

## **Ergebniszusammenstellung früherer Gülleveruche am Spitalhof mit emissionsarmer Ausbringtechnik**

Bereits vor rund 25 Jahren wurden am Spitalhof in Kempten mehrjährige Gülleveruche mit emissionsarmer Ausbringtechnik durchgeführt. Gründe dafür waren einerseits die technischen Entwicklungen zur bodennahen Gülleausbringung, staatliche Zuschüsse bei Verwendung dieser Technik (Programm Stickstoff 2000), jedoch wohl auch die Tatsache, dass für die Berater und Landwirte im Voralpenraum eine streifenförmige Gülleausbringung ungewohnt war und skeptisch betrachtet wurde. Daher bestand das Ziel der Untersuchungen am Spitalhof, Beratungsaussagen zur Wirkung auf Ertrag, Pflanzenbestand, Weideverhalten und Futterqualität treffen zu können.

Im Gegensatz zu aktuellen Versuchen der LfL zur emissionsarmen Gülleausbringung, in denen insbesondere Varianten mit moderner Schleppschuh- und Injektionstechnik getestet werden, war dies in der Vergangenheit versuchstechnisch nicht möglich und entsprach seinerzeit auch nicht den Fragestellungen der Praxis im Alpenvorland. So wurde damals ausschließlich der Schleppschlauch als „neue“ streifenförmige Ausbringtechnik in die die Versuche am Spitalhof aufgenommen und hier mit der üblichen Breitverteilung bzw. rein mineralisch gedüngten Varianten verglichen.

Über die Ergebnisse dieser Versuche wurden in den Spitalhofheften mehrfach berichtet und diskutiert. Da diese Veröffentlichungen seit geraumer Zeit vergriffen sind, werden die wichtigsten Ergebnisse dieser Versuche nochmals kurz dargestellt und interpretiert. Sie wurden ebenfalls im Tagungsband „Gülle 11“ (Elsässer et al., 2011; siehe Literatur) von verschiedenen Autoren der LfL zusammengefasst.

### **Erstes Versuchskonzept (Schnitt- und Weideversuch)**

Bei diesem ersten sechsjährigen Versuchskonzept, geteilt in einen Schnittversuch (1993-1998, Versuch 479 der damaligen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau) und einen Weideversuch (1994-1999, Versuch 455 der damaligen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau) sollten die Auswirkungen streifenförmiger Gülleausbringung auf Ertrag, Pflanzenbestand und Fresslust, letztere abgeleitet von der Weidebeobachtung sowie der Ermittlung des Weiderestes, getestet werden.

Beim Schnittversuch mit vier Ernten pro Jahr wurden neben einer Mineraldüngervariante vier Güllevarianten (zwei bodennah, zwei nicht bodennah) untersucht. Hierbei erfolgte die bodennahe Ausbringung sowohl durch Schleppschlauchtechnik mit einem Versuchsfass als auch durch eine bodennahe Breitverteilung mit einem weiteren Versuchsfass. Die nicht bodennahe Ausbringung wurde mit einem Praxisfass mit Prallkopfverteiler sowie mit Schleppschlauchtechnik realisiert, wobei hier die Schläuche ca. 20-50 cm über die Bodenoberfläche angehoben wurden.

Mit der damals im Versuch gewählten Technik zeigten sich keine signifikanten Ertragsunterschiede (TM-Ertrag, N-Ertrag) zwischen den fünf Varianten, die mittleren jährlichen Trockenmasse-Erträge lagen im sechsjährigen Durchschnitt bei rund 105 Dezitonnen (dt) pro Hektar. Der Pflanzenbestand wurde von den verschiedenen Methoden der Gülleausbringung kaum beeinflusst. Im Laufe der Versuchsdurchführung wurde bei keiner Variante eine Schädigung der Grasnarbe festgestellt.

Tabelle 1: TM- und N-Erträge bei Versuch 479 (Mittel aus 6 Jahren; 1993-1998)

<b>Variante</b>	<b>TM-Ertrag [dt TM/ha/Jahr]</b>	<b>N-Ertrag [kg N/ha/Jahr]</b>
1 Gülle - Schleppschlauch (0,2) 0,5 m über Boden	108	249
2 Gülle - Flächendeckende Verteilung am Boden mit Versuchsfass	106	251
3 Gülle – Schleppschlauch am Boden	105	246
4 Gülle – Praxisfass mit Seitenverteiler	105	250
5 Mineraldünger – N angepasst an Gülle; plus 80/250 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /K <sub>2</sub> O pro ha	108	248

Aus der Feststellung gleicher Erträge (Tab. 1) kann aus heutiger Sicht (im Gegensatz zur damaligen Interpretation) jedoch nicht auf eine gleiche Stickstoffverwertung bodennahe und nicht bodennahe Varianten rückgeschlossen werden, zumal eine Messung von Ammoniakemissionen nicht erfolgte. Auch waren aus heutiger Sicht signifikante Ertragsdifferenzen in diesem Versuch kaum zu erwarten. Dies wegen der hohen Nährstoffnachlieferung des Allgäuer Standorts und des zusätzlich im Schnittversuch gewählten hohen organischen Düngungsniveaus von etwa jährlich 100 m<sup>3</sup>/ha Gülle. Ebenfalls konnten nicht bei allen Varianten die gleichen N-Mengen ausgebracht werden. Somit ist eine verallgemeinernde Schlussfolgerung, dass bodennahe Technik (z.B. die im Versuch getestete Schleppschlauchtechnik) etwa die gleiche Nährstoffumsetzung hat als die Breitverteilung, aus der damaligen Versuchsanstellung nicht ableitbar.

Beim Weideversuch wurden drei Varianten, Breitverteiler, Schleppschlauchverteiler und mineralische Düngung, miteinander verglichen. Es erfolgten fünf Nutzungen pro Jahr, davon zwei Schnitt- und zwei Weidenutzungen. Zum ersten, dritten und fünften Aufwuchs wurden je 20 m<sup>3</sup>/ha Gülle unmittelbar nach Abernten des Aufwuchses gegeben, so dass die Gülle rasch in den Boden eindringen konnte und eine Verschmutzung der Pflanzen vermieden wurde. Auch im Weideversuch zeigten sich keine Unterschiede beim TM- und N-Ertrag zwischen Breitverteilung und Schleppschlauch (Tab. 2). Die N-Verwertung bei Mineraldünger war etwas besser als bei Gülle. Der Pflanzenbestand war auf den begüllten Parzellen etwas klee- und krautreicher. Aus der Beobachtung der weidenden Tiere und der Feststellung des Weiderestes ergaben sich keine Anhaltspunkte für eine unterschiedliche Futteraufnahme aus den drei Varianten.

Tabelle 2: Bruttoerträge (Schnitt und Weide) im gesamten Jahr sowie mittlere Erträge und Weidereste beim Weideversuch 455 (Mittel aus 6 Jahren; 1993-1998)

<b>Variante</b>	<b>Bruttoerträge</b>		<b>Mittlerer Ertrag pro Weideaufwuchs [dt TM/ha/Jahr]</b>	<b>Weiderest [dt TM/ha/Jahr]</b>
	<b>TM [dt/ha/Jahr]</b>	<b>N [kg/ha/Jahr]</b>		
1 Mineralisch	102	253	27,0	6,8
2 Gülle, Breitverteiler	95	242	25,3	5,7
3 Gülle Schleppschlauch	94	242	24,9	6,2

## Zweiter Schnittversuch mit bodennaher Technik und unterschiedlichem Güllezeitpunkt

In einer Weiterführung des ersten Schnittversuchs (Versuch 479 der damaligen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau) wurde das Konzept des Versuchs 479 wie folgt geändert: Es wurden insgesamt 7 Varianten geprüft, davon je drei Güllevarianten mit Prallkopfverteilung (breitflächig, nicht bodennah) und drei mit Schleppschauchverteilung (bodennah-streifenförmig) sowie eine NPK-Variante mit Handelsdünger. Die Gülleausbringung erfolgte sowohl beim Prallkopf- als auch beim Schleppschauchverfahren zu drei unterschiedlichen Zeitpunkten: Sofort nach der Nutzung (Ernte), ca. 5 Tage nach der Nutzung und ca. 10 Tage nach der Nutzung. Auf den Gülleparzellen wurden im Durchschnitt pro Gabe rund 29 m<sup>3</sup>/ha und damit bei vier Schnitten pro Hektar und Jahr insgesamt rund 234 kg Stickstoff (N), 128 kg Phosphat und 420 kg Kali (K<sub>2</sub>O) ausgebracht. In der Handelsdüngervariante wurde versucht, die entsprechenden Nährstoffmengen weitgehend anzupassen. Der Versuch hatte eine Laufzeit von drei Jahren (1999-2001).

Die Prüfung unterschiedlicher Güllezeitpunkte wurde aufgenommen, weil es sich in der Praxis bewährt hatte, die Gülle auf kurze Bestände, d.h. möglichst unmittelbar nach einer Nutzung auszubringen. Dies auch deshalb, da der Boden nach der Ernte in aller Regel trocken genug ist um den Bodendruck von Schlepper und Güllefass schadlos zu tragen, der Gülle ein rasches Einsickern in den Boden ermöglicht wird und bei einer Düngung auf die Stoppel, im Gegensatz zum wiederangewachsenen Grünlandbestand, keine Verätzungsgefahr besteht. Eine Rolle mag auch gespielt haben, dass bereits damals diskutiert wurde, bei wieder angewachsenen (hohen) Beständen die Gülle mit Schleppschauch oder Schleppschuhen auszubringen bzw. zu injizieren.

Tabelle 3: TM- und N-Erträge bei Versuch 479 (Mittel aus 3 Jahren)

Variante		Zeitpunkt nach jeder Nutzung	TM-Ertrag [dt TM/ha/Jahr]	N-Ertrag [kg N/ha/Jahr]
1	Gülleausbringung breitflächig mit Prallkopfverteiler	5 Tage	111	280
2		unmittelbar	111	273
3		10 Tage	96	258
4	Gülleausbringung bodennah-streifenförmig mit Schleppschauch	5 Tage	109	276
5		unmittelbar	109	274
6		10 Tage	108	285
7	Mineraldünger	unmittelbar	114	269

Als wichtigstes Ergebnis des Versuchs wurde festgestellt, dass sich die mittleren Erträge (TM, N) bei einer Gülleausbringung unmittelbar bzw. 5 Tage nach dem jeweiligen Schnitt zwischen den Varianten Prallteller und Schleppschauch nicht unterschieden (Tab. 3). Dagegen kam es bei einer Ausbringung ca. 10 Tage nach der Nutzung mit dem Prallteller (Breitverteilung) zu einer Ertragsminderung beim rasch heranwachsenden zweiten und dritten Aufwuchs. Vor allem dadurch sank der Jahresertrag um über 10 Prozent ab. Beim Schleppschauch (bodennah-streifenförmig) wurde dagegen bei der um ca. 10 Tage verzögerten Ausbringung kein ertragsmindernder Effekt festgestellt, was darauf zurückgeführt wurde, dass bei der stark verzögerten bodennahen Gülleausbringung am Spitalhof keine Verschmutzung der Pflanzen festgestellt wurde. Anmerkung: Gerade bei warmer Witterung ist ein schnelles Einsickern der Gülle besonders wichtig. Bisläng ist jedoch nicht eindeutig geklärt, ob bei bodennah-streifenförmiger Ausbringung eine deutlich verzögerte Ausbringung zu generell empfehlen ist (Aspekt Ertrag und Futterqualität).

### Dritter Versuch mit bodennaher Technik und unterschiedlicher Schnitthöhe

In einem dritten Versuch (1998-2001, Versuchsnummer 484 der damaligen Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau) wurden die Auswirkungen von insgesamt sechs Kombinationen unterschiedlicher Schnitthöhen und Düngungstechniken auf Grünland (vier Schnitte pro Jahr) geprüft. Hierbei wurde Gülle (4x25 m<sup>3</sup> pro Jahr) sowohl mit dem Breitverteiler (Prallkopf) als auch mit Schleppschlauch ausgebracht, eine rein mineralische Düngung mit 80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und 250 kg K<sub>2</sub>O sowie einem an der organischen Düngung angepassten mineralischem N-Einsatz diente als Vergleich zur organischen Düngung. Für alle drei Düngungsstufen wurde als zweiter Faktor der Einfluss der Schnitthöhe untersucht. Getestet wurden dabei Extrema, nämlich sowohl ein sehr tiefer Schnitt (3 cm) als auch ein sehr hoher Schnitt (9 cm).

Neben pflanzenbaulichen Parametern (Pflanzenbestand, TM- und N-Ertrag, Rohprotein-, Rohfaser-, Rohasche- und Energiegehalt) erfolgte in diesem Versuch auch eine mikrobiologische Untersuchung von allen Schnitten in allen Varianten über den vierjährigen Zeitraum. Hierbei wurde das Schnittgut noch am gleichen Tag im Labor auf den Keimgehalt an Clostridien untersucht. Zu jedem Untersuchungstermin wurden auch die entsprechenden Güllen auf ihren Clostridiengehalt untersucht. Clostridien sind Bakterien, welche als sogenannte Umweltkeime überall (ubiquitär) vorkommen, vor allem jedoch im Boden und im Verdauungstrakt von höheren Lebewesen. Clostridien können die Silierfähigkeit und die Milch- und Käsequalität beeinträchtigen. Während des Silierprozesses kann es zu einer Vermehrung der Clostridien und zur Buttersäuregärung kommen. Die mikrobiologische Untersuchung bot somit über die standardmäßige Messung des Rohaschegehaltes hinaus die Möglichkeit, weitere Hinweise zum Qualitätsaspekt „Schmutz im Futter“ zu gewinnen.

Aus den vierjährigen Untersuchungen ließen sich gerade hinsichtlich der Futterqualität (Verschmutzung) wichtige Erkenntnisse gewinnen (Tab. 4, 5, 6). Hierbei ist es wichtig zu erwähnen, dass zwischen Breitverteilung und Schleppschlauch im Mittel über alle Jahre und Aufwüchse keine signifikanten Unterschiede beim Rohaschegehalt und Clostridienbesatz festgestellt wurden. Zwar wies in der Tendenz die Schleppschlauchvarianten (bei ähnlichem Rohaschegehalt) etwas höhere Clostridienzahlen auf (Tab. 4), jedoch war dieser Unterschied bei weitem nicht signifikant. Damit muss die im Spitalhofheft 2002 geäußerte Interpretation, dass „die Düngung mit Schleppschlauch gegenüber der Gülleverteiler mit Prallkopf höhere Clostridienzahlen verursacht“, revidiert werden, wie dies bereits durch spätere Interpretationen des Versuchs (Gülle 11, 2011) erfolgte. Vielmehr ist es so, dass in der Tendenz (nicht signifikant) die güllfreie Kontrolle (Mineraldünger) zwar den niedrigsten Rohaschegehalt, jedoch den höchsten Clostridienbesatz aufwies. Dies ist ein wichtiges Indiz, dass die Diskussion von Ursachen bakterieller Futtermittelverschmutzungen nicht auf Technikaspekte und Gülle beschränkt werden darf, sondern der Boden als Verursacher von Verschmutzungen ebenfalls eine wichtige Rolle spielt (lückigerer Bestand in der Mineraldüngervariante).

Tabelle 4: TM- und N-Ertrag, Rohaschegehalt und Clostridienkeimzahl bei unterschiedlicher Düngungsart (Mittel aus 4 Jahren)

	<b>Gülle- Breitverteiler</b>	<b>Gülle- Schleppschlauch</b>	<b>Mineralische Düngung</b>
TM-Ertrag [dt TM/ha/Jahr]	116	115	118
N-Ertrag [kg N/ha/Jahr]	259	265	279
Rohaschegehalt [g/kg TM]	117	113	105
Clostridien [Keimzahl/g Gras] (Minimum-Maximum)	229 (0-2000)	312 (0-1400)	419 (0-2500)

**Hinweis:** Die kritische Zahl, ab der Unterschiede zwischen den Varianten bei den Mittelwerten der Clostridienkeimzahlen signifikant gewesen wären, liegt bei rund 200!

Im Gegensatz zur Technik (Breitverteilung, Schleppschauch, Mineraldünger; Tab. 4) beeinflusste die dagegen die Variation der Schnitthöhe den Rohaschegehalt und insbesondere den Clostridienbesatz signifikant und relevant (Tab. 5). So gelangte bei Tiefschnitt (3 cm) etwas mehr Rohasche in das Futter als bei Hochschnitt (9 cm). Entscheidend war jedoch, dass der Besatz an Clostridien, im Mittel über alle Varianten, Jahre und Aufwüchse, bei tiefem Schnitt rund 80 Prozent höher als bei Hochschnitt war. Dies ist gerade in Verbindung mit den im Versuch festgestellten tendenziell erhöhten Clostridiengehalten bei mineralischer Düngung ein deutliches Indiz dafür, dass wohl weniger die Gülletechnik als solche, sondern primär die Optimierung der Erntetechnik (Schnitthöhe, Einstellung der Technik beim Zetten, Wenden, Schwaden, Werbung) ein entscheidender Ansatzpunkt ist, die Gefahr von Futtermittelschmutzungen zu minimieren, da bodenbürtige Clostridien für den Befall am Schnittgut (mit) verantwortlich sind.

Hierbei zeigten die Ergebnisse dieses Versuches, dass bei hoch geschnittenem Futter die Gefahr von Futtermittelschmutzungen deutlich mindern lässt. Dieser Qualitätseffekt dürfte aus futterhygienischer Sicht deutlich höher zu werten sein als ggf. in Kauf zu nehmenden Ertragseinbußen. Diese lagen im Versuch bei etwa 18 Prozent des Trockenmasseertrags (128 dt TM/ha – Tiefschnitt im Vergleich zu 105 dt TM – Hochschnitt). Geringfügig niedriger lagen sie mit 15 Prozent beim N-Ertrag, da die hoch geschnittenen Varianten im Mittel etwas höhere Rohproteingehalte aufwiesen.

Tabelle 5: TM- und N-Ertrag, Rohaschegehalt und Clostridienkeimzahl bei unterschiedlicher Schnitthöhe (Mittel aus 4 Jahren)

	<b>Schnitthöhe 3 cm</b>	<b>Schnitthöhe 9 cm</b>
TM-Ertrag [dt TM/ha/Jahr]	128	105
N-Ertrag [kg N/ha/Jahr]	289	245
Rohaschegehalt [g/kg TM]	123 (a)	100 (b)
Clostridien [Keimzahl/g Gras]	407(a)	229 (b)

**Hinweis:** Unterschiedlich Kleinbuchstaben bei Rohasche bzw. Clostridien bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten!

Tabelle 6: Rohaschegehalt und Clostridienkeimzahl im Jahresverlauf (Mittel aus 4 Jahren)

	<b>Aufwuchs 1</b>	<b>Aufwuchs 2</b>	<b>Aufwuchs 3</b>	<b>Aufwuchs 4</b>
Rohaschegehalt [g/kg TM]	87 (b)	101 (ab)	107 (ab)	152 (a)
Clostridien [Keimzahl/g Gras]	49 (b)	172 (b)	413 (a)	616 (a)

**Hinweis:** Unterschiedliche Kleinbuchstaben bei Rohasche bzw. Clostridien bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten!

Betrachtet man ferner die Rohaschegehalte und die Clostridienbesätze im Jahresverlauf, so ließ sich im Versuch ein steigendes Potential von Futterbelastungen vom ersten bis zum letzten Aufwuchs erkennen (Tab. 6). Blattreichere Pflanzenbestände im Herbst gegenüber Frühjahr und Sommer sowie feuchtere Witterungsbedingungen im Herbst dürften damit insbesondere bei tiefem Schnitt eine Futtermittelschmutzung fördern. Besonders hohe Rohaschegehalte (ca. 150 g/kg TM) wurden dabei im letzten Aufwuchs gemessen, während die ersten drei Aufwüchse unter bzw. nur knapp über dem Richtwert von unter 100 g Ra/kg TM lagen. Die mittleren Clostridiengehalte zwischen den letzten beiden gegenüber den ersten beiden Aufwüchsen unterschieden sich signifikant, teilweise um mehr als eine Zehnerpotenz.

Ergänzung: Die beiden Gülletechniken unterschieden sich nicht im Ertrag. Die Schlussfolgerung, dass dies auf gleiche Ammoniakemissionen zurückzuführen war, ist jedoch unzulässig. Aus heutiger Sicht ist es etwas bedauerlich, die „optimale“ Schnitthöhe (6-7 cm) in das Konzept nicht mit aufgenommen wurde.

## Fazit und Ausblick

Aus den damaligen Versuchen lassen sich keine Vorteile der Breitverteilung gegenüber der damals am Spitalhof untersuchten Schleppschlauch-Technik ableiten. Mittlerweile gilt jedoch der Schleppschuh im Vergleich zum Schleppschlauch als die für Grünland in Hinblick auf Ertrag und Futterverschmutzung geeignetere Technik. Dessen optimaler Einsatz und die nachhaltige Wirkung der die Injektionstechnik werden in laufenden Versuchen der LfL an mehreren Standorten geprüft. Ebenso die Wirkung von Gülle bzw. praxisüblicher Ausbringtechniken auf die Futterhygiene mit neu entwickelten Messmethoden.

## Literatur

Elsäßer, M., Diepolder, M, Huguenin-Elie, O. Pötsch, E. Nußbaum, H., Messmer, (2011): Gülle 11 – Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland. Tagungsband der Internationalen Tagung am 17. und 18.10.2011 im Kloster Reute. Hsg. LAZBW Aulendorf, 359 S.; <https://lazbw.landwirtschaft-bw.de/pb/Lde/Startseite/Themen/Wirtschaftsduenger?SORT=2&REVERSE=true>.

- Wie wirkt sich die Gülleausbringtechnik auf den Grünlandertrag aus? (S 111-115)
- Auswirkungen der Wahl des Düngezeitpunktes bei Gülle (S. 140)
- Gülleausbringungsversuch am Spitalhof (S. 141)
- Bodennahe Gülleausbringung (S. 144-145)
- Clostridienbesatz in Abhängigkeit von Ausbringtechnik und Schnitthöhe (S. 330-332)