchschnittlichen Leguminosenanteile lagen bei den Dreischnittflächen zwi-

schen 7 und 12% und bei den Vierschnittflächen zwischen 3 und 7%, wobei die Wirtschaftsdüngervarianten in beiden Systemen jeweils die höchsten Werte aufwiesen. Die Unterschiede im Leguminosenanteil zwischen den Standorten waren signifikant (Dreischnittflächen: Gumpenstein > Kobenz > Winklhof; Vierschnittflächen: Gumpenstein > Kobenz = Winklhof). Verglichen mit sehr kleereichen Grünland- und Feldfutterbeständen ist der Beitrag der legumen N-Bindung in der vorliegenden Versuchsreihe allerdings insgesamt als eher gering zu bezeichnen.

Eine wesentlich größere Rolle hat in diesem Fall die N-Nachlieferung des Bodens gespielt, nachdem der durchschnittliche N-Entzug (brutto) bei den Dreischnittflächen zwischen 240 (NPK mineralisch) und 216 kg/ha und Jahr (für die Wirtschaftsdüngervarianten) lag. Dies wird auch durch die Ertragsleistung einer zusätzlich angelegten Versuchsvariante bestätigt, die ausschließlich mit Phosphor und Kalium in mineralischer Form gedüngt wurde und mit bis zu  $\emptyset$  20% Leguminosenanteil einen N-Entzug von knapp 200 kg/ha und Jahr aufwies. Dies ist letztlich ein deutlicher Hinweis auf die Bedeutung der Bodennachlieferung und damit auch eine Bestätigung dafür, dass eine Empfehlung für die N-Düngung auf Basis von Entzugszahlen, die immer wieder diskutiert wird, nicht gerechtfertigt ist. Nach Beobachtungen von WERNER et al. (1985), STEFFENS und VETTER (1985), SCHERER et al. (1988), DÖHLER und SCHULTHEISS (1994) sowie PÖTSCH (1997) beeinflusst die Gülledüngung den Gesamtstickstoff-Haushalt bis in tiefere Schichten und führt insgesamt zu höherer Nachlieferung von Stickstoff.

Die durchschnittlichen N-Entzugszahlen (brutto) variierten bei den Vierschnittflächen zwischen 310 kg (NPK mineralisch) und 290 kg/ha und Jahr (für die Wirtschaftsdüngervarianten). Die  $\emptyset$  Differenz von rund 70 kg N-Entzug zwischen den beiden Schnittsystemen/Düngungsniveaus zeigt ganz deutlich, dass damit nur etwa die Hälfte des zusätzlich zugeführten Stickstoffs von  $\emptyset$  140 kg über den Ernteertrag wieder abgeführt wurde. Der höhere N-Entzug ist dabei nur zu einem geringen Anteil auf den Mehrertrag als vielmehr auf den bei den Vierschnittflächen um  $\emptyset$  3% höheren Rohproteingehalt des Futters zurückzuführen (Dreischmittflächen:  $\emptyset$  12,1% XP; Vierschnittflächen:  $\emptyset$  15,3% XP).

## 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.

Die ebenfalls immer wieder diskutierte Möglichkeit einer generellen Anhebung der N-Empfehlungswerte für Grünland erscheint angesichts der vorliegenden Erkenntnisse nicht zielführend. Im Einzelfall besteht dafür aber ohnehin die Möglichkeit des Ansuchens um eine wasserrechtliche Bewilligung.

Wirtschaftseigene Dünger sind für Grünland- und Milchviehbetriebe ein wertvolles Betriebsmittel, dessen sachgerechter Einsatz sowohl aus ökonomischer als auch aus ökologischer Sicht von großer Bedeutung ist. Eine kalkulatorische Minderung der Wirksamkeit von Wirtschaftsdüngern stellt nur eine oberflächliche Problemlösung dar und vermittelt dem Landwirt zugleich auch den Eindruck der Geringwertigkeit des Wirtschaftsdüngers verbunden mit der Notwendigkeit einer ergänzenden N-Düngung (Wirtschaftsdünger kann wenig, also muss ich nachhelfen). Ein hoher unterstellter N-Wirkungsgrad erhöht hingegen die Bestrebung, möglichst alles zu tun, um diese Effizienz auch tatsächlich zu erreichen.

## 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.

DÖHLER, H. und U. SCHULTHEISS, 1994: Grundwasserschonender Einsatz von Wirtschaftsdüngern. In: KTBL (ed.): Strategien

zur Verminderung der Nitratwaschung in Wasserschutzgebieten; Arbeitspapier 206; pp. 20-31, Münster, Landwirtschaftsverlag.

ELSÄSSER, M., E.M. PÖTSCH 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., H.G. KUNZ und G. BRIEMLE, 1995: Unterschiedliche technische Behandlung von Gülle und deren Auswirkungen auf intensiv genutztes Dauergrünland. Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau, 174, 253-264.

ELSÄSSER, M., H.G. KUNZ 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", Brüssel.

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.

KATZ, P., 1996: Ammoniakemissionen nach der Gülleanwendung auf Grünland. Dissertation an der ETH Zürich, Nr.: 11382.

KIEFER, J., A. ZELLER, H.G. KUNZ und M. ELSÄSSER, 2004: Auswirkungen der Gülleausbringetechnik auf den Grünlandertrag. Mitteilungen der AG Grünland und Futterbau, Band 6, 31-34.

MENZI, H., 1996: Ammoniakverluste reduzieren - warum? „Die Grüne“ 36/96.

NEFF, R., 2005: Versuch zur Optimierung des Gülleeinsatzes. Versuchsführer HDLGN - Eichhof.

PÖTSCH, E.M., 1997: Auswirkungen langjähr-



- riger Wirtschafts- und Mineräldüngeranwendung 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., 2005: Auswirkungen der neuen Anfallsmengen- und Nährstoffberechnungen für Wirtschaftsdünger auf österreichische Grünlandbetriebe. In: Kurzfassungen der Vorträge zur Wintertagung 2005 für Grünland und Viehwirtschaft. Aigen/Ennstal., 10-11.
- 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., 2007: Sach- und umweltgerechter Einsatz von Wirtschaftsdüngern im Grünland. Tagungsunterlage zum Gülletag Gießhübl, NÖ.
- PÖTSCH, E.M. and R. RESCH, 2008: Nitrogen efficiency of farm manure on permanent grassland in mountainous regions. EGF-Meeting 2008, Uppsala, in print.
- PÖTSCH, E.M. und K. BUCHGRABER, 1995: Bericht über das Alpenländische Expertenforum zum Thema "Düngung im Alpenländischen Grünland" am 23./24. Mai 1995; Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein; Seite 65 ff.
- 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, Ökonomie, 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.
- SCHERER, H.W., W. WERNER und A. KOHL, 1988: Einfluß langjähriger Güllendüngung auf den Nährstoffhaushalt des Bodens. 1. Mitteilung: N-Akkumulation und N-Nachlieferungsvermögen. *Zeitschrift Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 151, 57-61.
- STEFFENS, G. und H. VETTER, 1985: Mittelfristige Nährstoffbilanz und Nährstoffausnutzung bei Güllendüngung. *Kali-Briefe*, 17, 441-460.
- TAUBE, F. and E.M. PÖTSCH, 2001: On-farm nutrient balance assessment to improve nutrient management on organic dairy farms. *Grassland Science in Europe*, 6, 225-235.
- 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.
- WERNER, W., H.W. SCHERER und D. DRESCHER, 1985: Untersuchungen über den Einfluß langjähriger Güllendüngung auf N-Fractionen und N-Nachlieferung des Bodens. *Zeitschrift Acker- und Pflanzenbau*, 155, 137-144.