

Gülle 11

Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland

Tagungsband Internationale Tagung

17. + 18.10.2011

Kloster Reute

Herausgeber

Elsäßer, M., Diepolder, M., Huguenin-Elie, O.,
Pötsch, E., Nußbaum, H. und J. Messner

L A Z  B W

LANDWIRTSCHAFTLICHES ZENTRUM BADEN-WÜRTTEMBERG
RINDERHALTUNG · GRÜNLANDWIRTSCHAFT · MILCHWIRTSCHAFT · WILD · FISCHEREI

Impressum

Herausgeber:	Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei (LAZBW) Atzenberger Weg 99 88326 Aulendorf www.lazbw.de
Bezug:	Über den Herausgeber
Druck:	Schwäbische Druckerei GmbH, 70197 Stuttgart
Layout:	Jörg Messner, LAZBW Aulendorf
ISBN:	978-3-00-036056-5

Die Beiträge unterliegen der alleinigen wissenschaftlichen Verantwortung des jeweiligen Autors. Für die Ergebnisdarstellung mit Schlussfolgerungen, Konzepten und fachlichen Empfehlungen sowie die Beachtung etwaiger Autorenrechte sind ausschließlich die Verfasser zuständig. Daher können mögliche Fragen, Beanstandungen oder Rechtsansprüche u.ä. nur von den Verfassern bearbeitet werden.

Für speziell gekennzeichnete Kurzbeiträge gilt: Diese können auch Zitate bzw. Zusammenfassungen der Herausgeber von Veröffentlichungen der genannten Autoren sein, welche zum Zeitpunkt der Erstellung teilweise nicht mehr im Dienst waren und/oder nicht in die Erstellung eingebunden wurden. Es erschien daher zwar sinnvoll, den Originalautor und den Bearbeiter des Kurzbeitrages anzugeben, jedoch sind in diesen Fällen für die Beantwortung möglicher Fragen ausschließlich die jeweiligen Herausgeber zuständig. Ein rechtsverbindlicher Anspruch in Hinblick auf Schlussfolgerungen, etc. und Beanstandungen sowie etwaiger Autorenrechte kann in diesen Fällen nicht erfolgen.

Alle Rechte vorbehalten.

© Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW) 2011

Organisationskomitee

Leitung: Dr. H. Nußbaum, LAZBW Aulendorf
Mitglieder: Prof. Dr. M. Elsässer, LAZBW Aulendorf
J. Messner, LAZBW Aulendorf

Wissenschaftliches Komitee

Prof. Dr. M. Elsässer, LAZBW Aulendorf (D)
Dr. M. Diepolder, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising (D)
Dr. O. Hugenin-Elie, Agroscope Reckenholz-Tänikon ART (CH)
Universitätsdozent Dr. E. Pötsch, Bundesanstalt Raumberg - Gumpenstein (A)
Dr. H. Nußbaum, LAZBW Aulendorf (D)
Dr. G. Riehl, Sächsisches Landesamt f. Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Christgrün (D)
Dr. R. Neff, Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH), Eichhof, Bad Hersfeld (D)
Dr. V. Prasuhn, Agroscope Reckenholz-Tänikon ART (CH)

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	13
Gülle und Gärreste - Dünger oder Problemstoff? <i>Wendland, M. und Lichti, F.</i>	15
Session 1: Gülle und Gärrest als wirtschaftseigener Dünger	
Vorträge	21
Chancen und Grenzen der Düngung des Grünlandes mit Gülle <i>Huguenin-Elie, O. und Elsässer, M.</i>	22
Nährstoffvariabilität in Gülle <i>Schmidhalter, U, Georgi, A.C. und Landzettel, C.</i>	28
Schwefel, Selen und andere Spurenelemente in Güllen und Gärresten <i>Sager, M.</i>	33
Vergleich von Gülle und Gärresten <i>Berendonk, C.</i>	38
Kurz- und längerfristige Stickstoffwirkung nicht separierter und separierter Biogasgärreste zu Weidelgras nach einmaliger und wiederholter Ausbringung <i>von Tucher, S., Fouda, S., Lichti, F. und Schmidhalter, U.</i>	43
Verbesserung der N-Effizienz von Gülle und Gärresten durch Anwendung eines Nitrifikationshemmers <i>Fuchs, M. und Schuster, C.</i>	48
Entwicklung und Überprüfung von Techniken zur Gülleausbringung auf Grünland mit geringer Ammoniak- und Geruchsfreisetzung, geringer Nitratauswaschung und guter Ertragswirkung <i>Lorenz, F. und Steffens, G.</i>	51
Effekte unterschiedlich häufig ausgebrachter Gülle in Kombination mit unterschiedlicher mineralischer Stickstoffdüngung <i>Elsässer, M.</i>	56
Versuchsergebnisse zur Terminierung der Güllegaben bei Grünland <i>Diepolder, M. und Raschbacher, S.</i>	61
Weitere schriftliche Beiträge	67
Schleppschlauchverteiler - Praxiserfahrungen aus der Ostschweiz <i>Sauter, J. und Dubach, M.</i>	68
Vergleich der Zugleistung und des Arbeitszeitbedarfs bei Schleppschlauch- und Breitverteilung <i>Sauter, J. und Moriz, C.</i>	71
Mineralstoff-Gehalte in Gärresten von Biogas-Anlagen <i>Neuner, K.-H., Raba, C. und Ahrens, W.</i>	75

Vergleich der Querverteilung bei Schleppschlauchverteilern <i>Baumgartner, C. und Dubach, M.</i>	78
Effekte unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensität - Güllegaben und Nutzungshäufigkeit - bei einem Standort im Allgäuer Alpenvorland <i>Diepolder, M. und Raschbacher, S.</i>	81
Einfluss der Gülleapplikationstechnik auf die Stickstoffwirkung von Rindergülle an vier Standorten in Nordrhein-Westfalen <i>Berendonk, C.</i>	86
Vergleichende Wirkung nährstoffgleicher mineralischer und organischer Stickstoffdüngung auf Erträge, botanische Zusammensetzung von Dauergrünland sowie Nährstoffverhältnisse im Boden <i>Elsäßer, M.</i>	91
Auswirkungen mineralischer und organischer Düngung auf kräuterreiches Niedermoorgrünland im Vergleich von Groß- und Kleinparzellen <i>Elsäßer, M.</i>	97
Düngung von Biogasgärresten unterschiedlicher Herkunft und ihre Auswirkung auf Erträge und Pflanzenbestände von Dauergrünland <i>Elsäßer, M.</i>	102
Vergleich von Injektor und Prallkopfverteiler bei der Ausbringung von Rindergülle auf Ertrag und botanische Zusammensetzung von Grünland <i>Kunz, H. G.</i>	106
Wie wirkt sich die Gülleausbringtechnik auf den Grünlandertrag aus? <i>Kiefer, J., Zeller, A., Kunz, H.G. und Elsäßer, M.</i>	111
Unterschiedliche technische Behandlung von Gülle und deren Auswirkungen auf intensiv genutztes Dauergrünland <i>Elsäßer, M., Kunz, H.G. und Briemle, G.</i>	116
Auswirkungen unterschiedlich hoher Güllegaben in variiertes Verdünnung und mit unterschiedlichen zusätzlichen Kalkgaben <i>Kunz, H.-G. und Elsäßer, M.</i>	121
Einmalige Gülle-Düngung zu Silomais mit Biogasgülle bzw. angereicherter Biogasgülle als Gülledepot mit Grubber oder Scheibenegge ausgebracht <i>Lavandier, P., Riexinger, J., Müller, T., Schulz, R., Huchler, G. und Erhart, E.</i>	126
Kurzbeiträge	131
Untersuchungen zur Fließfähigkeit von Gülle <i>Schröpel, R. zusammengefasst von Diepolder, M.</i>	132
Güllezusatzversuch <i>Schröpel, R. zusammengefasst von Diepolder, M.</i>	134
Untersuchung zur Wirkung verschiedener Präparate auf Rindergülle <i>Schröpel, R. und Henkelmann, G.</i>	135

Der Einfluss von Antibiotika auf laufende Prozesse in der Biogasproduktion <i>Vogel, E.M. et al., zusammengefasst von Henkelmann, G.</i>	136
Schlüsselparameter zur Kontrolle des Gärprozesses und Motivation, Voraussetzung und Möglichkeiten für die Prozessüberwachung <i>Henkelmann, G.</i>	137
Zeitlich gestaffelte Güllegaben und Wachstumsverlauf <i>Diepolder, M.</i>	138
Auswirkungen der Wahl des Düngezeitpunktes bei Gülle <i>Schröpel, R. zusammengefasst von Diepolder, M.</i>	140
Gülleausbringungsversuch am Spitalhof <i>Beck, R.</i>	141
Wirkung physiologisch saurer und physiologisch alkalischer Dünger auf Dauergrünland <i>Schröpel, R. zusammengefasst von Diepolder, M.</i>	142
Bodennahe Gülleausbringung <i>Schröpel, R. zusammengefasst von Diepolder, M.</i>	144
Efficient use of digested cattle slurry from biogas plant with respect to nitrogen recycling in grassland <i>Matsunaka, T.</i>	146
N-Injektionsdüngung und Gülledüngung im Grünland <i>Lange, G. und Benke, M.</i>	148
Effekte der Derogation bei der Düngung von Gülle auf Grünland <i>Lange, G. und Benke, M.</i>	151
Gülledüngungsversuch mit unterschiedlichen Gärsubstraten <i>Lange, G. und Benke, M.</i>	154
Effekte einer Düngung mit Rindergülle auf Leguminosenbestände <i>Lange, G. und Benke, M.</i>	156
Minderung der Stickstoffemission auf Grünland durch Anwendung geeigneter Gülleapplikationstechniken <i>Lange, G. und von Borstel, U.</i>	157
Verfahrensvergleich zur Gülledüngung auf Grünland <i>Lange, G. und von Borstel, U.</i>	159
Einfluss der Gülleapplikationstechnik auf die Stickstoffwirkung von Rindergülle an vier Standorten in Nordrhein-Westfalen <i>Berendonk, C.</i>	161
Stickstoffwirkung der Gülledüngung auf dem Dauergrünland in Abhängigkeit vom Ausbringungstermin im Herbst, Winter und Frühjahr <i>Berendonk, C.</i>	164
Zur Wirksamkeit von Wirtschaftsdüngern im Grünland <i>Pötsch, E. M.</i>	167

Wirksamkeit des Güllezusatzes „Penac G“ bei der Düngung von Weiden <i>Neff, R.</i>	168
Wirkung der Gülledüngung auf die Artenzusammensetzung einer artenreichen Goldhaferwiese <i>Neff, R.</i>	170
Narbenbelastung durch bodennahe Gülleausbringung <i>Neff, R.</i>	172
Vergleich von Mineraldüngung, Rindergülle und Gärrest <i>Neff, R.</i>	174
Session 2: Gülle in der Umwelt	
Vorträge	177
Nährstoffgehalt und Wirksamkeit von Wirtschaftsdüngern im Grünland <i>Pötsch, E.M.</i>	178
Gülleabschwemmung von Graslandflächen – Versuchsergebnisse aus der Schweiz <i>Prasuhn, V.</i>	185
Nitratbelastung unter Grünlandflächen – Versuchsergebnisse aus Bayern <i>Diepolder, M. und Raschbacher, S.</i>	190
Spurengasmissionen (N ₂ O, NH ₃) und Ertragsentwicklung nach Gärrestapplikation auf einem Marschstandort Norddeutschlands <i>Pacholski, A., Techow, A., Quakernack, R., Hermann, A., Taube, F. u. Kage, H...</i>	195
Eigenschaften und Stickstoffausnutzungseffizienz von aufbereiteter Schweinegülle <i>Bosshard, C., Flisch, R., Mayer, J., Basler, S., Hersener, J.-L., Meier U. und Richner, W.</i>	200
Abschätzung der umweltrelevanten Gasemissionen <i>Menzi, H. und Kupper, T.</i>	204
Gülleinsatz in wenig intensiv genutzten Wiesen <i>Flückiger, E.</i>	209
Einfluss von Biogasgärrückständen auf Abundanz und Biomasse von Lumbriciden <i>Elste, B., Rücknagel, J. und Christen, O.</i>	213
Ist die Gülleflora heute noch ein Problem? <i>Bohner, A., Angeringer, W. und Sobotik, M.</i>	218
Mikrobielle Biomasse und Mineralisierungspotential unterschiedlich gedüngter Böden unter Wiesen und Mähweiden <i>Flaig, H. und Elsässer, M.</i>	223
Gülleeffekte auf die Bodenqualität, bewertet mit SALCA, der schweizerischen Ökobilanzmethode <i>Oberholzer, H.R.</i>	228

Nachhaltige Grünlandwirtschaft hinsichtlich der Düngung auch mit Gülle und Gärresten aus der Sicht der Nährstoffe C, N, P (und S) <i>Isermann, K. und Isermann, R.</i>	232
Nährstoffinputs. -outputs und N-Verluste zweier überbetrieblich betriebener NawaRo-Biogasanlagen im süddeutschen Raum <i>Möller, K., Schulz, R. und Müller, T.</i>	236
Weitere schriftliche Beiträge	239
Versuchsergebnisse zu oberflächlichen P-Austrägen bei begüllten Grünlandflächen in Hanglage <i>Diepolder, M. und Raschbacher, S.</i>	240
Auswirkung steigender Gaben von Rindergülle auf den Nährstoffaustrag mit dem Sickerwasser im Grünland – eine Zusammenfassung verschiedener Untersuchungsergebnisse <i>Bohner, A. und Eder, G.</i>	245
Stickstoffanfall bei Pferden auf Gatschkoppeln und dessen Umwelt-relevanz <i>Buchgraber, K., Braach, J. und Münsch, C.</i>	250
Phosphor-Austräge aus güllebewirtschafteten Grünlandflächen des Alpenvorlands und Potenziale zu deren Senkung - Erfahrungen aus dem Aktionsprogramm zur Sanierung oberschwäbischer Seen und Weiher <i>Güde, H. und Trautmann, A.</i>	256
Auswirkungen der Vergärung von Biomasse und Gülle in Biogasanlagen auf Nährstoff-flüsse, Flächenproduktivität und Umweltverträglichkeit im Rahmen konventioneller und ökologischer Anbausysteme <i>Möller, K.</i>	261
Entwicklung eines rechnergesteuerten Applikationsgerätes für Gülle in randomisierten Parzellenversuchen <i>Hötte, S., Stemann, G. und Laser, H.</i>	264
Ammoniak-Emissionen bei der Ausbringung unterschiedlich behandelter Rindergülle im Laborexperiment <i>Mokry, M.</i>	266
Kurzbeiträge	273
Abschwemmung von gelöstem Phosphor auf Ackerland und Grasland während den Wintermonaten <i>Braun, M.</i>	274
Auswirkungen mechanischer Bodenbelastung auf Dauergrünland - Neue Versuchsergebnisse <i>Diepolder, M.</i>	275
Reduzierung des P-Austrags nach Starkniederschlägen durch ungedüngte Randstreifen bei hängigen Grünlandflächen <i>Diepolder, M.</i>	277

Nmin-Vorrat während des Winters bei gestaffelten Güllegaben im Herbst <i>Rieder, J. zusammengefasst von Diepolder, M.</i>	279
Wie verändert langjährige Gülledüngung den pH-Wert im Grünland? - Ergebnisse aus Langzeitversuchen <i>Diepolder, M.</i>	280
P-Austrag aus Drainagen unter Wirtschaftsgrünland <i>Diepolder, M.</i>	282
Vergleichende Untersuchungen zum Nitratgehalt unter Dauergrünland <i>Diepolder, M.</i>	284
Wirkung belüfteter und unbelüfteter Gülle auf die Regenwurmfauna <i>Bauchhenß, J. zusammengefasst von Walter, R.</i>	286
Wirkung von Güllezusätzen auf die Regenwurmpopulationen von Grünlandflächen <i>Bauchhenß, J. und Herr, S. zusammengefasst von Walter, R.</i>	288
Einfluss unterschiedlicher Nutzung und Düngung auf Sickerwassermenge und Nitratauswaschung <i>Stauffer, W. und Spiess, E.</i>	290
Zusammenhänge zwischen Schneedecke, gefrorenem Boden und Gülleabschwemmung <i>Braun, M.</i>	292
Einfluss von Gülleausbringtermin, Kultur und Wiesenumbuch auf die Nitratauswaschung in einem Lysimeterversuch. <i>Stauffer W. und Spiess, E.</i>	293
Einfluss von Schweinegülle und Hühnermist auf Pflanzen, Boden und Sickerwasser in Lysimeterversuchen <i>Furrer, O. und Spiess, E.</i>	295
Einfluss von Rinderausscheidungen auf die auswaschungsbedingten Verluste unter einem Gräserrasen <i>Troxler J. und Spiess, E.</i>	297
Influence of sewage sludge and slurry application on nutrient leaching losses <i>Furrer, O. und Spiess, E.</i>	299
Oberflächenabfluss und Phosphorabschwemmung von Grasland <i>Albertini N. und Prasuhn, V.</i>	300
Abschwemmung von Phosphor auf Grasland an zwei verschiedenen Standorten im Einzugsgebiet des Sempachersees <i>Braun M. und Prasuhn, V.</i>	301
Runoff type and soil-P control P losses in runoff from manured grassland <i>Hahn C. und Prasuhn, V.</i>	302
Zusammenhänge zwischen Schneedecke, gefrorenem Boden und Gülleabschwemmung <i>Braun, M.</i>	303

Abschwemmung von gelöstem Phosphor auf Ackerland und Grasland während der Wintermonate <i>Braun, M.</i>	304
Session 3: Hygiene und Rechtsvorschriften.	
Vorträge	307
Vergärung zur Hygienisierung <i>Riehl, G.</i>	308
Länderspezifische Sicht der Problematik: Schweiz Plädoyer für die Gülleausbringung auf Grünland während der Wintermonate <i>Thomet, P.</i>	313
Heile Bergwelt oder Vollzugsnotstand Gewässerschutz? <i>Bodenmann, M.</i>	317
Rechtsvorschriften und Gesetze, Sperrfrist - Deutschland <i>Neff, R.</i>	318
Rechtsvorschriften, Verordnungen und Empfehlungen zur Ausbringung von Wirtschaftsdünger in Österreich <i>Buchgraber, K.</i>	321
Verschiebung der Sperrfrist der Gülleausbringung <i>Berendonk, C.</i>	325
Clostridienbesatz in Abhängigkeit von Ausbringtechnik und Schnitthöhe <i>Beck, R.</i>	330
Die Vegetationsruhe – Die Lösung für einen besseren Vollzug in der Schweiz? <i>Chassot, G., Mural, R. und Gujer, H.U.</i>	333
Einfluss der Erhöhung der Rindergülle-Gabe auf 230 kg N pro ha auf die Nitratkonzentration in verschiedenen Bodentiefen <i>Laser, H., Gröblichhoff, F. und Kivelitz, H.</i>	338
Weitere schriftliche Beiträge	337
Effekte von im Herbst und frühem Frühjahr gegebenen Güllegaben auf zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Frühjahr geerntete Aufwüchse von Deutschem Weidelgras <i>Elsäßer, M.</i>	344
Kurzbeiträge	349
Biogastechnologie zur umweltverträglichen Flüssigmistverwertung und Energiegewinnung in Wasserschutzgebieten <i>Henkelmann, G.</i>	350
Risikoabschätzung von antibakteriellen Rückständen in Gülle <i>Harms, K. und Hölzel, C.</i>	351
Gülledüngung im Herbst <i>Neff, R.</i>	353

Vorwort

Das internationale Symposium **Gülle 11** hat sich zum Ziel gesetzt den Kenntnisstand zur Thematik Gülle und Gärrestausbringung auf Grünland und Futterbauflächen aus dem deutschsprachigen Raum zu erfassen und in möglichst umfassender Form darzustellen. Die Idee zu einer Tagung mit dieser Thematik wurde von Prof. Dr. Thomet im Jahr 2009 bei einem Treffen an der Schweizerischen Hochschule in Zollikofen angeregt und vom Landwirtschaftlichen Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW) in Zusammenarbeit mit Kollegen aus der Schweiz, Österreich und Bayern aufgenommen. Das Symposium **Gülle 11** soll den umfangreichen Wissens- und Kenntnisstand dokumentieren, weitergehendes Interesse an der Thematik wecken und natürlich auch zur Lösung der vielfältigen Probleme bei der Lagerung und Ausbringung von Gülle und Gärresten beitragen.

Gülleausbringung zieht agronomische, wirtschaftliche sowie ökologische Fragestellungen nach sich, denn Gülle als Düngestoff werden viele positive und negative Eigenschaften zugeschrieben. Vergärung von Gülle in Biogasanlagen verändert deren stoffliche Eigenschaften. Moderne Ausbringungstechnik und Güllezusatzmittel sollen gasförmige Verluste reduzieren, unangenehme Gerüche verhindern, das Substrat Gülle fließfähiger, damit besser verteilbar machen und die Aufnahme der Nährstoffe durch die Pflanzen verbessern. Die Ausbringung von Gülle unterliegt mittlerweile seit Jahren engen gesetzlichen Bestimmungen. Diesbezüglich stellt sich auch die Frage, ob diese den vielfältigen Aspekten eines optimalen Gülle- bzw. Gärrestmanagements umfassend gerecht werden. So müssen die gesetzlichen Rahmenbedingungen einerseits in der Lage sein, die Umwelt ausreichend zu schützen, andererseits müssen sie aus pflanzenbaulicher und ökonomischer Sicht noch eine für die Betriebe attraktive landwirtschaftliche Verwertung ermöglichen.

Mit der Thematik der Güllendüngung und -verwertung haben sich viele Versuchsansteller seit Jahrzehnten befasst. Nicht alle Ergebnisse von Untersuchungen sind bislang systematisch ausgewertet und in wissenschaftlichen Zeitschriften dargestellt worden. Dieser Symposiums-Tagungsband soll daher einerseits die präsentierten Vorträge wiedergeben, aber auch die Veröffentlichung weiterer, vielfach noch wenig bekannter Beiträge zur Thematik ermöglichen. Auch frühere Beiträge von Instituten konnten erfasst werden. Sie wurden als Kurzbeiträge unter dem Namen des Versuchsanstellers erfasst, wobei die darin als Autor mit Kontaktadresse aufgeführten Personen teilweise nicht die Originalautoren der Arbeiten sind bzw. die als Autor genannte Person teilweise nicht identisch mit der Person ist, die den Maskenbeitrag verfasst hat. Entscheidend ist in jedem Fall, dass die Angabe der jeweiligen Kontaktadressen ein konkretes Nachfragen zu den dargestellten Versuchen und deren Ergebnissen anregt. Die **Gülle 11** ist also ein Symposium, das die Diskussion und die zwingend notwendige weitere wissenschaftliche Arbeit an diesem interessanten Forschungsobjekt beflügeln soll und zudem das für die rechtlich politische Umsetzung notwendige moderne Wissen vermittelt. Insofern ist es uns ein Anliegen, all denjenigen zu danken, die Beiträge eingereicht haben, die an der Tagung teilgenommen haben und sich im Vorfeld mit der Ausrichtung und der Thematik der Tagung befasst haben. Gleichzeitig wollen wir schon jetzt darauf hinweisen, dass die Ergebnisse und Erkenntnisse aus dieser Tagung in einem umfassenden wissenschaftlichen Beitrag zusammengefasst werden sollen.

Prof. Dr. Martin Elsässer, Dr. Michael Diepolder, Dr. Olivier Huguenin-Elie, Dr. Hansjörg Nußbaum, Universitätsdozent Dr. Erich Pötsch

Wissenschaftliches Komitee der **Gülle 11**

Gülle und Gärreste - Dünger oder Problemstoff?

Wendland, M. und Lichti, F.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz

matthias.wendland@lfl.bayern.de

Abstract

Gülle und Biogasgärreste sind grundsätzlich als wichtige, nährstoffreiche Düngemittel anzusehen. Sie können zum Problemstoff für die Umwelt oder die Grünlandbestände werden, wenn sie zum falschen Zeitpunkt mit der falschen Technik im Übermaß ausgebracht werden. Die Übergänge sind fließend, Grenzen sollen aufgrund fachlicher Erkenntnisse festgelegt werden.

Keywords: Nährstoffgehalte, Ausbringtechnik, Ausbringzeiten, Obergrenzen

Einleitung

Grünland und die damit verbundene Tierhaltung, insbesondere die Rinderhaltung, hat eine lange Tradition. Dadurch liegen viele und langjährige Erfahrungen im Umgang mit dem Wirtschaftsdünger Gülle vor. Gerade in den letzten Jahren wurden aus ökonomischen Gründen die Tierbestände vor allem in der Milchviehhaltung z. T. massiv aufgestockt. Steigende Milchleistungen und Intensivierungsmaßnahmen des Grünlandes ermöglichten es, mehr Milch pro Hektar zu produzieren. Damit stieg auch der Gülleanfall pro Flächeneinheit und die Frage der optimalen Gülleverwertung stellt sich unter diesen Aspekten für Landwirte und Berater neu.

Der Prozess der Leistungssteigerung ist noch nicht abgeschlossen. Für Bayern wird bis 2020 ein Rückgang der Milchkuhhaltung um ca. 18 % prognostiziert, der sinkende Grundfutterbedarf würde dazu führen, dass 165.000 bis 200.000 ha Grünland nicht mehr für die Versorgung der Raufutterfresser benötigt werden würden (LFL-SCHRIFTENREIHE, 4/2011). Eine alternative Verwendung des Grünlandaufwuchses wird zunehmend in der Lieferung als Substrat für Biogasanlagen gesehen. Der bei der Vergärung entstehende Gärrest sollte im Sinne eines geschlossenen Nährstoffkreislaufes wieder auf die Grünlandflächen zurückgeführt werden. Damit steht ein neuer, flüssiger Wirtschaftsdünger zur Verfügung, der sich in einigen Eigenschaften von der gewohnten Gülle unterscheidet und dessen Einsatzbedingungen im Sinne einer bestmöglichen Nährstoffausnutzung eventuell angepasst werden müssen.

Viele Kolleginnen und Kollegen haben zu den erwähnten Themen bereits Erfahrungen gesammelt. Sie können helfen, die von der Öffentlichkeit und auch der Politik bzw. den Gesetzgebern angesichts der Intensivierung häufig gestellte Frage zu beantworten, unter welchen Bedingungen die flüssigen Wirtschaftsdünger zu einem Problemstoff werden und die Anwendung reguliert werden sollte. Hinführend zu den Inhalten der Tagung sollen im Folgenden einige praxisbezogene Diskussionsfelder aufgezeigt werden.

Nährstoffgehalte

Eine wichtige Voraussetzung für den gezielten Einsatz der Wirtschaftsdünger stellt die Kenntnis der Nährstoffgehalte dar. Für Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft liegen

zahlreiche Untersuchungen vor, die bei Standardfütterung für Berechnungen oder die Düngeplanung verwendet werden können. Der Nährstoffgehalt der Gärreste jedoch ist von der Zusammensetzung der Eingangssubstrate, deren Nährstoffgehalte und den Gärbedingungen abhängig. Ergebnisse der Gärrestuntersuchungen von Praxisbetrieben durch die LfL zeigen, dass sich die TS- und Nährstoffgehalte in einem weiten Bereich bewegen können (Tab. 1). Selbst innerhalb einer Anlage können die Inhaltsstoffe im Lauf eines Jahres stark schwanken. Werden Gärreste in Unkenntnis der tatsächlichen Nährstoffgehalte nur nach der Zahl der Kubikmeter angewendet, sind umweltrelevante Überversorgungen möglich (Abb. 1). Eine an dem Pflanzenbedarf orientierte Düngeplanung ist so nicht durchzuführen. In diesen Fällen können die Wirtschaftsdünger zu Problemfällen werden.

Tab. 1: TS- und Nährstoffgehalte von Biogasgärresten, (nach Wendland, 2009)

	TS (in %)	N ges. (kg/m ³)	NH ₄ (kg/m ³)	P ₂ O ₅ (kg/m ³)	K ₂ O (kg/m ³)
Min.	2,9	2,4	1,4	0,9	2,0
Max.	13,2	9,1	6,8	6,0	10,9
Ø	6,5	5,1	3,2	2,3	5,5

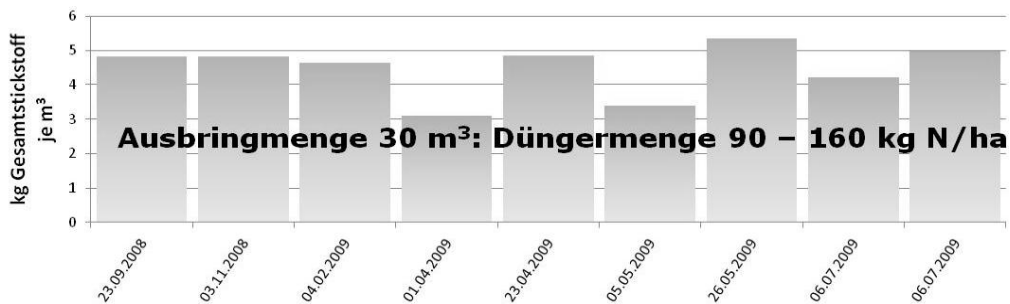


Abb. 1: Schwankungsbereich des Stickstoffgehaltes einer Biogasanlage bei mit 30 m³ Gärrest ausgebrachten Mengen (LfL)

Ausbringzeiten

Die Ausnutzung des in den Wirtschaftsdüngern enthaltenen Stickstoffs hängt, besonders im Ackerbau wesentlich von den Ausbringzeiten ab. Grünland ist in dieser Hinsicht unempfindlicher. Experten diskutieren darüber, ob eine Ausbringung in den Monaten Oktober bis Dezember wirklich abzulehnen sei. In den meisten Ländern untersagen Verordnungen in dieser Zeit eine Anwendung, unabhängig davon, ob der Boden aufnahmefähig ist. In Bayern werden durch die Düngeverordnung folgende Sperrfristen vorgegeben:

Ackerland: vom 01. November bis 31. Januar

Grünland: vom 15. November bis 31. Januar

Unter Berücksichtigung regionaltypischer Gegebenheiten, insbesondere der Witterung oder Beginn und Ende des Pflanzenwachstums kann die Sperrfrist für Grünland verschoben werden. Besonders im Voralpenbereich wird von einer Verschiebung der Sperrfrist auf Grünland auf den Zeitraum 01. Dezember bis 15. Februar häufig Gebrauch gemacht. Die Diskussion über die Sinnhaftigkeit der Sperrfristen oder deren Länge darf sich nicht auf Stickstoff, seine Ausnutzung und eine mögliche Nitratverlagerung beschränken, sondern muss auch Phosphor und die Problematik der Abschwemmung in Oberflächengewässer berücksichtigen.

Lagerraum

Ungünstige Ausbringzeiten können nur vermieden werden, wenn ausreichend Lagerraum für die Wirtschaftsdünger zur Verfügung steht. In Deutschland regeln derzeit die Bundesländer über länderspezifische Verordnungen (VAwS = Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe) die Mindestlagerkapazitäten. In Bayern ist für die Lagerung von Jauche und Gülle eine Lagerkapazität von grundsätzlich 6 Monaten zu schaffen. Eine Regelung für Biogasgärreste gibt es bis heute nicht, in einigen anderen Bundesländern gelten auch hierfür 6 Monate Mindestlagerzeit. Für die Berechnung des notwendigen Lagerraums werden tierartspezifische Anfallmengen herangezogen, die in der Düngeverordnung aufgelistet sind. Nach bayerischen Ergebnissen und Erfahrungen sind diese Mengen zu gering angesetzt und ermöglichen in der Praxis nur eine Lagerdauer von 4 Monaten. In der Beratung wird daher empfohlen, für Baumaßnahmen nur unter Einbeziehung des tatsächlichen TS-Gehaltes und der tatsächlich anfallenden Mengen zu planen.

Ausbringtechnik

Ammoniakverluste bei der Ausbringung und deren Vermeidung werden in Deutschland aktuell stark diskutiert, da die Richtlinie 2001/81/EG über Nationale Emissionshöchstgrenzen (NEC-RL, 2001), die für Deutschland ab dem Jahr 2010 eine Emissionshöchstgrenze von 550 kt/a Ammoniak fordert, nach Berechnungen nicht eingehalten werden kann. Ein effektives Verfahren zur schnellen Reduzierung von Ammoniakemissionen würde die bodennahe Ausbringtechnik mit Schleppschlauch, Schleppschuh oder Schlitzgerät darstellen. Diese Techniken könnten auch den Phosphoreintrag über Dränagen in Oberflächengewässer reduzieren (Abb. 2). Landwirte befürchten jedoch beim Einsatz dieser Geräte negative Auswirkungen auf die Qualität der Aufwüchse und die Bestandszusammensetzung.

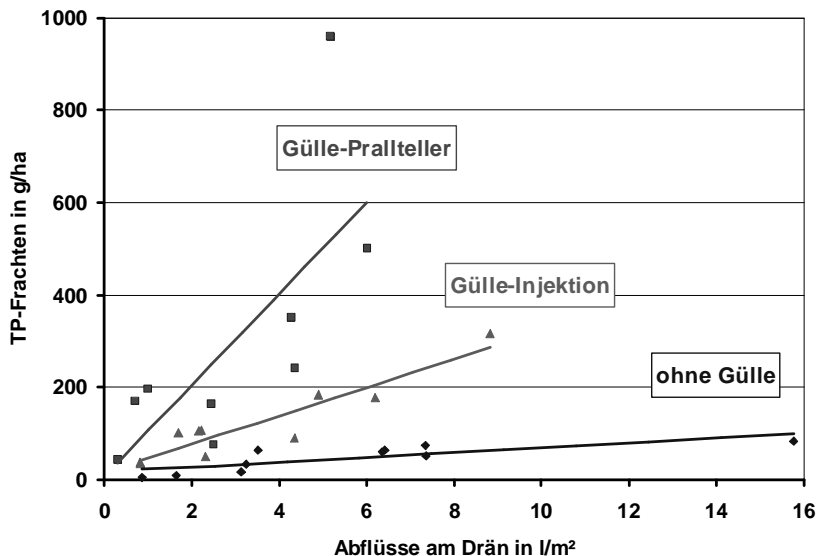


Abb. 2: Austräge an Gesamtphosphor auf drainierten Flächen nach Gülleapplikation vor einem Starkregen, 25 m³ Milchviehgülle/ha, 30 l/m² Beregnung (nach DIEPOLDER UND RASCHBACHER, 2008)

Obergrenzen

Wie viel Gülle bzw. Gärrest verträgt das Grünland? Die Düngeverordnung gibt dazu zwei Antworten. Zum einen dürfen im Durchschnitt des Betriebes mit Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft maximal 170 kg Stickstoff/ha/Jahr (nach Abzug der Stall- und Lagerverluste) ausgebracht werden. Für intensiv genutztes Grünland und Feldgras kann diese Grenze auf einzelbetrieblichen Antrag und verbunden mit weiteren Auflagen auf 230 kg/ha und Jahr ausgedehnt werden. Für Biogasgärreste existieren dagegen bisher keine Höchstgrenzen, sie werden jedoch diskutiert. Zum anderen dürfen in der Zukunft die Überschüsse des Nährstoffvergleiches für Stickstoff im 3-jährigen Durchschnitt 60 kg/ha/Jahr und für Phosphat 20 kg/ha/Jahr nicht überschritten werden. Wie aus Abb. 3 hervorgeht, können sowohl viehschwache als auch viehstarke Betriebe die Vorgaben der Düngeverordnung einhalten. Nachdem Grünland auf hohe Stickstoffgaben auch mit höheren Entzügen reagiert, die in einem weiten Bereich keine positiven Bilanzen entstehen lassen, sollte diskutiert werden, welche Obergrenzen, gerade auch für Biogasgärreste fachlich vertretbar sind.

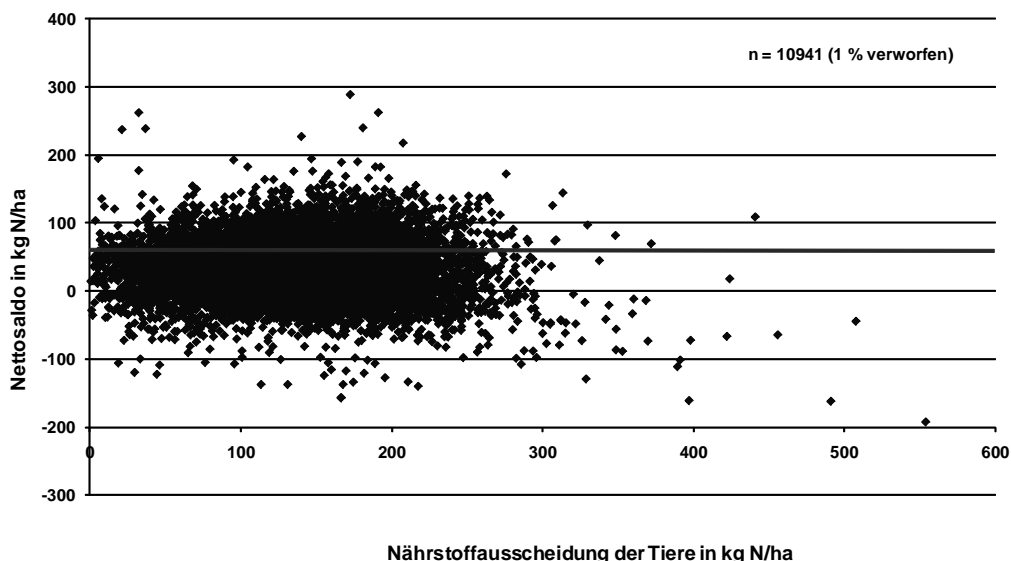


Abb. 3: Stickstoff-Netto-Saldo rinderhaltender Betriebe im Jahr 2010 in Abhängigkeit vom Viehbesatz (LfL)

Dabei sind Risiken für Umwelt, Auswirkungen auf die Bestandszusammensetzung und das Bodenleben sowie eventuell notwendige Freiräume für mineralische Ergänzungsdüngung abzuwägen und in Einklang zu bringen. Die nachfolgenden Referate liefern die fachlichen Grundlagen dazu.

Literatur

- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2011: Nutzung von Grünland zur Biogasproduktion, Machbarkeitsstudie, LfL-Schriftenreihe 4/2011
- VERORDNUNG über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis (Düngeverordnung-DÜV), 2007: BGBl Jahrgang 2007, Teil I Nr. 7

-
- VERORDNUNG über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (Anlagenverordnung – VAwS), 2006: GVBI 2006, 63
- DIEPOLDER, M. UND RASCHBACHER S., 2008: Abschlussbericht des Forschungsprojektes Saubere Seen 2002-2005. Internetangebot der LfL, Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz (<http://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/umwelt/13244/index.php>)
- WENDLAND, M., 2009: Einsatz von Gärresten aus der Biogasproduktion als Düngemittel
<http://www.biogas-forum-bayern.de/publikationen/Biogasgaerreeste.pdf>

Session 1: Gülle und Gärrest als wirtschaftseigener Dünger

Vorträge

Chancen und Grenzen der Düngung des Grünlandes mit Gülle

Huguenin-Elie, O.¹ und Elsässer, M.²

¹Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, CH – 8046 Zürich

²Landwirtschaftliches Zentrum für Viehhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei Baden-Württemberg (LAZBW), 88326 Aulendorf (D)

olivier.huguenin@art.admin.ch

Abstract

Gülle ist ein wertvoller Dünger auf Grünland. Um weder die Umwelt noch die botanische Zusammensetzung der Grünlandbestände zu beeinträchtigen, sollte der in Gülle enthaltene Anteil an langfristig verfügbarem pflanzenwirksamen Stickstoff möglichst exakt abgeschätzt werden können. Der vorliegende Beitrag stellt daher die Ergebnisse zweier Experimente des ART (CH) unter Berücksichtigung der Literatur dar. Obwohl eine ganze Reihe von Experimenten den Effekt einer Gülleanwendung auf den Grasertrag und den Beitrag des Güllestickstoffs in den Pflanzen erfassen, ist die langfristige Wirkung der Gülle nur schwer abschätzbar. Versuche zeigen unterschiedliche, ja sogar gegenläufige Ergebnisse. Die Abschätzung der nachhaltigen Stickstoffwirkung aus der Gülle erfordert daher eine bessere Kenntnis der N-Dynamik im Boden, weswegen sich für die Zukunft prozess-orientierte Studien für das Erfassen der Verhältnisse im Ganzen besser eignen würden.

Keywords: Ertragseffekt, Stickstoffverfügbarkeit, Gülleanwendung

Einleitung

Für viele Milch- und Rindfleischbetriebe stellt Gülle die Hauptquelle an Nährstoffen für die Düngung des Grünlandes dar. Die Verwertung von Gülle als wertvolles, betriebseigenes Düngemittel ist deshalb für einen möglichst geschlossenen, umweltgerechten Nährstoffkreislauf auf dem Betrieb unerlässlich. Die Vorteile des Einsatzes dieses betriebseigenen Düngemittels sind also vielfältig: Nährstoffe werden kostengünstig wiederverwertet, in der Regel ohne lange Transportwege. Für Gülle spricht noch der deutlich geringere Verbrauch an fossiler Energie als für eine Düngung mit mineralischem Stickstoff (u.a. NEMECEK *et al.*, 2005) sowie ihre gute technische Ausbringbarkeit. Die Anwendung von Gülle als Düngemittel auf Grünland bringt aber auch Nachteile mit sich: neben den lästigen Geruchsemissionen, die zum schlechten Ruf von Gülle beitragen, gelten die potenziellen Verluste an Stickstoff (N) und manchmal auch Phosphor, als Grenzen zur Anwendung der Gülle. Dazu kann es zu einer Verdichtung der Böden infolge des Befahrens der Böden mit schweren Gülletransportagregaten kommen. Pflanzenverträglichkeit, Zeitpunkt der Ausbringung und Erhaltung der Biodiversität sind weiteren Aspekte die die Anwendung von Gülle begrenzen. Gülle ist bekanntlich auch ein sehr heterogenes Düngemittel. Werden Menge und Verfügbarkeit an Nährstoffen nur ungenau geschätzt, wird ein präziser Einsatz unmöglich, was das Risiko für Umweltbelastungen erhöht (u.a. ELSÄSSER, 2001). An Standorten, die einerseits für intensiv nutzbare Gräser ungünstig sind bzw. wenn die Ausbringungsmenge insgesamt zu hoch ist, verursacht eine zu hohe N-Düngung zudem eine agronomische Verschlechterung des Pflanzenbestandes (u.a. PAUTHENET *et al.*, 1994). Die Schätzung der Pflanzenverfügbarkeit des ausgebrachten Güllestickstoffs ist deshalb das Schlüsselement zum effi-

zienten und umweltverträglichen Einsatz der Gülle auf Grünland. Die Frage ist: Erlaubt der aktuelle Wissenstand eine hinlänglich genaue Vorhersage der Pflanzenverfügbarkeit des in der Gülle enthaltenen Stickstoffs (N)? In diesem Kurzaufsatz fokussieren wir auf diese Fragestellung.

Material und Methoden

Dieser Kurzaufsatz fasst Ergebnisse aus der Literatur zusammen und nimmt bisher unveröffentlichte Ergebnisse zweier Versuche der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART) als Beispiel für die begrenzte Aussagekraft von praxisnahen Versuchen bezüglich der langfristigen Verfügbarkeit des Gülle-N. Beim 9-jährigen Versuch 1 wurden 5 Düngungsverfahren (Tab. 1) in 4 Wiederholungen auf einer intensiv bewirtschafteten Dauerwiese (5 Schnitte pro Jahr) mit viel *Welschem Weidelgras* (*Lolium multiflorum* Lam.) untersucht. Die Standorteigenschaften waren wie folgt: Höhe über Meer: 610 m, Bodenart: sandiger Lehm (Braunerde-Gley), mittlere Jahrestemperatur: 8,1 °C, Jahresniederschlag: 1100 mm. Versuch 2 war ein 10-jähriger Versuch mit 5 Düngungsverfahren (Tab. 1) und 4 Wiederholungen auf einer wenig intensiv bewirtschafteten Dauerwiese (3 Schnitte pro Jahr) auf einer lehmigen, schwach pseudogleyigen Braunerde auf 500 m ü. M (mittlere Jahrestemperatur: 9,5°C, Jahresniederschlag: 1055 mm). Der Bestand entsprach einer Glatthaferwiese. In beiden Versuchen wurde zudem eine Serie von 5 mineralischen N-Düngungsstufen bei gleicher P- und K-Düngung angelegt (Versuch 1: 0-333 kg N ha⁻¹ J⁻¹, Versuch 2: 0-60 kg N ha⁻¹ J⁻¹).

Unsicherheit in der Vorhersage der N-Verfügbarkeit

Die kurzfristige Ertragswirkung des in der Gülle enthaltenen N entspricht, gemäss verschiedenen Studien, der Menge an Ammonium-N in der Gülle (JEANGROS und THÖNI, 1994; HOUSSIN, 2002) oder ungefähr 55 % des Gesamt-N (N_{tot}) in Rindergülle (FLISCH *et al.*, 2009). Die Wirkung des Gülle-N kann aber durch wiederholte Gaben langfristig zunehmen (u.v.a. SCHECHTNER, 1981; ELSÄSSER UND KUNZ, 1988; ELSÄSSER *et al.*, 1998; SÖRENSEN, 2004; SCHRÖDER *et al.*, 2005): SCHRÖDER *et al.* (2007) haben bei wiederholten, konstant bleibenden Gülle-Gaben einen Anstieg des Anteils an im Erntegut wiedergefundenen Gülle-N über vier Jahren von 27 auf 32 % für breitflächig verteilte Gülle und von 37 auf 47 % für in den Boden injizierte Gülle gemessen. Die Ergebnisse des Versuches 1 stimmen mit der erwähnten Literatur zur kurzfristigen Ertragswirkung überein (Tab. 1 und 2). Eine Steigerung der Ertragswirkung der Gülle konnte jedoch im Laufe der 9 Versuchsjahre nicht beobachtet werden (Tab. 2, Abb. 1a). Im 6. Versuchsjahr war die Ertragswirkung des Gülle-N sowie des mineralischen N besonders schlecht. Diese jährlichen Schwankungen zeigen die Notwendigkeit von mehrjährigen Studien für die Schätzung der Ertragswirkung der Hofdünger. Auf der anderen Seite illustriert Versuch 1 auch die Schwierigkeit von langjährigen Studien auf Dauergrünland: die unterschiedliche Düngung verursachte eine unterschiedliche Entwicklung des Pflanzenbestandes (Abb. 1b). In den Parzellen ohne N-Düngung entwickelte sich der Pflanzenbestand zugunsten von Klee- und Kräuterarten. Die N-Ertragswirkung am Ende des Versuches wird deshalb vermutlich durch eine erhöhte symbiotische N-Fixierung in den N₀ Parzellen unterschätzt. Es ist anzunehmen, dass die N-Lieferung des Standortes in den Referenzparzellen von praxisorientierten Versuche oft unterschätzt wurde (ELSÄSSER, 1999).

Der Verlauf war bei Versuch 2 deutlich anders: Die N-Ertragswirkung war im 10. Versuchsjahr deutlich höher als im 2. oder 4. Versuchsjahr. Dies war aber auch der Fall bei mineralischem N (Tab. 2). Die anfänglich hohen Erträge in den nicht mit N gedüngten

Parzellen (Daten nicht gezeigt) weisen darauf hin, dass am Anfang des Versuches die N-Nachlieferung des Bodens hoch gewesen sein muss. Die Ertragsbildung der wenig intensiv bewirtschafteten Wiese war deshalb am Anfang des Versuches weniger durch N limitiert als nach 10 Versuchsjahren. Dieser Unterschied zwischen dem stark gedüngten Versuch 1 und dem wenig gedüngten Versuch 2 stimmt mit den Ergebnissen von MÜLLER *et al.* (2011) nicht überein. Diese untersuchten die Wirkung von drei unterschiedlichen Gülle-Niveaus über 38 Jahre. Bei einem hohen und einem sehr hohen Applikationsniveau (ungefähr 300 bzw. 600 kg N_{tot} ha⁻¹ J⁻¹ für einen Anfangsertrag von 7.7 t TS ha⁻¹ J⁻¹) beobachteten sie über die Jahre eine deutliche Steigerung der Wirkung (steigende Nachwirkung der wiederholten Gülle-Applikationen). Bei einem moderaten Niveau von ungefähr 150 kg N_{tot} ha⁻¹ J⁻¹ blieb die Güllewirkung aber über die 38 Jahre konstant.

Tab. 1: Verfahren (Abkürzung, Beschreibung und ausgebrachte N-Menge), sowie Durchschnittserträge in Versuch 1 und 2 (Unterschiede p<0.05 nach Tukey HSD test).

Verfahren		N _{tot} ha ⁻¹ J ⁻¹ gedüngt	% NH ₄ - N / N _{tot}	Ertrag t TS ha ⁻¹ J ⁻¹	
Versuch 1					
N3 PK	Mineraldünger, 41 kg P, 232 kg K	250		14.2	c
R 2	Rindergülle von 2 DGVE	220	54	11.7	a
RS 2	Gülle Rind/Schwein, 2 DGVE	200	57	11.8	a
RS 3	Gülle Rind/Schwein, 3 DGVE	299	58	12.7	b
RS 4	Gülle Rind/Schwein, 4 DGVE	379	61	13.6	c
Versuch 2					
N3 PK	Mineraldünger, 17 kg P, 83 kg K	45		8.9	bc
M	Stapelmist im Frühjahr	39	7	7.8	a
MHG	Mist + Gülle jedes 2. Jahr	60	34	8.4	b
GFB	Gülle, 1.2 DGVE, 1. + 2. Aufwuchs	127	51	9.0	c
GSB	Gülle, 1.2 DGVE, 2. + 3. Aufwuchs	127	53	9.3	c

HOESKSTRA *et al.* (2009) und LALOR *et al.* (2011) berichten von einer höheren Effizienz des Gülle-N dank der Applikation von Gülle mittels Schleppschuh anstatt mit Breitverteiler und dank einer Ausbringung im Frühjahr anstatt im Sommer. Die Pflanzenaufnahme des Gülle-NH₄-N innerhalb von drei Aufwüchsen war ungefähr 30 % mit dem Breitverteiler und ungefähr 40 % mit dem Schleppschuh nach der Frühjahrausbringung. Nach der Sommerausbringung war die Pflanzenaufnahme nur 20 bzw. 35 % des Gülle-NH₄-N mit dem Breitverteiler und dem Schleppschuh (N-Aufnahme aus der Gülle dank ¹⁵N-markierte Gülle gemessen, HOESKSTRA *et al.*, 2009). In Versuch 2 unterschied sich die Ertragswirkung der Gülle-Applikation zum 2. und 3. Aufwuchs (sommerbetont) nicht signifikant von der Applikation zum 1. und 2. Aufwuchs (frühjahrb

Weitere erschwerende Faktoren

Wenn Gülle auf Grünland breitflächig verteilt wird, bleibt ein Teil der Gülle auf den Pflanzen haften, dies je mehr desto höher der Trockensubstanz-Gehalt der Gülle liegt. Auf den Pflanzen eingetrocknete Güllerückstände lassen sich in der Folge nur schwer vom Regen abwaschen. Um diese für Futterqualität und -aufnahme negativen Verunreinigungen (LAWS *et al.*, 2002; LAWS und PAIN, 2002) minimal zu halten, kann die Gülle nur kurz nach einer Nutzung breitflächig ausgebracht werden. Dies reduziert das Zeitfenster für die Ausbringung stark. Neben einer angemessenen Verdünnung der Gülle können bandförmige Ausbringungsverfahren bezüglich Güllerückständen im Futter, bzw. hinsichtlich der Flexibilität beim Ausbringungszeitpunkt, eine Verbesserung bringen (u.v.a. LADOR und SCHULTE, 2008). Der Einsatz von schweren Maschinen sollte aber auch für bandförmige Ausbringungsverfahren auf Zeiten mit guter Tragfähigkeit des Bodens begrenzen. In vielen Futterbau-Regionen mit feuchten Bodenbedingungen im Frühjahr erschwert dies die Wahl eines bezüglich der N-Effizienz optimalen Ausbringungszeitpunktes, Tab. 1).

Tab. 2: Ertragswirkung des gedüngten Stickstoffes in Versuch 1 und 2 für das 2., 4., 6. und 9. (bzw. 10.) Versuchsjahr (= VJ)

Versuch 1		2. VJ	4. VJ	6. VJ	9. VJ
Mineraldünger	kg TS kg ⁻¹ N _{tot}	16.2	11.9	9.0	14.7
Gülle	kg TS kg ⁻¹ N _{tot}	9.1	6.7	2.3	6.9
	MNEW _{TS} %	55.8	56.1	28.5	46.8
Versuch 2		2. VJ	4. VJ	6. VJ	10. VJ
Mineraldünger	kg TS kg ⁻¹ N _{tot}	14.2	14.7	17.4	25.4
GFB	kg TS kg ⁻¹ N _{tot}	7.9	1.5	5.2	13.5
GSB	kg TS kg ⁻¹ N _{tot}	5.4	6.2	8.9	18.5

MNEW_{TS} = Mineralischer N Ersatzwert der Gülle als Ertragswirkung Mineral-N / Ertragswirkung Gülle-N_{tot}

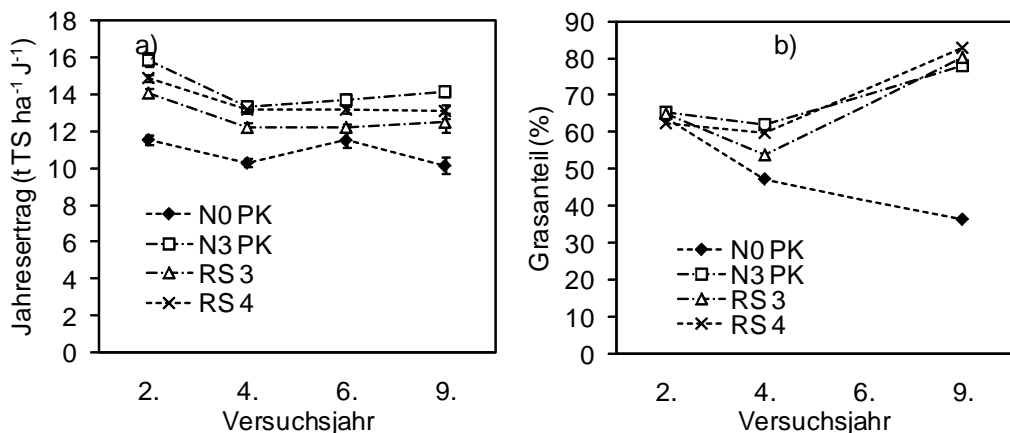


Abb. 1: Entwicklung von a) Jahresertrag und b) Grasanteil zwischen dem 2. und dem 9. Versuchsjahr in Versuch 1 (Verfahren siehe Tab. 1, N0 PK: 0 kg N, PK wie N3 PK).

Weiterhin wird das N:P-Verhältnis in der Gülle als ungünstig betrachtet (zu viel P bzw. zu wenig N im Verhältnis zum N:P-Bedarf des Grünlandes; SCHRÖDER, 2005). Dies gilt aber hauptsächlich für Gras-Reinbestände. Für Gras-Klee-Mischbestände liegt der N:P-Anteil der Gülle im Bereich des N:P-Bedarfs der Kultur (2.75 – 3.75 gegenüber 2.86 – 3.71; FLISCH *et al.*, 2009). Dieses günstige Verhältnis bleibt aber nur erhalten, solange die gasförmigen N-Verluste bei der Ausbringung minimal gehalten werden.

Zusammenfassung

Gülle ist ein wertvolles, aber heterogenes Düngemittel für das Grünland. Ihre Ertragswirkung und N-Effizienz wird von vielen Faktoren, wie Ausbringungszeitpunkt und -verfahren, Pflanzenbestand und Düngungsgeschichte der Parzelle beeinflusst. Wegen dieser Komplexität liefern einfache, praxisnahe Versuche wie die hier vorgestellten Versuche 1 und 2, manchmal widersprüchliche, weil unvollständige, Informationen. Die Vorhersage der langfristigen Verfügbarkeit der verschiedenen N-Fractionen erweist sich also trotz der zahlreichen schon durchgeführten Studien als schwierig, was einen präzisen Einsatz von Gülle begrenzt. Diese Tatsache stellt eine wichtige Grenze für einen effizienteren und umweltverträglicheren Einsatz der Gülle auf Grünland. Um diesen Zustand zu verbessern, müsste die langjährige N-Dynamik im Boden besser verstanden werden, weshalb in Zukunft vermehrt Forschung zu Prozessen der langfristigen Umwandlung im Boden von mit Gülle auf Grünland ausgebrachtem Stickstoff und organischer Substanz benötigt wird.

Literatur

- ELSÄSSER, M. UND H.G. KUNZ, 1988: Zur Wirkung von Gülle mit und ohne Zusatzmittel auf Ertrag, Futterqualität und botanische Zusammensetzung einer Wiese im Alpenvorland. *Das wirtschaftseigene Futter*, 34, 48-65.
- ELSÄSSER, M., KUNZ, H.G. UND BRIEMLE, G., 1998: Wirkungen organischer und mineralischer Düngung auf Dauergrünland - Ergebnisse eines 12jährigen Düngungsversuches auf Wiese und Mähweide. *Pflanzenbauwissenschaften*, 2, 2, 49-57.
- 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., 2001: Gölledüngung und Artenschutz - ein unlösbarer Widerspruch? *Berichte über Landwirtschaft*, 79, 1, 20-44.
- FLISCH, R., SINAJ, S., CHARLES, R. UND RICHNER, W., 2009: GRUDAF 2009: Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau. *Agrarforschung* 16, 1-97.
- HOEKSTRA, N.J., LALOR, S.T.J., RICHARDS, K.G., O'HEA, N. AND LANIGAN, G.J., 2010: Slurry ¹⁵NH₄-N recovery in herbage and soil: effects of application method and timing. *Plant and Soil*, 330, 357-368.
- HOUSSIN, B., 2002: Valorisation du lisier de bovins sur prairies pâturées par des vaches laitières. *Fourrages* 172, 369-376.
- JEANGROS, B. ET THÖNI, E., 1994 : Utilisation des engrais de ferme sur les prairies permanentes. Synthèse de résultats expérimentaux et recommandations préconisées en Suisse. *Fourrages* 140, 394-406.
- LALOR, S.T.J. AND SCHULTE, P.O., 2008: Low-ammonia-emission application methods can increase the opportunity for application of cattle slurry to grassland in spring in Ireland. *Grass Forage Sci.* 63, 531-544.
- LALOR, S.T.J., SCHRÖDER, J.J., LANTINGA, E.A., OENEMA, O., KIRWAN, L. AND SCHULTE, R.P.O., 2011: Nitrogen fertilizer replacement value of cattle slurry in grassland as affected by method and timing of application. *J. Environ. Quality* 40, 363-373.
- LAWS, J.A. AND B. F. PAIN, 2002: Effects of method, rate and timing of slurry application to grassland on the preference by cattle for treated and untreated areas of pasture. *Grass Forage Sci.* 57, 93-104.
- LAWS, J.A., SMITH, K.A., JACKSON, D.R. AND PAIN, B.F., 2002: Effects of slurry application method and timing on grass silage quality. *J. Agric. Sci., Cambridge* 139, 371-384.
- MÜLLER, C., LAUGHLIN, R.J., CHRISTIE, P. AND WATSON, C.J., 2011: Effects of repeated fertilizer and cattle slurry applications over 38 years on N dynamics in a temperate grassland soil. *Soil Biol. Biochem.* 43, 1362-1371.

-
- NEMECEK, T., HUGUENIN-ELIE, O., DUBOIS, D. UND GAILLARD, G., 2005: Ökobilanzierung von Anbausystemen im Schweizerischen Acker- und Futterbau. Schriftenreihe der FAL 58, FAL Reckenholz, Zürich.
- PAUTHENET, Y., ROUMET, J.P. ET NEYROZ, A., 1994: Influence de la fertilisation azotée sur la végétation de prairies de fauche en vallée d'Aoste (Italie). Fourrage 139, 375-378.
- SCHECHTNER, G., 1981: Nährstoffwirkungen und Sonderwirkungen der Gülle. Berichte über die 7. Arbeitstagung "Fragen der Güllerei", BAL Gumpenstein, 135 - 196.
- SCHRÖDER, J.J., 2005: Revisiting the agronomic benefits of manure: a correct assessment and exploitation of its fertilizer value sparest he environment. Bioresource Technology 96, 253-261.
- SCHRÖDER, J.J., UENK, D. AND HILHORST, G. J., 2007: Long-term nitrogen fertilizer replacement value of cattle manures applied to cut grassland. Plant Soil 299, 83-99.
- SCHRÖDER, J.J., JANSEN, A.G. AND HILHORST, G.J., 2005: Long-term nitrogen fertilizer value of cattle slurry. Soil Use Management 21, 196-204.
- SÖRENSEN, P., 2004: Immobilisation, re-mineralization and residual effects in subsequent crops of dairy cattle slurry nitrogen compared to mineral fertilizer nitrogen. Plant Soil 267, 285-296.

Nährstoffvariabilität in Gülle

Schmidhalter, U, Georgi, A.C. und Landzettel, C.

Lehrstuhl für Pflanzenernährung, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Technische Universität München

schmidhalter@wzw.tum.de

Abstract

Organische Wirtschaftsdünger tragen wesentlich zur Nährstoffversorgung bei und fallen überwiegend als Gülle an. Während die Inhaltsstoffe mineralischer Dünger präzise bekannt sind, beruht die Kenntnis der in Gülle enthaltenen Nährstoffe überwiegend auf Schätzwerten. Auf drei Einzelbetrieben wurde in sechs verschiedenen Güllelagern die Nährstoffvariabilität beim Ausbringen von verschiedenen Güllen intensiv untersucht. Bei ausreichender Homogenisierung gelingt es die Nährstoffzusammensetzung vereinfacht, im Extremfall auch durch gezielte Einzelbeprobung, adäquat zu erfassen. Eine ausreichende Homogenisierung ist in der Regel bei den in der Flüssigphase enthaltenen Nährstoffen wie Ammonium und Kalium zu erreichen. Unzureichende Homogenisierung beeinflusst in erster Linie die in der Festphase enthaltenen Nährstoffe wie Phosphat. Schweinegülle ist schwieriger zu homogenisieren und eine kontinuierliche Mischung ist auch während der Ausbringungszeit sowohl im Lager wie auch im Güllefass empfehlenswert. Während Rindergüllen bei bekannten Trockensubstanzgehalten relativ adäquat durch Richtwerte beschrieben werden können, ergeben sich bei Schweinegüllen, auch infolge der sehr variablen Trockensubstanzgehalte wesentliche Abweichungen von Richtwerten. Mit besseren Kenntnissen der einzelbetrieblichen Nährstoffzusammensetzung von Güllen ist ein erster wichtiger und notwendiger Schritt getan, der zu einer besseren Bewertung und auch Wertschätzung der organischen Dünger beitragen kann.

Keywords: Biogasgülle, Homogenisierung, Nährstoffanalyse, Nährstoffvariabilität, Rindergülle, Schweinegülle

Einleitung

Organische Wirtschaftsdünger tragen wesentlich mit einem Anteil von etwa 37 % zur bundesweiten Stickstoffdüngung bei und fallen überwiegend als Gülle und zu einem kleineren Anteil als Festmist bzw. Jauche an. Der jährliche Wirtschaftdüngereinsatz aus der Rinder- und Schweinehaltung betrug in 2009 152 Mio t Frischmasse, wozu Gülle, Festmist und Jauche 111, 32 und 10 Mio t beitrugen (SCHULTHEISS *et al.*, 2010). In den Wirtschaftsdüngern sind über 1 Mio t Stickstoff enthalten.

Die nationale N-Bilanz weist einen N-Überschuss von ca. 100 kg Stickstoff pro Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche auf. Verbesserungen und Optimierungen in der N-Düngung sind insbesondere beim Einsatz organischer Dünger erforderlich. Die Diskrepanz in der Bewertung mineralischer und organischer Dünger ist augenscheinlich. Während die Düngegesetzgebung die inhaltsstoffliche Bewertung von Mineraldüngern präzise festlegt, stehen für organische Dünger häufig nur Schätzwerte zur Verfügung. Die hohe Varianz, die Güllen im Ammonium-, Gesamtstickstoff-, Phosphat- und Kalium-Gehalt aufweisen können (WENDLAND *et al.* 2011), hinterfragt im Einzelfall einzelbetrieblich öfters nicht zutreffende tabellarische Schätzwerte. Das Defizit in der genauen Kenntnis der Inhaltsstoffe organischer Dünger erschwert Optimierungen in der organi-

schen Düngung. Während die ausgebrachten Volumina präzise erfasst werden können, ist der Kenntnisstand der Nährstoffgehalte ungenügend. Besonders wenige Kenntnisse liegen vor wie variabel Nährstoffe in Gülle im Einzelbetrieb sind. Diese Arbeit zeigt auf wie variabel einzelbetrieblich Nährstoffe in der Gülle sind und wie Wege gefunden werden können, diese Variabilität zu minimieren bzw. wie Inhaltsstoffe vereinfacht erfasst werden können.

Material und Methoden

In den Jahren 2006 bis 2008 wurde auf drei Einzelbetrieben in sechs verschiedenen Güllelagern die Nährstoffvariabilität beim Ausbringen von Gülle untersucht. Zu diesem Zweck wurde die mit jedem einzelnen Fass ausgebrachte Nährstoffmenge untersucht. Beim Betrieb 1 wurde Schweinegülle untersucht (je 48 Fässer), beim Betrieb 2 Milchvieh- und Bullengülle (32 bzw. 30 Fässer) und beim Betrieb 3 Milchviehgülle, Schweinegülle und Biogasgülle (30, 10 bzw. 40 Fässer). Die Lagerkapazitäten bei den drei Betrieben betragen: (Betrieb 1) 1.200 m³, (Betrieb 2) 2.000 bzw. 600 m³ sowie (Betrieb 3) 5.600 m³, 1.000 m³ bzw. Angabe fehlend.

Die Homogenisierung vor Ausbringung erfolgte auf dem Betrieb 1 mit Hilfe eines leistungsfähigen integrierten elektrischen Rührwerks und die Gülleentnahme wurde während zwei Tagen durchgeführt. Auf Betrieb 2 wurde die Gülle mit einem zapfwellengetriebenen Güllemixer komplett aufgerührt und die Schwimmdecke vor der Entnahme vollständig beseitigt. Eine zusätzliche Homogenisierung erfolgte durch Umpumpen der Gülle. Die Entnahme erfolgte während 2 Tagen. Auf Betrieb 3 erfolgte eine mehrmalige Durchmischung der Milchviehgülle mit dem Güllerechen ohne dabei die Schwimmschicht zu zerstören, die Schweinegülle wurde vollständig mithilfe eines Rührwerks umgewälzt und das Biogasfugat wurde durch den integrierten Mischzyklus regelmäßig umgewälzt. Die Entnahmen der Gülle erfolgten unten in den Güllelagern und die Nährstoffuntersuchung wurde basierend auf Einzelproben, die von jeweils einem Fass entnommen wurden, durchgeführt.

Alle Proben wurden auf Gesamtstickstoff, Ammoniumstickstoff, Phosphat (P₂O₅), Kalium (K₂O) und Schwefel untersucht. Zusätzlich wurden der pH-Wert und die Leitfähigkeit der Gülle gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Nährstoffvariabilität bei Gülle wird durch zahlreiche Faktoren beeinflusst wie Art, Alter und Leistungsniveau der Tiere, das aktuelle Fütterungsmanagement, die Aufstallungsform und die Lagerung. Während einige Faktoren gut bekannt sind, sind andere nur bedingt bekannt. Zieht man Richtwerte oder Faustzahlen heran zur Einschätzung der Nährstoffgehalte eines einzelbetrieblichen Güllelagers ist eine möglichst gute Kenntnis dieser Einflussfaktoren von großer Bedeutung. Dazu gehört auch wesentlich die Schätzung des Trockenmassegehalts, von dem in der Regel der Landwirt keine genauen Kenntnisse hat, da dieser auch durch zusätzliche Wassereinträge (Stallwasser, Regenwasser, Hausabwasser) beeinflusst wird. Im Gegensatz dazu spielen diese Faktoren bei einer konkreten chemisch-physikalischen Messung nur eine untergeordnete Rolle.

Gülle ist ein heterogenes Substrat, welches aus der unterschiedlichen Zusammensetzung der Fest- und Flüssigphase resultiert. Während spezifisch schwerere Teile Sinkschichten ausbilden, sind die leichteren in einer Schwimmschicht zu finden bzw. können auch zur Ausbildung einer Schwimmdecke führen. Um Kenntnisse der durchschnittlichen Nährstoffzusammensetzung, die ein Güllelager aufweist, zu gewinnen, ist eine intensive und ausreichende Homogenisierung vor dem Ausbringen unerlässlich.

Während des Transportes kann es auch zu Inhomogenität kommen, die jedoch durch laufende Umwälzung reduziert werden kann.

Bei den untersuchten Anlagen ist man in allen Fällen von einer ausreichenden Homogenisierung ausgegangen. Dies traf jedoch nicht in allen Fällen zu.

Die Untersuchungen zeigten auf, dass im Betrieb 2 sowohl bei der Milchviehgülle wie auch bei der Bullengülle die Gehalte aller untersuchten Nährstoffe bei den untersuchten 32 bzw. 30 Fässern nur minimale Schwankungen aufwiesen. Ausnahmen dazu waren Anfangsproben, bei denen die Gülle noch aus der Vorgrube oder Zuleitungen stammte. Auch im Betrieb 3 ergaben sich bei Schweinegülle, die in 10 Fässern untersucht wurde, wie auch beim Gärrest, der in 40 Fässern untersucht wurde, nur unbedeutende Schwankungen in den Nährstoffgehalten bei Gesamtstickstoff, Ammoniumstickstoff, Phosphat, Kalium sowie Schwefel.

Anders präsentierte sich die Situation bei der relativ dünnflüssigen Schweinegülle von Betrieb 1. Während zwar auch hier die Ammoniumgehalte wie auch die Kaliumgehalte der 48 untersuchten Fässer kaum Schwankungen aufwiesen, ergaben sich relativ große Schwankungen insbesondere bei der Trockensubstanz im Bereich von 1-4%, wie auch beim Phosphatgehalt (P_2O_5) im Bereich von 0.6-3.4 $kg\ m^{-3}$ und relativ moderate Schwankungen beim Gesamtstickstoffgehalt zwischen 2.8-3.8 $kg\ m^{-3}$ Gülle. Eine moderate Variabilität aller Nährstoffe fand sich bei der Milchviehgülle des Betriebs 3. Vernachlässigt man vier Proben aus der untersuchten Probenmenge von 30 Analysen bewegte sich die Trockensubstanz zwischen 3-5%, der Gesamtstickstoffgehalt zwischen 1.8-2 $kg\ m^{-3}$, der Ammoniumstickstoffgehalt zwischen 0.9-1.3 $kg\ m^{-3}$, der Phosphatgehalt zwischen 0.8-1.2 $kg\ m^{-3}$ und der Kaliumgehalt (K_2O) zwischen 1.8-2.3 $kg\ m^{-3}$.

Aus den Untersuchungen kann gefolgert werden, dass es bei ausreichender Homogenisierung gelingt die Nährstoffzusammensetzung auch vereinfacht, im Extremfall durch gezielte Einzelbeprobung, adäquat zu erfassen.

Das Beispiel der im Betrieb 1 untersuchten Schweinegülle zeigt auf, dass die Homogenisierung ausreichend war für die Erfassung des Ammonium- und Kaliumgehalts, nicht jedoch für die adäquate Erfassung des Trockensubstanz- und des Phosphatgehaltes. Während Ammonium und Kalium sich primär in der flüssigen Phase befinden, sind Phosphat und der organisch gebundene Stickstoff überwiegend in der Festphase lokalisiert. Die Konsistenz des Schweinemistes kann es mit sich bringen, dass es selbst nach intensivem Aufrühren relativ rasch wiederum zu einer Sedimentation kommt, die auch während des Transportes auftreten kann. Diese Beobachtung scheint zumindest teilweise mit der ausreichenden Homogenität, die bei der Schweinegülle im Betrieb 3 festgestellt wurde, im Widerspruch zu stehen. Berücksichtigt man aber, dass bei Betrieb 3 nur 10 Fässer aus einem relativ kleinen Lagervolumen untersucht wurden, die am gleichen Tag ausgebracht wurden, bei Betrieb 1 jedoch 48 Fässer, die während zwei Tagen ausgebracht wurden, sind die Unterschiede teilweise erklärbar. Betrachtet man auch bei Betrieb 1 nur die ersten 10 Fässer, so ergeben sich auch hier deutlich niedrigere Schwankungen. Daraus kann die Forderung abgeleitet werden, dass bei Schweinegülle eine laufende intensive Homogenisierung im Lagerbehälter auch während des Ausbringungszeitraums durchgeführt werden sollte.

Während die Bullen- und Milchviehgülle im Betrieb 2 kaum Variabilität in den Nährstoffgehalten aufwiesen, zeigte sich bei der Milchviehgülle in Betrieb 3 zumindest eine moderate Variabilität. Da diese Variabilität auch die Nährstoffe Ammonium und Kalium, wenn auch reduziert im Vergleich zu Phosphat betrifft, ist dies ein Hinweis, dass in diesem großen Lagerbecken die Homogenisierung durch den Güllerechen nicht ausrei-

chend war. Eine nicht ausreichende Homogenisierung betrifft vor allem das in der Festphase vorhandene Phosphat, während dies weniger die Nährstoffe Ammonium und Kalium betrifft.

Die Untersuchungen zeigen jedoch beispielhaft auf, dass eine ausreichende Homogenisierung erreichbar ist. Indirekt lässt sich aus den durchgeführten Untersuchungen auch ableiten, dass nach ausreichender Homogenisierung bei Milchvieh- und Bullengülle, die Nährstoffe über einige Tage homogen verteilt blieben. Im Gegensatz dazu ist dies bei Schweinegülle nicht der Fall und eine kontinuierliche Homogenisierung sollte auch während der Ausbringphase sowohl im Lager wie im Transportfass durchgeführt werden.

Die Nährstoffgehalte der untersuchten Güllen wichen mehr oder weniger stark von Richtwerten ab. Relativ gute Übereinstimmungen, mit Ausnahme des Kaliumgehalts der Milchviehgülle, ergaben sich sowohl bei der Milchviehgülle und der Bullengülle des Betriebs 1, die durch Anpassung der Trockensubstanzgehalte noch etwas verbessert wurden. Deutlicher waren die Abweichungen der Nährstoffgehalte bei der Milchviehgülle des Betriebs 3 im Vergleich zu den Faustzahlen. Sehr hoch im Bereich von 50 bis über 100% waren die Abweichungen bei der Schweinegülle sowohl bei Betrieb 1 wie auch beim Betrieb 2 im Vergleich zu den Faustzahlen. Unter Berücksichtigung einer jüngeren Auswertung von Gülleanalysen im Rahmen des KULAP-Programms (WENDLAND *et al.*, 2011) ergab sich bei Angleichung auf den mittleren TS-Gehalt eine relativ gute Übereinstimmung mit Ausnahme des Phosphatgehalts beim Betrieb 3, nicht jedoch beim Betrieb 1. Beide untersuchten Schweinegülle wichen jedoch deutlich im Trockensubstanzgehalt von den mittleren dort angegebenen Werten ab. Die Nährstoffgehalte in Gärresten lassen sich nur ungenügend durch Faustzahlen abschätzen (VON TUCHER *et al.*, 2011).

Bei Betrachtung der enormen Nährstoffmengen, die in Güllen enthalten sind, und des Wert dieser Nährstoffmengen scheint es vernünftig eine adäquatere Bewertung zu verlangen. Für die Analyse kommen chemische, aber auch alternative vereinfachte Untersuchungen in Frage. Nährstoffe können vereinfacht mit Schnelltesten (Dichtebestimmung, elektrische Leitfähigkeit, Elektroden) oder mit NIRS (in-situ oder im Güllefass) bestimmt werden. Eine vernünftige Approximation durch solche Schnellmethoden kann zu besseren Kenntnissen beitragen. Positiv zur besseren Wertschätzung von organischen Düngern tragen Fördermaßnahmen bei (bspw. KULAP), die Analysen verlangen. Zurzeit bestehen noch nicht ausreichende Kenntnisse wie variabel bei mehrjähriger Betrachtung die Nährstoffgehalte in Güllelagern im Einzelbetrieb sind. In Anbetracht des Nährstoffwertes und der Umweltrelevanz der in Güllen enthaltenen Nährstoffe scheint die Forderung gerechtfertigt zu sein, dass vermehrt analytische Untersuchungen, alternativ auch basierend auf Schnelltestmethoden, verlangt werden sollten. Damit könnten wesentliche Verbesserungen im Bereich des organischen Düngermanagements erreicht werden.

Literatur

- GEORGI, A.C., 2008: Die Variation der Inhaltsstoffe organischer Substrate unter besonderer Berücksichtigung der Düngewirkung und der Gasausbeute in Biogasanlagen. Diplomarbeit, Lehrstuhl für Pflanzenernährung, Technische Universität München, 99 S.
- LANDZETTEL, C., 2007: Variationen der Nährstoffzusammensetzung von Milchvieh- und Bullengülle bei Ausbringung von jeweils 30 Fass innerhalb von zwei Tagen. Seminararbeit, Lehrstuhl für Pflanzenernährung, Technische Universität München, 47 S.

- SCHULTHEISS, U., DÖHLER, H. UND SCHWAB, M., 2010: Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft – jährliche Anfallmengen in der Bundesrepublik Deutschland. Landtechnik 5: 354-356.
- VON TUCHER, S., FOUADA, S., LICHTI, F. UND SCHMIDHALTER, U., 2011: Wirkung von Gärresten unterschiedlicher Zusammensetzung auf die N-Aufnahme von Pflanzen (In diesem Band).
- WENDLAND, M., HEIGL, L. UND FISCHER, A., 2011: Varianz der Nährstoffgehalte verschiedener Gülle. In: Jahresbericht 2010. Institut für Agrarökologie, ökologischen Landbau und Bodenschutz. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg).S. 36.

Schwefel, Selen und andere Spurenelemente in GülLEN und Gärresten

Sager, M.

Kompetenzzentrum Elemente, AGES Wien

manfred.sager@ages.at

Einleitung

GülLEN werden so wie andere organische Düngemittel hauptsächlich nach ihrem Stickstoff- und Phosphorgehalt beurteilt. Jedoch ist auch Schwefel ein essentieller Hauptbestandteil von Pflanzen und im Pflanzenbau sind viele Schwefelmangelerscheinungen bekannt. Deshalb werden auch einige Sulfate (Kaliumsulfat, Magnesiumsulfat, Ammonsulfat) in Mineraldüngern eingemengt, deren Gehalt deklariert ist und der Düngemittelkontrolle unterliegt. Bei der Qualitätskontrolle von organischem Dünger jeglicher Art wird Schwefel üblicherweise jedoch nicht erfasst. Bei sämtlichen organischen Stoffen, die in Österreich unter das Düngemittelgesetz fallen, wie Kompost, Rindenmulch, Holzfasern, Bodenhilfsstoffe, Kultursubstrate, organische Dünger, organo-mineralische Dünger ist der Schwefelgehalt kein Qualitätskriterium (ÖNORM S 2201 und S 2203). Mitteleuropa gilt als Selenmangelgebiet. Durch die Supplementierung kommerzieller Futtermittel gelangt aber einiges Selen in den Umlauf, außer vermutlich bei Biobetrieben. Wie viel sich davon in GülLEN und Klärschlämmen ansammelt, sollte zumindest die Fachwelt interessieren.

Keywords: Schwefel, Spurenelemente, Nährstoffgehalte in GülLE, Gärreste

Probleme der Analytik

Sulfat im Wasserauszug wird bei Böden zuweilen bestimmt, sagt aber über das Freisetzungspotenzial diverser Mikroorganismen (siehe unten) nichts aus. Der Mangel an Daten über Gesamtgehalte an Schwefel und Selen könnte daher rühren, dass es methodische Probleme bei der Bestimmung gibt. Beide sind bei der Trocknung anaerober Proben flüchtig, Trocknungsverluste organischer Selenverbindungen werden bei $>120^\circ$ berichtet (MUNOZ OLIVAS *et al.*, 1994). Sollten Selenide vorliegen, könnten ohne Trocknung erhaltene Minderbefunde auf die Verdünnung der Aufschlusssäure durch den hohen Wasseranteil (99%) mancher Schlämme zurückzuführen sein. Schließlich bewährte es sich, die Proben (GülLEN, Miste, Klärschämme o.ä) feucht einzuwiegen, mit 50% Magnesiumnitratlösung zu versetzen, somit oxidierend zu trocknen, schließlich im Muffelofen zu veraschen, und am siedenden Wasserbad mit 1+1 Salzsäure zu lösen. Dabei werden sämtliche Selenverbindungen in Selenit und sämtliche Schwefelverbindungen in Sulfat überführt, ausgenommen aus sulfidischen Erzen. Das Selen kann direkt mit Hydrid-AAS bestimmt werden und Schwefel gemeinsam mit Ca-Cd-Cr-Cu-Fe-K-Mn-P-Zn mit ICP-AAS gegen Kalibrationslösungen, die gleiche Mengen Magnesiumnitrat enthalten; die Bestimmung mit Bariumsulfat in der Serie wird sich wegen ihrer hohen Arbeitszeit in Zukunft ohnehin niemand leisten können. Andere ICP-Emissionslinien sind durch die Salzbelastung gestört. Die Salzbelastung senkt die Analysensignale in unterschiedlicher Weise, und stört einige Linien durch unruhigen Hintergrund. Bor, Barium und klei-

ne Mengen Natrium sind wegen der Korrosion des Glases beim Aufschluss nicht bestimmbar.

Alternativ bietet sich auch der Aufschluss mit salpetersaurer Kaliumchloratlösung in der Druckbombe an, wobei rasch Sulfat und Selenat entstehen, auch aus elementarem Schwefel. Durch die stark oxidierende Aufschlusslösung ist die Bestimmung des Selens über das Hydrid allerdings nicht möglich.

Gülle im Schwefelkreislauf

Haustiere exkrementieren bis zu 10% ihres Körpergewichts pro Tag. Der Schwefelgehalt von Futtermitteln wurde selten bestimmt, aber es liegen Daten von Futtermittelkomponenten vor. In Getreidekörnern aus Niederösterreich wurden Schwefelkonzentrationen im Bereich 590 – 993 mg/kg, und in Maiskörnern im Bereich 452 bis 735 mg/kg gefunden. Überschüssig gedüngtes Sulfat ging in das Stroh (SAGER, HOESCH, 2005). Bodentyp und Ort waren von keinem erkennbaren Einfluss, und die Unterschiede zwischen den Erntejahren waren größer als zwischen den einzelnen Getreidearten. Getreideproben aus den Niederlanden, die in Ringversuchen analysiert wurden (IPE; HOUBA *et al.*, 1994), enthielten etwas mehr Schwefel.

Die Schwefelkonzentrationen in GülLEN, Misten und Gärrückständen liegen im Bereich von Kohlen (SAGER, 1999) und sind gegenüber Getreide und Mais angereichert (Tab. 1). Bei reduzierenden Proben hängt das Ergebnis stark vom Analysenverfahren ab. So wurden von säuerlichen Gärrückständen im für Düngemittel üblichen Trockenaufschluss nur 39 ± 16 %, bezogen auf den Aufschluss mit Kaliumchlorat in der Druckbombe, erhalten (SAGER, 2011), was etwa dem Sulfat entsprechen dürfte. Wegen der hohen erforderlichen Einwaage wurden die GülLEN und Miste mit Magnesiumnitrat im Muffelofen aufgeschlossen. Da meist die Düngung bezogen auf Phosphor oder Stickstoff erfolgt, sollte beachtet werden, dass Miste weniger Schwefel relativ zu Phosphor einbringen als Gärrückstände, und die GülLEN in der Mitte liegen.

Tab. 1: Vorkommen von Schwefel im Agrarbereich

S: Mittelwert der Erdkruste = 0,260 mg/kg, Böden, Medianwert (Österreich): unbekannt						
g/kg	g/kg	Bereich	kg für 100 kg N	Bereich	kg für 100 kg P	Bereich
GülLEN und Miste alle	3,69	1,80- 8,76	4,54	2,32 – 9,01	27,6	10,8-69,4
Nur Miste	5,98	4,78 – 14,65	-	-	21,8	15,9-30,8
Nur BiogasgülLEN 2003-5	4,63	3,19- 9,92	-	-	33,6	17,5 – 69,4
GülLEN OÖ 2008	2,60	1,28 – 11,56	5,80	3,74-12,04	46,7	28,3 - 365
Gärrückstände aus urbaner Biotonne	1,93	1,20 – 3,24			71,5	39,1 – 110
dito, Trockenaufschluss	0,713	0,37 – 1,14				
Getreideproben IPE	1,41	1,09-2,02				
Winterweizen NÖ	0,987	0,83 – 1,17				
Sommergerste NÖ	0,935	0,54 – 1,11				
Reis geschält, weltweit	0,913	0,55- 1,00				
Mais NÖ	0,639	0,435 - 0,737				
Apfelblätter NÖ/St	1,83	1,17 – 2,66				
Braunkohle weltweit	2,10	1,30 – 73,9				
Steinkohle weltweit	8,20	2,70 – 22,1				

Abgesehen vom direkten Einsatz als Düngemittel ist die Kenntnis des Gesamtschwefelgehalts auch in der Abfallwirtschaft von Bedeutung. Bioabfall kann entweder kompostiert, vergärt oder verbrannt werden. Schwefelverbindungen im Biogas sind unerwünscht, da sie zu SO_2 verbrennen und damit die Brenner korrodieren. Wenn man Rindergülle kompostiert und noch zusätzlich elementaren Schwefel hinzufügt, erreicht man langsame Sulfatbildung infolge der Wirkung von *Thiobacillus thioparus*, aber nur bis 0,5% S, da höhere Schwefelgaben toxisch wirken. Gleichzeitig sinkt auch der pH von über 8,0 auf 6,0-6,3 nach 1 Woche und bleibt dann konstant, wodurch neben der Verfügbarmachung von Schwefel auch die Ammoniak-Emission vermindert und somit der Gesamtstickstoff des Produkts erhöht wird (WU *et al.*, 2011).

Feldfrüchte, die auf Böden mit unter 1,2 bis 1,5% organischer Substanz wachsen, benötigen auch eine Schwefelzufuhr. Etwa 90% des Gesamtschwefels der meisten Oberböden sind organisch gebunden und immobil. Verschiedene Mikroorganismen, z.B. *Thiobacillus thiooxidans*, produzieren lösliches Sulfat. In Säulenversuchen wurden bei Schwarzerden nach 3 Monaten bei diskontinuierlicher Beregnung die 7-10 fache Menge Schwefel gegenüber dem Wasserextrakt im Eluat erhalten, unter der Annahme des vollständigen Wiedererhalts von zugesetztem Sulfat. Nach 6-wöchiger Trocknung kam es zu verstärkter Auswaschung von Sulfat (SAGER, 2002). Die Schwefelmineralisation aus Rindergülle kann mit Kinetik 1. Ordnung beschrieben werden und variiert erheblich zwischen verschiedenen Böden. Die kumulative Freisetzung von Sulfat während 10 Wochen, gemessen in % vom Gesamtschwefel, war nach Kompostzusatz immer höher als nach Güllezusatz; gegenüber der Freisetzungsrates aus dem ursprünglichen Boden ging es jedoch in beide Richtungen (SAVIOZZI *et al.*, 2006). Obwohl auch Sulfat in organisch reichen Böden fixiert wird, wirkt also die Schwefeldüngung aus Rindergülle im Boden langfristiger als eine Sulfatdüngung aus einem Mineral.

Gülle im Selenkreislauf

In der österreichischen Bodenzustandsinventur wurden im Feinboden nur 0,11 - 0,41 mg/kg an Selen im Königswasser gefunden. Es traten keine signifikanten Unterschiede zwischen Böden auf verschiedenen geologischen Unterlagen auf, und es wurden in Österreich keine angereicherten Böden gefunden. Jedoch gab es Unterschiede nach der Bodennutzung - die Böden in Ackerbaugebieten waren mit 0,20 mg/kg im Median tiefer als jene im Dauergrünland mit 0,29 mg/kg (DANNEBERG, 1999). Im Säulenversuch auf Schwarzerden aufgebracht Selen wird größtenteils rasch immobilisiert und lässt sich z.B. mit Oxalat eluieren (SAGER, 2002).

Selen in Getreidekörnern von langjährigen Versuchsfeldern in Niederösterreich war nur <4-10 µg/kg, und in Maiskörnern nur <4-7 µg/kg, ließ sich aber durch selenhaltigen Dünger steigern (SAGER, HOESCH, 2005). In Gerstenkörnern auf Schwarzerde, beprobt auf der Parndorfer Platte vor dem Bau der Ostautobahn, war das Selen-Niveau etwas höher, und zwar 24-88 µg/kg (Mittelwert 46 µg/kg; 68 Proben), bei einem durchschnittlichen Gehalt im Boden von 0,234 mg/kg (SAGER, 1992). Zusätze der essentiellen Elemente Kupfer, Zink und Selen zu kommerziellen Futtermitteln, die zueinander in engen Verhältnissen gegeben werden, heben die entsprechenden Gehalte in den Güllen an, hingegen liegen Blei, Nickel, Chrom, Cadmium und Quecksilber tiefer als z.B. in Klärschlämmen (SAGER, 2007). Beim Selen wird der zulässige Höchstgehalt von 0,5 mg/kg im Alleinfutter meist ausgeschöpft. Infolge der Zusätze von Cu, Mn, Zn und Se zu den Futtermitteln finden sich diese Elemente auch angereichert in Misten und Güllen (Tab. 2), da die Überschüsse ausgeschieden werden (SAGER, 2006). Vergleichsdaten aus 1993 zeigen das gleichbleibend hohe Selniveau in Güllen und Misten. Selen in den Güllen zeigte lineare Korrelation mit Kupfer, Zink, Mangan und Phosphor.

Tab. 2: Vorkommen von Selen im Agrarbereich

Se: Mittelwert der Erdkruste = 0,05 mg/kg, Böden, Medianwert (Österreich): 0,23 mg/kg						
in TS	mg/kg	range	g for		g for	
			100 kg N	range	100 kg P	range
Güllen+Miste, 2002-08	1,42	0,23 – 5,35	2,62	0,36 – 4,92	9,29	2,17 – 25,2
Nur Güllen, 2002-6	2,50	0,23 – 6,09	2,68	0,36 – 4,92	10,2	3,46 – 29,3
Nur Miste, 2002 -6	1,12	0,23 – 1,51	3,64	1,02 – 4,83	7,05	4,08 – 9,32
Nur Biogasgüllen 2003-5	0,77	0,24 – 2,10	-	-	5,21	1,91 – 16,8
Güllen OÖ 2008	0,224	0,034 -2,19	0,51	0,14 – 1,69	4,52	0,94 – 15,6
Schweinemist e1993	3,09	1,08 – 7,7				
Hühnermiste1993	1,33	0,54 – 1,78				
Klärschlämme 1993	1,89	0,41 – 30,1				
Gerste Parndorfer Platte 1992	0,046	0,024–0,088				
Winterweizen NÖ	0,0066	<0,004–0,132				
Sommergerste NÖ	0,020	0,011-0,078				
Reis geschält	0,070	<0,005-0,200				
Braunkohle weltweit	2,95	0,66-19,4				
Steinkohle weltweit	1,88	0,29 – 5,55				

Schlussfolgerungen

Beim Ersatz mineralischer Dünger durch organische, z.B. Gülle, wäre auch der Schwefelbedarf der Pflanzen zu beachten. Mineraldünger erhalten zuweilen zugesetztes Sulfat im Ausmaß von 2-7 %, was mehr ist, als die organischen einbringen, welche aber ihrerseits über einen längeren Zeitraum wirken. Hinsichtlich des Selens ist in einem Mangelgebiet wie Österreich das Einbringen zusätzlicher Mengen über die Gülle wünschenswert, im Gegensatz zu Kupfer und Zink. Eine Beauftragung im Rahmen der Düngemittelqualitätskontrolle würde die Datenlage verbessern.

Literatur

- DANNEBERG, O.H., 1999: Hintergrundwerte von Spurenelemente in den landwirtschaftlich genutzten Böden Ostösterreichs. Mitt. Österr. Bodenkundl. Ges. 57, 7-24
- GU, W., ZHANG, F., XU, P., TANG, S., XIE, K., HUANG, X. AND HUANG, Q., 2011: Effects of sulfur and *Thiobacillus thioparus* on cow manure aerobic composting. Bioresource Technology 102, 6529-6535
- HOUBA, V.J.G. AND UITTENBOGAARD, J., 1994: Chemical Composition of Various Plant Species. Wageningen Agricultural University 1994
- MUNOZ OLIVAS, R., DONARD, O.F.X, CAMARA, C. AND QUEVAUVILLER, P., 1994: The Analytical techniques applied to the speciation of selenium in environmental matrices. Anal. Chim. Acta 286, 357-370
- SAGER, M., 1992: Bericht über Schadstoffbelastungen der Parndorfer Platte vor dem Bau der Ostautobahn. Bericht der Landwirtschaftlich Chemischen Bundesanstalt (Wien).
- SAGER, M., 1999: Environmental Aspects of Trace Elements in Coal Combustion. Tox. Environ. Chem. 71, 159-183
- SAGER, M., 2002: Vertical mobility of Selenium, Arsenic and Sulfur in Model Soil Columns. Die Bodenkultur 53(2), 83-103
- SAGER, M. AND HOESCH, J., 2005: Macro- and microelement levels in cereals grown in Lower Austria. Journal of Central European Agriculture, 6(4), 461-472
- SAGER, M., 2006: Selenium in Austrian Agriculture (Selen w Rolnictwe Austriackim). Ecological Chemistry and Engineering 12 (12), 1326- 1342
- SAGER, M., 2006: Selenium in agriculture, food, and nutrition. Pure Appl. Chem. 78(1), 43-65
- SAGER, M., 2007: Trace and nutrient elements in manure, dung and compost samples in Austria. Soil Biology and Biochemistry 39, 1383-1390

- SAGER, M., 2011: Microwave- assisted digestion of organic materials with $\text{KClO}_3/\text{HNO}_3$ for the analysis of trace metals and non-metals. *Analytical Chemistry- an Indian Journal* 10 (2)
- SAVIOZZI, A., CARDELLI, R., CIPOLLI, S., LEVI-MINZI, R. AND PIFFALDI, R., 2006: Sulphur mineralization kinetics of cattle manure and green waste composts in soils. *Waste Manage Research*, 24, 545-551

Vergleich von Gülle und Gärresten

Berendonk, C.

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen,
Landwirtschaftszentrum Haus Riswick, Eisenpass 5, 47533 Kleve

clara.berendonk@lwk.nrw.de

Abstract

Biogasproduktion nimmt in den Grünlandregionen Deutschlands zu. Der Prozess der nassen Vergärung von Rindergülle in Verbindung mit Biomassepflanzen erzeugt Gärreste die ähnlich Gülle auf Grasland ausgebracht werden. Diese Gärreste weisen in der Regel einen höheren pH-Wert und höhere Ammonium-N-Gehalte als Gülle auf. In den hier vorgestellten Versuchen (2 Versuche, 3 Jahre) erreichten allerdings weder Gärreste noch Gülle die Effizienz von Mineraldüngern, im Hinblick auf ihre Effektivität hinsichtlich der erreichten Grünlanderträge (15 kg TM kg N⁻¹) unterschieden sich diese beiden Düngemittel jedoch nicht.

Keywords: Biogas, Gülle, Gärreste, N-Effizienz

Einleitung und Problemstellung

Mit wachsender Zahl von Biogasanlagen in Futterbauregionen gewinnt die Frage der effizienten Verwertung der Gärreste auf Grünlandflächen an Bedeutung. Die Art der Beschickung der Anlagen entscheidet über die Zusammensetzung der Gärreste. In Grünlandregionen erfolgt die Beschickung der Anlagen vornehmlich durch Rindergülle, ergänzt durch Kofermente wie Mais und Gras. Im Mittel von 24 Vergleichsuntersuchungen aus den Jahren 2005 bis 2007 an zwei Grünlandstandorten in Nordrhein-Westfalen zeigten sich die in Tab. 1 dargestellten Unterschiede in der Zusammensetzung von Frischgülle und Gärrest.

Tab. 1: Mittlere Nährstoffgehalte von Gärrestgülle im Vergleich zu Frischgülle

Gülleart	Standort	n	kg/m³ Gülle							kg/kg Ges.-N								
			N NH4-N	N wirks.	P2O5	K2O	CaO	MgO	S	N NH4-N	N wirks.	P2O5	K2O	CaO	MgO	S		
Gärrestgülle	Dollendorf	12	3,78	2,32	2,55	1,22	5,78	1,60	0,81	0,33	1,00	0,61	0,68	0,32	1,53	0,42	0,21	0,09
	Lindlar	12	4,88	3,24	3,57	1,60	3,32	2,16	0,41	0,41	1,00	0,67	0,73	0,33	0,68	0,44	0,08	0,08
	Mittel	24	4,33	2,78	3,06	1,41	4,55	1,88	0,61	0,37	1,00	0,64	0,71	0,33	1,05	0,43	0,14	0,09
Frischgülle	Dollendorf	12	3,55	1,81	2,53	1,56	6,47	2,52	1,25	0,42	1,00	0,51	0,71	0,44	1,83	0,71	0,35	0,12
	Lindlar	12	3,39	1,82	2,55	1,45	4,62	1,57	0,74	0,42	1,00	0,54	0,75	0,43	1,36	0,46	0,22	0,12
	Mittel	24	3,47	1,82	2,54	1,50	5,54	2,04	1,00	0,42	1,00	0,52	0,73	0,43	1,60	0,59	0,29	0,12

Die Gärrestgülle ist durch höheren Anteil an Ammoniumstickstoff gekennzeichnet, während die Gehalte der übrigen Nährstoffe Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium und Schwefel bezogen auf den Stickstoffgehalt in der Gülle im Gärrest niedriger lagen als in der Frischgülle. Ein wesentlicher Unterschied von Frischgülle und Gärrest betrifft den pH-Wert. Eine Vergleichsmessung über einen zwanzigwöchigen Zeitraum am Gülleeinlass und am Fermenterausgang der Biogasanlage von Haus Riswick in Kleve (Abb. 1) lieferte einen im Mittel um 0,45 pH-Punkte höheren pH-Wert des Gärrestes im Vergleich

zur Frischgülle. Im Hinblick auf eine effiziente Stickstoffverwertung des Gärrestes interessiert daher die Frage, inwieweit diese Unterschiede die Stickstoffwirkung des Gärrestes im Vergleich zu Frischgülle beeinflussen.

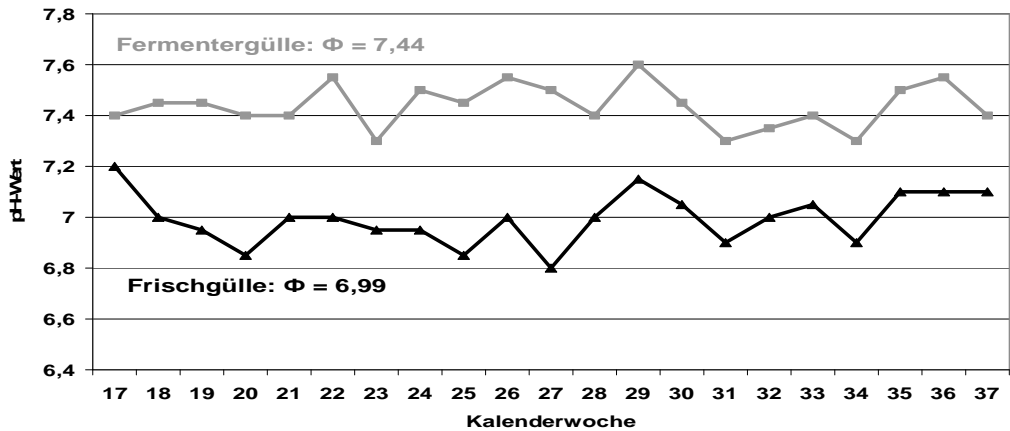


Abb. 1: Einfluss der Biogasvergärung auf den pH-Wert der Gülle in der Biogasanlage von Haus Riswick in Kleve im 20-wöchigen Beprobungszeitraum

Material und Methoden:

Zum Vergleich der Stickstoffeffizienz von Gärrestgülle und Frischgülle wurde ein Versuch mit 8 Prüfgliedern und 4 Wiederholungen entsprechend dem Versuchsplan der Tabelle 2 an den beiden Standorten Dollendorf und Lindlar (siehe Tabelle 3) angelegt.

Tab. 2: Versuchsplan

Nr.	Düngung kg wirks. N/ha	Düngerart und -termin	kg wirks. N/ha, Verteilung zum			
			1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
1	0	Kontrolle				
2	155	KAS 1 (NH ₄ -N-Vergleich zu Nr. 7 u. 8)	50	40	35	30
3	180	KAS 2 (NH ₄ -N-Vergleich zu Nr. 5 u. 6)	50	40	50	40
4	225	KAS 3 (wirks. N-Vergleich zu Nr. 5-8)	75	60	50	40
5	225	FG zum 1.+ 2. Aufwuchs	75	60	50	40
6	225	GR zum 1.+ 2. Aufwuchs	75	60	50	40
7	225	FG zum 1. - 4. Aufwuchs	75	60	50	40
8	225	GR zum 1. - 4. Aufwuchs	75	60	50	40

KAS = Kalkammonsalpeter
 FG = Frischgülle
 GR = Gärrest

Tab. 3: Versuchsstandorte

Standort	Region	Höhe über NN m	Langjähriges Mittel		Grünlandzahl	Bodenart	Bodentyp
			Temperatur °C	Niederschlag mm			
Dollendorf	Eifel	420	7,4	715	43	sL	Braunerde
Lindlar	Berg. Land	280	9,0	1.300	40	sL	Parabraunerde

Die Güllegaben wurden in Var. 5 und 6 jeweils zum 1. und 2. und in Var. 7 und 8 zu allen vier Aufwüchsen appliziert. Bei den drei Kalkammonsalpeter-Varianten entsprach in Var. 2 die N-Menge der NH₄-N-Gabe der Gülledüngung von Var. 7 zum 1. bis 4. Aufwuchs, die N-Menge der Var. Nr. 3 der NH₄-N-Gabe von Var. 7 zum 1. und 2. Aufwuchs und die N-Menge der Var. 4 der wirksamen N-Menge aller Güllevarianten von insgesamt 225 kg N/ha. Hierbei wurde eine 70%-ige N-Wirkung des Güllestickstoffs unterstellt. Vor jeder Gülleanwendung wurde der NH₄-N-Gehalt der Gülle mit Quantofixgerät bestimmt und die wirksame N-Menge durch Multiplikation mit dem Faktor 1,4 für Frischgülle und 1,1 für den Gärrest bestimmt. Die Applikation von Gülle und Gärrest erfolgte manuell durch bodennahe Breitverteilung.

Ergebnisse und Diskussion

Die in Tab. 4 zusammengefassten Ergebnisse zeigen, dass das standorttypische Ertragsniveau, der Ertrag der Kontrollvariante ohne N-Düngung, an den beiden Standorten mit 41,3 dt/ha in Dollendorf und 63,1 dt/ha in Lindlar deutlich differierte. An beiden Standorten lieferte die KAS-Gabe von 155 kg N/ha einen deutlichen Mehrertrag von +28,8 dt/ha in Dollendorf und + 32,2 dt/ha in Lindlar im Vergleich zur ungedüngten Kontrollvariante. An beiden Standorten zeigte die N-Steigerung im 3. und 4. Aufwuchs (Var. 3) aber keinen Effekt, wohl insbesondere in Dollendorf einen deutlichen Mehrertrag bei N-Steigerung im 1. und 2. Aufwuchs (Var. 4). Auch die Gülledüngung zeigte vor allem in Dollendorf bei Applikation zur 1. und 2. Nutzung (Var. 5 und 6) einen Effekt. In Lindlar ist der Effekt gegenüber der Nullvariante zwar deutlich, die Wirkung der Vergleichsvarianten auf Basis des NH₄-N (Var. 3) wird aber nur knapp erreicht.

Tab. 4: Trockenmasseertrag (dt TM/ha) nach N-Düngung mit Kalkammonsalpeter (KAS) im Vergleich zu Frischgülle (FG) und Gärrestgülle (GR) an den Standorten Dollendorf und Lindlar im Mittel der Jahre 2005-2007

Ort	Nr.	N-Menge und N-Verteilung	dt TM/ha				Summe
			1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	
Dollendorf	1	0 kg N/ha	17,1	8,9	9,5	5,8	41,3
	2	155 kg N/ha (KAS 1: 50-40-35-30)	27,8	13,1	19,6	9,6	70,1
	3	180 kg N/ha (KAS 2: 50-40-50-40)	25,8	14,6	19,6	11,2	71,2
	4	225 kg N/ha (KAS 3 : 75-60-50-40)	32,0	17,1	23,9	11,8	84,8
	5	225 kg N/ha (FG: 75-60-0-0; KAS: 0-0-50-40)	29,9	14,8	23,5	13,1	81,3
	6	225 kg N/ha (GR: 75-60-0-0; KAS: 0-0-50-40)	30,2	14,5	22,4	11,5	78,6
	7	225 kg N/ha (FG: 75-60-50-40)	30,1	15,9	18,9	10,5	75,5
	8	225 kg N/ha (GR: 75-60-50-40)	29,4	14,3	19,4	10,1	73,2
Lindlar	1	0 kg N/ha	26,9	14,6	13,4	8,2	63,1
	2	155 kg N/ha (KAS 1: 50-40-35-30)	35,4	22,4	22,7	14,9	95,4
	3	180 kg N/ha (KAS 2: 50-40-50-40)	34,3	22,8	24,2	14,4	95,8
	4	225 kg N/ha (KAS 3 : 75-60-50-40)	36,0	24,3	24,4	14,7	99,4
	5	225 kg N/ha (FG: 75-60-0-0; KAS: 0-0-50-40)	35,2	19,5	26,6	14,3	95,7
	6	225 kg N/ha (GR: 75-60-0-0; KAS: 0-0-50-40)	33,7	20,0	25,3	14,8	93,7
	7	225 kg N/ha (FG: 75-60-50-40)	34,7	18,4	23,0	14,6	90,7
	8	225 kg N/ha (GR: 75-60-50-40)	36,1	21,4	23,1	14,6	95,2
Mittel von Dollendorf und Lindlar							
	1	0 kg N/ha	22,0	11,7	11,5	7,0	52,2
	2	155 kg N/ha (KAS 1: 50-40-35-30)	31,6	17,7	21,1	12,3	82,8
	3	180 kg N/ha (KAS 2: 50-40-50-40)	30,1	18,7	21,9	12,8	83,5
	4	225 kg N/ha (KAS 3 : 75-60-50-40)	34,0	20,7	24,1	13,2	92,1
	5	225 kg N/ha (FG: 75-60-0-0; KAS: 0-0-50-40)	32,5	17,2	25,1	13,7	88,5
	6	225 kg N/ha (GR: 75-60-0-0; KAS: 0-0-50-40)	31,9	17,2	23,9	13,2	86,2
	7	225 kg N/ha (FG: 75-60-50-40)	32,4	17,1	21,0	12,5	83,1
	8	225 kg N/ha (GR: 75-60-50-40)	32,7	17,9	21,3	12,3	84,2

In Abb. 2 ist für beide Standorte jeweils der mittlere N-Entzug im Vergleich zur gedüngten N-Menge dargestellt. Es zeigt sich, dass am Standort Dollendorf nur der applizierte mineralische KAS-Stickstoff vollständig entzogen wurde, hingegen sowohl bei der Gülledüngung zum 1. und 2. Aufwuchs, besonders aber bei Gülle- und Gärrestapplikation zu den Folgeaufwüchsen die applizierte N-Menge den Entzug überstieg, während am ertragsreicheren Standort Lindlar auch bei den Güllevarianten mehr N entzogen als gedüngt wurde. Im Vergleich zu den Wirkungsunterschieden an den Standorten und zu den Applikationsterminen war der Unterschied in der N-Wirkung von Frischgülle und Gärrest gering. Aus Abb. 2 geht nur im Trend bei der Anwendung im 1. und 2. Aufwuchs in Lindlar eine bessere Wirkung des Gärrestes im Vergleich zur Frischgülle, in Dollendorf eine schwächere und bei ganzjähriger Anwendung an beiden Standorten eine leicht bessere Wirkung der Gärreste hervor. Im Mittel ist der Effekt marginal. Auch beim Vergleich der N-Wirkung der Gärreste mit der Frischgülle in Tab. 5 auf Basis „kg TM/kg wirks. N“ zeigen sich zwar deutlich Unterschiede zwischen den Applikationsterminen, aber kaum Unterschiede zwischen den Güllearten. Im Mittel über alle Prüfglieder resultiert die gleiche N-Wirkung von 15 kg N/kg wirks. N für Frischgülle und Gärrest, sodass bei Bemessung der Güllegaben auf Basis der wirksamen N-Menge von gleicher N-Wirkung von Frischgülle und Gärrest ausgegangen werden kann.

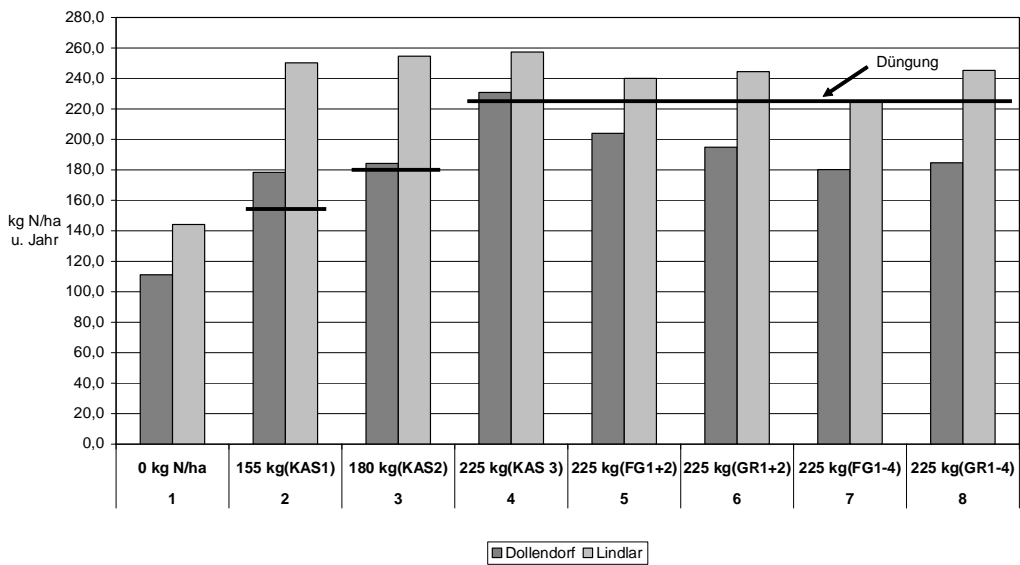


Abb. 2: Stickstoffjahresentzug im Vergleich zur Stickstoffdüngermenge in Abhängigkeit von der Düngerform (Kalkammonsalpeter (KAS), Frischgülle (FG) und Gärrest (GR)) im Mittel der Jahre 2005-2007 an den Standorten Dollendorf und Lindlar

Tab. 5: N-Wirkung (kg TM/kg wirks. N⁻¹) der N-Düngung mit Kalkammonsalpeter (KAS) im Vergleich zu Frischgülle (FG) und Gärrestgülle (GR) im Mittel Jahre 2005-2007 und der Standorte Dollendorf und Lindlar

Nr.	N-Menge und N-Verteilung	kg TM/kg wirks. N				Gesamtertrag
		1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	
2	155 kg N/ha (KAS 1: 50-40-35-30)	19	15	19	13	17
3	180 kg N/ha (KAS 2: 50-40-50-40)	11	12	21	15	14
4	225 kg N/ha (KAS 3: 75-60-50-40)	16	15	25	16	18
5	225 kg N/ha (FG: 75-60-0-0; KAS: 0-0-50-40)	14	9	27	17	16
6	225 kg N/ha (GR: 75-60-0-0; KAS: 0-0-50-40)	13	9	25	15	15
7	225 kg N/ha (FG: 75-60-50-40)	14	9	19	14	14
8	225 kg N/ha (GR: 75-60-50-40)	15	11	23	15	16
	Mittel Gärrest (GR)	14	10	24	15	15
	Mittel Frischgülle (FR)	14	9	23	15	15

Schlussfolgerungen

- Die Zusammensetzung des Gärrestes variierte in Abhängigkeit vom Nährstoffgehalt der Kofermente. Im Vergleich zu Frischgülle ist der Gärrest insbesondere durch höheren pH-Wert und höheren NH₄-N-Anteil gekennzeichnet.
- In der Stickstoffwirkung konnte bei Applikation gleicher N-Mengen an wirksamem Stickstoff im Mittel kein Unterschied zwischen Frischgülle und Gärrest festgestellt werden. Die mittlere Wirkung betrug 15 kg N kg⁻¹ wirksamen Stickstoffs.

Kurz- und längerfristige Stickstoffwirkung nicht separierter und separierter Biogasgärreste zu Weidelgras nach einmaliger und wiederholter Ausbringung

von Tucher, S.¹, Fouda, S.¹, Lichti, F.² und Schmidhalter, U.¹

¹Lehrstuhl für Pflanzenernährung, Technische Universität München

²Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

tucher@wzw.tum.de

Abstract

Die N Verfügbarkeit nicht separierter Biogasgärreste (BGR) sowie die von Dünnsparaten (DS) und deren dazugehörigen Feststoffen (FS) wurde nach ein- bis fünfmaliger Düngung in bis zu 13-monatigen Gefäßversuchen mit Weidelgras untersucht. Die Zusammensetzung der BGR zeigte eine große Schwankungsbreite (z.B. im N_t 0,36-1,08%, im NH₄-N 0,20-0,62%, im C_{org} 1,8-11,4% in FM). Nicht separierte BGR und DS wirkten kurzfristig mindestens entsprechend ihrem NH₄-N Gehalt. Längerfristig kam es abhängig von Gärrest und Boden zu einer verstärkten N-Freisetzung aus dem N_{org} der BGR. Feststoffe zeigten eine geringere N-Wirkung. Vor allem die kurzfristige N Verfügbarkeit war höher bei geringerem C_{org}:N_{org} Verhältnis der BGR.

Keywords: Anaerobe Vergärung, C:N-Verhältnis, N-Verfügbarkeit, Separierung

Einleitung

Eine nachhaltige und umweltschonende Erzeugung von Biogas erfordert den effizienten und verlustarmen Einsatz der Biogasgärreste (BGR) im landwirtschaftlichen Produktionsprozess. Die Verwertung des enthaltenen Stickstoffs ist dabei von besonderer Bedeutung. Die chemische Zusammensetzung der Gärreste ist allerdings so variabel, dass für die Erstellung des Nährstoffvergleichs nach der Düngeverordnung keine Richtwerte angegeben werden können, sondern eine gesonderte Untersuchung erforderlich ist (WENDLAND *et al.*, 2011). Zudem sind Angaben zur N-Düngewirkung in der Literatur widersprüchlich. Das Spektrum reicht von einer fehlenden Ertragswirkung ausgebrachter BGR im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle (ROSS *et al.*, 1989) über eine nur leicht über den NH₄-N Anteil hinausgehenden N-Wirkung (GUNNARSSON *et al.*, 2010), bis hin zu einer N-Wiederfindung bei Gärresten aus Schweinegülle und Reststoffen aus der Lebensmittelindustrie, die einer Mineraldüngung vergleichbar ist (DE BOER, 2008). Im Vergleich zu unvergorener Gülle wird häufig angenommen, dass die N-Wirkung von BGR größer ist, da deren NH₄-N Gehalt höher, deren Gehalt an organischem Kohlenstoff jedoch geringer ist (z.B. GUTSER *et al.*, 1987; DE BOER, 2008). BGR werden zunehmend häufiger mechanisch separiert, wodurch sich die Zusammensetzung wie die Gehalte an Trockenmasse und Kohlenstoff verändern (BAUER *et al.*, 2009). Die Ausbringung organischer Dünger kann mittel- und langfristig zu einer Anreicherung von organischem Boden-N führen (GUTSER *et al.*, 2005), dessen Mineralisierbarkeit in der Düngung zu berücksichtigen ist. Da bisher noch kaum Untersuchungen über die kurz- und längerfristige N-Wirkung von BGR unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung aus landwirtschaftlicher Biogasproduktion vorliegen, ist dies Gegenstand der folgenden Untersuchungen.

Material und Methoden

Es wurden Gefäßversuche (12-L-Ahrgefäße) in drei Böden (Marktschwaben und Dürnast Lu, Mühlfeld Ls) mit Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne* L.) angelegt, das in 5 Wachstumszyklen (je 1-3 Aufwüchse) über etwa 11 bzw. 13 Monate kultiviert wurde. Die Düngung mit den BGR, die zur Vermeidung von NH_3 -Verlusten sofort eingearbeitet wurden, erfolgte auf der Basis gleicher NH_4^+ -N-Mengen (300 mg NH_4^+ -N/Gefäß und Düngung) zu Beginn eines jeden der 5 Wachstumszyklen. Zum Vergleich dienten eine ungedüngte Kontrolle und eine Variante mit 300 mg N als Mineraldünger und im Sortiment 1 eine Rindergülle (RG). Untersucht wurden in getrennten Experimenten jeweils eine Auswahl an 7 nicht separierten BGR (Sortiment 1: BGR 1 bis 11) bzw. an 7 Dünnseparaten (DS) und den dazugehörigen 7 Feststoffen (FS) nach der Separierung von BGR (Sortiment 2: DS 1 bis 7; FS 1 bis 7). Die BGR stammten aus der Vergärung unterschiedlicher Substrate sowohl aus der Cofermentation von Energiepflanzen mit tierischen Ausscheidungen (BGR 1, 5, 7, 11; DS+FS 7) als auch aus der ausschließlichen Vergärung von Energiepflanzen (BGR 2, 6, 8; DS+FS 1-6). Die Hauptsubstratbestandteile im Sortiment 1 waren tierische Ausscheidungen 0-86%, Maissilage 14-71%, Klee/Gras 0-100% und im Sortiment 2 tierische Ausscheidungen 0-67%, Maissilage 15-98%, Grassilage 0-80%. Alle BGR stammten aus Anlagen, die in Versuchsprogrammen von der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft betreut werden. Die BGR (pH Wert, Trockenmassegehalt, N_t , NH_4 -N und C_{org} (Differenz aus C_t minus $\text{CO}_3\text{-C}$)) sowie das geerntete Weidelgras (Gesamt-N) wurden mit üblichen Labormethoden untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Tab. 1: Ausgewählte Parameter der chemischen Zusammensetzung der untersuchten Biogasgärreste

		TS	N_t	$\text{NH}_4\text{-N}$	C_{org}	$\text{C}_{\text{org}}:\text{N}_{\text{org}}$	$\text{NH}_4\text{-N}/\text{N}_t$
		% in FM	% in FM	% in FM	% in FM		
Nicht separiert							
100% E-Pflanzen	min.	5,2	0,48	0,27	1,77	8,9	0,52
	max.	12,2	0,72	0,37	4,75	13,8	0,60
Cofermentation	min.	5,7	0,36	0,20	1,87	8,5	0,55
	max.	7,4	0,75	0,51	2,15	13,5	0,69
Rindergülle		12,1	0,44	0,22	4,27	18,9	0,49
Dünnsparate							
100% E-Pflanzen	min.	5,4	0,53	0,27	1,59	6,9	0,44
	max.	10,2	0,76	0,41	3,46	9,8	0,57
Cofermentation		7,6	0,51	0,47	1,77	-	0,92
Feststoffe							
100% E-Pflanzen	min.	22,4	0,53	0,20	9,31	30,3	0,38
	max.	30,3	0,76	0,36	11,41	27,4	0,48
Cofermentation		29,9	1,08	0,62	7,56	16,8	0,57

Die chemische Zusammensetzung der BGR erwies sich als sehr unterschiedlich (Tab. 1). In den nicht separierten BGR schwankten die Gehalte an TS zwischen 5,2 und 12,2%, an N_t zwischen 0,36 und 0,75%, an NH_4 -N zwischen 0,20 und 0,51% und an C_{org} zwischen 1,77 und 4,75%, die $\text{C}_{\text{org}}:\text{N}_{\text{org}}$ Verhältnisse lagen zwischen 8,5 und 13,8. Dabei zeigten sich durch die große Schwankungsbreite innerhalb einer Gruppe keine wesent-

lichen Unterschiede zwischen rein pflanzlichen BGR und solchen aus der Cofermentation mit tierischen Ausscheidungen. Auch innerhalb der DS und innerhalb der FS zeigte sich eine erhebliche Variabilität. Beispielsweise lag der N_t Gehalt der DS bei den rein pflanzlichen BGR mit 0,53-0,76 genauso hoch wie der der FS. Der NH_4-N Gehalt schwankte in den DS zwischen 0,27 und 0,47% und in den FS zwischen 0,20 und 0,62%, also fast im gleichen Bereich.

Die $C_{org}:N_{org}$ Verhältnisse der DS waren 6,9 bis 9,8, die der FS 16,8 bis 30,3 und damit erwartungsgemäß deutlich höher. Ein eindeutiger Bezug zur Zusammensetzung der Gärsubstrate war nicht feststellbar.

Die N-Aufnahme von Weidelgras dargestellt im Boden Marktschwaben war nach der 1. Düngung mit nicht separierten BGR mindestens so hoch wie die mit Mineraldünger, für 3 BGR (1, 5 und 11) sogar signifikant höher (Tab. 2). Dies zeigt, dass nicht separierte BGR mindestens eine ihrem NH_4-N Gehalt entsprechende kurzfristige N-Verfügbarkeit besaßen, was sich mit Ergebnissen von GUNNARSSON *et al.* (2010) und DE BOER (2008) deckt. Nach der 5. Düngung nahmen die Unterschiede der N-Aufnahme aus BGR im Vergleich zur Mineraldüngung deutlich zu. Die N-Nachlieferung aus dem organischen N der BGR lag nach der 1. Düngung zwischen 0 und 37%, nach der 5. Düngung zwischen 9 und 49% des aktuell ausgebrachten N_{org} . Die Nachlieferung schwankte also erheblich je nach BGR und erhöhte sich im Laufe wiederholter Ausbringung z.T. deutlich (z.B. BGR 8), was im Einklang mit den Ergebnissen von GUTSER *et al.* (2005) steht. Im zweiten der untersuchten Böden (Dürnast) zeigte sich ein ähnliches Bild (ohne Darstellung), jedoch wurde kurzfristig nur bei einem BGR eine im Vergleich zur Mineraldüngung signifikant höhere N-Wirkung erzielt. Die längerfristige N-Nachlieferung aus dem N_{org} der BGR war ebenfalls vom BGR abhängig und mit bis zu 50% nicht geringer als im Boden Marktschwaben.

Tab. 2: N-Aufnahme und scheinbare N-Nachlieferung aus dem ausgebrachten organischen Stickstoff nach der 1. und 5. Düngung mit nicht separierten Biogasgärresten im Boden Marktschwaben (Lu)

Variante	N-Aufnahme (mg/Gefäß) 1.Düngung	% N aus gedüng- tem N_{org} 1.Düngung	N-Aufnahme (mg/Gefäß) 5.Düngung	% N aus gedüng- tem N_{org} 5.Düngung
ohne N	181 a	-	154 a	-
N mineral.	433 bc	-	308 b	-
RG	423 b	-3	387 ef	25
BGR 1	480 d	33	367 def	41
BGR 2	433 b	0	328 bc	9
BGR 5	486 d	26	363 def	27
BGR 6	467 cd	12	380 ef	26
BGR 7	459 bcd	10	341 cd	13
BGR 8	463 cd	13	421 f	49
BGR 11	484 d	37	355 de	35

Ein prinzipiell ähnliches Bild zeigten die DS im Boden Mühlfeld (Tab. 3). Sie wirkten kurz- wie längerfristig mindestens wie die Mineraldüngung d.h. entsprechend Ihrem NH_4-N Anteil, jedoch nur in einem Fall (DS 2) bereits nach der 1. Düngung signifikant besser. Auch für die Düngung mit DS nahmen die Unterschiede in der N-Aufnahme im

Vergleich zur Mineraldüngung nach fünfmaliger Ausbringung deutlich zu. Während die N-Nachlieferung aus dem mit DS ausgebrachten N_{org} kurzfristig d.h. nach einmaliger Düngung noch relativ gering war, stieg diese erheblich nach der 5. Düngung auf bis zu 48% des aktuell ausgebrachten N_{org} an. Fünf der 7 FS unterschritten in der N-Aufnahme nach der 1. Düngung, 1 FS auch noch nach der 5. Düngung signifikant das Niveau der Mineraldüngung. Hier zeigte sich, dass die Immobilisierung von enthaltenem NH_4 -N nur langsam überwunden wurde. Der zweite untersuchte Boden Dürnast (ohne Darstellung) zeigte vergleichbare Effekte, wobei die Nachlieferung aus dem N_{org} geringer und die Immobilisierung im Fall der FS eher höher ausfiel.

Insbesondere nach der 1. Düngung stand ein höheres $C_{org}:N_{org}$ Verhältnis der BGR in enger negativer Beziehung zur N-Aufnahme von Weidelgras (für nicht separierte BGR je nach Boden $r = -0,78^*$ bis $-0,85^{**}$; für DS und FS je nach Boden $r = -0,85^{**}$ bis $-0,88^{**}$). Ähnliche Beziehungen wurden ebenfalls für BGR von DE BOER (2008) gezeigt.

Bei den dargestellten Resultaten handelt es um Ergebnisse aus Gefäßversuchen, die unter optimalen Feuchtbedingungen in intensiver Kultur des Weidelgrases und unter weitgehender Vermeidung von N-Verlusten insbesondere von NH_3 und NO_3 erzielt wurden.

Tab. 3: N-Aufnahme und scheinbare N-Nachlieferung aus dem ausgebrachten organischen Stickstoff nach der 1. und 5. Düngung mit separierten Biogasgärresten im Boden Mühlfeld (Ls)

Variante	N-Aufnahme (mg/Gefäß) 1.Düngung	% N aus gedüng- tem N_{org} 1.Düngung	N-Aufnahme (mg/Gefäß) 5.Düngung	% N aus gedüng- tem N_{org} 5.Düngung
ohne N	87 a	-	21 a	-
N mineral.	320 efg	-	152 b	-
DS 1	324 fgh	2	248 cd	36
DS 2	350 h	8	308 de	42
DS 3	330 gh	4	260 d	48
DS 4	336 gh	4	294 de	38
DS 5	313 def	-3	258 d	40
DS 6	315 efg	-2	278 de	42
DS 7	329 gh	n. best.	327 e	n. best.
FS 1	191 b	-28	81 a	-16
FS 2	286 de	-8	188 b	9
FS 3	266 d	-8	189 bc	9
FS 4	264 d	-16	188 bc	11
FS 5	228 c	-24	155 b	1
FS 6	257 cd	-13	185 b	7
FS 7	288 de	-14	161 b	4

Dennoch lässt sich schlussfolgern, dass zumindest im Bereich der dargestellten $C_{org}:N_{org}$ Verhältnisse der BGR für nicht separierte BGR und DS mindestens mit einer vollständigen Verfügbarkeit des enthaltenen NH_4 -N gerechnet werden kann und darüberhinaus auch nach einmaliger Anwendung, allerdings abhängig vom BGR und Boden auch mit einer N-Freisetzung aus dem organischen N-Anteil der BGR. Dieser Effekt dürfte kurzfristig bei nicht separierten BGR höher liegen als bei DS. Längerfristig d.h. nach wiederholter Anwendung kann die N-Freisetzung aus dem N_{org} noch zunehmen, auch bei DS, obwohl auch diese je nach Boden und BGR unterschiedlich hoch sein kann. Die untersuchten Feststoffe aus der Separierung enthielten im Vergleich zu den

DS kaum geringere $\text{NH}_4\text{-N}$ Gehalte, bei zumeist recht hohen $\text{C}_{\text{org}}:\text{N}_{\text{org}}$ Verhältnissen entsprach ihre kurz- wie längerfristige N-Wirkung jedoch nicht immer ihrem $\text{NH}_4\text{-N}$ Gehalt. Bei einzelnen Feststoffen blieb eine Immobilisierung des enthaltenen $\text{NH}_4\text{-N}$ auch längere Zeit bestehen.

Literatur

- BAUER, A., MAYR, H., HOPFNER-SIXT, K. UND AMON, T., 2009: Detailed monitoring of two biogas plants and mechanical solid-liquid separation of fermentation residues. *Journal of Biotechnology*, 142, 56-63.
- DE BOER, H.C., 2008: Co-digestion of Animal Slurry Can Increase Short-Term Nitrogen Recovery by Crops. *J. Environ. Qual.*, 37, 1968-1973.
- GUNNARSSON, A., BENGTSSON, F. UND CASPERSEN, S., 2010: Use efficiency of nitrogen from biodigested plant material by ryegrass. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 173, 113-119.
- GUTSER, R., AMBERGER, A. UND VILSMEIER, K., 1987: Wirkung unterschiedlicher Aufbereitung von Gülle im Gefäßversuch zu Hafer und Weidelgras. *VDLUFA Schriftenreihe*, 23, Kongressband, 279-296.
- GUTSER, R., EBERTSEDER, TH., WEBER, A., SCHRAML, M. UND SCHMIDHALTER, U., 2005: Short-term and residual availability of nitrogen after long-term application of organic fertilizers on arable land. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 168, 439-446.
- ROSS, D.J., TATE, K.R., SPEIR, T.W., STEWART, D.J. UND HEWITT, A.E., 1989: Influence of Biogas-digester effluent on crop growth and soil biochemical properties under rotational cropping. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 17, 77-87.
- WENDLAND, M., DIEPOLDER, M. UND CAPRIEL, P., 2011: Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) Information. 9. Auflage; www.LfL.bayern.de.

Verbesserung der N-Effizienz von Gülle und Gärresten durch Anwendung eines Nitrifikationshemmers

Fuchs, M. und Schuster, C.

SKW Stickstoffwerke Piesteritz GmbH,
Landwirtschaftliche Anwendungsforschung Cunnersdorf

michael.fuchs@skwp.de

Abstract

Der Gesetzgeber hat den Einsatz von Gülle und Gärresten in der Düngeverordnung exakt geregelt. Häufig ist die Anwendung jedoch mit einem deutlich höheren Verlustrisiko verbunden als bei Mineraldüngern bedingt durch Witterung, Kapazitäten und Betriebsabläufe sowie durch den Einsatz in Kulturen mit später N-Aufnahme wie z. B. Mais. Durch die Anwendung eines Nitrifikationshemmers wird die Umwandlung des Ammoniumstickstoffes zu Nitrat verzögert. Damit wird das Risiko von N-Verlusten infolge N-Austrag aus der Ackerkrume erheblich vermindert. Gleichzeitig unterliegt weniger Nitrat der Denitrifikation, was zu einer Reduzierung von Lachgas-Emissionen beiträgt. Ausbringungszeiträume können erweitert werden. Da die N-Verluste über den Nitratpfad wesentlich vermindert werden, kann die Applikation von Gülle oder Gärrest kombiniert mit einem Nitrifikationshemmer in Zeiträume verlegt werden, in denen ein geringes Ammoniakverlustrisiko besteht. In zahlreichen Feldversuchen konnte die Verbesserung der Erträge sowie N-Entzüge und somit der N-Effizienz nachgewiesen werden.

Keywords: Nitrifikationshemmer, Gülle, N-Verluste, N-Effizienz, Ertrag

Einleitung

Gülle, Gärrückstände und andere organische Dünger sind eine wichtige Nährstoffquelle zur Sicherung hoher Erträge und zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit. Der Stickstoff in diesen Düngern liegt in unterschiedlicher Menge und Bindungsform vor. Bedingt durch deren Zusammensetzung ist die Anwendung mit einem hohen Verlustrisiko verbunden. Das Verlustpotential im Zeitraum von der Düngerausbringung bis zur Pflanzenaufnahme bestimmt wiederum wesentlich die N-Effizienz. Bei sehr früher Ausbringung (Ausgangs Winter/zeitiges Frühjahr) von Wirtschaftsdüngern herrschen in der Regel hohe Bodenfeuchten bei gleichzeitig geringem bzw. fehlendem N-Aufnahmevermögen der Pflanzen vor. Unter diesen Bedingungen überwiegen bei der Applikation von Gülle oder Gärresten mit einem hohen Anteil an Ammonium-N bzw. leicht umsetzbaren organisch gebundenem Stickstoff die Verluste infolge der Nitrifikation durch Nitratverlagerung und Denitrifikation (u.a. Lachgas). Bei späteren Ausbringungsterminen dominieren auf Grund höherer Temperaturen hingegen die Ammoniakemissionen.

Wie Untersuchungen von MAIDL *et al.* (1999) nachweisen, wurde allein durch die sofortige Einarbeitung der Gülle in den Boden vor der Aussaat im Vergleich zur Düngung ohne Einarbeitung und im 6-Blatt-Stadium des Maises das Mineraldüngeräquivalent (MDÄ) erheblich verbessert. Bewirkt wurde dies vor allem durch die weitgehende Verhinderung von Ammoniakverlusten. Einzelne Werte von über 100% (begründet u.a. durch die Sonderwirkungen der Gülle) bei der frühzeitigen Ausbringung mit Einarbeitung der Gülle zeigen deutlich, wie effizient der enthaltene Stickstoff genutzt werden könnte. Einarbeitung und hohe Bodenfeuchten können aber gleichzeitig die Gefahr von Lachgasemissi-

onen erhöhen (LEICK, 2003). Besonders unter diesen Bedingungen kann durch die Zugabe von Nitrifikationshemmern das Verlustpotential aus der Nitratform erheblich reduziert werden, da die Umwandlung des Ammoniumstickstoffes zu Nitrat zeitlich verzögert wird.

Die Ausnutzung beider Effekte bewirkt eine deutliche Erhöhung der Dünger-N-Effizienz. Nach SCHMIDHALTER *et al.* (2011) ist dies insbesondere für Kulturen mit einer spät einsetzenden N-Aufnahme wie Mais bedeutsam.

Material und Methoden

Im Versuchszeitraum 2003-2010 wurden 16 Feldversuche in Wintergetreide, 11 in Körner- und 13 in Silomais durchgeführt. Die Anlage der Parzellenversuche erfolgte jeweils als randomisierte Blockanlage mit 4 Wiederholungen an verschiedenen Standorten. In Abhängigkeit vom N-Gehalt wurden 30-50 m³ ha⁻¹ als Rinder- oder Schweinegülle bzw. als Gärrest ausgebracht. Die Mengen orientierten sich am Pflanzenbedarf und entsprachen im Mittel 120-180 kg ha⁻¹ im Anwendungsjahr anrechenbaren Stickstoff. Die Gülleausbringung erfolgte nach Auslaufen der Sperrfrist unter Einhaltung der Vorgaben der Düngeverordnung zu einem frühestmöglichen Termin (Februar - April). Im Getreide wurde mit Schleppschlauch gearbeitet. Zu Mais wurde die Gülle bzw. der Gärrest sofort eingearbeitet bzw. über Injektion appliziert. Die Ausbringung des Nitrifikationshemmers erfolgte mittels Parzellenspritze unmittelbar vor der Gülleapplikation. Die Dosierung richtete sich nach dem Anwendungszeitpunkt sowie der Kultur und lag bei dem Nitrifikationshemmer 1H-1,2,4-Triazol/3-Methylpyrazol TRENKEL (2010, Handelsprodukt PIADIN[®]) zwischen 5 und 7 l ha⁻¹. Die höheren Mengen kamen bei früherer Gülleausbringung zur Anwendung, die niedrigeren bei späterer Applikation. Ebenfalls wurden in Abhängigkeit von der Kultur bei Mais höhere Aufwandmengen als bei Wintergetreide eingesetzt. Zusätzliche mineralische N-Gaben wurden nicht verabreicht.

Ergebnisse und Diskussion

Durch die Anwendung des Nitrifikationshemmers konnte gegenüber herkömmlicher Gülle- bzw. Gärrestausrückführung sowohl der Ertrag als auch der N-Entzug im Mittel der Versuche signifikant erhöht und die N-Effizienz deutlich verbessert werden (Tab. 1). Die Steigerungen sind sowohl hinsichtlich Ertrag als auch N-Entzug bei Mais stärker ausgeprägt als bei Wintergetreide. Dies beruht vor allem auf der späten N-Aufnahme durch den Mais, aus welcher eine längere Zeitspanne zwischen Gülle- bzw. Gärrestapplikation und intensivem N-Entzug des Mais resultiert. Daraus ergibt sich ein erhöhtes N-Verlustpotential. Hinzu kommt, dass bei Mais durch die sofortige Einarbeitung der Gülle entsprechend mehr mit dem Nitrifikationshemmer stabilisierbarer Ammoniumstickstoff zu Verfügung stand, als nach der Schleppschlauchapplikation zu Getreide, wo Ammoniakverluste nicht völlig ausgeschlossen werden können.

Tab. 1: Ertrag und N-Entzug (relativ) bei Applikation von Gülle bzw. Gärresten ohne und mit Nitrifikationshemmer (NI) in Feldversuchen 2003-2010

Gülle bzw. Gärrest	Wintergetreide (n=11)		Körnermais (n=11)		Silomais (n=13)	
	Ertrag	N-Entzug	Ertrag	N-Entzug	Ertrag	N-Entzug
ohne NI	100 (76 dt ha ⁻¹)	100 (120 kg N ha ⁻¹)	100 (93 dt ha ⁻¹)	100 (122 kg N ha ⁻¹)	100 (142 dt TM ha ⁻¹)	100 (170 kg N ha ⁻¹)
mit NI	103	106	109	107	107	111
LSD 0,05	2,6	4,5	4,5	4,5	4,2	4,5

Da in den Versuchen bevorzugt Applikationsbedingungen mit einem geringen Ammoniakverlustpotential genutzt wurden, konnte mit der Verbesserung der N-Entzüge der indirekte Nachweis geführt werden, dass es durch die Anwendung von Nitrifikationshemmern möglich ist, N-Verluste aus der Nitratform durch Verlagerung oder Auswaschung sowie denitrifikationsbedingte gasförmige Emissionen deutlich zu vermindern. Von besonderer Umwelrelevanz ist dabei das Potential zur Senkung von N-Verlusten in Form von klimarelevantem Lachgas (N_2O). In einem Modellversuch unter Gewächshausbedingungen wurde eine Reduktion von 60-75 % ermittelt (Tab. 2). Etwa gleiche Größenordnungen von rund 50% Emissionsminderung werden von GUTSER *et al.* (2010) und SCHMIDHALTER *et al.* (2011) aus Freilandversuchen in Mais beschrieben.

Tab. 2: Lachgasemission nach Applikation von Gärrest ohne und mit Einsatz von Nitrifikationshemmer(NI) in einem Gewächshausversuch mit Großbehältern (Lehrstuhl für Pflanzenernährung, WZW, TU München)

Gärrest-Applikation	Summe N_2O -Verluste ($kg\ N_2O-N\ ha^{-1}$)	N_2O -Verlust-Reduzierung durch NI (%)	Standard- abweichung der Messwerte
oberflächlich ohne NI	1,32	-	0,54
mit NI	0,54	60	0,15
eingeschlitzt ohne NI	0,90	-	0,25
mit NI	0,22	75	0,16

Die vorliegenden Untersuchungen belegen, dass in Kombination mit verlustmindernden Ausbringungsmaßnahmen die Anwendung von Nitrifikationshemmern, bedingt durch den höheren Anteil an stabilisierten Ammoniumstickstoff im Boden, eine weitere Verbesserung der N-Effizienz von Gülle bewirkt. Infolge der Steigerung der N-Entzüge sowohl bei Wintergetreide und besonders bei Mais (Tab. 1) können umweltschädliche N-Verluste aus der Nitratform u.a. als klimaschädliches Lachgas erheblich reduziert werden.

Literatur

- GUTSER, R., EBERSTEDER, T., SCHRAML, M., TUCHER, S. UND SCHMIDHALTER, U., 2010: Stickstoffeffiziente und umweltschonende organische Düngung, KTBL-Schrift 423, Emissionen landwirtschaftlich genutzter Böden, 31-49.
- MAIDL, F.-X., STICKSEL, E. UND VALTA, R., 1999: Untersuchungen zur verbesserten Gülleverwertung im Maisanbau. 1. Mitteilung: Verwertung von Güllestickstoff durch Silo- und Körnermais bei unterschiedlichen Applikationsverfahren, Pflanzenbauwissenschaften, 3 (1), 9-16.
- LEICK, B.C.E., 2003: Emission von Ammoniak (NH_3) und Lachgas (N_2O) von landwirtschaftlich genutzten Böden in Abhängigkeit von produktionstechnischen Maßnahmen. Dissertation, Universität Hohenheim.
- SCHMIDHALTER, U., MANHART, R., HEIL, K., SCHRAML, M. UND TUCHER, S., 2011: Gülle- und Gärrestdüngung zu Mais, MAIS 2-2011, 88-91.
- TRENKEL, M.E., 2010: Slow- and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers, An Option for Enhancing Nutrient Use Efficiency in Agriculture, International Fertilizer Industry Association (IFA), Paris, France.

Entwicklung und Überprüfung von Techniken zur Gülleausbringung auf Grünland mit geringer Ammoniak- und Geruchsfreisetzung, geringer Nitrat Auswaschung und guter Ertragswirkung

Lorenz, F.¹ und Steffens, G.²

¹LUFA Nord-West, Jägerstraße 23-27, 26121 Oldenburg

²Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Mars-la-Tour-Straße 1-13, 26121 Oldenburg

frank.lorenz@lufa-nord-west.de

Einleitung

In Feldversuchen auf Grünland wurde die Wirkung verschiedener Gülleverteilverfahren auf Ammoniakverluste nach der Ausbringung, Graserträge, N-Gehalte und N-Abfuhr sowie auf Energie-, Nähr- und Mineralstoffgehalte, Nitratgehalte im Aufwuchs, N_{\min} -, P_2O_5 -, K_2O - und MgO -Gehalte im Boden, die Auswaschung von Nitrat und die Lückigkeit der Grasnarbe untersucht. Die fünf Verteiltechniken waren:

- Exakte Breitverteilung;
- Exakte Breitverteilung mit sofortigem Abwaschen der Gülle von der Pflanzenoberfläche;
- Schleppschauchverfahren;
- Schleppschuhverfahren;
- Schlitzverfahren.

Keywords: Gülletechnik, Schleppschauch, Schleppschuh, Breitverteilung

Material und Methoden

Die Versuche wurden auf drei verschiedenen Standorten des Weser-Ems-Raumes (Marsch-, Sand- und Hochmoorboden) über eine Dauer von drei (Marsch- und Sandboden) bzw. zwei (Hochmoor) Jahren durchgeführt. Gülle wurde zum ersten und zum dritten Schnitt ausgebracht. Der zweite Schnitt diente zur Beobachtung der Nachwirkung. Die Versuchsvarianten waren:

- zwei Güllemengen (12,5 und 25,0 m^3/ha) ohne und mit Ergänzung von Mineralstickstoff (40 kg/ha N),
- vier Güllearten (Rindergülle, Rindergülle mit 30% Wasserzusatz, separierte Rindergülle, Schweinegülle),
- drei verschiedene Ausbringzeitpunkte im Frühjahr (Januar, Februar, März).

Ergebnisse

Ammoniakverluste

Gegenüber der exakten Breitverteilung lassen sich durch sofortiges Abwaschen der Gülle nach der Ausbringung und durch Ausbringung mit dem Schleppschauch die Ammoniakverluste um 25 - 30%, durch Einsatz des Schleppschuhes und des Schlitzverfahrens um 70 - 90% senken (Abb.1).

Die relativen NH₃-Verluste sind bei den unterschiedlichen Gülleausbringungsverfahren bei warm-trockener und bei kühl-feuchter Witterung gleich hoch. Die absoluten Ammoniakverluste waren bei kühl-feuchten Witterungsbedingungen jedoch geringer als bei warm-trockener Witterung.

Die Ammoniakverluste sind beim Einsatz des Schleppschuhes insbesondere dann klein, wenn das Gras so lang ist, daß ein Blätterdach die Freisetzung von NH₃ aus der streifenförmig abgelegten Gülle hemmt.

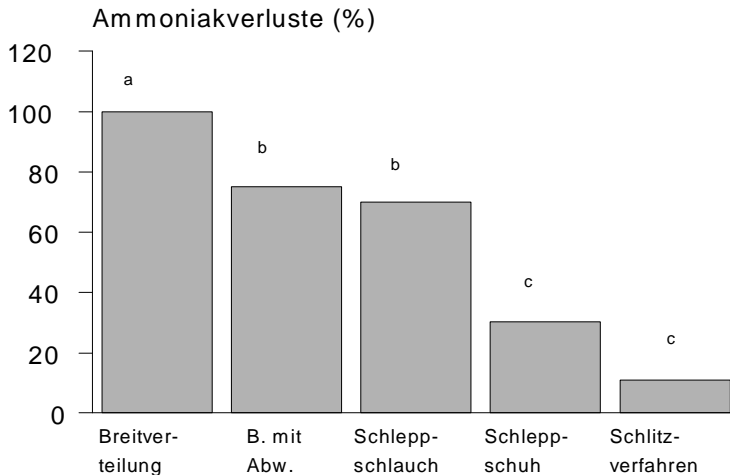


Abb. 1: Ammoniakverluste im Mittel der Versuche (Breitverteilung = 100%).

Erträge

Durch Gülleausbringung mit dem Schleppschuh und dem Schlitzverfahren werden in der Regel auf allen drei Standorten höhere Erträge als mit der Breitverteilung, der Breitverteilung mit Abwaschen und dem Schleppschlauch erzielt (Tab. 1).

Tab. 1: Gras-Trockenmasse-Erträge (dt/ha) im Mittel der Standorte u. Düngungsvarianten

Verteilungsverfahren	Summe	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt
Breitverteilung	81,4	39,4 a	22,4	19,6 a
B. m. Abwaschen	79,9	38,4 a	21,8	19,7 a
Schleppschlauch	83,6	40,3 ab	22,3	21,0 ab
Schleppschuh	86,9	43,5 b	21,5	21,9 b
Schlitzverfahren	90,4	44,0 b	22,1	24,3 c

Besonders unter warm-trockenen Witterungsbedingungen, bei denen mit höheren Ammoniakverlusten zu rechnen ist, ergibt sich ein Ertragsvorteil zugunsten von Schleppschuh und Schlitzverfahren. Bei niedrigen Temperaturen, hoher Luftfeuchte oder Niederschlägen nach der Ausbringung läßt sich auch mit der Breitverteilung eine gute Ertragswirkung erzielen. Die Unterschiede zwischen den Verteilungsverfahren sind dann nur gering (Abb. 2).

- Der pro kg Mineral-N erzeugte Mehrertrag ist höher als der pro kg Gülle-Ges.-N bzw. -NH_4^+ -N erzeugte Mehrertrag.
- Auf Sandboden und Hochmoor wurde eine bessere Güllewirkung als auf Marschboden festgestellt.
- Eine unterschiedliche Nachwirkung der Verteilverfahren auf den Ertrag hat sich in keinem der Versuche ergeben.

Auch beim Einsatz von Rindergülle mit Wasserzusatz, separierter Rindergülle und Schweinegülle ist die Reihenfolge der Wirkungsunterschiede bei den verschiedenen Gülleverteilterchniken ähnlich wie beim Einsatz von Rindergülle. Auffallend ist das im Vergleich zu reiner Rindergülle allgemein bessere Abschneiden des Schleppschlauchverfahrens bei Rindergülle durch das verbesserte Fließverhalten bei Wasserzusatz und Separierung und bei Schweinegülle durch den geringen Trockensubstanzgehalt.

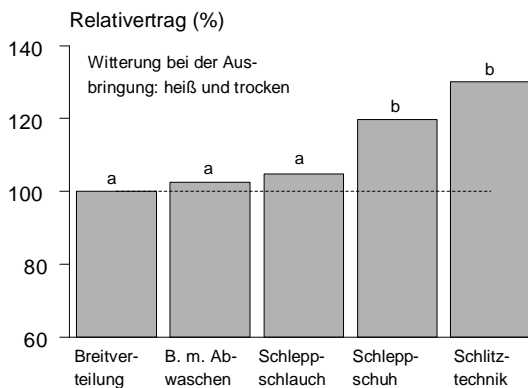
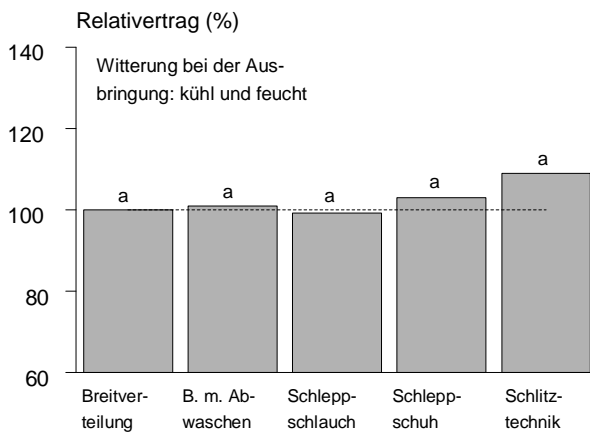


Abb. 2: Relativerträge (%) bei Gülleausbringung zu unterschiedlichen Witterungsbedingungen (links: zum 1. Schnitt 1992; rechts: zum 3. Schnitt 1992; Breitverteilung = 100%).

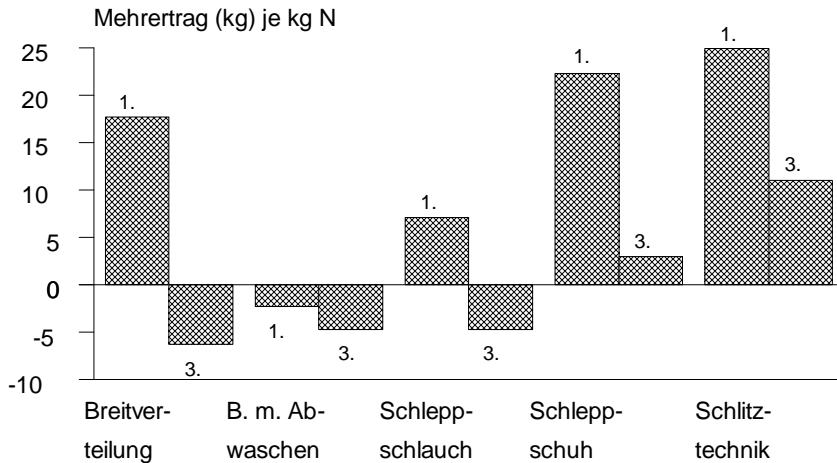


Abb. 3: Mehrerertrag (kg) je kg N nach Applikation von 12,5 m³/ha Rindergülle zum ersten und dritten Schnitt auf Hochmoor.

Bei einem Vergleich Gülleausbringung zu Vegetationsbeginn (1. Schnitt) und im Sommer (3. Schnitt) hatte die Frühjahrsdüngung auf allen Standorten eine deutlich bessere Ertragswirkung. Insbesondere unter ungünstigen Standort- und Witterungsverhältnissen bei der Ausbringung (trockener Boden, warm-trockene Witterung) führt Gölledüngung mit Breitverteilung und Schleppschlauch häufig zu Ertragsdepressionen (Beispiel in Abb. 3).

Die N-Gehalte und die N-Abfuhr (Tab. 2) bewegen sich bei Breitverteilung ohne und mit Abwaschen und beim Schleppschlauch in etwa gleicher Höhe; sie liegen bei Schleppschuhausbringung der Gülle deutlich und beim Schlitzverfahren viel höher.

Die N-Ausnutzung als Quotient aus N-Abfuhr und N-Zufuhr steigt in derselben Reihenfolge der Verteiltechniken und ist beim Schlitzverfahren am höchsten. Auf Moor- und insbesondere auf Marschboden wird die N-Ausnutzung durch Mineral-N-Ergänzung deutlich verbessert.

Gegenüber der Breitverteilung als dem gängigen Verfahren der Gülleausbringung werden durch den Einsatz des Schlitzgerätes 40 - 50 kg/ha N pro Jahr mehr abgefahren.

N-Gehalte und N-Abfuhr

Tab. 2: N-Abfuhr (kg/ha) im Mittel der Standorte und Düngungsvarianten.

Verteilverfahren	Summe	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt
Breitverteilung	188,4	85,8 a	55,4 ab	47,2 a
B. m. Abwaschen	181,8	83,3 a	51,7 a	46,8 a
Schleppschlauch	193,9	88,9 a	52,9 ab	52,1 ab
Schleppschuh	210,4	102,0 b	52,6 ab	55,8 b
Schlitzverfahren	234,3	110,7 b	57,8 b	65,8 c

Weitere Ergebnisse

Die Mineralstoffgehalte im Aufwuchs nehmen mit steigender N-Zufuhr und mit verbesserter N-Ausnutzung durch emissionsarme Ausbringung zu und sind nach Ausbringung mit dem Schlitzgerät am höchsten. Eine gute N-Ausnutzung ist demnach mit einer besseren Verwertung der übrigen mit der Gülle zugeführten Nährstoffe verbunden. In allen Versuchsjahren lagen die im Aufwuchs des dritten Schnittes gefundenen Nitratgehalte auch bei der höchsten N-Zufuhr nach Gülledüngung niedriger als die tolerablen Grenzwerte. Nach Gülleausbringung mit dem Schlitzgerät waren die Nitratgehalte gegenüber den anderen Verteilverfahren höher. Die N_{\min} -Gehalte des Bodens am Ende der Vegetationszeit waren aufgrund der beim dritten Schnitt in der Regel deutlich besseren N-Wirkung nach Gülleverteilerung mit dem Schlitzverfahren höher als bei den anderen Verteilverfahren. Die P_2O_5 -, K_2O - und MgO -Gehalte des Bodens sinken mit durch verbesserte N-Ausnutzung steigenden Erträgen und sind bei Gülledüngung mit dem Schleppschuh- und dem Schlitzverfahren am niedrigsten.

Lücken in der Grasnarbe nach der Ernte des dritten Schnittes sind auf die Triebreduktion der Graspflanzen bei Lichtkonkurrenz zurückzuführen und zeigen eine größere Abhängigkeit von der N-Zufuhr als vom Verteilverfahren. Je besser die N-Wirkung und somit der Ertrag bei den Verteilverfahren war, desto mehr nahm die Lückenbildung zu. Durch Bestockung und Ausläuferbildung wurden die Lücken wieder geschlossen.

Empfehlung für die Praxis

Die Verteilverfahren Schleppschuh und Schlitzen zeigen im Mittel der Witterungs- und Standortverhältnisse deutlich geringere Ammoniakverluste, eine bessere Stickstoffwirkung und höhere Erträge als die Techniken Breitverteilung, Breitverteilung mit Abwaschen der Gülle und Schleppschlauch. Aus pflanzenbaulicher und ökologischer Sicht eignen sie sich besser für die Gülleverteilerung auf Grünland als die anderen Verteilverfahren. Unter Berücksichtigung anderer wichtiger Faktoren wie der Futtermittelverschmutzung, dem Risiko des Auftretens von Narbenschäden, des Zugkraftbedarfes und der Ausbringkosten je m^3 Gülle empfiehlt sich das Schleppschuhverfahren für die Gülleausbringung auf Grünland vor allen anderen Verfahren. Aus wirtschaftlicher Sicht lohnt sich das Schleppschuhverfahren, wenn mehr als ca. 1000 m^3 Gülle pro Jahr auszubringen sind.

Literatur

LORENZ, F. UND STEFFENS, G. 1996: Gülleeinsatz auf Grünland mit unterschiedlichen Verteiltechniken. KTBL-Sonderveröffentlichung, KTBL, Darmstadt, 92 Seiten.

Effekte unterschiedlich häufig ausgebrachter Gülle in Kombination mit unterschiedlicher mineralischer Stickstoffdüngung

Elsässer, M.

Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei Baden- Württemberg (LAZBW), 88326 Aulendorf

martin.elsaesser@lazbw.bwl.de

Abstract

In einem sechsjährigen Versuch auf Dauergrünland in Oberschwaben wurden 170 kg N ha⁻¹ J⁻¹ aus Gülle vergleichsweise zwei und fünfmal gedüngt. Zusätzlich wurden 75 kg ha⁻¹ mineralischer N mehrfach aufgeteilt oder als Entec zu Anfang des Versuchsjahres einmalig gedüngt.

Fünf- und zweimalige Güllendüngung bei insgesamt gleichen Nährstoffmengen unterschieden sich in der Auswirkung auf die TM-Erträge nicht wesentlich voneinander. Damit ist die günstigste Form Gülle auf Dauergrünland auszubringen wohl die die insgesamt möglichst wenig Applikationen erforderlich macht. Die weitere Zufuhr von mineralischem Stickstoff über 170 kg N ha⁻¹ hinaus, ergab keine signifikanten Mehrerträge, allerdings damit zusammenhängend eine deutlich verringerte N-Effizienz. Die einmalige Gabe von Entec kann durchaus lohnend sein, wenn dadurch häufigere Düngetermine bei Gaben von Kalkammonsalpeter eingespart werden können.

Keywords: Düngefrequenz, Stickstoffform, Entec, Grünland

Einleitung

Die Vorgaben der Düngeverordnung in Deutschland erlauben die Ausbringung von maximal 170 kg N/ha aus wirtschaftseigenen Düngemitteln tierischer Herkunft. Bei landwirtschaftlichen Betrieben mit hohem Viehbesatz stellt diese Forderung einen massiven Einschnitt in die Düngepraxis dar. Welche Wirkung hat nun eine Beschränkung der Güllmenge auf diesen Wert und welchen Effekt hat eine unterschiedlich gehandhabte mineralische Stickstoffergänzungsdüngung auf die Erträge von Dauergrünland? Ist die einmalige Düngung mit Entec einer häufigeren Anwendung von Kalkammonsalpeter gleichzusetzen und kommt es darauf an, Gülle in kleineren Gaben auf fünf Aufwüchse verteilt gleichmäßig zu verteilen oder sollte die erlaubte Menge an Gülle in wenigen Gaben mit größeren Einzelmengen gegeben werden?

Material und Methoden

In einem sechsjährigen Versuch in Oberschwaben (Ampfelbronn) wurden unterschiedliche Düngevarianten in ihrer Auswirkung auf Trockenmasseerträge und Inhaltsstoffgehalte miteinander verglichen und zudem die Veränderungen der botanischen Zusammensetzung beobachtet .

Die Wirkung „Häufigkeit der Gülleausbringung“ wurde bei einer Nährstoffmenge von insgesamt 170 kg N ha⁻¹ in zwei Blöcken verglichen.

Block 1: zweimaliges Ausbringen der Gülle (zum 2. und 4. Aufwuchs)

Block 2: fünfmaliges Ausbringen (zum 1. Aufwuchs, zum 2., zum 3., zum 4. und nach dem vierten Aufwuchs).

Die Blöcke 1 und 2 sind dabei statistisch nicht exakt vergleichbar, weil die Gülledünge-
stufen aus Gründen der Praktikabilität in zwei nebeneinander liegenden Blöcken erfolgte
und innerhalb dieser Blöcke sich jeweils 4 Wiederholungen der Düngevarianten befanden.
Die Gülleausbringung erfolgte mit einem praxisüblichen Fass mit Prallkopfverteiler
durch den Landwirt selber nach vorausgegangener einheitlicher Einstellung.

Mineralischer N wurde entweder gar nicht, in 5 Gaben zu je 15 kg ha⁻¹ Reinstickstoff
gleichmäßig verteilt, in 2 Gaben zu 50 resp. 25 kg N ha⁻¹ oder einmalig als Entec (75 kg
N ha⁻¹) zum ersten Aufwuchs gegeben.

Die Veränderungen der Pflanzenbestände wurden mit Botanischen Analysen zu jedem
Aufwuchs und mittels einer Ertragsanteilschätzung nach Klapp/Stählin jährlich zum ersten
Aufwuchs erfasst.

Ergebnisse

Da die Hauptwirkung aufgrund nicht vorhandener echter Wiederholungen nicht statistisch
auswertbar war, werden die Ertragswerte in Tab. 1 ohne statistische Verrechnungen
dargestellt. Es zeigte sich, dass die Unterschiede im Ertrag zwischen der fünfmaligen
Gülleausbringung mit kleineren Gaben und einer zweimaligen mit entsprechenden
größeren Einzelgaben mit 118,3 zu 119,2 dt TM ha⁻¹ nur sehr gering ausfielen. Auch die
Unterschiede zwischen den einzelnen Düngevarianten waren nur klein.

Tab. 1: Jährliche u. mittlere Trockenmasseerträge der Versuchsvarianten (in dt ha⁻¹)

Varianten / Jahr	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Mittel 2004- 2009	Ausbri- ngg
5 x Gülle								
Gü. ohne zusätzl. N	156,7	116,9	89,7	141,5	108,9	100,0	118,9	118,3
Gü. u. 5 * 15 kg N als KAS	164,9	114,4	83,5	142,7	111,3	91,9	118,1	
Gü. u. + 50 +25 kg N als KAS	153,0	117,3	89,4	149,8	114,8	95,6	120,0	
Gü + 75 kg N als Entec	155,3	106,5	90,1	141,0	108,3	95,1	116,0	
2 x Gülle								
Gü. ohne zusätzl. N	154,7	118,9	85,4	144,6	113,4	81,4	116,4	119,2
Gü. u. 5 * 15 kg N als KAS	163,0	128,7	88,8	153,1	114,1	91,7	123,2	
Gü. u. + 50 +25 kg N als KAS	156,2	115,7	79,4	152,7	124,6	85,3	119,0	
Gü + 75 kg N als Entec	159,6	111,3	84,0	146,9	124,7	81,8	118,0	

Insgesamt wies die fünfmalige Gülledüngung mit gleichzeitig fünfmaliger Anwendung
von 15 kg N ha⁻¹ mineralisch die höchsten Erträge auf. Die Variation der Zudüngung mit
mineralischem N ergab aber keine größeren Unterschiede. Demnach kann eine zwei-
malige Gülledüngung (zum 2. und 4. Aufwuchs) mit geringen zusätzlichen N-Gaben
zwar als am besten betrachtet werden, zieht man jedoch auch die Ausbringungskosten
ins Kalkül, dann dürfte die einmalige Düngung mittels Entec bei zweimaliger Gülledün-
gung die insgesamt günstigste Variante sein.

Im Vergleich der einzelnen Aufwüchse hinsichtlich der Energiegehalte waren die jeweils
ersten Aufwüchse den Folgeaufwüchsen weit überlegen (Abb. 1).

Ausnutzung des Düngestickstoffs

Die Ertragssituation bei den Eiweißerträgen zeigte starke Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsjahren. 2004 und 2007 waren die Jahre mit den einheitlich höchsten Erträgen an Eiweiß. Die Unterschiede zwischen den Düngevarianten waren nur sehr gering (Abb. 2). Der vereinfachte N-Düngesaldo N-Entzug über Erträge minus der gedüngten N-Menge zeigte einen hohen N-Saldo, wenn wie bei den reinen Güllevarianten nur wenig N gedüngt wurde. Diese N-Lieferung des Standortes wurde bereits häufig, u.a. bei ELSÄßER (1999) beschrieben. Die Varianten mit zusätzlicher mineralischer N-Düngung steigerten die N-Entzüge nur unwesentlich, damit sank die Effizienz des gedüngten Stickstoffs jeweils bei zusätzlicher Mineralstickstoffzufuhr ab (Tab. 2). Die Verteilung des mineralischen Stickstoffs spielte nur eine sehr untergeordnete Rolle.

Mittelwerte NEL nach Schnitten (2004-2008)

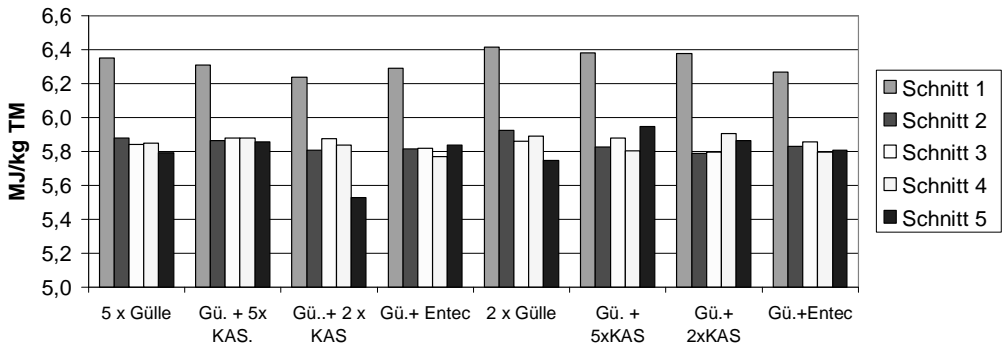


Abb. 1: Mittelwerte der NEL-Gehalte der einzelnen Aufwüchse (2004 - 2008)

Rohproteintrag pro ha und Jahr

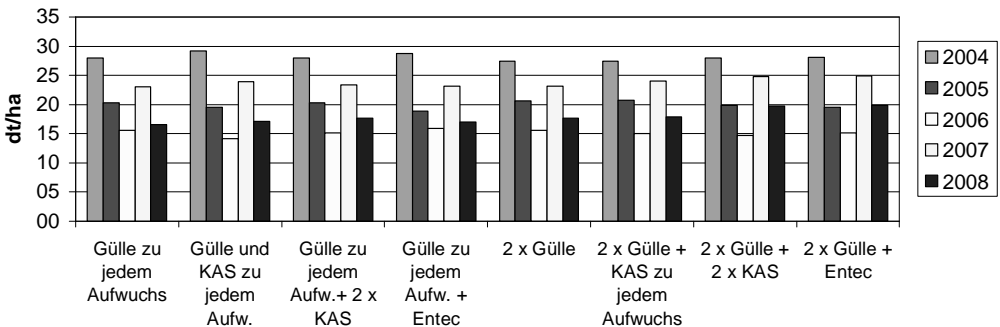


Abb. 2: Jahresmittel der Rohproteinträge in dt ha⁻¹

Tab. 2: Vereinfachter N-Saldo (Mittel 2004 – 2008)

Varianten	N-Düngung	N-Entzug	N-Saldo
Gülle 5 x (zu jedem Aufwuchs)			
V1a: Gülle zu jedem Aufwuchs	151,0	330,8	-179,7
V2a: Gülle und KAS zu jedem Aufw.	223,0	332,9	-109,9
V3a: Gülle zu jedem Aufw.+ 2 x KAS	226,0	334,2	-108,2
V4a: Gülle zu jedem Aufw. + Entec	226,0	331,5	-105,4
Gülle 2 x (zum 2. und 4. Aufwuchs)			
V1b: 2 x Gülle	163,2	334,1	-170,9
V2b: 2 x Gülle + KAS zu jedem Aufwuchs	235,2	336,7	-101,5
V3b: 2 x Gülle + 2 x KAS	238,2	342,5	-104,3
V4b: 2 x Gülle + Entec	238,2	344,1	-105,9

Botanische Veränderungen

In Bezug auf die Veränderung der Kleeanteile während der Versuchsphase fällt auf, dass die Variante „zweimalige Gülldüngung ohne zusätzliche N-Düngung“ den Kleeanteil sehr stark förderte. Tendenziell reduzierte die fünfmalige Zufuhr von Gülle die Kleeanteile, wohingegen die nur zweimalige Gülldüngung Weißklee insgesamt eher förderte (Abb. 3).

Entwicklung der Weißkleeanteile (04-09)

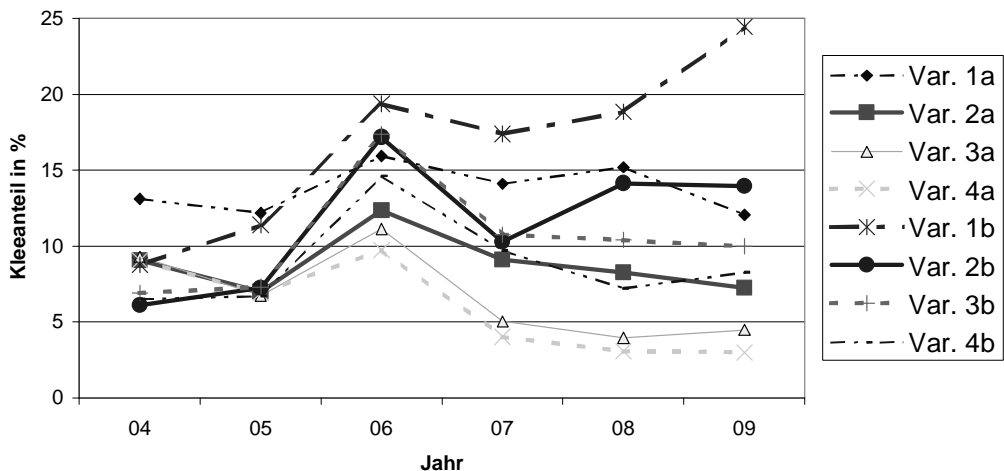


Abb. 3: Entwicklung der Kleeanteile von 2004 bis 2009 in % Ertragsanteil (Var. „a“ gleich fünf Güllegaben jährlich; Var. „b“ = zwei Güllegaben jährlich)

Zusammenfassung

Fünf- und zweimalige Gülledüngung bei insgesamt gleichen Nährstoffmengen unterschieden sich nicht wesentlich voneinander. Damit ist die günstigste Form Gülle auf Dauergrünland auszubringen wohl die die insgesamt möglichst wenig Befahrungen erforderlich macht. Auch die Verteilung zusätzlich gegebenen mineralischen Stickstoffs ist offensichtlich nicht sehr relevant, zumindest dann nicht, wenn die Gülle zu jedem Aufwuchs gedüngt wurde. Einzig bei zweimaliger Güllegabe scheint es Vorteile für eine Aufteilung mineralischen Stickstoffs zu geben. Aber auch die weitere Zufuhr von mineralischem Stickstoff über 170 kg N ha⁻¹ hinaus, ergab keine signifikanten Mehrerträge und zudem damit zusammenhängend eine deutlich verringerte N-Effizienz. Die einmalige Gabe von Entec kann durchaus lohnend sein, wenn dadurch häufigere Düngetermine bei Gaben von Kalkammonsalpeter eingespart werden können. Die Pflanzenbestände wurden durch die unterschiedliche Düngung nur wenig beeinflusst.

Literatur

JAHRESBERICHT DER LVVG AULENDORF, 2008: Eigenverlag Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung und Grünlandwirtschaft, Aulendorf.

ELSÄSSER, M., 1999: Auswirkungen reduzierter Stickstoffdüngung auf Erträge, Futterwert und botanische Zusammensetzung von Dauergrünland sowie Nährstoffverhältnisse im Boden. Habilitationsschrift Universität Hohenheim, Eigenverlag Aulendorf.

Tab. 2: Veränderungen ausgewählter Pflanzenarten im Versuchszeitraum von 2004 - 2009 (% Ertragsanteil) Mittelwerte aus 4 Wiederholungen

Variante	Block A: Gülle zu jedem Aufwuchs				Block B: Gülle zum 2. u. 4. Aufwuchs			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Ertragsanteile in %:								
GRÄSER	85	84	85	88	92	89	88	94
KRÄUTER	6	7	4	6	4	3	4	2
LEGUMINOSEN	9	9	11	6	4	9	8	4
GRÄSER								
<i>Lolium hybridum</i>	52	53	59	60	69	62	69	74
<i>Lolium perenne</i>	16	15	12	13	20	20	16	14
<i>Dactylis glomerata</i>	9	11	10	10	1	3	2	3
<i>Poa pratensis</i>	4	2	2	3	1	1	0,1	3
<i>Poa trivialis</i>	3	2	2	2	1	1	1	1
<i>Elymus repens</i>	1	2	1	1	2	1	0,1	1
<i>Alopecurus pratensis</i>	0	0,3	1	0,1	0	0	0	0
KRÄUTER								
<i>Taraxacum officinale</i>	4	6	4	5	4	2	4	2
<i>Achillea millefolium</i>	2	1	0,1	2	0,1	0	0	0
<i>Anthriscus sylvestris</i>	0	0,1	0	0	0	1	0	0
<i>Ranunculus acris</i>	0	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0
<i>Ranunculus repens</i>	0	0	0,1	0,2	0	0,1	0	0
<i>Veronica filiformis</i>	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,4	0,2
<i>Bellis perennis</i>	0,1	0,1	0,2	0,1	0	0	0,1	0
LEGUMINOSEN								
<i>Trifolium repens</i>	9	9	11	6	4	9	8	4

Versuchsergebnisse zur Terminierung der Güllegaben bei Grünland

Diepolder, M. und Raschbacher, S.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökologie, Ökologischen
Landbau und Bodenschutz

michael.diepolder@lfl.bayern.de

Einleitung

Die Ausbringung von Gülle ist gerade im niederschlagsreichen Voralpenland häufig aus fachlichen und fachrechtlichen Gründen (Düngeverordnung) im zeitigen Frühjahr z.B. wegen Schneelage oder wassergesättigtem Boden nicht möglich. Daher wird Gülle auf Grünland auch nach dem letzten Schnitt ausgebracht, teilweise unter Ausschöpfung der rechtlichen Rahmenbedingungen bis weit in den Spätherbst hinein. Neben einer größeren Flexibilität bei begrenzter Lagerkapazität werden von der Praxis auch fachliche Gründe (u.a. „Schnelleres Wiederergrünen bei Vegetationsbeginn“) genannt. Diesbezüglich deuten frühere Versuchsergebnisse (DIEPOLDER, 2000; DIEPOLDER UND JAKOB, 2003) an zwei Standorten an, dass Gaben im Früh- oder Spätherbst eine fehlende Düngung im Frühjahr ersetzen können und dies nicht mit einer erhöhten Nitratbelastung des Sickerwassers einhergehen muss (DIEPOLDER UND RASCHBACHER, 2011). Aufgrund der damaligen Versuchskonzeption waren jedoch keine Aussagen möglich, inwieweit sich eine gänzlich fehlende Düngung im Herbst oder Frühjahr auf den Ertrag und die Qualität des Futters auswirkt. Ebenfalls wurde nicht untersucht, ob bei später Frühjahrsdüngung ein erhöhter N-Einsatz Vorteile bringt. Der nachstehend beschriebene Versuchsansatz soll daher zur Klärung u.a. dieser Fragestellungen beitragen.

Keywords: Düngezeitpunkt, Herbstgülle, Nitratauswaschung, Stickstoffwirkung

Material und Methoden

Der Versuch steht im Allgäuer Alpenvorland am Standort Spitalhof/Kempton in ca. 730 m Höhe ü. NN auf nativem Dauergrünland über Parabraunerde aus schluffigem Lehm. Im Boden liegen in 0-10 cm Tiefe für P_{CAL} und K_{CAL} die Gehaltsklasse C und pH 5,3 vor. Im Untersuchungszeitraum (10/2006-09/2009) fielen pro Jahr durchschnittlich 1088 mm Niederschläge, die mittlere Temperatur lag bei 8,5 °C. Somit war es im Vergleich zum langjährigen Standortmittel (1290 mm/7,0 °C) deutlich wärmer und trockener. Im Bestand wurden 13 Pflanzenarten gezählt, Leitgras ist Deutsches Weidelgras mit einem Anteil von 52 % in der Frischmasse (1. Aufwuchs). Insgesamt beträgt der Grasanteil 71 %, Kräuter und Klee sind zu 21 % bzw. 7 % vertreten. Der Versuch wurde in Form einer Blockanlage mit 4 Wiederholungen konzipiert, wobei Abb. 1 und die angefügte Legende die 12 Varianten erklären. Diese unterscheiden sich ausschließlich durch Art, Verteilung und Höhe der Düngung zum ersten Aufwuchs. Die statistische Auswertung erfolgte mit SAS unter Anwendung des SNK-Tests. Dabei bedeuten unterschiedliche Buchstaben hinter den einzelnen Mittelwerten in Tab. 3 und 4 signifikante Unterschiede bei $\alpha \leq 0,05$.

Ergebnisse und Diskussion

Tab. 2 zeigt die große Bedeutung des ersten Aufwuchses für das gesamte Futterjahr. Dies gilt sowohl für den Trockenmasse- und Energieertrag, für den Rohproteintrag

bzw. die N-Aufnahme als auch für die Energiekonzentration im getrockneten Grüngut. Dagegen lag der mittlere Rohproteingehalt im ersten Aufwuchs deutlich niedriger als bei den folgenden Schnitten. Aufgrund dieser Sachverhalte sowie der Tatsache, dass die Höhe der N-Zufuhr zum ersten Aufwuchs (Ausnahme Var. 6) bewusst knapp gehalten wurde und meist deutlich unter der N-Abfuhr lag, wären bei den unterschiedlichen Düngungsstrategien zum ersten Aufwuchs Ertrags- und ggf. Qualitätsreaktionen speziell beim ersten Schnitt und möglicherweise auch bei den Folgeschnitten naheliegend gewesen. Dies war jedoch trotz einiger signifikanter Unterschiede nicht im erwarteten Ausmaß der Fall, wie die Daten in Tab. 3 (1. Schnitt) und Tab. 4 (Jahreswerte) belegen. Auf eine explizite Darstellung der Varianten des 2., 3. und 4. Schnittes wurde verzichtet, da hier weder bei den Ertrags- noch bei den Qualitätsparametern zwischen den 12 Varianten signifikante Unterschiede auftraten. So wurde in diesem Fall eine zusammenfassende Darstellung (Tab. 2) gewählt.

Tab. 1: Versuchsvarianten, Düngung zum 1. Aufwuchs und jährlich gedünge Nährstoffe

Var.	Düngung zum 1. Aufwuchs ¹⁾		Ø Jahresdüngung				
			Über Gülle ¹⁾			KAS ¹⁾	Σ N
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N _{min}	
			[kg/ha]			N _{anr.} ³⁾	
1	Ungedüngt		193	108	282	33	217
2	Gülle ²⁾	25.02.-05.03. (Frühjahr)	256	132	345	33	268
3	Gülle ²⁾	25.03.-05.04. (Frühjahr)	248	138	350	33	261
4	KAS _{25 N/ha}	"	193	108	282	58	242
5	KAS _{50 N/ha}	"	193	108	282	83	267
6	KAS _{75 N/ha}	"	193	108	282	108	292
7	Gülle ²⁾	01.-05.10. (Herbst Vorjahr)	247	136	357	33	261
8	Gülle ²⁾	20.-25.10. (Herbst Vorjahr)	248	131	349	33	261
9	KAS _{50 N/ha}	"	193	108	282	83	267
10	Gülle ²⁾	01.-05.11. (Herbst Vorjahr)	248	129	350	33	261
11	Gülle ²⁾	25.11.-05.12. (He. Vorj.)	248	130	352	33	261
12	Gülle ²⁾	Geteilte Gabe; je ½ 01.-05.11. u. 25.02.-05.03.	252	131	345	33	265

1) Düngung zu den Folgeaufwüchsen 2-4 bei allen Varianten identisch; zu Aufwuchs 2 immer als Gülle mit 25 m³/ha (ø 3,8 % TS); zu Aufwuchs 3 in 2007 und 2009 als Gülle mit 25 m³/ha (ca. 2,0-2,7 % TS), in 2008 als KAS (50 kg N/ha); zu Aufwuchs 4 in 2008 und 2009 als Gülle mit 25 m³/ha (ca. 2,6-2,8 % TS), in 2007 als KAS (50 kg N/ha).

2) 25 m³/ha Gülle (ø 4,4 % TS), ca. 55 kg N/ha bei Var. 3, 7, 8, 10, 11, ca. 60 kg N/ha bei Var. 2, 12.

3) N_{anrechenbar} = Gülle-N_{gesamt} x 0,8 + N_{mineralisch} + 30 kg N/ha N-Nachlieferung (nach LFL, 2011)

Tab. 2: Ausgewählte Parameter der vier Jahresernten im Versuchsmittel 2007-2009

Schnitt/ Datum	Erträge/ha			N-Abf. [kg N/ha]	Gehalte/kg TM		
	TM [dt]	Rohprot. [kg]	Energie [GJ NEL]		Rohfas. [g]	Rohprot. [g]	Energie ¹⁾ [MJ NEL]
1 / 08.05.	40,7	561	28,47	90	192	138	6,99
2 / 11.06.	20,6	327	13,05	52	188	161	6,34
3 / 03.08.	30,3	492	18,71	79	212	162	6,18
4 / 25.09.	21,3	385	13,50	62	184	181	6,34

¹⁾ Der erhöhte Energiegehalt im ersten Aufwuchs lag am niedrigeren Rohaschegehalt.

Es blieb ohne Auswirkung auf den ersten Aufwuchs und das gesamte Futterjahr, ob die Güllegabe im Frühjahr gegen Ende Februar/Anfang März oder erst ca. einen Monat später erfolgte (Var. 2 vs. 3). Bei spätem mineralischem N-Einsatz bewirkte eine Steigerung des N-Einsatzes von 25 auf 75 kg N/ha (Var. 4 vs. 6) lediglich eine signifikante Erhöhung des Rohproteinertes beim ersten Schnitt, während der tendenzielle Zuwachs beim TM-Ertrag in Höhe von 3,6 dt/ha nicht abgesichert werden konnte. Setzt man den erhöhten N-Aufwand in Relation zur Mehraufnahme an Stickstoff durch den Bestand, so wird auch anhand der so errechneten N-Ausnutzung des zusätzlich eingesetzten Stickstoffs (50 kg N/ha) von 22 % beim ersten Aufwuchs bzw. 14 % im Gesamtjahr deutlich, dass ein hoher N-Aufwand im Frühjahr nicht nur ineffizient war, sondern zudem den N-Saldo leicht in den positiven Bereich schob (s. Tab. 4, rechts).

Tab. 3: Trockenmasse-, Rohprotein- und Energie-Erträge, N-Abfuhr sowie Rohprotein- und Energiegehalte des ersten Aufwuchses (Mittel 2007-2009)

Var.	Erträge/ha			N-Abfuhr [kg N/ha]	Gehalte/kg TM		
	TM [dt]	Rohprot. [kg]	Energie [MJ NEL]		Rohprot. [g]	Energie [MJ NEL]	
1	34,6 c	474 e	24,29 c	76 e	137 c	7,03 ab	
2	42,9 a	571 bcd	29,79 a	91 bcd	134 cd	6,95 ab	
3	41,9 ab	581 abc	29,02 ab	93 abcd	139 bc	6,93 b	
4	38,2 b	561 bcd	26,74 b	90 bcd	147 ab	7,00 ab	
5	40,7 ab	613 ab	29,05 ab	98 ab	151 a	7,13 a	
6	41,8 ab	629 a	29,31 ab	101 a	151 a	7,03 ab	
7	39,8 ab	521 de	27,65 ab	83 de	131 cd	6,96 ab	
8	42,1 ab	562 bcd	29,36 ab	90 bcd	134 cd	6,99 ab	
9	40,6 ab	538 cd	28,52 ab	86 cd	134 cd	7,03 ab	
10	41,8 ab	520 de	28,97 ab	83 de	125 d	6,94 ab	
11	41,9 ab	565 bcd	29,44 ab	90 bcd	136 c	7,03 ab	
12	42,7 a	596 abc	29,49 ab	95 abc	140 bc	6,92 b	
Δ 2-12	4,7 s.	109 s.	3,05 s.	18 s.	26 s.	0,22 s.	
Ø 2-12	41,3	569	28,85	91	138	6,99	
1/Ø 2-12	84 %	82 %	84 %	84 %	99 %	101 %	

Weiterhin ergibt sich in Übereinstimmung mit der eingangs genannten Literatur, dass eine Düngung im Frühjahr nicht effizienter war als im Herbst. Ebenfalls zeigt der Vergleich zwischen den zum ersten Aufwuchs nur im Herbst gedüngten Varianten (7-11), dass hier die Art der Düngung (KAS bei Var. 9) sowie der Zeitpunkt der Güllegabe (Anfang Oktober bis Anfang Dezember) bei allen Ertrags- und auch bei fast allen Qualitätsparametern ohne signifikanten Einfluss blieb. Nur beim ersten Schnitt war der Rohproteingehalt bei einer Gülledüngung Anfang November (Var. 10) signifikant niedriger als bei noch späterer Ausbringung (Var. 11) oder bei einer Düngung im späten Frühjahr (Var. 3 bzw. 4-6). Bei Variante 12, wo Gülle zum ersten Aufwuchses als geteilte Herbst- und Frühjahrsgabe ausgebracht wurde, ist zu vermerken, dass sich beim ersten Schnitt der Rohproteinertes (Tab. 3) etwas - jedoch signifikant - sowohl von der Variante 7 mit früher als auch von Variante 10 mit später Herbstgülle abhob, im Vergleich zu dieser war hier auch der Rohproteingehalt signifikant erhöht. Variante 12 erreichte dagegen beim Rohprotein- und Energiegehalt nicht die Spitzenwerte von Variante 5, bei der die Düngung erst Ende März/Anfang April in Form von KAS erfolgte. Weiterhin fällt in der Tendenz auf, dass durch eine geteilte Düngergabe (Var. 12) ebenso wie durch eine sehr späte Herbst- (Var. 11) bzw. zeitige Frühjahrsgabe (Var. 2) Hektarerträge von über

1800 kg Rohprotein pro Jahr ermöglicht wurden. Insgesamt traten bei gegebener Düngung zum ersten Aufwuchs (Var. 2-12) jedoch nur geringfügige Unterschiede zwischen den Varianten auf. Selbst ein völliger Verzicht auf Düngung im Herbst oder Frühjahr (Var. 1) führte im Vergleich zum Mittel der gedüngten Varianten 2-12 nur zu 16-18 % Mindererträgen an Trockenmasse, Energie und Rohprotein beim ersten Aufwuchs (Tab. 3, unten) bzw. zu Einbußen von 7-8 % (Tab. 4, unten) im Gesamtjahr. Einem mittleren N-Einsatz von rund 55 kg N/ha im Herbst/Frühjahr stand eine zusätzliche N-Abfuhr von durchschnittlich 15 kg N/ha beim ersten Aufwuchs bzw. von 20 kg N/ha in der Summe aller vier Schnitte gegenüber, woraus sich mit ca. 25 % bzw. 35 % nur eine geringe (theoretische) Ausnutzung des im Herbst/Frühjahr eingesetzten Stickstoffs trotz der insgesamt nicht überbilanzierten N-Düngung abzeichnet. Dagegen zeigen andere Versuchsergebnisse am gleichen Standort (DIEPOLDER UND SCHRÖPEL, 2002; DIEPOLDER UND RASCHBACHER, 2010) teilweise mehr als doppelt so hohe N-Ausnutzungsraten. Sie deuten zudem eine höhere N-Effizienz der Düngung zu späteren Schnitten an.

Tab. 4: Jahreswerte der Trockenmasse-, Rohprotein- und Energie-Erträge sowie N-Abfuhr bei vier geernteten Aufwüchsen (Mittel 2007-2009)

Var.	TM		Erträge/ha		Energie [GJ NEL]	N-Abfuhr		N-Salden ¹⁾		
	[dt]		Rohprotein [kg]			[kg N/ha]		einf.	erw.	
1	104,2	c	1653	b	68,05	b	264	b	-38	-47
2	115,6	a	1809	a	75,62	a	289	a	0	-21
3	114,2	ab	1758	ab	73,68	a	281	ab	0	-20
4	109,1	b	1753	ab	71,57	a	280	ab	-29	-38
5	112,5	ab	1784	ab	74,22	a	285	ab	-9	-18
6	114,2	ab	1793	ab	74,85	a	287	ab	14	5
7	112,7	ab	1738	ab	73,31	a	278	ab	2	-17
8	115,5	a	1782	ab	75,35	a	285	ab	-4	-24
9	111,4	ab	1722	ab	73,11	a	276	ab	0	-9
10	114,9	a	1748	ab	74,97	a	280	ab	1	-19
11	115,6	a	1813	a	75,34	a	290	a	-9	-29
12	115,0	a	1818	a	74,73	a	291	a	-6	-26
Δ 2-12	6,5	s.	96	n.s.	4,05	n.s.	15	n.s.	43	43
Ø 2-12	113,7		1774		74,25		284		-4	-20
1/Ø 2-12	92 %		93 %		92 %		93 %		-	-

¹⁾ Einfacher N-Saldo = Σ N-Zufuhr minus N-Aufnahme;

Erweiterter N-Saldo = Σ N-Zufuhr _{anrechenbar} (s. Tab.1) minus N-Aufnahme

Fazit

Auf dem weidelgrasreichen Standort im Voralpenland waren bei insgesamt regelmäßiger Nährstoffversorgung im Gesamtjahr der Ausbringzeitpunkt im Herbst oder Frühjahr, ferner die Art oder Höhe der N-Düngung zum ersten Aufwuchs von untergeordneter Bedeutung.

Literatur

- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2011: Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland – Gelbes Heft, 9. Unveränderte Auflage 2011. 99. S..
- DIEPOLDER, M., 2000: Auswirkung zeitlich gestaffelter Güllegaben im Herbst auf Ertrag, Qualität und mögliche Nitratbelastung des Sickerwassers bei Grünland. Schule und Beratung, Heft 09-10/00, IV-1-6. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.

-
- DIEPOLDER, M. UND SCHRÖPEL, R., 2002: Ergebnisse eines Stickstoffsteigerungsversuches auf einer weidelgrasreichen Wiese im Allgäuer Alpenvorland. Schule und Beratung, Heft 04/02, IV-3-7. Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten.
- DIEPOLDER, M. UND JAKOB, B., 2003: Ergebnisse eines langjährigen Düngungsversuches in Grünland mit unterschiedlichem Zeitpunkt der Gülleausbringung. Schule und Beratung, Heft 07/03, III-5-8. Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten.
- DIEPOLDER, M. UND RASCHBACHER, S., 2010: Leistungsfähiges Grünland und Verzicht auf mineralische Düngung – Sind nachhaltig hohe Erträge und Futterqualitäten möglich? Schule und Beratung, Heft 3-4/10, III-13-19. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.
- DIEPOLDER, M. UND RASCHBACHER, S., 2011: Nitratbelastung unter Grünlandflächen – Versuchsergebnisse aus Bayern. Beitrag im vorliegenden Tagungsband.

Weitere schriftliche Beiträge

Schleppschlauchverteiler - Praxiserfahrungen aus der Ostschweiz

Sauter, J.¹ und Dubach, M.²

¹ Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, CH-8356 Ettenhausen

² BBZ Bildungs- und Beratungszentrum Arenenberg, CH-6268 Salenstein

joachim.sauter@art.admin.ch

Abstract

Das Ergebnis einer schriftlichen Umfrage bei 234 Betrieben zeigt, dass die Verstopfungen von Schleppschlauchverteilern häufig nicht auf Stroh, sondern auf schwimmende Fremdstoffe zurückzuführen sind.

Keywords: Umfrage, Schleppschlauchverteiler, Verstopfungen, Fremdkörper

Einleitung

Unbestritten gehören die Verminderung von Ammoniakemissionen und die gleichmäßige Gülleverteilung zu den Vorteilen von Schleppschlauchverteilern. Gewisse Nachteile wie Anfälligkeit für Verstopfungen, geben aber immer wieder zu Diskussionen Anlass. Wie Landwirte diesen Nachteil beurteilen und wo dies zu Problemen führen kann, wurde mittels einer großen Praxisumfrage in der Ostschweiz erkundet. Insgesamt standen von 34 % der angeschriebenen 771 Betriebe Rückantworten zur Verfügung.

Die Beliebtheit des Vakuumfasses spiegelt sich in der Auswertung wider. So haben sich 47 % der Betriebe für die Kombination Vakuumfass und Schleppschlauch entschieden. In 42 % der teilnehmenden Betriebe wird eine Verschlauchungsanlage genutzt. Der Rest teilt sich auf Pump- und Schleuderfässer auf. Der Anteil an Verschlauchungsanlagen war hoch, weil diese Betriebe in der Umfrage von ART gezielt angeschrieben wurden.

Verstopfungen nach längeren Pausen

Bei 19 % der Betriebe (44 von 234) wurde angegeben, dass die eingesetzten Verteiler regelmäßig verstopfen. Das Vakuumfass schneidet hierbei überdurchschnittlich schlecht ab, da 27 % der insgesamt 96 eingesetzten Vakuumfässer mit diesem Problem konfrontiert sind. Die Verschlauchungsanlagen reagieren weniger empfindlich auf Verstopfung (20 %). Antworten zu Pump- und Schleuderfässern gab es wenig. Diese Technik scheint jedoch wie jene der Verschlauchungsanlagen weniger von der Verstopfungsproblematik tangiert zu sein. Dies erscheint logisch, da Vakuumfässer einen deutlich tieferen Druck aufbauen und die Gülle nicht durch Pumpen zusätzlich bearbeiten. So werden Klumpen nicht zerkleinert und können eher im Verteilerkopf stecken bleiben. In den meisten Fällen treten Verstopfungen allerdings nur einmal täglich auf (Tab. 1). Häufig geschieht dies bei der ersten Inbetriebnahme nach einer längeren Pause, was auf Verkrustungen von eingetrockneten Gülleresten zurückzuführen ist.

Neue Verteiler verstopfen weniger

Die Entwicklung bleibt auch bei der Gülletechnik nicht stehen. Während bei älteren Modellen jeder dritte bis vierte Anwender verstopfte Verteiler monierte, verstopfen bei den

jüngeren Modellen (ab 2006) weniger als 10 % der eingesetzten Verteiler (Abb 1). Aufgrund des Rücklaufs zeigte sich, dass verstärkt jüngere Verteiler (117) im Einsatz sind.

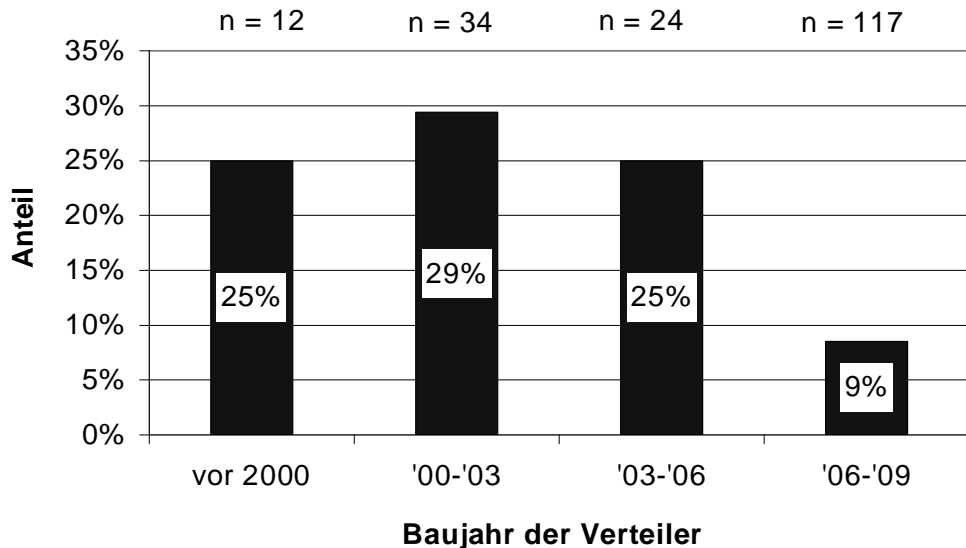


Abb 1: Ältere Verteiler sind gegenüber Verstopfungen stärker anfällig als jüngere, die mit 117 Verteilern vertreten waren (n = Anzahl an Rückmeldungen).

Rinder und Milchkühe verursachen mehr Probleme

Entgegen den häufig erwähnten Bedenken, dass vor allem Betriebe mit Schweinehaltung, welche in der Schweiz täglich frisches Stroh einstreuen, verstärkt Verstopfungen aufweisen, zeigte es sich, dass Betriebe mit Milchkühen und Tiefstreuboxen sowie Betriebe mit Rinderhaltung überdurchschnittlich häufig davon betroffen sind (Abb. 2). Auf Nachfrage bei betroffenen Betrieben ergab sich, dass entgegen der Erwartungen nicht nur Stroh zu Verstopfungen führt, sondern häufig schwimmende Fremdkörper mit im Spiel sind. Hierzu zählen: Ohrmarken, Gehhilfen (Sohlen), Ballennetze und -folien sowie Teile der Stalleinrichtungen. Auch Futterreste oder kleine Äste, die mit dem Futter von waldnahen Wiesen auf den Futtertisch gelangen, können zu Problemen führen.

Tab. 1: Angaben zur Verstopfungshäufigkeit bei Schleppschlauchverteilern

Anzahl an Verstopfungen/Tag	Nennungen
1 Verstopfung in 2 Tagen	3
1 Verstopfung pro Tag	33
1 bis 2 Verstopfungen pro Tag	4
Mehr als 2 Verstopfungen pro Tag	4
Total	44

Solche Probleme treten auf, obwohl die meisten Verteilerköpfe mit Fremdkörperabscheidern ausgestattet sind. Diese Abscheider schützen den Verteilerkopf vor Gegenständen, die eine höhere Dichte als Gülle haben (z. B. Steine oder Metalle). Trotz Abscheider besteht kein vollständiger Schutz gegenüber Verstopfungen. Hier muss der

Betrieb darauf bedacht sein, dass schwimmende Fremdstoffe erst gar nicht in die Gülle gelangen. Um dieses Problem zu mindern, werden von der Industrie noch zusätzliche Fremdkörperabscheider für Fässer angeboten, die auch schwimmende Fremdstoffe zurückhalten können. Sie werden fest an das Fass installiert oder mobil in die Ansaugleitung eingebunden. Mobile Abscheider kosten in der Schweiz zirka EUR 5500.–. Sie bieten jedoch keinen ausreichenden Schutz vor großen Strohmassen. Eine Kombination aus Fremdkörperabscheider und Schneidwerk wird von der Vogelsang GmbH, Essen/Oldb. (D) unter dem Namen „Rota-Cut“ angeboten. Sie wird fest an das Fass angebaut. Solche Geräte können eine Alternative zu Tauchschneidpumpen sein, sind jedoch aufgrund der Anschaffungskosten von zirka EUR 10 000.- vor allem für den überbetrieblichen Maschineneinsatz empfehlenswert.

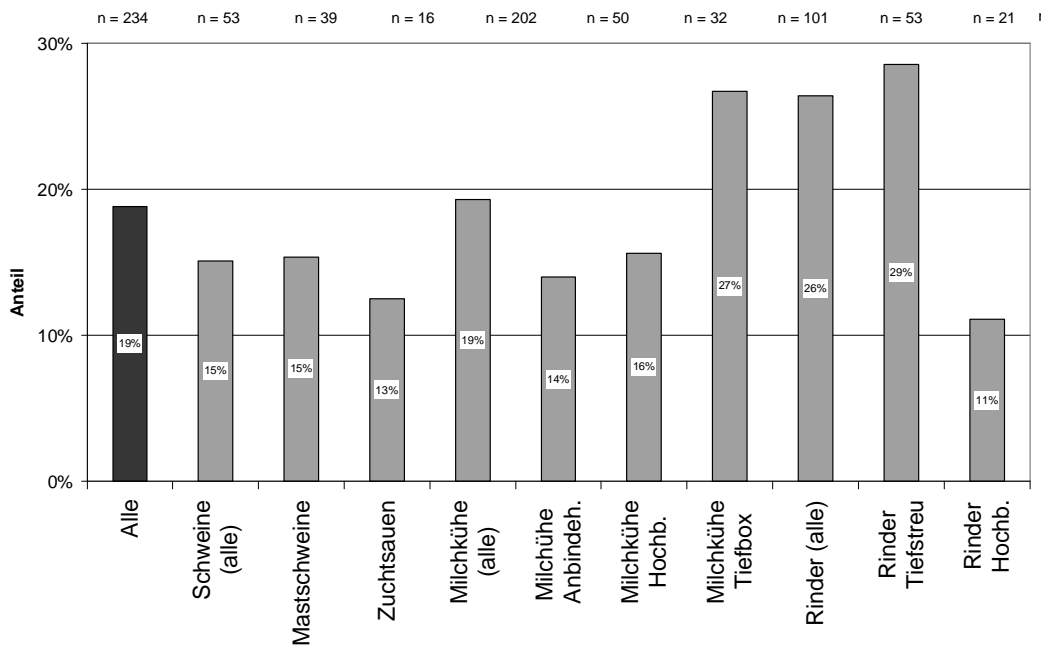


Abb. 2: Bei der Haltung von Milchkühen in Tiefboxen und Rindern treten häufiger Verstopfungen als bei der Schweinehaltung auf. (Mehrfachnennungen möglich, da häufig mehrere Tier- oder Haltungsarten auf einem Betrieb vorkommen; n = Anzahl an Rückmeldungen)

Literatur

Der oben stehende Bericht ist ein Auszug aus:

SAUTER, J., MORIZ, C., HONEGGER, S., ANKEN, T. UND ALBISSER, G., 2010: Schleppschlauch und Breitverteiler im Vergleich. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, ART-Berichte 739, Ettenhausen, 8 S.

Vergleich der Zugleistung und des Arbeitszeitbedarfs bei Schleppschlauch- und Breitverteilung

Sauter, J. und Moriz, C.

Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, CH-8356 Ettenhausen

joachim.sauter@art.admin.ch

Zusammenfassung

Der erhöhte Zugleistungs- und der Arbeitszeitbedarf für den Einsatz eines Schleppschlauchverteilers werden häufig überschätzt. Für eine Quantifizierung wurden sie in einem konkreten Beispiel berechnet.

Keywords: Schleppschlauchverteiler, Zugleistung, Arbeitszeitbedarf

Einleitung

Während die althergebrachten Breitverteiler eine relativ ungenaue Gülleverteilung aufweisen, ist mit Schleppschlauchverteilern eine sehr präzise Querverteilung möglich (FRICK, 1999; SAUTER *et al.*, 2004). Selbst in hügeligen Regionen mit einer Hangneigung von 35 % ist das Verteilbild gut bis befriedigend (SAUTER *et al.*, 2004) und eröffnet dadurch ein großes Einsatzgebiet. Die emissionsmindernde Ausbringtechnik stößt trotz dieser Vorteile in der Praxis auf Skepsis. Die im Vergleich zum Prallteller aufwändigere Konstruktion eines Schleppschlauchverteilers führt zu einem höheren Gewicht wodurch höhere Zugkräfte benötigt werden. Ein allfälliges Auftreten von Verstopfungen führt zu einem zusätzlichen Arbeitsbedarf, welcher Vorurteile auslöst. Um die tatsächlichen Belastungen besser quantifizieren zu können, wurden in einem praxisnahen Beispiel der tatsächliche Anstieg des Zugkraftbedarfs sowie der Arbeitszeit theoretisch bestimmt.

Höhere Gewichte erfordern größere Zugleistung

Die Zugleistung P [kW] ist linear von dem Fahrzeuggewicht G [kg], der Fahrgeschwindigkeit v [km/h], dem Hanganstieg a [GRAD] und dem Rollwiderstandsbeiwert μ abhängig und lässt sich anhand der nachfolgenden Formel berechnen. Von RINALDI (2003) werden hierfür Rollwiderstandsbeiwerte von 0,024 bis 0,031 auf Teerstraßen und 0,059 bis 0,093 auf Wiese genannt.

$$P = G \cdot v \cdot \left(\sin a + \mu \cdot \frac{\cos[a]}{367.2} \right)$$

Abb. 3 und Abb. 4 zeigen die Ergebnisse der Berechnung für ein handelsübliches 8 m³ Vakuumfass, dessen Gesamtgewicht mit 11 t angegeben wird. Durch den Anbau des Verteilers erhöht sich das Gewicht um eine Tonne.

Für diese zusätzliche Last werden bei einer Geschwindigkeit von 6 km/h auf einer ebenen Wiese 1,3 kW zusätzliche Zugleistung benötigt. Weist die Wiese eine 10 %-ige Steigung auf, erfordert dies 3,0 kW an zusätzlicher Zugleistung.

Auf einer ebenen Teerstraße bei einer Geschwindigkeit von 40 km/h beträgt die zusätzliche Zugleistung 3,0 kW. Auf der Straße steigen aufgrund der höheren Geschwindigkeiten die Differenzen. Bei 15 km/h und 10 % Hanganstieg werden zirka 5,0 kW zusätzlicher Leistung benötigt.

Aufgrund der Linearität kann der Zugleistungsbedarf auch vereinfacht geschätzt werden. So nimmt die benötigte Zugleistung im selben Masse zu wie die prozentuale Erhöhung des Gesamtgewichtes.

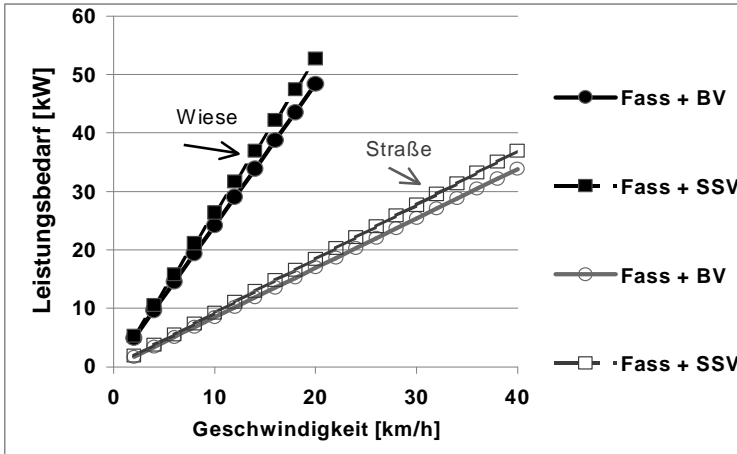


Abb. 3: Zugleistungsbedarf für das Ziehen eines Fasses mit Breitverteiler BV (11 t) und eines Fasses mit Schleppschauchverteiler SSV (12 t) auf Wiese und Straße. (Steigung = 0 %, Rollwiderstand Wiese = 0,08; Rollwiderstand Straße = 0,028)

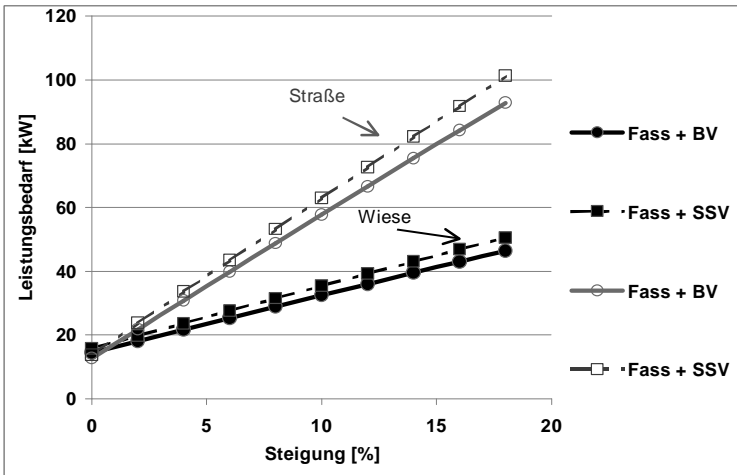


Abb. 4: Der Zugleistungsbedarf für das Ziehen eines Fasses steigt linear mit der Hangneigung an. (Gewicht Breitverteiler BV: 11 t; Gewicht Schleppschauchverteiler SSV: 12 t; Rollwiderstand Wiese = 0,08; Rollwiderstand Straße = 0,028; Fahrgeschwindigkeit Wiese 6 km/h; Fahrgeschwindigkeit Straße 15 km/h)

Arbeitswirtschaftliche Berechnungen

Auf der Basis bestehender arbeitswirtschaftlicher Datenmodelle von Agroscope Reckenholz-Tänikon ART wurde ein Vergleich der Schleppschauch- und Breitverteiler berechnet. Für die Berechnungen wird eine Parzellengröße von 2 ha, ein Fassinhalt von 8 m^3 , eine Ausbringmenge von $30 \text{ m}^3/\text{ha}$ und eine Arbeitsbreite von 12 m angenommen.

Arbeitswirtschaftlich unterscheiden sich diese beide Verfahren nur geringfügig bei den Rüstzeiten (0,14 AKh/ha), Störzeiten (0,07 AKh/ha) und Ausbringzeiten (0,02 AKh/ha), so dass bei gleicher Feld-Hof Entfernung das Verfahren „Breitverteiler“ je Hektar rund 0,23 AKh/ha bzw. 14 Arbeitskraftminuten/ha weniger erfordert als die Ausbringung mit dem Schleppschlauchverteiler.

Prozentual gesehen wirken sich mit steigenden Feld-Hof Entfernungen diese Differenzen gering aus. So erhöht sich zum Beispiel bei einer Entfernung von 1.000 m der Arbeitszeitbedarf um 15 %. Bei 5.000 m Hof-Feld Entfernung beträgt der Anstieg 7 %. Hierbei nimmt der vom Verteilsystem unabhängige Transport 75 % des Gesamtarbeitszeitbedarfes ein (Abb. 5). Dies verdeutlicht, dass die Gülleausbringung in erster Linie eine Transportarbeit ist. Ausgenommen sind betriebsnahe Flächen. In Verbindung mit einem Schleppschlauchverteiler bedeutet dies, dass die teure Verteiltechnik zu einem hohen Anteil auf der Straße „spazieren“ gefahren wird und lediglich zu einem kleinen Teil (8–20 %) zweckbestimmt zum Einsatz kommt. Für größere Entfernungen sind demnach Verfahren mit getrennten Zubringfässern und Verteilgeräten von besonderem Interesse.

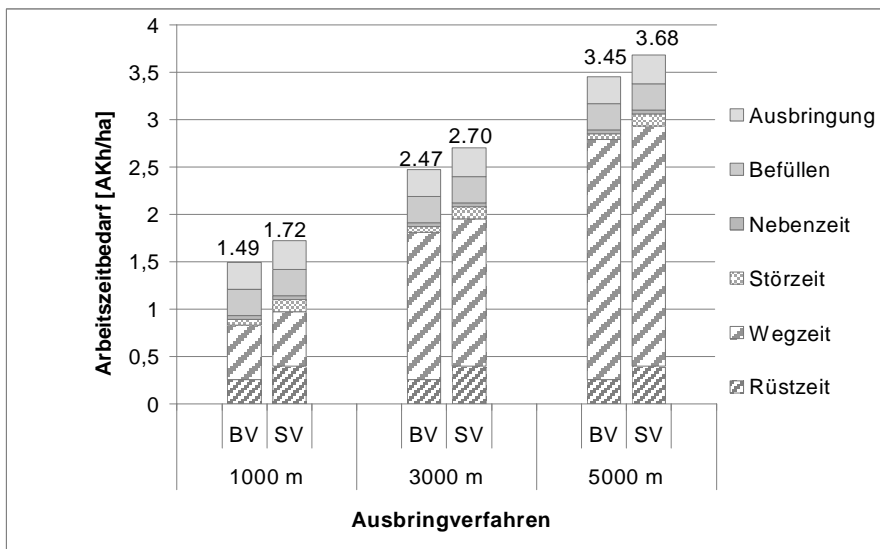


Abb. 5: Die Gülleausbringung ist eine Transportarbeit. Ein Güllefass ist abhängig von der Hof-Feldentfernung (1.000–5.000 m) 0,6 bis 2,5 h pro ha auf der Strasse unterwegs (BV - Breitverteiler; SSV - Schleppschlauchverteiler; AKh/ha - Arbeitskraftstunden pro Hektar).

Schlussfolgerung:

Mit dem Einsatz eines Schleppschlauchverteiler erhöht sich das Fahrzeuggewicht zur Gülleausbringung. Damit einhergehend wird eine größere Zugleistung benötigt. Das Aus- und Einklappen des Gestänges sowie die Gefahr von Verstopfungen verlängert beim Schleppschlauchverteiler gegenüber Breitverteilern die Zeit für die Gülleausbringung. Eine rechnerische Analyse zeigt dass sich sowohl der Anstieg der Zugleistung sowie des Arbeitszeitbedarfes in Grenzen halten.

Literatur:

- FRICK, R., 1999: Verteilgeräte an Güllefässern. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), FAT-Berichte 531, Tänikon, 37 S.
- RINALDI, M., 2003: Zugkraftbedarf von Tandem-Pendelachsen. Informationstagung Landtechnik, 14.10.2003, Vortrag, Tänikon.
- SAUTER, J., DUX, D. UND AMMANN, H., 2004: Verteilgenauigkeit von Schleppschlauchverteilern. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft u. Landtechnik (FAT), FAT-Berichte 617, Tänikon, 12 S.

Mineralstoff-Gehalte in Gärresten von Biogas-Anlagen

Neuner, K.-H.¹, Raba, C.² und Ahrens, W.²

¹ K + S Kali GmbH, Kassel , ² Hochschule Weihenstephan-Triesdorf

karl-heinz.neuner@kali-gmbh.com

Einleitung

Bei der Bewertung der Mineralnährstoffgehalte in Gärresten von Biogas-Anlagen ging man bisher davon aus, dass die über die Substrate einfließenden Nährstoffe N, P, K und Mg auch wieder in gleicher Menge in den Gärresten wieder zu finden sind, da Biogas nur aus Kohlenwasserstoffen (v.a. Methan), Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Schwefelwasserstoff und Wasserdampf besteht. Es wurde sogar - entsprechend der Zunahme der TS-Gehalte im vergorenen Substrat - eine leichte Zunahme der Mineralstoffgehalte angenommen. Nach Untersuchungen in 14 Biogas-Anlagen in Bayern konnte jetzt das Gegenteil festgestellt werden, nämlich K- und Mg-Verluste in den Gärresten von 30 % und mehr.

Für Magnesium, das aus Gärresten stammt, ist schon seit längerem bekannt, dass dessen Pflanzenverfügbarkeit sehr zu wünschen übrig lässt (KLUGE, Untersuchungen der LUFA Augustenberg 2006). Der tatsächliche Verbleib dieser verlustig gegangenen Nährstoffe ist momentan die große Unbekannte in der Gesamtbetrachtung dieser Ausarbeitung.

Die 14 untersuchten Biogas-Anlagen wurden entsprechend der Art der Gärsubstrate in vier Gruppen unterteilt (siehe Tab. 1).

Tab. 1: Biogas-Anlagen-Typ und eingesetzte Substrate

Biogas-Anlage auf Basis von ...	verwendete Substrate	Kapazität, kW elektr. Leistung	Anzahl
Abfällen	Fett, Speisereste, Rindergülle, Spülmilch	690	1
NawaRo (gewerblich)	Silagen von Mais, Gras und Getreide-GP	640 und 1250	2
NawaRo (landwirtsch.)	Silagen von Mais, Grünroggen, Gras und Getreide-GP	500 bis 2100	5
NawaRo + Gülle	Gülle, Silagen von Getreide-GP, Gras, Grünroggen, Körnerschrote	100 bis 550	6

Beim Vergleich der Substrat-Input-Werte für die Mineralstoffe aus offiziellen Tabellen der bayerischen Officialberatung und der Biogas-Beratung in Bayern mit den entsprechenden aus chemischen Untersuchungen stammenden Output-Werten der Gärreste fiel immer wieder auf, dass schon die Inputwerte einem großen Schwankungsbereich unterliegen. So liegt z.B. die maximale Differenz der K-Inputwerte bei 19 %, deren Standardabweichung – wenn nur Minimum und Maximum der Tabellenwerte zugrunde gelegt werden – bei $\pm 9,5$ %. Hervorzuheben ist, dass die N- und P-Werte für das Out-

put : Input-Verhältnis mit Standardabweichungen von ± 5 % bzw. $\pm 5,5$ % nur ausnahmsweise 100 % übersteigen, was für eine grundsätzlich richtige Bilanzierung spricht.

Die Werte des Output : Input-Verhältnisses, d.h., die Werte des Verhältnisses von Mineralstoffmenge im Gärrest : Mineralstoffwerte im Substrat, werden in der Tabelle 2 und in Abbildung 1 dargestellt.

Tab. 2: Werte des Output : Input-Verhältnisses (%) bei 14 Biogas-Anlagen mit Angabe der Standardabweichung ($\pm s$)

Substrate	N	P	K	Mg
Abfälle	82	72	55	60
NawaRo, gewerblich	90 \pm 4	84 \pm 1	85 \pm 2	67 \pm 1
NawaRo, landwirtsch.	71 \pm 16	74 \pm 12	55 \pm 14	70 \pm 17
NawaRo + Gülle	87 \pm 10	84 \pm 13	75 \pm 6	65 \pm 8
Mittelwert	82 \pm 7	79 \pm 6	68 \pm 13	67 \pm 4

**Durchschnitt von 14 Biogasanlagen
Verhältnis von Output/Input von Nährstoffen in %**

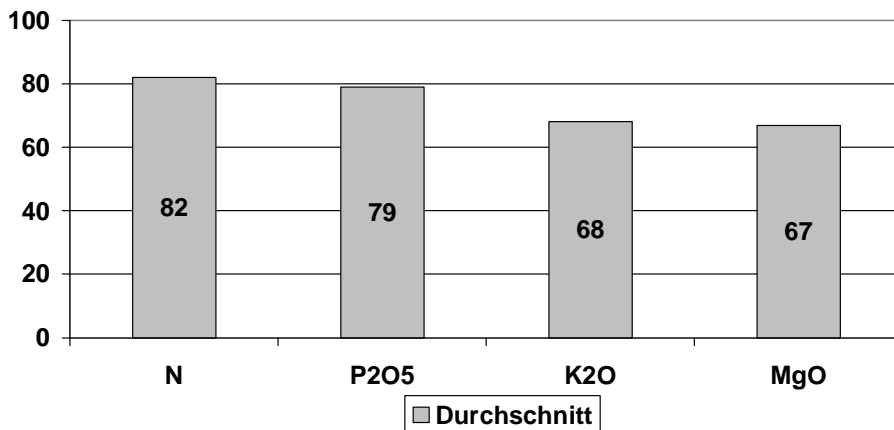


Abb. 1: Durchschnitt von 14 Biogasanlagen

Aufgrund der z.T. niedrigen Werte des Output : Input-Verhältnisses kommt es in Biogas-Anlagen offenbar zu Mineralstoffverlusten größeren Ausmaßes. Diese betreffen K und Mg stärker als N und P. Der Verbleib der Mineralstoffe ist spekulativ.

Es muss überprüft werden, von welchen weiteren Faktoren (zu) geringe K- und Mg-Werte für das Output : Input-Verhältnis bestimmt werden: Substratmischung, Verweildauer der Substrate im Gärraum, Lagerzeit der Gärreste, Art der Probenahme aus den Gärresten, Substrate an der Reaktordecke, labortechnische Verhältnisse bei der Probenbearbeitung (z.B. Veraschungstemperatur).

Vermutlich setzen sich Nährstoffe auch in weitaus größerem Maße, als bisher anzunehmen war, zusammen mit Schmutzerde auf dem Behälterboden ab (Schlamm-

schicht). Denkbar ist auch Auskristallisierung von Salzen sowie eine Festlegung von Nährstoffen in Schwimmschichten und durch Fixierung (wie z.B. Kali). Der Blick in den Fermenter von Biogasanlagen ist unabdingbar, um über den Verbleib dieser Nährstoffe Klarheit zu bekommen.

Bekannt ist, dass das Porphingerüst (der fünfgliedrige Ketonring) des Chlorophylls außerordentlich stabil ist. Das ist offenbar auch die Ursache dafür, dass die Pflanzenverfügbarkeit des Gärrest-Mg erfahrungsgemäß gering ist.

In Gegenwart von anorganischen Salzen sind die Metallatome in den ursprünglichen Porphinen z.T. gegen solche des gleichen Ionenradius ausgetauscht. Ob sich auch K aufgrund des im Vergleich zu Mg kleineren Ionenradius an dem Austausch beteiligen kann, ist zweifelhaft. Jedenfalls lassen sich Metall-Porphyrine auch durch konzentrierte Schwefelsäure nicht zerstören und bilden bei Hochtemperatur-Verbrennung harte unlöslich Beläge.

Man muss aber davon ausgehen, dass ein Großteil dieser vermeintlichen Nährstoffverluste lediglich temporär sind. Irgendwann werden sie in den Nährstoffkreislauf zurück gelangen, spätestens nach einem Abschalten der Anlage, um die Schlamm- und Schwimmschichten zu beseitigen. Dies geschieht jedoch auf Praxisbetrieben in sehr unterschiedlichen Zeitabständen, zumeist nur nach mehreren Jahren. Daher stehen die vorerst verlustig gegangenen Nährstoffe für die aktuelle Pflanzenernährung zunächst nicht zur Verfügung, egal ob auf betriebseigenen oder auf externen Flächen. Eine alleinige Gärrestdüngung kann also wahrscheinlich ohne mineralische Ergänzungsdüngung keinen langfristigen, pflanzenbaulichen Erfolg gewährleisten.

Vergleich der Querverteilung bei Schleppschauchverteilern

Baumgartner, C.¹ und Dubach, M.²

¹BBZ Arenenberg, Team Milchproduktion, 8268 Salenstein

²Pro Zürcher Berggebiet, Heinrich Gujerstrasse 20, 8494 Bauma

christof.baumgartner@tg.ch

Versuchsfrage

In den letzten Jahren wurden vermehrt emissionsarme Gülleausbringtechniken eingesetzt. In der Schweiz hat insbesondere der Einsatz von Schleppschauchverteilern stark zugenommen. Bei dieser Gülleausbringtechnik ist eine ausgeglichene Querverteilung Voraussetzung, da nur so der Nährstoffbedarf der Pflanzen gleichmäßig gedeckt und die Ammoniak-Emissionen vermindert werden können. Um die Eignung der aktuellen Schleppschauchverteiler-Technik bezüglich Querverteilung zu prüfen, wurden im Jahr 2004 sechs gängige Schleppschauchverteiler-Modelle bezüglich ihrer Verteilgenauigkeit verglichen (SAUTER *et al.*, 2004). Hierfür wurde die Querverteilung mit dünnflüssiger Gülle bei Verschlauchung und geringer Ausbringmenge pro Minute (wie dies bei Verschlauchung üblich ist) getestet. Die Resultate dieses Vergleichs haben jedoch in den vergangenen Jahren an Relevanz verloren, da einige Veränderungen in der landwirtschaftlichen Praxis stattgefunden haben. Einerseits fällt immer mehr dickflüssige Gülle an, andererseits werden Schleppschauchverteiler vermehrt an Güllefässer angebaut. Um in Empfehlungen für die Praxis diese Veränderungen zu berücksichtigen, wurde im Jahr 2008 am BBZ Arenenberg die Querverteilung verschiedener Schleppschauchverteiler-Modelle erneut untersucht. Im Vergleich zum Test aus dem Jahr 2004 wurde dickflüssigere Gülle verwendet, die mit Güllefässern und bei geringerem Druck ausgebracht wurde.

Keywords: Gülleapplikation, Schleppschauch, Testverfahren

Material und Methoden

Die getesteten Modelle wurden im Rahmen einer Demonstration von verschiedenen Anbietern zur Verfügung gestellt. Obwohl freiwillig, war die Teilnahme wegen der anschließenden Publikation der Ergebnisse für die Anbieter von großem Interesse und es wurden 8 verschiedene Modelle angemeldet. Bei der Gülle, die für den Test verwendet wurde, wurde Rindergülle mit einem mittleren bis hohen Gehalt an ungeschnittenem Stroh verwendet. Die ausgebrachte Güllemenge wurde während 10 Sekunden gleichzeitig mit jedem einzelnen Schlauch in einen separaten Eimer geleitet und anschließend gewogen. Für das Prädikat «gut» nach der DLG-Norm darf die mittlere Abweichung zum Mittelwert aller Schläuche maximal 10% betragen und kein Schlauch darf mehr als 30% abweichen. Für das Prädikat «sehr gut» darf die mittlere Abweichung sogar höchstens 5% betragen.

Wichtigste Ergebnisse

Fünf der getesteten Maschinen erhielten das Testurteil «gut» oder sogar «sehr gut»: Das Prädikat «sehr gut» erhielten das Schleuderfass von Zunhammer und das Vakuumfass von Kohli, beide ausgerüstet mit dem Exacut-Verteilkopf von Vogelsang (Versi-

on Vario). Das Prädikat «gut» erhielten die 3 Fässer, die ebenfalls mit einem Exacut-Verteilkopf von Vogelsang ausgerüstet waren, nämlich ein Pumpfass von Hadorn, ein Pumpfass von Agrar und ein Vakutec-Vakuumfass von Kohli. Unbefriedigend abgeschnitten hat lediglich der erst im letzten Jahr vorgestellte, speziell für den Betrieb am Vakuumfass entwickelte, Verteilkopf RAB von Markus Brunner. Als Folge der schlechten Testergebnisse wurde dieser jedoch umgehend überarbeitet, und erzielte in einem Nachtest ebenfalls die Beurteilung «sehr gut». Der Hersteller stellt in der Nachbearbeitung fest, dass die wellenförmige Breitenverteilung aufgrund einer Pulsation im Verteilkopf entstanden ist. Diese konnte entstehen, weil die vom Drehring abgedeckten Abgänge nicht hinterlüftet waren und so die Gülle durch ein Vakuum am Abfluss gehindert wurde. Inzwischen wurde der Drehring so abgeändert, dass jeder Abgang nach der Beschickung über einen Schlauch von außen Umgebungsluft ansaugen kann, so dass die Gülle ungehindert abfließen kann.

Ein Spezialfall im Test war der Schneckenverteiler von Fliegl, der von der Landtechnik Zollikofen vorgestellt wurde. Dieser ist nicht mit Messern ausgerüstet und sollte deshalb für den Betrieb mit ungeschnittenem Stroh mit einem Eingangscutter betrieben werden, weshalb der Test dieses Gerätes abgebrochen werden musste. Weitere Anbieter von Schleppschlauchverteilern nahmen am Verteiltest nicht teil.

Neben der erhaltenen DLG-Bewertung konnten einige technische Voraussetzungen eruiert werden, die für das problemlose Funktionieren von Schleppschlauchverteilern entscheidend sind.

Schlussfolgerungen und Fazit

Der Querverteilungstest verschiedener Schleppschlauchverteiler-Modelle aus dem Jahr 2008 lieferte wertvolle Erkenntnisse, die den aktuellen Stand der Technik gut repräsentieren. Jedoch stellt er wegen der freiwilligen Teilnahme der Anbieter nicht eine vollständige Marktübersicht dar. Bei der Arbeit am Vakuumfass ist die korrekte, auf den Verteilkopf abgestimmte Ausbringmenge pro Minute eine entscheidende Größe. Eine gute Verteilgenauigkeit wird dann erreicht, wenn im Innern des Verteilkopfs ein konstanter Druck von etwa 0,5 bis 1 Bar herrscht (je nach Fabrikat unterschiedlich) und alle Abgänge der Lochscheiben von Stroh und anderen Feststoffen freigehalten werden. Dafür hat ein gut geschärftes, mit dem richtigen Druck anliegendes Messer zu sorgen. Beim Vakuumfass ist dies besonders heikel, da der maximale Druck, der vom Kompressor erzeugt werden kann, auf knapp 1 Bar begrenzt ist. Bei der geringen Spannweite zwischen mindestens erforderlichem und maximal möglichem Druck ist die für ein gutes Fliessverhalten und somit eine gute Verteilgenauigkeit erforderliche Auswahl der «richtigen» Lochscheibe eine echte Gratwanderung, besonders wenn mit verschiedenen Gületypen gearbeitet wird. Wenn Durchmesser und Anzahl der gleichzeitig geöffneten Abgänge nicht gross genug sind, droht bei dicker Gülle eine starke Abnahme der Fördermenge oder gar eine vollständige Verstopfung.

Auf der anderen Seite dürfen die Anzahl und der Durchmesser der geöffneten Abgänge auch nicht zu groß sein, da sonst dünnflüssige Gülle aufgrund des geringen Widerstands zu schnell abfließt. Dies würde zum Absinken des Drucks im Verteilkopf führen, und eine gleichmäßige Beschickung aller Abgänge wäre nicht mehr gewährleistet. Die Ausbringmenge von 1500 bis über 3000 l/min ist bei den getesteten Fässern wesentlich höher als bei der Gülle-Verschlauchung. Deshalb ist ein kombinierter Einsatz mit Verschlauchung und Vakuumfass nur durch Wechseln der Lochscheibe oder mit einem Variokopf mit verstellbarer Lochgröße sinnvoll. Nicht geprüft werden konnte, wie stark

sich die Hangneigung und der abnehmende Füllstand auf Ausbringmenge und Verteilgenauigkeit auswirken. Um die Verteilköpfe exakt vergleichen zu können, müssten sie mit einem identischen Fass und gleich hohem Füllstand verglichen werden.

Tab. 1: Ergebnisse des Querverteilungstests

Schleppschlauchverteiler	Fass	Minutenleistung	Mittlere Abweichung	Testurteil
Vogelsang Exacut (Vario)	Vakuumfass Kohli	1.72 m ³ /min	4.3%	Sehr gut
Vogelsang 1 Kopf, 9 m	Schleuderfass Zunhammer	1.68 m ³ /min	4.6%	Sehr gut
Harso Verteilkopf, 25er Scheibe	Vakuumfass Hochdorfer	1.68 m ³ /min	5.4%	Gut
Vogelsang 2 Köpfe, 15 m	Pumpfass Zunhammer	3.27 m ³ /min	5.5%	Gut
Vogelsang 2 Köpfe, 12 m	Pumpfass Agrar	1.93 m ³ /min	6.8%	Gut
RAB Verteilkopf, 1. Version	Vakuumfass Agrar	1.77 m ³ /min	15.8%	ungenügend
RAB Verteilkopf, überarbeitete Version	Vakuumfass Agrar	2.37 m ³ /min	3.3%	Sehr gut

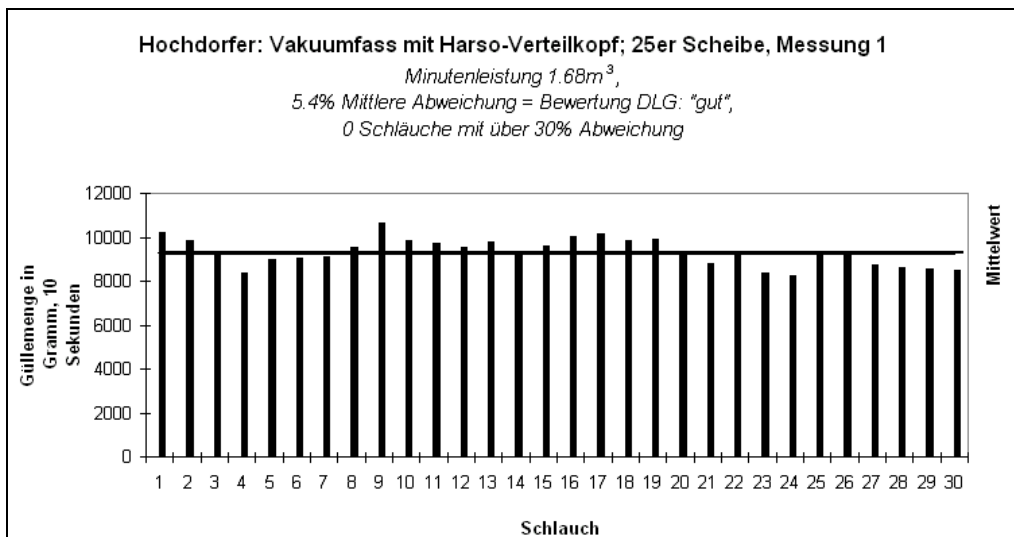


Abb. 1: Beispiel Testergebnis 9 m

Literatur

SAUTER, J., DUX, D. UND AMMANN, H., 2004: Verteilgenauigkeit von Schleppschlauchverteilern. FAT-Bericht Nr. 617, FAT Tänikon, 12 Seiten.

Effekte unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensität - Güllegaben und Nutzungshäufigkeit - bei einem Standort im Allgäuer Alpenvorland

Diepolder, M. und Raschbacher, S.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz

michael.diepolder@lfl.bayern.de

Einleitung

Dauergrünland mit hohen Anteilen von *Deutschem Weidelgras* ermöglicht bei einer den Standortbedingungen angepassten Bewirtschaftungsintensität sehr hohe Erträge und Futterqualität (DIEPOLDER und SCHRÖPEL, 2002 und 2003). Bei 4-5 (6) Schnittnutzungen pro Jahr ergibt sich jedoch u.a. bei Stickstoff teilweise eine erhebliche Diskrepanz zwischen der Abfuhr durch das Erntegut und der Nährstoffrückführung durch Wirtschaftsdünger. Während konventionelle Betriebe diesen ausgewiesenen Nährstoffbedarf (LFL, 2011) im Sinne einer ausgeglichenen Bilanz durch den Einsatz mineralischer Dünger schließen können, ist dies im Ökologischen Landbau oder bei Betrieben, die im Rahmen von staatlichen Förderprogrammen keine Mineraldünger im Grünland einsetzen dürfen, nicht möglich. Somit stellt zweifelsohne in Gunstlagen der Verzicht auf mineralischen Stickstoff eine wesentliche pflanzenbauliche Einschränkung der Bewirtschaftungsintensität dar, wodurch ein optimaler Gülleeinsatz klar im Focus steht. Eine andere Form von „extensiver Grünlandnutzung“ liegt vor, wenn der erste Schnitt im Vergleich zu standortüblichen Terminen verzögert erfolgt, woraus in der Regel auch eine verminderte Nutzungsintensität solcher Flächen resultiert.

Mit der nachfolgend beschriebenen Versuchskonzeption wird seit Ende der 1990er Jahre in Anlehnung an verschiedene Maßnahmen staatlich honorierter Förderprogramme untersucht, ob und inwiefern durch Verzicht auf Mineraldünger, Verschiebung des ersten Schnittzeitpunktes bzw. Rücknahme der Nutzungsintensität stabile Pflanzenbestände, sowie akzeptable Erträge und Futterqualitäten gewährleistet sind. Daraus sollten Hinweise erarbeitet werden, welches Maß an Extensivierung bei Wirtschaftsgrünland in Gunstlagen produktionstechnisch sinnvoll ist.

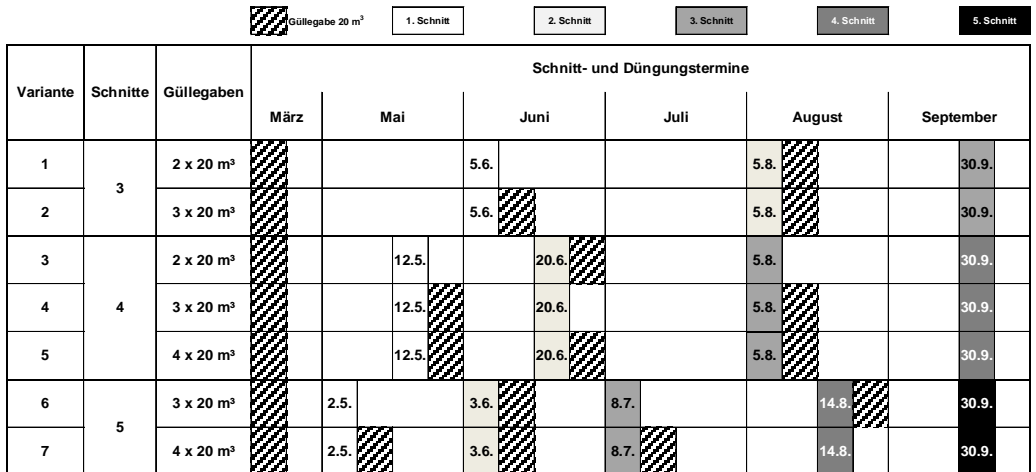
Keywords: Stickstoffdüngung; Nutzungshäufigkeit; Extensivierung von Grünland

Material und Methoden

Der Versuch befindet sich im Allgäuer Alpenvorland am Standort Spitalhof/Kempton (730 m ü. NN, Ø Jahresniederschlag 1290 mm, Ø Jahrestemperatur 7,0 °C, Bodenart Parabraunerde aus schluffigem Lehm, Grünlandzahl 58). In 0-10 cm Tiefe liegen vor: Humusgehalt 8,2 % bei C/N von 9,3:1; pH 5,4; Phosphat-/Kaligehalte in Gehaltsklasse B bzw. in C). Leitgras am Standort ist natives Deutsches Weidelgras.

Geprüft werden 7 Varianten in vierfacher Wiederholung. Durch Modifikation von Schnittfrequenz und Häufigkeit der Güllegaben pro Jahr – eingesetzt wurde ausschließlich dünne Gülle mit ca. 4,2 % TS - ergeben sich unterschiedliche Stufen (siehe Abb. 1) der Bewirtschaftungsintensität. Bestimmt werden Artenzahl und Artenanteil im ersten Aufwuchs, daraus wird die mittlere Futterwertzahl abgeleitet. Im Erntegut werden Frisch-

masse-Ertrag, TS-, Rohprotein-, Rohfaser- und Rohaschegehalt gemessen. Die Energiekonzentration wird aus den Rohnährstoffen berechnet. Die statistische Auswertung des hier dargestellten zehnjährigen Datenmaterials (1999 – 2008) erfolgte mittels SAS (SNK-Test bei $\alpha = 0,05$).



Durchschnittswerte der eingesetzten verdünnten Gülle: 4,2 % TS; 3,0 % organische Substanz, pH 7,4; Nährstoffgehalte (kg/m³): 2,22 N; 1,04 P₂O₅; 2,62 K₂O

Abb. 1: Versuchsvarianten mit Düngungs- und Schnitterminen

Ergebnisse

In den Tabellen 1 und 2 sind die wesentlichen Versuchsergebnisse dargestellt. Die für die Praxis wichtigsten Erkenntnisse werden im Folgenden zusammengefasst. Eine noch umfassendere Darstellung und Diskussion der bisher gewonnenen Resultate findet sich bei DIEPOLDER und RASCHBACHER (2010).

Tab. 1: Varianten und Jahresmittelwerte der wichtigsten Ertrags- und Qualitätsparameter (Mittel 1999-2008)

Variante	Schnitte/a	Güllegaben à 20 m ³ /ha	Erträge				N-Saldo (kg N/ha)	Futterqualitätsparameter (gewichtete Jahresmittel)		
			TM (dt/ha)	Energie (MJ NEL/ha)	Roh- protein (kg/ha)	Roh- faser (g/kg TM)		Roh- protein (g/kg TM)	Energie (MJ NEL /kg TM)	
1	3	2	104,7	bc 64 225	cd 1 292	e -112	245	a 124	c 6,13	c
2		3	114,9	a 69 818	abc 1 422	d -86	249	a 124	c 6,07	c
3	4	2	97,2	c 61 623	d 1 489	d -141	216	cd 153	b 6,35	b
4		3	105,8	bc 66 708	bcd 1 617	c -119	221	bc 153	b 6,31	b
5		4	116,5	a 72 860	a 1 792	b -103	226	b 154	b 6,26	b
6	5	3	99,9	c 64 955	cd 1 789	b -150	200	e 179	a 6,50	a
7		4	112,7	ab 71 483	ab 1 951	a -123	212	d 173	a 6,34	b

Erträge und N-Saldo

Die zehnjährigen Mittelwerte der Trockenmasseerträge bewegten sich bei den Varianten in einem Bereich von 97,2 dt/ha bis 116,5 dt/ha (Tab. 1). Die Daten belegen, dass auch langjährig durchaus hohe Erträge bei Verzicht auf mineralische Düngung zu erzielen sind. Allerdings wurde durch die insgesamt mehr oder weniger stark unterbilanzierte Düngung, insbesondere durch den Verzicht auf mineralischen Stickstoffdünger, das natürliche Ertragspotenzial des Standorts nicht ausgeschöpft. Dieses liegt am Versuchsstandort durchschnittlich bei rund 130-140 kg TM/ha. Die mittleren Energieerträge lagen in einem Bereich von 61.620 MJ NEL/ha bis 72.860 MJ NEL/ha.

Eine Erhöhung der Nutzungsintensität ohne Anpassung der Düngung führte zu Mindererträgen. So zeigt Tab. 1 beim Vergleich der jeweils gleich gedüngten Varianten, also 1 mit 3, 2 mit 4 und 6 sowie 5 mit 7, dass der Ertrag tendenziell um ca. 4-9 dt TM/ha bzw. abfiel, sofern unter Beibehaltung der Nährstoffzufuhr die Nutzungsintensität gesteigert wurde.

Als ein wesentliches Ergebnis dieses Versuchs lässt sich festhalten, dass die Nährstoffe der dünnen Gülle (4,2 % TS) sehr gut ausgenutzt wurden. Ihre Stickstoffwirkung entsprach annähernd der von Mineraldünger am gleichen Standort. Die Steigerung des Gülleeinsatzes pro Gabe (20 m³/ha) bewirkte einen Mehrertrag von durchschnittlich 10,6 dt TM/ha bzw. stieg der Energieertrag um 5.840 MJ NEL/ha an. Umgerechnet kommt dies dem Energiewert der Futtermenge von 48 Melktagen einer Kuh mit 25 l Milchleistung oder zusätzlichen ca. 1.200 kg Milch pro Hektar gleich.

Anders als beim Trockenmasse- und Energieertrag stieg der Rohproteinерtrag kontinuierlich von der „extensivsten“ Variante (1) zur „intensivsten“ (7) hin an. Bei letzterer lag der TM- und Energieertrag gegenüber der Variante 1 nur um knapp 8 bzw. 11 % höher, der Rohproteinерtrag jedoch um 51 %. Anhand des mittleren N-Saldos (N-Düngung minus N-Abfuhr) wird die langjährig hohe Stickstoffnachlieferung (Boden, Luft, Leguminosen) durch den Standort dokumentiert, was diesen als Grünlandgunstlage ausweist und bei der Interpretation der Ergebnisse beachtet werden sollte. Ebenfalls ist ersichtlich, dass unter dem Aspekt einer der Nährstoffabfuhr angepassten Düngung selbst die Varianten 7 und 5 mit intensiver Nutzung und viermaligem Gülleeinsatz als „extensiv“ zu betrachten sind.

Futterqualität

Schnittzeitpunkt bzw. Nutzungshäufigkeit erwiesen sich für die Futterqualität als wesentlich entscheidender als die Höhe der Düngung. Erkennbar ist aber auch innerhalb einer gegebenen Schnittfrequenz die Tendenz, dass mehr (N-)Dünger den Bestand etwas schneller „antrieb“ also altern ließ, woraus eine leichte Erhöhung der Rohfasergehalte resultierte. Dass mit zunehmender (N-)Düngung kein Anstieg der Rohproteingehalte zu erkennen ist, kann dahingehend interpretiert werden, dass für den Bestand der Stickstoff knapper Faktor war und vordringlich in Ertrag umgesetzt wurde.

Für die Sicherung einer optimalen Qualität des geernteten Futters war ein früher erster Schnitt in der ersten Maidekade und damit verbunden eine vier- bis fünfmalige Nutzungshäufigkeit notwendig. Die ausgesprochen hohen Energiegehalte von über 6,6 bzw. 7,0 MJ NEL/kg TM im Futter des ersten Aufwuchses bei den Vier- bzw. Fünfschnittvarianten, welche bei den Folgeschnitten nicht mehr erreicht wurden, führten zu den im gewichteten Jahresmittel (siehe Tab. 1) vergleichsweise höheren Energiekonzentrationen dieser Varianten. Bei den Varianten 1 und 2 mit drei Schnitten pro Jahr und spätem ersten Schnitt lag die mittlere Qualität in Hinblick auf eine leistungsbetonte Milchviehfütterung schon im suboptimalen Bereich. Hier war beim ersten Schnitt zwar „viel Masse“ aber „wenig Klasse“ im Ladewagen, worauf ein sehr niedriger Rohprotein-

gehalt von ca. 10 % in der TM und ein nur „bescheidener“ Energiegehalt von ca. 6,2 MJ NEL/kg TM (vor Konservierungsverlusten!) hindeuteten.

Pflanzenbestandszusammensetzung

Eine nachhaltige Qualitätssicherung im Grünland umfasst neben der Analyse der Ertrags- und Qualitätsparametern auch die Beobachtung der Entwicklung der botanischen Zusammensetzung des Pflanzenbestands. Tab. 2 zeigt, dass bei den Varianten 4-7, also den Parzellen mit mindestens drei Güllegaben und vier bzw. fünf Schnitten pro Jahr, langfristig und ohne Nachsaat hochwertige Pflanzenbestände mit einem Grasanteil von über 80 % und über 60 % *Deutschem Weidelgras* erreicht wurden.

Tab. 2: Jahresmittelwerte der Pflanzenbestandszusammensetzung (Mittel der in 1999, 2002, 2007, 2009 durchgeführten Aufnahmen)

Pflanzenbestandszusammensetzung (Artenanteile in % der FM des 1. Aufwuchses)										
Variante	Schnitte	Güllegaben	Σ Gräser	Deutsches Weidelgras	Gemeine Rispe	Σ Kräuter	Wiesenbärenklau	Löwenzahn	Σ Leguminosen	Futterwertzahl
1	3	2	61	40	13	34	10	16	5	6,3
2	3	3	71	47	15	25	6	7	4	6,6
3	2	2	80	53	12	15	6	7	5	7,0
4	4	3	81	62	11	13	2	5	6	7,2
5	4	4	83	62	11	10	1	4	7	7,2
6	5	3	81	65	10	12	<1	5	7	7,2
7	4	4	81	63	11	13	3	5	7	7,2

Bei der stark unterbilanziert gedüngten Vierschnitt-Variante 3 war der Weidelgrasanteil schon geringer. Mit einer dreimaligen Schnittnutzung (Varianten 1 und 2) konnten stabile und (aus produktionstechnischer Sicht) sehr hochwertige Pflanzenbestände mit hohen Weidelgrasanteilen nicht realisiert werden. Hier lag ein erhöhter Anteil an Kräutern vor, insbesondere *Löwenzahn* und *Wiesenbärenklau*. Dabei wies die „extensivste“ Variante (1) den schlechtesten Pflanzenbestand auf, was sich in der mittleren Futterqualität niederschlägt (siehe Tab. 2 rechts). Eine Zunahme der *Gemeinen Rispe* infolge ansteigender Bewirtschaftungsintensität war im Versuch nicht zu beobachten.

Fazit

Starke Eingriffe (Extensivierung) in das Düngungs-/Schnittsystem führen bei naturgegeben leistungsfähigen Grünlandbeständen zu futterwirtschaftlich negativen Effekten. Die Versuchsergebnisse zeigen aber, dass bei Grünlandstandorten in Gunstlagen auch ohne Mineraldüngereinsatz und bei unterbilanzierter Düngung durchaus langfristig stabile Grünlandbestände mit hohem Ertragsniveau und guter Futterqualität realisierbar sind. Entscheidend sind ein frühzeitiger erster Schnitt in der ersten Maidekade, rechtzeitige Folgenutzungen sowie ein optimales Management des wertvollen Mehrnährstoffdüngers Gülle.

Literatur

- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2011: Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland – Gelbes Heft, 9. Unveränderte Auflage 2011. 99. S..
- DIEPOLDER, M. UND SCHRÖPEL, R., 2002: Ergebnisse eines Stickstoffsteigerungsversuches auf einer weidelgrasreichen Wiese im Allgäuer Alpenvorland. Schule und Beratung, Heft 4/02, IV-3-7. Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten.
- DIEPOLDER, M. UND SCHRÖPEL, R., 2003: Effekte unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensität bei weidelgrasreichem Dauergrünland. Schule und Beratung, Heft 11/03, III-16-18. Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten.
- DIEPOLDER, M. UND RASCHBACHER, S., 2010: Leistungsfähiges Grünland und Verzicht auf mineralische Düngung – Sind nachhaltig hohe Erträge und Futterqualitäten möglich? Schule und Beratung, Heft 3-4/11, III-13-19. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.

Einfluss der Gülleapplikationstechnik auf die Stickstoffwirkung von Rindergülle an vier Standorten in Nordrhein-Westfalen

Berendonk, C.

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen,
Landwirtschaftszentrum Haus Riswick, Elsenpass 5, 47533 Kleve

clara.berendonk@lwk.nrw.de

Abstract

In the reported trials three systems of liquid manure distribution (1. spreading manure near the surface, 2. towing hose and 3. towing shoe) were tested at three different nitrogen levels at four places in North-Rhine-Westphalia during three years and the efficiency of nitrogen from liquid manure was compared with nitrogen from calcium ammonium nitrate. Besides differences in the nitrogen efficiency at the four places, the towing shoe showed the best N-efficiency (86 %), while towing hose resulted 72 % and spreading liquid manure near the surface 65 % compared to calcium ammonium nitrate (100 %). In a second trial at two places it was tested whether the efficiency of application by towing shoe can be influenced by waiting 12 days after cutting (reducing the amount of NH₃-emission). On average of the three years and two places the application date showed no effect. It is concluded that primarily weather conditions (lower temperatures - slightly wet) are important for optimal N-efficiency and must mainly be considered when fixing the application date.

Keywords: Gülleverteilung, Schleppschlauch, Schleppschuh, N-Effizienz

Einleitung und Problemstellung

Zur Verminderung der Stickstoffverluste bei der Gülleausbringung müssen gleichermaßen wasserschutzrelevante Auswaschungsverluste als auch klimagasrelevante gasförmige Verluste reduziert werden. Untersuchungen von ERNST (zitiert in: BERENDONK, 2011) in den Jahren 1985 bis 1990 zeigten, dass die Güllewirkung bei bodennaher Breitverteilung ganz erheblich durch den Trockensubstanzgehalt der Gülle beeinflusst ist und führten zu der Empfehlung der bodennahen Breitverteilung mit möglichst dünnflüssiger Gülle bei bedeckter oder feuchter Witterung. Die herkömmliche Technik mit breitflächiger Ausbringung wurde jedoch zunehmend abgelöst durch bodennahe Ausbringungsverfahren mittels Schleppschlauch oder Schleppschuh. Untersuchungen der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen in den Jahren 1997-2002 konzentrierten sich daher auf die Fragen:

1. Hat die Gülleverteilterchnik mit Schleppschuh und Schleppschlauch unter den verschiedenen Standortbedingungen in NRW einen Einfluss auf die Stickstoffwirkung der Gülle im Vergleich zu einer bodennahen Breitverteilung in Abhängigkeit von der Gülleapplikationsmenge (100, 140, 200 oder 300 kg N/ha)?
2. Inwieweit kann durch Verzögerung des Applikationstermins nach dem Schnitt bei der Ausbringung mit dem Schleppschuh die Ammoniakemission gemindert und dadurch die Stickstoffwirkung verbessert werden?

Material und Methoden

In einem Versuch 1 wurde der Effekt der Gülleverteilterchnik bei Applikation zu Vegetationsbeginn bzw. unmittelbar nach der Nutzung an vier Standorten in Nordrhein-Westfalen (Tab. 1) geprüft. Der Effekt der Verzögerung des Applikationstermins wurde an zwei Standorten im Versuch 2 untersucht. Die Gülleverteilung erfolgte mit einem von der Landwirtschaftskammer Niedersachsen für Kleinparzellenversuche entwickelten Gülleverteilergerät.

Tab. 1: Versuchsstandorte

Ort	Region	Höhe m über NN	langjähriges Mittel		Prüfjahre	
			Temperatur °C	Niederschlag mm	Versuch 1 Applika- tionstechnik	Versuch 2 Applikation nach dem Schnitt
Kleve	Niederrhein	15	10,0	712	1997-1999	2000-2002
Niederwette	Berg. Land	310	9,0	1300	1997-1999	
Blankenheim	Eifel	460	8,0	800	2000-2002	2000-2002
Eslohe	Sauerland	330	7,6	1109	1997-1999	

Tab. 2: Versuch 1 zur Prüfung der Applikationstechnik an 4 Orten

1. Gülleverteilterchnik		- Kalkammonsalpeter - Gülle-bodennahe Breitverteilung - Gülle mit Schleppschauch - Gülle mit Schleppschuh
2. N- Menge	Insgesamt - Kontrolle, 0N - 100 kg N/ha - 140 kg N/ha - 200 kg N/ha - 300 kg N/ha	je Schnitt (60-40) (60-40-40) (80-40-40-40) (100-60-60-40-40) an allen Standorten an allen Standorten nur Eslohe, Niederwette, Blankenheim an allen Standorten nur Kleve

Tab. 3: Versuch 2 zur Prüfung des Applikationstermins in Eslohe und Niederwette

1. Gülleverteilterchnik		- Kalkammonsalpeter - Gülle mit Schleppschuh
2. Applikationstermin		- unmittelbar nach dem Schnitt - 12 Tage nach dem Schnitt
3. N- Menge	Insgesamt - Kontrolle, 0 N - 140 kg N/ha - 200 kg N/ha	je Schnitt (40 KAS-N + 60-40-40 Gülle- bzw. KAS-N) (50 KAS-N + 50-50-50 Gülle- bzw. KAS-N)

Ergebnisse und Diskussion

Versuch 1: Applikationstechnik

Die erzielten Jahreserträge zeigen eine deutliche Abstufung zwischen den Standorten. Die höchsten Erträge im Mittel aller Prüfvarianten wurden in der günstigen Niederungslage in Kleve erzielt, gefolgt von ebenfalls recht hohen Erträgen der Übergangslage Niederwette und deutlich geringeren Erträgen der Mittelgebirgslage Blankenheim und der sehr rauen Mittelgebirgslage Eslohe. Die in Tab. 4 zusammengefassten Erträge der ungedüngten Kontrollvariante zeigen eine standortspezifische N-Wirkung an den vier Standorten. Die beste Wirkung zeigte sich in Blankenheim, kaum ein Effekt war in Niederwette, dem Standort, der bereits ohne N-Düngung einen Ertrag von 90,2 dt TM/ha lieferte, messbar. Zwar traten gewisse Unterschiede in der N-Wirkung in den einzelnen Jahren auf, diese sind offensichtlich aber mehr der Jahreswitterung zuzurechnen, als dass eine Nachwirkung bei zunehmender Versuchsdauer erkennbar ist. Der Effekt der Gülleverteilttechnik differierte an den Standorten insoweit, als an den beiden Standorten Kleve und Blankenheim in allen Prüfjahren und bei allen N-Stufen ein Effekt messbar war und beim Vergleich der Verfahren der Schleppschuh die beste Wirkung zeigte, in Eslohe wurde dieses Ergebnis nur im letzten Prüfjahr, dort jedoch bei allen N-Stufen bestätigt. Lediglich in Niederwette, dem Standort mit nur geringer KAS-Wirkung und vergleichsweise sehr geringer N-Wirkung der Gülle zeigte sich kein Effekt der Verteilttechnik.

Tab. 4: Einfluss der Gülleverteilttechnik auf den Trockenmassejahresertrag (dt TM/ha), in Abhängigkeit von Standort und Jahr

Ort/N-Menge	Jahr	Düngerart/-technik				
		Kontrolle, 0N	KAS	Breitverteilung	Schleppschlauch	Schleppschuh
Kleve (100-200-300 kg N/ha)	1997	76,7	104,5	100,4	102,2	104,5
	1998	102,2	119,2	121,0	127,9	127,3
	1999	91,8	118,4	114,9	114,8	123,3
	Mittel	90,3	114,0	112,1	115,0	118,4
Eslohe (100-140-200 kg N/ha)	1997	46,2	77,2	48,0	50,1	46,8
	1998	71,2	97,4	89,5	93,7	89,9
	1999	45,8	80,4	74,8	73,6	93,3
	Mittel	54,4	85,0	70,7	72,4	76,7
Niederwette (100-140-200 kg N/ha)	1997	74,9	99,3	87,2	84,9	86,6
	1998	98,4	107,3	99,4	97,0	97,2
	1999	97,3	101,6	95,7	104,8	101,4
	Mittel	90,2	102,7	94,1	95,6	95,1
Blankenheim (100-140-200 kg N/ha)	2000	72,8	111,9	97,7	96,3	103,9
	2001	57,9	92,8	88,2	87,7	93,2
	2002	55,7	93,5	78,2	82,4	93,4
	Mittel	62,2	99,4	88,0	88,8	96,9
Gesamtergebnis		74,3	100,3	91,2	92,9	96,7

In Abb. 1 wurden die Ergebnisse im Mittel der Jahre in Abhängigkeit von Standort und N-Stufe dargestellt. Eine Interaktion zwischen Verteilttechnik und Applikationsmenge ist nicht erkennbar.

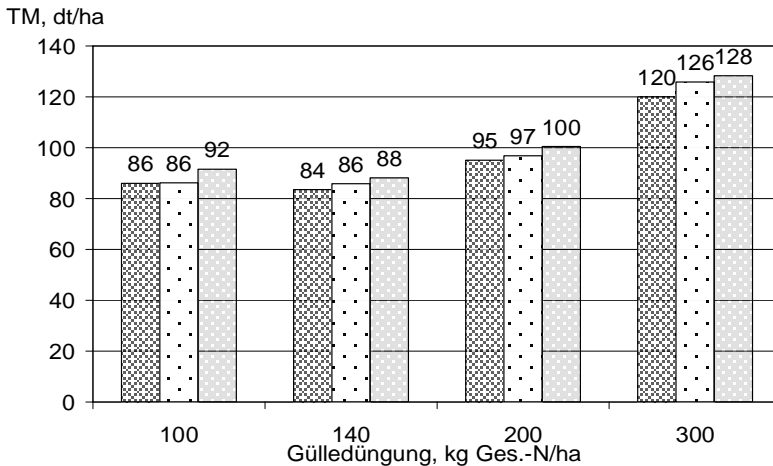


Abb. 1: Einfluss der Gülleverteilterchnik in Abhängigkeit von der Applikationsmenge

Zusammengefasst sind daher in Tab. 5 die mittleren Erträge in Abhängigkeit von der Ausbringtechnik berechnet: 100,3 dt/ha bei KAS-Düngung, 91,2 dt/ha bei Gülledüngung durch Breitverteilung, 92,7 dt/ha bei Schleppschauchverteilung und 96,7 dt/ha bei Schleppschuhapplikation. Verglichen mit dem mittleren Ertragsniveau der Kontrollvariante über alle Standorte und Jahre von 74,3 dt/ha errechnet sich hieraus eine Stickstoffwirkung der Gülle im Vergleich zum KAS-N von 65 % bei Breitverteilung, 72 % bei Schleppschauchverteilung und 86 % bei der Ausbringung mit dem Schleppschuh.

Tab. 5: Einfluss der Gülleverteilterchnik auf die Stickstoffwirkung im Vergleich zu Kal-kammonsalpeter (KAS), (Mittel aus 3 Jahren, 4 Orten, 3 N-Stufen)

	dt TM/ha	Mehrertrag zur Kontrolle, dt TM/ha	Mehrertrag rel. zur KAS
Kontrolle, 0N	74,3		
KAS	100,3	26,0	100
Breitverteilung	91,2	17,0	65
Schleppschauch	92,9	18,7	72
Schleppschuh	96,7	22,5	86

Versuch 2: Termin der Gülleapplikation

Die Untersuchungen zur Wirkung verzögerter Gülleapplikation mit dem Schleppschuh (Tab. 6) bestätigten die Ergebnisse der ersten Versuchsserie insoweit, als die Gülle am Standort Eslohe eine deutlich bessere Wirkung zeigte als am Standort Niederwette. Die Verzögerung des Applikationstermins bis zu 12 Tagen nach der Nutzung zeigte jedoch im Mittel an keinem Standort und bei keiner Düngungsvariante einen Effekt, selbst nicht bei der KAS-Düngung. Offensichtlich haben die Witterungsbedingungen, unter denen die Nährstoffe appliziert wurden einen größeren Effekt auf die Nährstoffwirkung, als die erwarteten negativen Effekte zeitweilig verspäteter Nährstoffanlieferung und die positiven Effekte verminderter NH_3 -Verluste bei Applikation in etwas nachgewachsene Bestände.

Tab. 6: Einfluss des Applikationstermins bei Gülledüngung mit Schleppschuh auf den Trockenmassejahresertrag und die N-Wirkung der Gülle im Vergleich zu Kalkammonsalpeter (Mittel von 2000-2002 und 2 N-Stufen)

Düngetermin:		TM-Ertrag, dt/ha		Ertragszuwachs gegenüber der Kontrolle rel. zu "KAS 1 Tag nach Schnitt"	
		1 Tag nach Schnitt	12 Tage nach Schnitt	1 Tag nach Schnitt	12 Tage nach Schnitt
Standort	Gülleverteilung				
Eslohe	Kontrolle	53,3			
Eslohe	KAS	99,8	99,4	100,0	100,0
Eslohe	Schleppschuh	98,3	97,9	96,8	96,7
Niederwette	Kontrolle	70,4			
Niederwette	KAS	115,2	115,0	100,0	100,0
Niederwette	Schleppschuh	99,4	100,9	64,7	68,4
Mittel	Kontrolle	61,8			
Mittel	KAS	107,5	107,2	100,0	100,0
Mittel	Schleppschuh	98,8	99,4	81,1	82,8

Schlussfolgerungen

- Ertrags- und Wirkungsunterschiede zwischen den Standorten sind nicht nur durch Lage und Witterung, sondern offensichtlich auch durch Unterschiede im Stickstofffreisetzungspotential der Standorte zu erklären.
- An den Standorten mit besserer N-Wirkung zeigte die Gülleapplikationstechnik einen Effekt. Die beste Gülle-N-Wirkung im Vergleich zur KAS-Düngung wurde mit dem Schleppschuh (86%), gefolgt von Schleppschlauch (72%) und Breitverteilung (65%) erzielt.
- Der Termin der Gülleapplikation nach dem Schnitt sollte sich vornehmlich an den Witterungs- und Bodenbedingungen orientieren, da eine Verzögerung bis zu 12 Tagen nach der Nutzung keinen negativen Effekt zeigte.

Literatur

BERENDONK, C., 2011: Nährstoffwirkung von Gülle. In: Lütke Entrup, N und B.C. Schäfer, 2011: Lehrbuch des Pflanzenbaus, Bd. 2 Kulturpflanzen. AgroConcept, Bonn, 810-814.

Vergleichende Wirkung nährstoffgleicher mineralischer und organischer Stickstoffdüngung auf Erträge, botanische Zusammensetzung von Dauergrünland sowie Nährstoffverhältnisse im Boden

Elsässer, M.

Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW),
Atzenberger Weg 99 88326 Aulendorf

martin.elsaesser@lazbw.bwl.de

Abstract

Im Rahmen der Vergleichsflächenversuche zu Wasserschutzgebieten wurden an 5 Standorten in Baden-Württemberg von 1988 bis 1995 unterschiedliche Düngewarianten mit variiertem N-Aufwand hinsichtlich verschiedener Ertragsparameter von Dauergrünland untersucht. Verglichen wurden u.a. nährstoffgleiche Mineral- mit Güllendüngung. In die Berechnung der „ordnungsgemäße“ Düngung wurde jeweils die N-Lieferung des Standortes einbezogen und die symbiotische N-Bindung von Weissklee abgeschätzt. Die Unterschiede zwischen mineralischer N-Düngung und nährstoffgleicher Güllendüngung waren bei dem angelegten Düngungsniveau nicht signifikant. Im direkten Vergleich nährstoffgleicher Mineraldüngung mit Gülle zeigte sich, dass sowohl die Leguminosenanteile als auch die Menge an insgesamt fixiertem Stickstoff bei den Varianten mit Gülle deutlich höher waren.

Keywords: N-Lieferung, symbiotische N-Bindung, Nitratauswaschung, Wasserschutz

Einleitung

In Baden-Württemberg wird seit 1987 über die Schutz- und Ausgleichsverordnung - SchALVO - die "ordnungsgemäße" N-Düngung für Wasserschutzgebiete vorgeschrieben. Die Höhe der N-Zufuhr bei Grünland orientiert sich dabei am durchschnittlichen Entzug verschieden häufig genutzter Grünlandbestände, der um einen Wert für die pauschal angesetzte und aus Versuchen empirisch ermittelte "Stickstofflieferung des Standortes" vermindert wird. Im Rahmen des Vergleichsflächenprojektes wurden von der LVVG Aulendorf achtjährige Untersuchungen zur Stickstoffdüngung auf Dauergrünlandbeständen auf für die Grünlandregionen Baden-Württembergs typischen Standorten in Zusammenarbeit mit den Wasser der landwirtschaftlichen Bezirksverwaltung durchgeführt. Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse findet sich in ELSÄSSER (1999).

Material und Methoden

In Versuchsphase 1 wurden auf fünf Standorten in Baden-Württemberg (dreimal genutzt: Neresheim, Titisee-Neustadt; viermal genutzt: Oberndorf, Bad Teinach, Gaisbeuren) vier, in Versuchsphase 2 auf drei verbleibenden Standorten (Neresheim, Oberndorf, Bad Teinach) sechs Düngesysteme verglichen, wobei die Höhe der N-Zufuhr jeweils entsprechend der Ertragerwartung an den unterschiedlichen Standorten variierte. Die Düngungssysteme gliederten sich wie folgt:

Versuchsphase 1 (1988 – 1991)

- V.1: ausschließlich PK-Düngung (kein N);
V.2: ordnungsgemäße Düngung - mineralisch (unter Berücksichtigung einer N-Lieferung des Standortes von 100 kg bzw. 70 kg N ha⁻¹ a⁻¹);
V.3: N-Düngung - reduziert mineralisch (= N wie V.2 minus 20%);
V.4: N-Düngung - reduziert organisch (Gülle: 3,5% TS; N wie V.3, mineralischer PK-Ausgleich).

Versuchsphase 2 (1992 – 1995)

Zusätzlich zu den weitergeführten Varianten aus Versuchsphase 1:

- V.5: N-Düngung nach Entzug - mineralisch (P und K wie bei V.2) (ohne Berücksichtigung der N-Nachlieferung);
V.6: N-Düngung nach Entzug - reduziert organisch/mineralisch (= N wie V.5 minus 20%; organischer N-Aufwand wie bei V.4, restlicher N-Aufwand mineralisch).

Die im Versuch verabreichten Nährstoffmengen sind in Tab. 1 verzeichnet.

Tab. 1: Stickstoffdüngung der Versuchsflächen je Jahr in kg N ha⁻¹

Standort	Neresheim	Titisee-Neustadt	Oberndorf	Bad Teinach	Gaisbeuren
V.1: PK-Düngung	0	0	0	0	0
V.2: ordnungsgemäß	87	70	125	125	220
V.3: reduz.mineral.	70	56	100	100	176
V.4: Gülle	74	63	100	96	170
V.5: Entzug mineral.	216	175	257	250	350
V.6: Entzug Gülle	171	140	205	202	295

Bodenproben

N_{min} (NO₃-N und NH₄-N):

1. Probe bei Vegetationsbeginn und die weiteren nach jeder Nutzung sowie zum Vegetationsende und im Herbst in zweiwöchigem Abstand zwischen 1. November (44. Kalenderwoche) und 15. Dezember

Schichttiefen:

Oberndorf, Bad Teinach, Neresheim: 0-30, 30-60, 60-90 cm

Titisee-Neustadt, Gaisbeuren: 0-30, 30-60 cm; in Gaisbeuren teilw. auch 60-90 cm.

Botanische Zusammensetzung des Pflanzenbestandes

Die botanische Zusammensetzung der Versuchspartellen wurde mittels der üblichen Ertragsanteilschätzung (KLAPP, 1949) erfasst.

N-Lieferung des Standortes

Die N-Lieferung des Standortes wurde als Zufuhr : Abfuhr - Vergleich (N-Düngung minus N-Entzug über Erntegut) abgeschätzt.

¹ Die N-Lieferung des Standortes ist eine grobe Schätzgröße, die in dieser Höhe den Angaben der damaligen SchALVO entspricht. Diese Größe umfaßt als grobe Schätzgröße neben der N-Nachlieferung des Bodens auch alle anderen Stickstoff-Quellen, wie nasse und trockene Deposition, N₂-Bindung durch Leguminosen oder Eintrag aus Bröckelverlusten abzüglich der auftretenden Verluste.

Symbiotische N₂-Fixierung

An der Weißklee-Fraktion wurde eine N-Bestimmung nach Kjeldahl durchgeführt. Aus der N-Düngung, dem TM-Ertrag der Parzelle sowie dem geschätzten Ertragsanteil des Klees in der Gesamtparzelle wurde mit Hilfe einer Formel von ZANETTI & BOLLER (1996) der Anteil der symbiotischen N₂-Fixierung (%N_{sym}) abgeschätzt.

$$\%N_{\text{sym}} = 79,8 - 0,163 \times \%Klee + 0,482 \times TM - 0,394 N$$

%Klee = prozentualer Ertragsanteil des Klees

TM = Mischungsertrag (dt ha⁻¹ Schnitt⁻¹)

N = Stickstoffgabe (kg ha⁻¹ Schnitt⁻¹)

Statistische Verrechnung der Trockenmasseerträge und Futterwertparameter

Die Versuche wurden zusätzlich zur jahrweisen, standörtlich getrennten Verrechnung mittels des Programmpaketes "SAS 6.04" als dreifaktorielle Varianzanalyse (Standorte, Jahre, Varianten) verrechnet:

1988 - 1991: 4 Varianten, 5 Orte, je 4 Wiederholungen;

1992 - 1995: 6 Varianten, 3 Orte (Neresheim, Oberndorf und Bad Teinach; Titisee-Neustadt und Gaisbeuren wurden ausgeschieden), 4-fache Wiederholung nur noch bei V.1 und V.3, sonst zweifache Wiederholung;

Ergebnisse

Trockenmasseerträge

Die TM-Erträge schwankten standortbezogen von 88,4 bis 102,9 dt TM ha⁻¹ (Ø = 8 Jahre), und nahmen an allen Standorten übereinstimmend im Verlauf der Beobachtungsperiode zunächst ab, später ebenso übereinstimmend wieder zu (Tabellen 2 u. 3). Bei den zwar nährstoffgleichen, aber auf verschiedene Düngerarten (mineralisch bzw. organisch) fußenden Varianten V.3 und V.4 traten offenbar infolge optimaler Gülleapplikation (bodennah auf kurze Stoppel) und der Verdünnung der Gülle mit Wasser keine signifikanten Ertragsunterschiede auf.

Tab. 2: Mittlere TM-Erträge (dt ha⁻¹) im ersten Versuchsabschnitt (1988 bis 1991)

Variante	PK-Dgg.	ordgem.	red.min.	Gülle	Mittel Standort
Standort	V.1	V.2	V.3	V.4	GD (5%) = 2,57
Neresheim	78,2	87,9	89,9	84,9	85,2 E
Titisee-Neustadt	79,1	94,9	88,6	88,8	87,9 D
Oberndorf	92,8	100,2	98,1	97,9	97,3 C
Bad Teinach	89,7	106,5	101,3	103,8	100,3 B
Gaisbeuren	114,5	131,3	128,2	130,8	126,2 A
Mittel Variante	90,9	104,2	101,2	101,2	
GD (5%) = 2,30	C	A	B	B	

Tab. 3: Mittlere TM-Erträge (dt ha⁻¹) im zweiten Versuchsabschnitt (1992 - 1995)

Variante	PK-Dgg.	ord-	red.min.	Gülle	Entz.min	Entz.org	Mittel
Standorte	V.1	gem.V.2	V.3	V.4	V.5	V.6	Standort
							GD (5%) = 3,1
Neresheim	83,3	97,5	90,0	90,0	105,0	106,3	93,2 B
Oberndorf	74,2	89,9	84,2	91,3	102,8	108,9	88,7 C
Bad Teinach	95,6	109,8	113,2	111,0	122,8	119,5	110,1 A
Mittel Variante	84,4	99,1	95,8	97,4	110,2	111,6	

Grenzdifferenzen (5 %): Vergleich von V.1 oder V.3 mit V.2, V.4, V.5 u. V.6 = 6,05
 Vergleich von V.1 mit V.3 = 4,94
 Vergleich von V. 2, V.4, V.5 u. V.6 mit V.4, V.5, V.6 u. V.2 = 6,98

Nmin- bzw. Nitratgehalte im Boden

Im Verlauf der Untersuchungsperiode schwankten die Nitratgehalte im Boden zwischen den Beprobungsterminen erheblich und differierten ebenfalls zwischen den Standorten. Direkte Beziehungen zwischen der Höhe der N-Düngung und NO₃-Gehalten im Boden waren nur vereinzelt erkennbar. Die beobachteten starken Schwankungen der Nmin-Gehalte zwischen einzelnen Beprobungsterminen beruhen offenkundig in erster Linie auf Einflüssen der Witterung und den jeweiligen Mineralisierungsbedingungen. Bezüglich der Darstellung der standortspezifischen Entwicklung der Nitratgehalte zu allen Beprobungsterminen wird auf ELSÄSSER (1999) verwiesen.

In Tab. 4 sind die mittleren Nitratgehalte (0-60 cm Bodentiefe) zum Beprobungstermin 44. Kalenderwoche verzeichnet. Aufgeführt sind die Mittel-, Tiefst- und Höchstwerte, wobei letztere sich ausnahmslos auf das erste Versuchsjahr beziehen.

Tab. 4: Mittlere Nitratgehalte in kg Nitrat-N/ha (0-60cm) und deren Spannweite in der 44. Kalenderwoche (1988 - 1995)

Standorte		V.1 PK	V.2 Ordgem.	V.3 reduz. min.	V.4 Gülle
Titisee-Neustadt	Mittel	18,9	19,1	16,4	19,6
	Höchst	81	88	65	85
	Tiefst	7	6	6	6
Neresheim	Mittel	40	39,3	38,4	36,4
	Höchst	163	154	139	153
	Tiefst	15	12	16	17
Oberndorf	Mittel	9,8	9,8	9,0	12,5
	Höchst	32	25	22	40
	Tiefst	4	4	5	4
Bad Teinach	Mittel	7,8	10,5	9,8	10,4
	Höchst	23	33	32	29
	Tiefst	4	5	4	5
Gaisbeuren	Mittel	19,4	13,8	14,1	12,0
	Höchst	53	37	44	20
	Tiefst	8	7	7	8
Mittelwerte		19,2	18,5	17,5	18,2

Zwischen den Varianten sind die Unterschiede im Mittel sehr gering. Die Reduzierung des Gefährdungspotentials für die Auswaschung von Nitrat ins Grundwasser ist demnach bereits bei ordnungsgemäßer Düngung möglich. Gravierende Unterschiede zwischen mineralischer N-Düngung und bezogen auf N nährstoffgleicher Gülledüngung bestanden nicht. Der Vergleich der Nitratgehalte zum gleichen Beprobungstermin in der Versuchsphase 2 (1992-1995) zeigte für die Entzugsdüngung (V.5 in Tab. 5) zwar vergleichsweise erhöhte Nitratgehalte, gleichwohl lagen die Gehalte aber auch bei diesen Varianten weit unter dem geforderten Nitratgrenzwert.

Botanische Zusammensetzung der Versuchsflächen

Im Verlauf der achtjährigen Beobachtungsperiode veränderte sich die botanische Zusammensetzung der Pflanzenbestände zwischen den Düngungssystemen. Die Zunahmen der Leguminosenanteile bei Verzicht auf N-Zufuhr (V.1) unabhängig vom Standort und die Förderung der Gräser bei Düngung nach Entzug (V.5 und V.6) waren eindeutig. Die Vermutung liegt allerdings nahe, dass schon allein geregelte versuchsmässige Bewirtschaftung Einflüsse ausübt, die sich auch im einheitlichen Rückgang der mittleren

Futterwertzahlen äußerte. Die Beobachtungen ließen darüber hinaus deutlich werden, dass Versuchsanstellungen zur Düngung von Dauergrünland, dessen botanische Zusammensetzung flächenbezogen naturgemäß nicht sehr homogen ist, mit besonderen Schwierigkeiten behaftet sind.

Symbiotische N₂-Bindung

Mittels einer Schätzgleichung wurde die symbiotische N₂-Bindung von *Trifolium repens* bei unterschiedlich hoher N-Zufuhr abgeschätzt (BOLLER, 1988) (Tab. 6).

Tab. 5: Mittlere Nitratgehalte in kg Nitrat-N/ha (0-60cm) in der 44. Kalenderwoche (1992 - 1995)

Variante	V.1 PK	V.2 ordgem	V.3 reduz. min.	V.4 Gülle	V.5 Entz. min.	V.6 Entz. min./org.
Titisee-Neustadt	8,5	8,3	8,3	9,5	12,3	11,3
Neresheim	24,0	20,3	23,8	19,3	29,5	23,0
Oberndorf	7,0	6,5	5,8	8,9	17,8	12,8
Bad Teinach	4,8	5,5	5,8	6,8	7,8	9,0
Mittelwerte	11,1	9,5	10,2	10,9	16,9	14,0

Tab. 6: Anteil der symbiotischen N₂-Fixierung (%N_{sym}), Ertragsanteile (EA) sowie gesamte symbiotisch fixierte N₂-Menge von Weißklee (Varianten mit unterschiedlicher Wiederholungszahl: V. 1,3 = 4 Wdh; V. 2,4,5,6 = 2 Wdh.)

	Mittlere EA von Weißklee %	Menge an symb. fixier- tem N (kg ha ⁻¹)	Menge an symb. fixiertem N (kg je % EA Weißklee)
Jahr			
1992	8,4 B	14,6 B	3,4 A
1993	13,6 A	27,4 A	3,1 B
1994	8,6 B	18,5 B	2,9 C
GD (5%)	2,13	4,47	0,12
Ort			
Neresheim	8,0 B	17,3 B	3,0 B
Oberndorf	13,5 A	24,7 A	3,3 A
BadTeinach	9,1 B	18,6 B	3,0 B
GD (5%)	2,13	4,47	0,12
Varianten			
V.1: PK-Dgg.	18	36,7	3,2
V.2: ordgem.	8	15,9	3,1
V.3: red.min.	8	16,2	3,2
V.4: Gülle	13	24,8	3,2
V.5: Entz.min.	2	3,6	2,8
V.6: Entz.org.	6	11,4	2,9
F-Test für Wechselwirkungen			
Jahr x Ort FG = 4	1,24	1,39	13,3***
Jahr x Var FG = 10	1,46	1,88	2,34
Var x Ort FG = 10	2,52*	1,52	0,62
J x O x V FG = 20	1,03	0,97	0,59

Im direkten Vergleich nährstoffgleicher Mineraldüngung mit Gülle (V3 und V4; bzw. V5 und V6) zeigte sich, dass sowohl die Leguminosenanteile als auch die Menge an insgesamt fixiertem Stickstoff bei den Varianten mit Gülle deutlich höher waren. Die höheren Leguminosenanteile in den Varianten V.1 (PK-Düngung: + 10% EA) und V.4 (reduzierte Düngung organisch: + 5% EA) bewirkten eine deutlich höhere symbiontische N₂-Bindung.

Zusammenfassung

Die im Rahmen der Vergleichsflächenversuche durchgeführten Untersuchungen zu Auswirkungen unterschiedlicher N-Düngung auf Dauergrünlandbestände machten deutlich, dass Dauergrünland unter Schnittnutzung hinsichtlich etwaiger Nitrat auswaschungen eher unproblematisch ist. Grundlage dieser Feststellung ist allerdings, dass es sich um Düngemengen in Höhe maximal des Stickstoffezuges handelt. N-Zufuhr in Höhe der ordnungsgemäßen N-Düngung und die zusätzlich um 20% im N-Aufwand reduzierte „wasserschutzgemäße“ Düngung waren für die Nitratbelastung des Grundwassers weitgehend unproblematisch und in der Lage, die Nitratgehalte in den Böden über die Versuchsdauer hinweg zu reduzieren. Die auftretenden, teilweise massiven Schwankungen der Nmin-Gehalte zwischen den Beprobungsterminen und die vereinzelt, teilweise hohen Nitratgehalte werden in erster Linie auf Einflüsse der Witterung und daraus resultierend, die differierenden Mineralisationsbedingungen zurückgeführt. Die Unterschiede zwischen mineralischer N-Düngung und nährstoffgleicher organischer Düngung über Gülle waren bei dem angelegten Düngungsniveau nicht signifikant.

Im direkten Vergleich nährstoffgleicher Mineraldüngung mit Gülle (V3 und V4; bzw. V5 und V6) zeigte sich, dass sowohl die Leguminosenanteile als auch die Menge an insgesamt fixiertem Stickstoff bei den Varianten mit Gülle deutlich höher waren.

Literatur

- BOLLER, B., 1988: Biologische Stickstoff-Fixierung von Weiß- und Rotklee unter Feldbedingungen. Landwirtschaft Schweiz, 1, 4, 251-253.
- BRIEMLE, G., 1988: Nachlieferung an Mineralstickstoff aus dem Boden unter Wirtschaftsgrünland und Konsequenzen für die Stickstoffdüngung. Das wirtschaftseigene Futter, 34, 2, 117-141.
- ELSÄSSER, M., 1999: Auswirkungen reduzierter Stickstoffdüngung auf Erträge, Futterwert und Botanische Zusammensetzung von Dauergrünland sowie Nährstoffverhältnisse im Boden. Eigenverlag Aulendorf.
- ZANETTI, S. UND BOLLER, B. 1996: Symbiontische N₂-Fixierung im Feldfutterbau: Möglichkeiten und Grenzen der Schätzung dieses N-Importes. Workshop „Nährstoffbilanzierung im ökologischen Landbau“ 5./6.Dez., 1996, ZALF Müncheberg, 44-45.

Auswirkungen mineralischer und organischer Düngung auf kräuterreiches Niedermoorgrünland im Vergleich von Groß- und Kleinparzellen

Elsässer, M.

Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW),
Atzenberger Weg 99; 88326 Aulendorf

martin.elsaesser@lazbw.bwl.de

Abstract

Auf einem Niedermoordauergrünland in Aulendorf wurden unterschiedliche Düngewarianten - rein mineralisch und mit Gülle - miteinander verglichen. Gleichzeitig wurde der Versuch in Kleinteilstücken mit versuchsmäßiger Erntetechnik beerntet und mit Großparzellen unter praxisüblicher Bewirtschaftung verglichen. Erhebliche Ertragseinbußen wurden bereits nach kurzer Versuchsdauer bei Verzicht auf jegliche Düngung infolge des Mangels von P festgestellt. Wurden P und K gedüngt und nur auf N verzichtet, kam es nicht zu Ertragsdepressionen.

Düngung von Grünland bei unterschiedlich großen Versuchsteilflächen ergab systematische Unterschiede hinsichtlich der Trockenmasseerträge und der botanischen Zusammensetzung. Großparzellen unter Praxisnutzung zeigten höhere Erträge und höhere Ertragsanteile an Gräsern. Es kann vermutet werden, dass Bodendruck auf Praxisflächen und die Unterschiede in den Erntezeitpunkten zwischen Groß- und Kleinparzellen verantwortlich für diese Effekte waren.

Keywords: Versuchsanlage, Gülleflora, Erntetechnik, Niedermoor, Stickstoff

Einleitung

Die Methodik des Versuchswesens im Grünlandbereich hat sich in Anlage, Durchführung und statistischer Auswertung im Lauf der Jahre aus dem ackerbaulichen Bereich heraus entwickelt. So werden z. B. auch bei Versuchen auf Dauergrünland einzelne Varianten drei- bis sechsfach wiederholt, um Mittelwerte des TM - Ertrages, der Inhaltsstoffe oder der botanischen Entwicklung zu berechnen. Nun ist es aber einigermaßen leicht möglich, Effekte von Behandlungen zu erfassen, wenn einheitliche Bestände, z. B. bei Weizen oder Einzelgräsern vorliegen. Gleiches ist aber mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden, wenn es sich, wie bei Dauergrünland, um Pflanzengemeinschaften handelt. Pflanzen mit Rhizomen oder Stolonen verbleiben oft unbeeinflusst von allen Behandlungsmaßnahmen ortsfest in der gleichen Parzelle, wohingegen gleich behandelte Parzellen einer anderen Wiederholung mit anderem Ausgangsbestand eventuell eine völlig andere Entwicklung nehmen. Die statistische Überprüfung der Zu- oder Abnahme einzelner Arten trifft demnach die Gesamtsituation nicht. Besser ist es die botanische Entwicklung des gesamten Bestandes zu erfassen (ECKERT UND BRIEMLE, 1997).

Mit dem vorliegenden Experiment sollten folgende Fragen beantwortet werden.

1. Ist übermäßige Güllendüngung ursächlich für die Entwicklung einer sogenannten „Gülleflora“ verantwortlich oder ist die bezogen auf den pflanzlichen Bedarf unaus-

gewogene Nährstoffversorgung bei Düngung von Gülle die Hauptursache für die botanischen Veränderungen?

2. Reagieren Pflanzenbestände bei unterschiedlich großen Versuchsparzellen - verglichen wurden Großparzellen mit praxisüblicher Bewirtschaftung mit zu Kleinparzellen und versuchsmäßiger Bewirtschaftung ohne Befahren der Versuchsfäche - hinsichtlich der Erfolgsparameter von Grünland gleich?
3. Ist die Nährstoffzufuhr in unterschiedlicher Höhe auf Niedermoorböden maßgeblich für die Etablierung einer Nachsaat?

Material und Methodik

Die Untersuchungen wurden von 1992 bis 1998 auf einer Niedermoorfläche am Standort Aulendorf (590 m ü NN; 900 mm Niederschlag je Jahr) auf einem alkalischen und damit sehr tätigen Boden mit optimaler Wasserversorgung durchgeführt.

Versuchsanlage

Parzellengröße und Bewirtschaftung:

Kleinparzellen: Blockanlage: 6 Varianten, 4 Wiederholungen; 25 m² Parzellengröße.

Großparzellen: Parzellengröße: 100 x 8 m; ohne echte Wiederholungen, jedoch jede Variante mit 4 jeweils exakt eingemessenen Beobachtungs- und Ernteparzellen.

Auf den Kleinparzellen erfolgte die Bewirtschaftung ausschließlich mit Versuchsgeräten bzw. von Hand (Mahd mit Einachsbalckenmäher); auf den Großparzellen erfolgte die Bewirtschaftung mit praxisüblichen Maschinen und Geräten (u.a. Güllefass mit 6 m³ Fassungsvermögen, Pralltellerabfuhr, 8 m Arbeitsbreite; Ernte mit Scheibenmäherwerk und Ladewagen mit Tandemachse).

Nutzungen: 4 bis 5 Nutzungen jährlich; bei beiden Versuchen wurde eine Beerntung zum gleichen Zeitpunkt angestrebt. Als maximale zeitliche Differenz der Erntetermine wurde ein Abstand von 1 Woche dann gestattet, wenn die Praxisfläche aufgrund ungeeigneter Witterungsverhältnisse nicht zeitgerecht geerntet werden konnte.

Varianten: Es wurden 2 Varianten mit Gülle und 2 mit nährstoffgleicher Mineraldüngung mit einer Null- bzw. PK-Düngung verglichen. In Tab. 1 sind die gedüngten Nährstoffmengen aufgelistet.

Tab. 1: Versuchsvarianten

Variante	Nährstoffzufuhr * N/P ₂ O ₅ /K ₂ O (kg ha ⁻¹)
V.1: ohne Düngung	0 / 0 / 0
V.2: PK-Düngung	0 / 150 / 360
V.3: „ordnungsgemäße“ Düngung ¹⁾ - mineralisch	200 / 150 / 360
V.4: 1,5 x ordnungsgemäß - mineralisch	300 / 225 / 540
V.5: „ordnungsgemäße“ Düngung - mit Gülle	240 / 173 / 344
V.6: 1,5 x ordnungsgemäß - mit Gülle	351 / 258 / 515

¹⁾ Als ordnungsgemäße Düngung von Grünland gilt in Baden-Württemberg der Entzug abzüglich einer gewissen N-Lieferung des Standortes, die je nach Standort und Nutzungsfrequenz variiert.

Pflanzengesellschaft: „Weidelgrasreiche Vielschnittwiese“ (Taraxacum Lolium -Gesellschaft). Im vorliegenden Fall setzte sich das Dauergrünland anfangs aus mehr als 70% Ertragsanteil (EA) Umbelliferae, insbesondere *Anthriscus sylvestris* und *Lamium album* zusammen (KLAPP, 1949). Die Grasart mit dem höchsten EA war *Lolium hybri-*

dum. Die Versuchsflächen wurden zu Versuchsbeginn mit einer amtlich empfohlenen Mischung (NS2, 25 kg/ha; mit Vredo - Gerät) nachgesät.

Ähnlichkeiten zwischen Beständen

Bestandsaufnahmen der Aufnahmezeitpunkte 1988, 1992 und 1995 wurden von Dr. Briemle (Aulendorf) vorgenommen, mit dem pflanzensoziologischen Verrechnungsprogramm SORT 3.0 bearbeitet und mittels des Ähnlichkeitsindex von SPATZ (1970) paarweise verglichen. Der SPATZ - Index differenziert sowohl nach Arten als auch nach deren Ertragsanteilen. Die sich aus allen paarweisen Vergleichen der Varianten und Wiederholungen eines Versuchsjahres ergebende Ähnlichkeitsmatrix wurde einer Clusteranalyse unterzogen und als Dendrogramm dargestellt. Zur Erstellung der Dendrogramme aus den Distanzmatrices aller möglichen Paarvergleiche wurde in Anlehnung an ECKERT UND BRIEMLE (1997) nach dem „Complete Linkage Verfahren“ vorgegangen: die Ähnlichkeit zwischen einer Aufnahme und einem Cluster ist als Abstand zur entferntesten Aufnahme des Clusters definiert.

Ergebnisse

Veränderungen der botanischen Zusammensetzung des Grünlandbestandes

Die zu Versuchsbeginn überaus hohen Anteile an *Wiesenkerbel* (*Anthriscus sylvestris*) hatten sich während der Versuchsphase generell verringert, wobei es weder Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten, noch zwischen der Parzellengröße gab. Anders verhält es sich bei den übrigen Kräutern, welche zu Versuchsbeginn gar nicht so sehr im Mittelpunkt des Interesses standen. So erfuhr *Löwenzahn* (*Taraxacum officinale*) mit Ausnahme der Variante „ungedüngt“ in den Großparzellen eine generelle Förderung. Besonders stark nahm er unter „PK-Düngung“ (V.1), „ordnungsgemäßer Mineraldüngung“ (V.3) und „1,5 x ordnungsgemäßer Mineraldüngung“ (V.4) zu. In den Kleinparzellen war dies nur bei der Variante V.1 der Fall. Ausgesprochen schädlich wirkten sich die beiden Varianten der Gülledüngung auf *Taraxacum officinale* aus. Eine interessante Entwicklung vollzog sich bei der Weißen Taubnessel (*Lamium album*): Während diese Art auf den Großparzellen generell abnahm, profitierte sie auf den Kleinparzellen von der Gülle-Düngung.

Die Auswertung der botanischen Daten mittels des Ähnlichkeitsindex zeigte erhebliche Einflüsse durch die versuchsmäßige Bewirtschaftung und Düngung (Abb. 1).

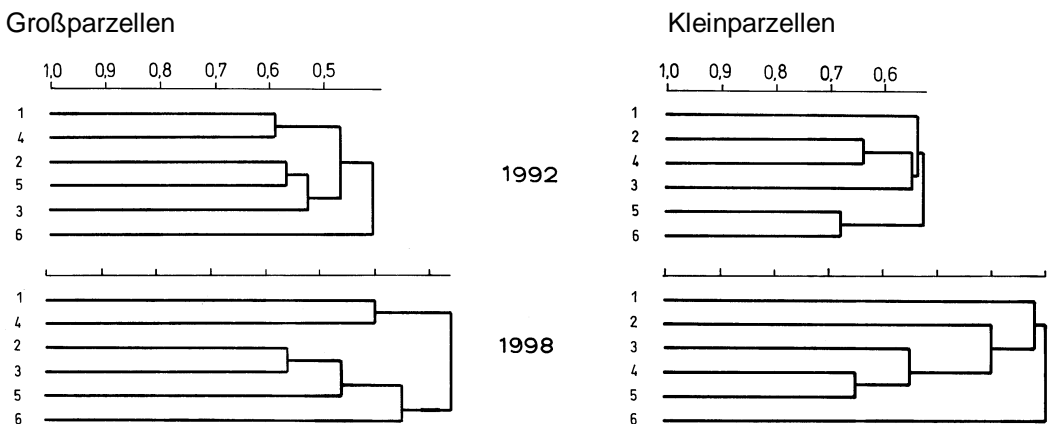


Abb. 1: Ähnlichkeitsindex nach Spatz

Trockenmasseerträge

In Tab. 2 sind sowohl die unterschiedlichen gedüngten Nährstoffmengen als auch die Trockenmasseerträge aufgelistet. Die Düngung mit Phosphat und Kali (V.2) erbrachte in beiden Versuchsteilen gegenüber ungedüngt (V.1) signifikante Mehrerträge. Zusätzliche Stickstoffzufuhr bei ordnungsgemäßer Düngung (V.3) hatte nur bei den Großparzellen einen signifikanten Ertragseffekt. Mit Ausnahme von V.6 lagen die TM - Erträge im Großparzellenversuch vergleichsweise höher als die der Kleinparzellen. Es kann vermutet werden, dass das Befahren der Böden bei praxisnaher Bewirtschaftung zumindest bei den den Versuchsergebnissen zugrunde liegenden, zur Auflockerung neigenden Moorböden einen wesentlichen Einfluss auf das Ergebnis von Grünlandversuchen hat.

Tab. 2: Trockenmasseerträge (dt ha⁻¹) der Versuchsvarianten im Mittel der gesamten bisherigen Versuchsperiode 1993 -1998

V	Behandlung (4 Schnitte)	Düngung N/P ₂ O ₅ /K ₂ O(kgha ⁻¹)	Kleinparzellen	Großparzellen
1	Keine Düngung	0 / 0 / 0	55,5 d	70,4 e
2	PK mineralisch	0 / 150 / 360	130,0 c	133,0 d
3	NPK mineralisch	200 / 150 / 360	134,5 bc	155,9 b
4	1,5 x NPK mineralisch	300 / 225 / 540	147,0 a	169,5 a
5	Gülle ^{*)}	240 / 173 / 344	132,7 bc	142,8 c
6	1,5 x Gülle ^{*)}	351 / 258 / 515	141,7 ab	133,5 d
	GD (5 %)		10,12	6,67

^{*)} mit mineralischem Nährstoffausgleich

In beiden Versuchsteilen hatte die eineinhalbfache „ordnungsgemäße“ mineralische Düngung (V.4) die höchsten Erträge aufzuweisen. Im Kleinparzellenversuch war V.4 der Variante mit hoher Gülledüngung (V.6) allerdings nicht überlegen, wohingegen dieses auf den Großparzellen der Fall war. Erstaunlich ist, dass 1,5-fache N-Düngung mit Gülle zu keinem Mehrertrag bei den Großparzellen im Vergleich zu PK-Düngung führte, ja sogar im Vergleich zu geringerer Nährstoffzufuhr bei V.5 in Mindererträgen resultierte. Insofern lässt sich daraus schließen, dass höhere Nährstoffzufuhr nicht zwingend höhere TM-Erträge zur Folge haben muss. Ebenso sind die Erträge zwischen den Versuchsteilen, so sie denn aufgrund der Versuchsanlage überhaupt statistisch vergleichbar sind, in den Großparzellen meist deutlich höher. Es kann somit vermutet werden, dass das Befahren der Böden bei praxisnaher Bewirtschaftung zu mindestens bei den den Versuchsergebnissen zugrunde liegenden, zur Auflockerung neigenden Moorböden, einen wesentlichen Einfluss auf das Ergebnis von Grünlandversuchen hat.

Ungewöhnlich war die Entwicklung der Trockenmasseerträge während des Versuchszeitraumes (Abb. 2). Die Erträge bei der ungedüngten Variante sanken insbesondere bei den Kleinparzellen sehr rasch ab. Moorböden liefern bekanntermaßen sehr viel Stickstoff, aber nur sehr wenig Phosphat und Kalium nach und diese beiden Nährstoffe waren wohl ursächlich für den Ertragsabfall verantwortlich. Der Verzicht auf Düngestickstoff wirkte sich zwar auch einschränkend auf den Ertragsverlauf aus, allerdings waren die Ertragseinbußen deutlich geringer. Andererseits reduzierten sich die Erträge auch bei ordnungsgemäßer Nährstoffzufuhr zumindest im Kleinparzellenversuch während der letzten beiden Versuchsjahre, wohingegen die Erträge auf den Großparzellen auf hohem Niveau blieben.

Schlussfolgerungen und Fazit

Düngung von Grünland bei unterschiedlich großen Versuchsteilflächen ergab systematische Unterschiede hinsichtlich der Trockenmasseerträge und der botanischen Zusammensetzung. Großparzellen unter Praxisnutzung zeigten höhere Erträge und höhere Ertragsanteile bei Gräsern. Es kann vermutet werden, dass Bodendruck auf Praxisflächen und die Unterschiede in den Erntezeitpunkten zwischen Groß- und Kleinparzellen verantwortlich für diese Effekte waren.

Literatur

- ELSÄSSER, M., 1999: Aspekte zur Verbesserung der Methodik im Grünlandversuchswesen - Repräsentanz der Versuchsflächen, Größe der Parzellen und Vorgehen bei der botanischen Auswertung. Landinfo Baden-Württemberg, 99,2.
- ELSÄSSER, M., 2002: Effects of application from diluted slurry on yields and botanical composition of herbage-rich permanent grassland. Grassland Science in Europe, 7, 680-681.
- ELSÄSSER, M., 2001: Systematic differences by experimental use of permanent grassland in field plots with different sizes. Poster-Beitrag, EGF Conference in Witzenhausen, Book of Abstracts.

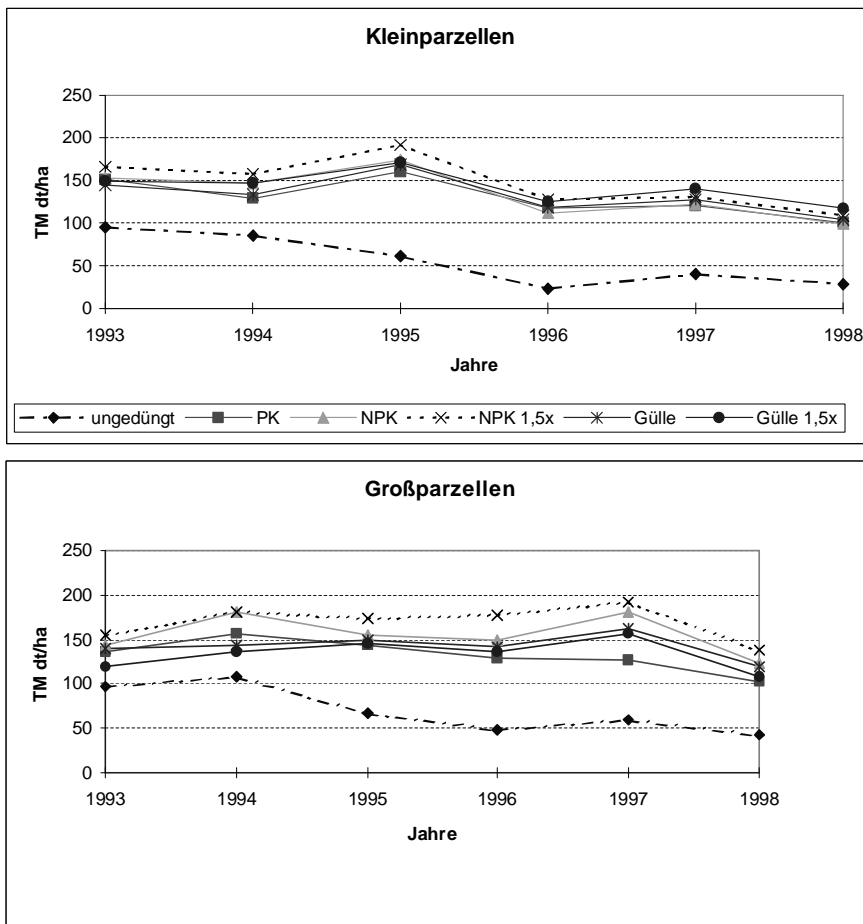


Abb. 2: Entwicklung der Trockenmasseerträge (dt TM ha⁻¹) während des Versuchszeitraumes im Vergleich zwischen Groß- und Kleinparzellen

Düngung von Biogasgärresten unterschiedlicher Herkunft und ihre Auswirkung auf Erträge und Pflanzenbestände von Dauergrünland

Elsässer, M.

Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW),
Atzenberger Weg 99, 88326 Aulendorf

martin.elsaesser@lazbw.lbw.de

Abstract

In zwei ähnlichen Versuchen im südlichen Baden-Württemberg wurden an zwei verschiedenen Standorten Gärreste aus der Biogasbereitung von unterschiedlich zusammengesetzten Substraten (Standort: Oberschwaben - Gemisch aus Rindergülle und pflanzlichen Kofermenten) (Standort: Allgäu - ausschließlich pflanzliche Kofermente) auf Dauergrünland ausgebracht. Variiert wurden sowohl die Düngemengen, als auch die Düngezeitpunkte und die Höhe der mineralischen Zudüngung. Für die Ertragswirkung von zugeführtem N war es unerheblich, ob dieser N aus pflanzlichen Kofermenten, tierischer-pflanzlicher Mischgülle oder mineralischem N entstammt und auch der Düngetermin war in beiden Versuchen eher von untergeordneter Bedeutung. Der gemessene N-Entzug über das Erntegut lag meist deutlich über der N-Zufuhr, wobei der Termin und die Häufigkeit zusätzlicher Gaben mineralischen Stickstoffs offensichtlich nur von geringer Bedeutung waren.

Keywords: Kofermente, Gärrestausbringung, Biogas, Grünland

Einleitung

Grünlandaufwüchse nehmen derzeit einen Anteil von etwa 20% an den pflanzlichen Gärsubstraten in Biogasanlagen Baden-Württembergs ein (MESSNER UND ELSÄSSER, 2011). Für eine gute Gasausbeute sollte Grünland in jungem Stadium genutzt werden, wobei die Auswirkung des Energiegehaltes im Futter auf die potentielle Methanausbeute wesentlich kleiner ist als die des Trockenmasseertrages und mithin der insgesamt vergärbaren Masse (MESSNER UND ELSÄSSER, 2011). Die Effekte einer mehrjährigen Anwendung pflanzlicher Gärreste auf die Erträge, den N-Entzug und die mögliche Veränderung der botanischen Zusammensetzung von Dauergrünland ist noch nicht ausreichend untersucht. Es steht zu vermuten, dass diese Biogasgärreste aus pflanzlichen Kofermenten andere Wirkungen haben als die alleinige Anwendung fermentierter Rindergülle. Insofern kann durchaus mit anderen Wirkungen als bei früheren Aulendorfer Experimenten mit Biogasgülle auf Grünland gerechnet werden (ELSÄSSER *et al.*, 1995).

Material und Methodik

In zwei ähnlich angelegten Experimenten an zwei verschiedenen Standorten (Allgäu und Oberschwaben) wurden Gärreste aus Biogasanlagen auf ihre Wirkung auf Dauergrünland hin untersucht. Die Versuche wurden seit 2005 mit Mitteln des baden-württembergischen Ministeriums für Ländlichen Raum durchgeführt. 2005 wurde mit jeweils 7 Varianten begonnen und weitere 3 Varianten wurden im Jahr 2007 hinzugefügt.

Am **Standort Allgäu** in Haidgau wurden Gärreste, die ausschließlich von pflanzlichen Kofermenten herrührten, verwendet. Die Gärreste wurden zwei, drei oder viermal jährlich in Mengen von insgesamt 51 - 68 m³ ausgebracht, wobei die TS-Gehalte zwischen 2.9 bis 6.6 % variierten. 1 m³ Gülle enthielt im Durchschnitt: pH: 7,66, 4,07 kg N; NH₄-N: 2,55; TS: 5,27; P₂O₅: 1,44; K₂O: 2,80; CaO: 1,34; MgO: 0,46 kg. Im Boden: pH = 5,2.

Am **Standort Oberschwaben** (Lampertsweiler) bestanden die Gärreste je etwa zur Hälfte aus Rindergülle und pflanzlichen Kofermenten. Die Mengen variierten zwischen 38 - 57 m³ und die TS-Gehalte zwischen 4.1 und 8.7 % und zeigten die bekannte Variation in den Nährstoffgehalten (HABER, 2008). 1 m³ Gülle enthielt im Durchschnitt: pH: 8,2; 5,4 kg N; NH₄-N: 3,41 ; Asche: 29,8 % ; TS: 7,35; P₂O₅: 2,61; K₂O: 4,55; CaO: 4,16; MgO: 0,90 kg /cbm. Im Boden: pH= 6,0.

Die Gülle wurde in beiden Versuchen mit praxisüblicher Schleppschlauchtechnik ausgebracht. Die Ausbringung mit dieser Großtechnik bedingte, dass echte Wiederholungen bei der Ausbringungsfrequenz nicht möglich waren, denn das Experiment wurde in Blöcken mit einheitlicher Ausbringhäufigkeit mit 4 Wiederholungen und einer Teilflächengröße von 1.6 x 6.6 m angelegt (Tab. 1). Am Standort „Allgäu“ wurde fünfmal, in „Oberschwaben“ viermal je Jahr geerntet. Trockenmasse- und N-Erträge wurden erfasst. Das Vorkommen aller Pflanzenarten am Standort wurde mittels der Ertragsanteilschätzung nach der Methode Klapp/Stählin geschätzt.

Tab. 1: Anwendungstermine und durchschnittlicher Nährstoffaufwand ausgewählter Behandlungen am Standort „Oberschwaben“ (Rindergülle und Kofermente gemischt)

V	Nährstoffe Gärsubstrat kg ha ⁻¹			Zusätzlicher Mineraldünger kg ha ⁻¹			Nährstoffe Gesamt kg ha ⁻¹		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
	Düngung mit Gärresten zum 1. und 3. Aufwuchs (2 x 19 m³) à 38 m³								
1	185	34	141	0	0	0	185	34	141
3	185	34	141	3 * 28.7 (z. 1.-3. A.)	7	176	271	43	317
4	185	34	141	1 * 86 (z. 2. A.)	7	176	271	43	317
	Düngung mit Gärresten zum 1. und 2. Aufwuchs (2 x 19 m³) à 38 m³								
5	178	34	133	0	0	176	178	34	309
7	178	34	133	3 * 28.7 (z. 1.-3. A.)	7	176	265	43	309
8	178	34	133	1 * 86 (z. 3. A.)	7	176	265	43	309
	Düngung mit Gärresten zum 1., 2. und 3. Aufwuchs (3 x 19 m³) à 57 m³								
9	274	51	204	0	0	105	274	51	309
10	274	51	204	0	0	0	274	51	204
11	274	51	204	3 * 28.7 (z. 1.-3. A.)	0	105	360	51	309

Abkürzung: A = Aufwuchs

Wichtigste Ergebnisse

Trockenmasseerträge und N-Entzüge

Am Standort Oberschwaben (gemischte Gärreste) erbrachte die Variante mit dem höchsten N-Aufwand (V 11) auch die höchsten TM- und N- Erträge (Tab. 3). Gärrestdüngung ohne zusätzliche Gaben von mineralischem Stickstoff ergab die geringsten Trockenmasseerträge. Die Verteilung der Gärreste hatte keinen signifikanten Effekt auf die Erträge. Augenscheinlich hatte die N-Verteilung weder einen Effekt auf die Erträge noch auf die N-Verfügbarkeit.

Die Düngung mit reinen Kofermenten am Standort Allgäu zeigte keine konsistenten Ergebnisse. Höhere N-Düngergaben resultierten nicht notwendigerweise in signifikant erhöhten Erträgen. Gleichmäßige Verteilung des zusätzlichen Stickstoffs ergab höhere Erträge. Die erhöhte N-Zufuhr über mineralische Dünger brachte einen spürbaren Mehrertrag, die Verteilung des zusätzlichen Stickstoffs war hingegen unbedeutend. Der Aufwand für eine viermalige Düngung kann also vermieden werden, es kommt einzig und allein auf die zusätzliche Zufuhr von mineralischem N an. Beide Experimente zeigten, dass die N-Effizienz in den Varianten ohne zusätzliche mineralische N-Düngung am höchsten war.

Tab. 2: Anwendungstermine und Nährstoffaufwand ausgewählter Behandlungen am Standort „Allgäu“ (ausschließlich pflanzliche Kofermente)

V	Nährstoffe Gärsubstrat kg ha ⁻¹			Zusätzlicher Mineraldünger kg ha ⁻¹			Nährstoffe Gesamt kg ha ⁻¹		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Düngung mit Gärresten zum 1., 2. und 3. Aufwuchs (3 x 17 m ³) à 51 m ³									
1	188	26	179	0	0	0	188	26	179
3	188	26	179	4 * 36.5 (1.- 4. A.)	29	213	334	55	392
4	188	26	179	2 * 73 (2. +3. A.)	29	213	334	55	392
Düngung mit Gärresten zum 1., 2. und 5. Aufwuchs (3 x 17 m ³) à 51 m ³									
5	187	25	172	0	0	0	187	25	172
7	187	25	172	4 * 36.5 (1. - 4- A.)	29	213	333	54	385
8	187	25	172	2 * 73 (2. 3. A.)	29	213	333	54	385
Düngung mit Gärresten zum 1., 2.,3. und 4. Aufwuchs (4 x 17 m ³) à 68 m ³									
9	220	31	209	2*43.5 (1. + 2. A.)	18	174	307	49	383
10	220	31	209	4 * 27	18	174	328	49	383
11	220	31	209	0	0	0	220	31	209
12	220	31	209	0	29	213	220	60	422

Abkürzung: A = Aufwuchs

Tab. 3: TM-Erträge (2007-2009) und N-Entzüge (2007-2008) an beiden Standorten

Behandlung	Oberschwaben Rindergülle und Kofermente		Allgäu Gärreste aus Kofermenten	
	TM t ha ⁻¹	N kg ha ⁻¹	TM t ha ⁻¹	N kg ha ⁻¹
1	10.7 d	245.6 e	11.7 de	308.7 c
3	12.7 ab	296.3 abcd	14.1 ab	399.5 ab
4	12.5 abc	288.6 abcde	14.0 abc	408.2 ab
5	11.2 cd	262.8 cde	11.5 d	312.9 c
7	12.6 ab	304.9 abc	14.8 a	411.5 ab
8	13.5 a	322.5 ab	13.6 abcd	388.6 ab
9	11.6 bcd	276.2 bcde	13.7 abcd	407.7 ab
10	10.5 d	250.7 de	14.3 ab	431.5 a
11	13.4 a	327.5 a	12.5 bcd	364.0 abc
12	-	-	12.6 abcd	360.4 bc
GD (P < 0,05)	1.34	47.8	2.27	67.6

Botanische Zusammensetzung

Die botanische Zusammensetzung der Grünlandbestände veränderte sich im Verlauf der Versuchsdauer. Der Anteil der Leguminosen nahm signifikant an beiden Standorten und bei nahezu jeder Variante ab. Das mag an der insgesamt höheren N-Versorgung während der Versuchsphase liegen. Im Gegensatz dazu stieg der Anteil der Kräuter und Unkräuter meist an, mit Ausnahme der Varianten 8 und 11 am Standort Oberschwaben, wobei die Gründe dafür sich nicht klar benennen ließen.

Schlussfolgerungen und Fazit

Gärreste aus vergorenen pflanzlichen Gärsubstraten sind für die Nutzung auf Dauergrünland gut geeignet. Die Nährstoffgehalte der Substrate differieren weit in Abhängigkeit vom Ausgangssubstrat, wobei die unterschiedlichen Herkünfte das Ertragspotential des Grünlandes eher nicht beeinflussten. Der gemessene N-Entzug über das Erntegut lag meist deutlich über der N-Zufuhr, wobei der Termin und die Häufigkeit zusätzlicher Gaben mineralischen Stickstoffs offensichtlich nur von geringer Bedeutung waren. Für die Ertragswirkung von zugeführtem N war es unerheblich, ob dieser N aus pflanzlichen Kofermenten, tierischer-pflanzlicher Mischgülle oder mineralischem N entammt und auch der Düngetermin war in beiden Versuchen eher von untergeordneter Bedeutung.

Tab. 4: Veränderung der botanischen Zusammensetzung des Grünlandes an beiden Standorten (2007 - 2009)

Behandlung	Kräuteranteile in %				Leguminosenanteile in %			
	Oberschwaben		Allgäu		Oberschwaben		Allgäu	
Standort	2007	2009	2007	2009	2007	2009	2007	2009
Jahr	2007	2009	2007	2009	2007	2009	2007	2009
1	27.5	33.8	23.0	33.5	10.0	1.3	4.5	1.8
3	38.5	29.5	23.0	23.5	5.3	0.60	5.0	2.1
4	33.8	27.3	28.8	31.8	1.5	0.4	4.0	2.05
5	30.5	46.5	23.5	25	9.3	2.3	4.5	1.3
7	24.5	40.8	16.0	17.8	7.3	1.9	4.3	0.9
8	30.0	20.3	13.8	20.5	7.5	1.0	3.0	0.9
9	11.5	24.0	17.5	21.3	9.0	3.0	2.5	0,2
10	25.8	33.0	12.3	22.3	6.8	6.3	2.4	0.4
11	26.0	19.5	22.0	28.3	7.3	2.3	2.8	0.7
12			20.0	23.8			3.8	0.9

Literatur

- ELSÄSSER, M., KUNZ, H.G. UND BRIEMLE, G., 1995: Unterschiedliche technische Behandlung von Gülle und deren Auswirkungen auf intensiv genutztes Dauergrünland. Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau, 174, 253-264.
- HABER, N., 2008: Inhaltsstoffe von Gärprodukten und Möglichkeiten zu ihrer geordneten pflanzenbaulichen Verwertung. Projektbericht, Landwirtschaftliches Technologie Zentrum Augustenberg, Karlsruhe.
- MESSNER, J. UND ELSÄSSER, M., 2011: Auch Gras gibt Gas. Die Bewertung von Grünlandaufwüchsen zur Biogasnutzung aus baden-württembergischer Sicht. Tagungsband der DLG Grünlandtagung in Banzkow, 2011. DLG-Verlag (Frankfurt a.M.)
- VOIGTLÄNDER, G. UND VOSS, N. 1979: Methoden der Grünlanduntersuchung und -bewertung. Grünland, Feldfutter, Rasen, Ulmer, Stuttgart, Germany, 207 S..

Vergleich von Injektor und Prallkopfverteiler bei der Ausbringung von Rindergülle auf Ertrag und botanische Zusammensetzung von Grünland

Kunz, H. G.

Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW),
Atzenberger Weg 99, 88326 Aulendorf

martin.elsaesser@lazbw.bwl.de

Abstract

In zwei bereits vor Jahren abgeschlossenen Versuchsserien im württembergischen Allgäu wurden die Auswirkungen unterschiedlicher Gülleapplikationstechnik auf Dauergrünland erfasst. Insbesondere ging es um die Tauglichkeit von Gülleinjektion und Breitverteilung mittels Prallkopfverteiler, wobei Gülle mit unterschiedlichem Verdünnungsgrad verwendet wurde. Die Ergebnisse zeigen, dass die Wirkung der Gülle auf den Ertrag umso größer ist, je trockensubstanzärmer und je näher die Gülle am Boden platziert wird. Gülleinjektion stellte unter den spezifischen Wuchsbedingungen des württembergischen Allgäus nicht die beste Möglichkeit der Gülleausbringung auf Grünlandflächen dar. Verglichen mit der bodennahen, relativ großtropfigen Ausbringung des eingesetzten Prallkopfverters lassen sich die hohen Applikationskosten aufgrund aufwändiger Technik, reduzierter Schlagkraft und hohem Zugkraftbedarf nicht rechtfertigen. Die mechanische Belastung der Grünlandnarbe aufgrund hoher Maschinengewichte und Schlitztechnik bewirkt, insbesondere bei hängigem Gelände, Ertragsdepressionen und Veränderungen des Pflanzenbestandes. Diese negativen Auswirkungen sollten daher in zukünftigen Arbeiten zur Gülleausbringung bzw. bei der Anwendung von neuartiger Applikationstechnik in der Praxis viel mehr beachtet werden.

Keywords: Gülleinjektion, Breitverteilung, Stickstoffzufuhr, Gülleverdünnung

Einleitung

Die Effizienz der Gölledüngung hängt vorrangig von Gehalt und Verhältnis der in Gülle enthaltenen Nähr- und Wirkstoffe sowie dem Zeitpunkt und der Applikationstechnik ab. Angestrebt ist eine möglichst gleichmäßige Längs- und Querverteilung. Bodennahe Ausbringverfahren sind jetzt gesetzlich vorgeschrieben und insbesondere die Gülleinjektion wird derzeit erneut untersucht, weil ihr Einsatz in den Niederungsgebieten Norddeutschlands gute Erfahrungen zeitigte. Die Stärken und Schwächen dieses Verfahrens sind allerdings unter süddeutschen Bedingungen (hohe Niederschläge, hängiges Gelände bzw. teilweise anmoorige und moorige Flächen) anders zu beurteilen. Daher lohnt im Rahmen der „Gülle 11“ ein Blick zurück auf bereits veröffentlichte Versuchsergebnisse einer Versuchsreihe, die die Institute für Agrartechnik und Pflanzenernährung der Universität Hohenheim Mitte der 90er Jahre des letzten Jahrhunderts in Zusammenarbeit mit der Lehr- und Versuchsanstalt Aulendorf und dem RP Tübingen im württembergischen Allgäu durchgeführt hatte. Das Projekt wurde vom Bundesministerium für Landwirtschaft und vom Ministerium für Ländlichen Raum in Baden-Württemberg unterstützt.

Material und Methoden

Versuch am Standort Leutkirch-Wuchzenhofen (1992-1996)

In einem Langparzellenversuch wurden die Gülleapplikationsmethoden „Injektion“ (offene bzw. geschlossene Schlitze), simuliertes „Schleppschlauchverfahren“ und „Breitverteilung“ mittels Prallkopfverteiler verglichen. Zusätzlich diente eine Variante ohne Düngung und eine mit ausschließlich mineralischer Düngung (NPKMg) als Vergleichsmaßstab. Insgesamt wurden im Mittel der Jahre $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ Gülle in drei Gaben ausgebracht. Der TS-Gehalt der Gülle lag im Durchschnitt bei 5,7 %. Die damit ausgebrachten Nährstoffmengen waren: 218 kg Gesamt-Stickstoff, 64,4 kg P_2O_5 , 282 kg K_2O und 37,5 kg MgO pro ha und Jahr. Bei der Variante Prallkopf + N-mineralisch wurden neben $60 \text{ m}^3/\text{ha}$ Gülle zusätzlich pro Gabe $15 - 20 \text{ kg ha}^{-1}$ Stickstoff über KAS gedüngt.

Versuch am Standort Bad Wurzach-Adelshofen (1993 - 1995)

Der Versuch auf viermal genutztem Grünland umfasst neben einer mineralisch gedüngten und zwei ungedüngten Varianten auch je zwei Varianten, auf denen Gülle mit dem Injektor bzw. Prallkopfverteiler ausgebracht wurde. Die Parzellengröße betrug 480 m^2 . Die Güllegaben betragen jeweils $18-20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, die mineralisch gedüngte Variante erhielt die entsprechenden Nährstoffmengen als Kalkammonsalpeter, Hyperphosphat und Kalimagnesia. Jedes Ausbringverfahren wurde dabei einmal mit der betriebsüblichen Gülle mit im Mittel 7,9 % TS-Gehalt (Abkürzung: TS+) und einer verdünnten Gülle mit im Mittel 4,9 % (Abkürzung: TS-) eingesetzt. Bei Injektion und Breitverteilung wurde, unabhängig vom TS-Gehalt der Güllen, jeweils die gleiche jährliche Güllemenge ($72 \text{ m}^3/\text{ha}$) ausgebracht. Im Allgäu weisen die Güllen in der landwirtschaftlichen Praxis üblicherweise einen TS-Gehalt von 2 - 5 % auf. Der Vergleich war erforderlich, da die vorhergehenden Versuche gezeigt haben, dass für die Injektion nährstoff- und trockensubstanzreiche Güllen vorteilhaft sind, wohingegen für die Breit- und Schleppschlauchverteilung Güllen mit geringen TS-Gehalt und damit besserer Fließfähigkeit günstiger sind. Die mit der „dünnen Gülle“ (TS-) gedüngten Varianten erhielten daher im Mittel der 3 Jahre nur ca. 65 % der Nährstoffmengen der mit der „dicken Gülle“ (TS+) gedüngten Varianten (Tab. 1). Um die rein mechanischen Auswirkungen des Einschneidens durch die Injektion auf die Grünlandnarbe zu erfassen, wurden auf einer Nullparzelle Injektionsschlitze ohne Gülle gezogen.

Tab. 1: Gedüngte mittlere Nährstoffmengen in $\text{kg ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ (im Mittel wurden $72 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ Gülle pro Jahr appliziert)

Düngungsvariante	gedüngte Nährstoffmengen in $\text{kg ha}^{-1} \text{ J}^{-1}$			
	N	P_2O_5	K_2O	MgO
1. Mineraldüngung	278	98	360	54
2. Gülleinjektion „dicke Gülle“ (TS+)	282	103	345	51
3. Gülleinjektion „dünnere Gülle“ (TS-)	185	65	228	31
4. Prallkopf „dünnere Gülle“ (TS-)	185	65	228	31
5. Prallkopf „dicke Gülle“ (TS+)	282	103	345	51
6. Injektion ohne Gülle u. sonst. Düngg	0	0	0	0
7. Ohne Düngung	0	0	0	0

Ergebnisse

Standort Wuchzenhofen

Die mittleren Erträge an Trockenmasse und Rohprotein (1992 bis 1996) relativ zur Gülleinjektion in geschlossenen Schlitzen sind in Tab. 1 dargestellt. Bei der Variante - „ohne Düngung“ - war der starke Ertragsabfall auf ein Niveau von ca. 50 % des Versuchs-

mittels schon vom 1. Jahr an zu beobachten und veränderte sich auch während der folgenden Jahre nicht. Sowohl bei den Trockenmasse- als auch bei den Rohproteinträgen unterschieden sich die Gülleausbringverfahren (Tab. 2) nicht. Lediglich die Variante mit reiner Minereraldüngung war den anderen Varianten überlegen. Gülledüngung hatte im Mittel 20 % weniger Ertrag als Mineraldünger.

Tab. 2: Vergleich verschiedener Applikationstechniken auf Trockenmasse- und Rohproteinträge am Standort Wuchzenhofen (1992-96)

Düngungsvariante	TM-Ertrag relativ	XP-Ertrag relativ
1. ohne Düngung	52	46
2. Minereraldüngung	120	121
3. Gülleinjektion - geschlossene Schlitze	100	100
4. Gülleinjektion - offene Schlitze	99	101
5. Schleppschlauch - simuliert	101	102
6. Prallkopf (Schwanenhals)	103	103
7. Prallkopf + zusätzlich N _{mineralisch}	111	112
Durchschnittsertrag in dt ha ⁻¹		
<i>Gülle-Injektion geschlossene Schlitze entspricht rel. 100</i>	102,3	17,72

Standort Adelshofen

Trotz des geringeren Nährstoffangebotes unterschieden sich die Trockenmasseerträge der Güllevarianten nicht signifikant (Tab. 3). Die Erträge der Minereraldüngervariante lagen signifikant höher, die ungedüngten Varianten signifikant niedriger. Das bloße Ziehen der Schlitze (Variante „Injektion ohne Gülle u. sonstige Düngung“) führte im Mittel der 3 Versuchsjahre zu einer signifikanten Ertragsdepression von ca. 15 % gegenüber der Variante „ohne Düngung“, dies kann auf die mechanische Verletzung der Grasnarbe zurückgeführt werden. Die Rohproteinträge differenzierten stärker. Hier lagen die Erträge bei der Var. „Prallkopf mit dünner Gülle“ (TS-) signifikant höher als die der Variante mit der gleichen Applikationstechnik, aber mit der „dicken Gülle“ (TS+). Die Rohproteinträge der Injektions-Variante mit „dicker Gülle“ unterschieden sich nicht signifikant von denen der Mineraldüngervariante.

Tab. 3: Trockenmasse- und Rohproteinträge bei unterschiedlichen Gülleausbringungsverfahren am Standort Adelshofen (Mittel 1993-95)

Düngungsvariante	Trockenmasseertrag dt ha ⁻¹		Rohproteintrag dt ha ⁻¹	
	dt ha ⁻¹	$\alpha = 9,7$	dt ha ⁻¹	$\alpha = 1,67$
1. Minereraldüngung	137,5	a*	22,93	a
2. Gülleinjektion „dicke Gülle“ (TS+)	123,3	b	21,43	ab
3. Gülleinjektion „dünne Gülle“ (TS-)	121,2	b	20,92	bc
4. Prallkopf „dünne Gülle“ (TS-)	123,2	b	21,26	b
5. Prallkopf „dicke Gülle“ (TS+)	116,8	b	19,31	c
6. Injektion ohne Gülle u. sonstige Düngg	84,1	d	14,60	e
7. Ohne Düngung	99,4	c	17,45	d

^{*)} unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede bei $\alpha = 0,05$

Botanische Entwicklung

Neben den Trockenmasse- und Rohproteinertträgen wurde durch die unterschiedlichen Applikationstechniken und Gülleconsistenzen auch der Pflanzenbestand beeinflusst. Die Veränderungen der Ertragsanteile an Gräsern, Kräutern und Leguminosen (Abb. 1) zeigen, dass bei der Mineraldüngervariante und den „Injektionsvarianten“ die Leguminosenanteile abnahmen, sie dagegen bei der Prallkopfvariante (TS-) und bei den ungedüngten Varianten zunahmen. Dieser Effekt lässt sich wohl durch das unterschiedliche Angebot an pflanzenverfügbarem Stickstoff erklären.

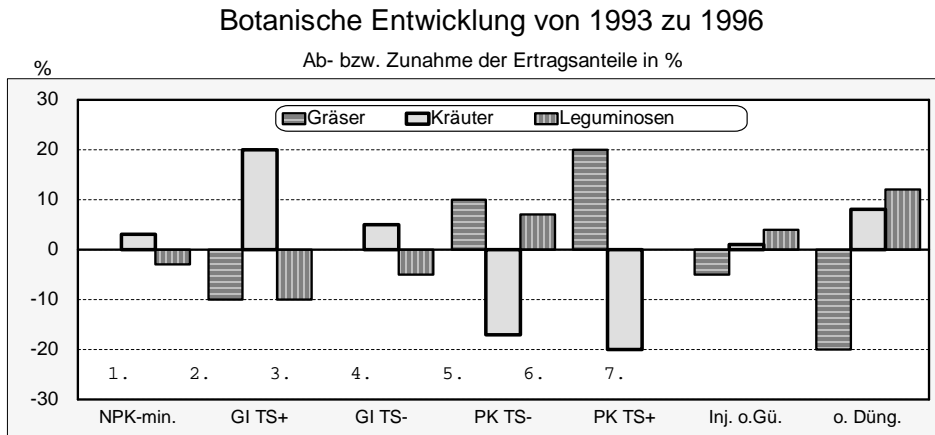


Abb. 1: Botanische Entwicklung am Standort Adelshofen

Zusammenfassung

Bei sachgerechter Anwendung von Gülle kann langfristig gesehen ein guter Wirkungsgrad der Düngennährstoffe erreicht werden. Die tatsächliche Höhe der NH_3 -Emissionen ist von einer ganzen Reihe von Einflussfaktoren abhängig. Maßgeblich sind z. B. Zeitpunkt der Ausbringung, Ausbringmenge, Witterung, Art und Zustand der Gülle, Zustand und Bewuchs des Bodens sowie die Applikationstechnik. Eindeutig lässt sich belegen, dass je trockensubstanzärmer die Gülle ist und je näher die Gülle am Boden platziert wird, desto geringer fallen die Verluste aus. Wenn Gülle, wie auf Ackerland möglich, sofort im gleichen Arbeitsgang oder direkt anschließend eingearbeitet wird, gehen die Ammoniakemissionen gegen Null. Aus den dargestellten Versuchsergebnissen der Injektion auf Grünland kann aber abgeleitet werden, dass Gülleinjektion unter den Bedingungen des württembergischen Allgäus wohl nicht die beste Möglichkeit der Gülleausbringung auf Grünlandflächen darstellt. Verglichen mit der bodennahen, relativ großtropfigen Gülleausbringung des eingesetzten Prallkopfverteilers lassen sich die hohen Applikationskosten aufgrund aufwändiger Technik, reduzierter Schlagkraft und hohem Zugkraftbedarf nicht rechtfertigen. Bei der Breitverteilung wirken sich Gülle mit geringem TS-Gehalt infolge verbesserter Fließfähigkeit und stärkerer Ammoniakbindung positiv aus. Allein die mechanische Belastung der Grünlandnarbe aufgrund hoher Maschinengewichte und Schlitztechnik bewirkte, insbesondere bei hängigem Gelände, Ertragsdepressionen und Veränderungen des Pflanzenbestandes. Diesen negativen Auswirkungen sollte daher in zukünftigen Arbeiten zur Gülleausbringung bzw. bei der Anwendung von neuartiger Applikationstechnik in der Praxis viel mehr Beachtung zukommen.

Literatur

Die oben dargestellten Versuche wurden u.a. veröffentlicht in:

KUNZ, H.G., 1998: Flüssigmist aufs Grünland. Allgäuer Bauernblatt, 12, 28 - 31.

MANNHEIM, T., BRASCHKAT, J. UND MARSCHNER, H., 1995: Reduktion von Ammoniakemissionen nach Ausbringung von Rinderflüssigmist auf Acker- und Grünlandstandorten: Vergleichende Untersuchungen mit Prallteller, Schleppschlauch und Injektion. Zeitschrift Pflanzenernährung Bodenkunde, 158, 535-542.

WALTER, A., KUTZBACH, H.D., MANNHEIM, T., STAHR, K. UND KUNZ, H.G., 1995: Auswirkung eines Gülleinjektors auf Grünland- Landtechnik, 50. Jhgg, 3, 146 - 147.

Wie wirkt sich die Gülleausbringtechnik auf den Grünlandertrag aus?

Kiefer, J.¹, Zeller, A.², Kunz, H.G.³ und Elsaesser, M.³

¹Regierungspräsidium Tübingen, ²Landratsamt Ravensburg, ³LAZBW Aulendorf

martin.elsaesser@lazbw.bwl.de

Abstract

In einem sechsjährigen Versuch auf Dauergrünland wurden unterschiedliche Verfahren der Gülleausbringung miteinander verglichen. Im Vergleich der herkömmlichen „breitflächigen Ausbringung“ (Prallkopf und Prallteller) mit den „bodennahen Ausbringungsvarianten“ (Schleppschuh und -schlauch) zeigte sich bodennahe Ausbringung mit 125,7 dt/ha TM-Ertrag der breitflächigen mit 117,3 dt/ha ertragsmäßig deutlich überlegen.

Keywords: Gülleausbringung, Breitverteilung, bodennahe Ausbringung, Grünland

Einführung und Problemstellung

Speziell im rindviehhaltenden Futterbaubetrieb können mit technischen und organisatorischen Maßnahmen bei der Gülleausbringung die Stickstoffemissionen schneller und kostengünstiger vermindert werden als im Stall und im Lager. Die Verluste fallen allgemein umso geringer aus, je näher die Gülle am Boden platziert wird. Um die Ertragsauswirkung auf Grünland näher zu untersuchen, wurde seitens der Officialberatung in den Jahren 1998 bis 2004 ein umfangreicher Versuch auf dem zentralen Grünlandversuchsfeld in Kißlegg durchgeführt. Folgende Versuchsfragen sollten geklärt werden. Welche Auswirkungen haben die bodennahen und umweltschonenden Gülleausbringungsverfahren auf die Erfolgsparameter der Grünlandnutzung und insbesondere auf den Ertrag? Muss bei der umweltgerechten Gülleausbringung mit einer negativen Veränderung des Grünlandbestandes gerechnet werden? Über die Ergebnisse nach sechs abgeschlossenen Versuchsjahren wird im Folgenden berichtet.

Material und Methoden

Versuchsanstellung und Standort

Die folgenden acht Ausbringungsvarianten wurden geprüft .

V1: Prallkopf

V2: Prallteller

V3: Pralltellergestänge

V4: Schleppschuh

V5: Schleppschlauch

V6: Mineraldüngung

V7: Prallkopf + Mineraldüngung (Entzugsdüngung)

V8: Schleppschuh mit verspäteter Ausbringung (8-10 Tage nach V4)

Variante 8 wurde aufgenommen, um zu untersuchen, in wie weit vorliegende schlechtere Ertragsergebnisse von Schleppschuh - Versuchen, damit zusammenhängen, dass bei Schleppschuhausbringung die Güllegabe meistens nicht sofort nach der Futterernte, sondern erst ca. 10 Tage danach in den wachsenden Bestand erfolgt.

Der Versuch wurde auf dem zentralen Grünlandversuchsfeld in Kißlegg auf Parzellen mit jeweils 12 m Breite und 20 m Länge bei 3 Wiederholungen (650 m üNN; Jahresdurchschnittstemperatur 7° C und Jahresniederschlag von 1200 mm) installiert. Der vorherrschende Bodentyp ist eine tiefgründige Braunerde mit sandigem Lehm (sL).

Die Versuchsgülle stammte von einem nahegelegenen Milchviehbetrieb mit intensiv genutzten Grünlandbeständen und ganzjähriger Silagefütterung. Folgende Nährstoffmengen wurden verabreicht (Tab. 1).

Die Gülle wurde vor jeder Gabe untersucht, bei größeren Abweichungen vom unterstellten N - Gehalt erfolgte eine Anpassung der Ausbringmenge.

Tab. 1: Nährstoffgehalte der Versuchsgülle und Vergleich der Nährstoffmengen bei den Güllevarianten und der Mineraldüngervariante

	Ges--N	N *)	NH ₄ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	TS%
Zu Versuchsbeginn angenommene Nährstoffgehalte der Versuchsgülle, kg pro m ³	2,1	1,68	1,15	0,9	3,6	0,48	4,4
Nährstoffgehalte der Versuchsgülle, 6-jähriger Durchschnitt kg pro m ³ , (Schwankungsbereich)	2,27 (1,5 - 2,8)	1,82	1,23	0,91 (0,5 - 1,4)	2,81 (1,4 - 4,1)	0,46 (0,3 - 0,7)	3,80
Durchschnittl. jährliche Nährstoffgabe bei den Güllevarianten, durchschnittliche Güllegabe 113 m ³ pro Jahr		204		100	353	53	
Mineraldüngung		210		113	450	60	

*) Netto-N-Menge unter Berücksichtigung von 20 % Ausbringverlusten

Ausbringgerät, Nährstoffmengen und Versuchsgülle

Für die Durchführung der Gülleausbringung, wurde das Güllefass des Grünlandversuchsfeldes mit den entsprechenden Ausbringaggregaten versehen. Zusammen mit der elektronischen Durchflussmengenregulierung ist es mit diesem Grundgerät möglich, alle Varianten mengengenau innerhalb eines halben Tages zu düngen. Jährlich waren 5 Nutzungen vorgesehen, zu jeder Nutzung erfolgte die Düngung baldmöglichst nach dem vorausgegangenen Schnitt (außer V8, 8 - 10 Tage später). Wenn wegen des Witterungsverlaufes noch ein 6. Schnitt notwendig war, so erhielt dieser keine Düngung mehr.

Die Güllemenge richtete sich nach den Vorgaben für die N - Düngung des Grünlandes entsprechend den baden - württembergischen Beratungsgrundlagen für die Düngung im Ackerbau und auf Grünland (Stand: 1996). Folgende Berechnung liegt der Düngung zugrunde: Fünf Nutzungen, günstiger Standort mit einem Netto – Trockenmasseertrag von 110 dt/ha entspricht 308 kg/ha N - Entzug, abzüglich 60 kg/ha N – Lieferung des Standortes ergibt 248 kg/ha N - Bedarf. Um mit der N - Menge vorsichtig umzugehen und auch der verhaltenen Düngung in Wasserschutzgebieten Rechnung zu tragen, erfolgte ein Risikoabschlag von 15 % bezogen auf eine ordnungsgemäße Düngung, so dass sich die N - Düngung auf 210 kg/ha beläuft.

Die 210 kg N (netto) ergeben verteilt auf die oben angeführten Güllegaben, die folgenden Stickstoffmengen in kg ha^{-1} : 1. Gabe: $30 \text{ m}^3 = 50 \text{ kg N ha}^{-1}$; folgende 2., 3. und 4. Gabe: jeweils $25 \text{ m}^3 = 42 \text{ kg N ha}^{-1}$; 5. Gabe: $20 \text{ m}^3 = 34 \text{ kg N ha}^{-1}$

Bei den Grundnährstoffen werden mit der o.g. Güllemenge 113 kg P_2O_5 , 450 kg K_2O und 60 kg MgO ausgebracht. Diese Nährstoffmengen liegen ungefähr in Höhe der Nährstoffabfuhr, nur bei K_2O liegen sie deutlich höher.

Versuchsverlauf und verabreichte Nährstoffmengen

In den ausgewerteten sechs Versuchsjahren 1998 bis 2003 verlief die Gülleausbringung technisch reibungslos und hinsichtlich der Menge und den ausgebrachten Nährstoffen weitgehend nach Plan. Durch die Anpassung der Güllemenge wurde das Ziel 210 kg Netto - N pro Jahr jedoch fast exakt erreicht: Mit einer Jahresdurchschnittsmenge von 113 m^3 Gülle wurden 204 kg Netto - N im Durchschnitt der Versuchsjahre verabreicht. Tab. 1 vergleicht zudem noch die durchschnittliche, jährliche Grundnährstoffgabe in kg/ha bei Mineraldüngung und Gölledüngung: P_2O_5 123 bzw. 100; K_2O 376 bzw. 353 und MgO 54 bzw. 53. Diese Gesamtsicht der tatsächlich verabreichten Nährstoffmengen zeigt, dass zwischen der Mineral- und der Gölledüngung nur unwesentliche Unterschiede bestehen, so dass bei der Versuchsdurchführung der Anspruch der Nährstoffgleichheit gewährleistet war. Alle Göllevarianten haben innerhalb eines Versuchsjahres exakt die gleichen Nährstoffmengen erhalten.

Ergebnisse

Die Entwicklung des Pflanzenbestandes

Die Ertragsanteilschätzung nach KLAPP/STÄHLIN erfolgte jährlich jeweils zum 3. Aufwuchs. Auf der Versuchsfläche war ein homogener Pflanzenbestand vorhanden, entsprechend wurden zu Versuchsbeginn zwischen den Varianten keine großen Unterschiede festgestellt. Die bonitierten Ertragsanteile (Schwankungsbereich in Klammern) waren bei Gras 78 % (75 bis 80 %), bei Kräutern 20 % (17 bis 22 %) und bei Klee 2 % (1 bis 3 %). Die Ausgangsfläche repräsentiert somit den praxisüblichen Grünlandbestand eines intensiv genutzten Mehrschnittgrünlandes der Region.

Der im Jahr 2003 kartierte Bestand ergab im Durchschnitt aller Varianten bei Gras 59%, bei Kräutern 28 % und bei Klee 13 %. Aus landwirtschaftlicher Sicht trat also eine zu starke Absenkung des Grasanteils und eine ungewollte, weitere Erhöhung des Kräuteranteils ein. Der Kräuteranteil wird auf der Versuchsfläche v.a. durch Löwenzahn repräsentiert. In Tab. 1 ist die Bestandsentwicklung in den Göllevarianten Prallteller und Schleppschlauch sowie in der Mineraldüngervariante dargestellt.

Tab. 1: Entwicklung des Pflanzenbestandes bei ausgewählten Varianten, jeweils zum 3. Schnitt 1998, 2001 und 2003, Ertragsanteile in %

	Klee			Kräuter			Gräser		
	1998	2001	2003	1998	2001	2003	1998	2001	2003
Prallteller	2	14	12	19	32	38	79	54	49
Schleppschlauch	1	10	17	20	36	27	79	54	56
Mineraldüngung	1	5	11	22	20	20	77	75	69

Bei letzterer zeigt sich eine geringe Abnahme des Gräseranteils und eine mittlere Zunahme des Kleeanteils. Bei den Güllevarianten nahmen die Gräser stark ab, was beim Prallteller noch stärker ausfiel als beim Schleppschlauch. Der Kräuteranteil hatte sich bei den Güllevarianten auf über 25 % erhöht, er lag bei der Pralltellervariante deutlich höher als beim Schleppschlauch. Die Versuchsergebnisse bestätigten die allgemeine Beratungsaussage, dass durch Güllendüngung im Vergleich zur Mineraldüngung der Gräseranteil stärker abnimmt, der Kräuter- und Kleeanteil dagegen stärker zunimmt.

Vergleich der Trockenmasse (TM) - und Rohprotein (RP) - Erträge

Beim TM Ertrag (Abb. 1) lag der Schwankungsbereich zwischen den Varianten im Versuchsdurchschnitt zwischen 136,1 dt/ha und 116,5 dt/ha. Die Mineraldüngervariante lieferte den Höchstertrag, während der Durchschnittsertrag der Güllevarianten 121 dt/ha betrug und somit nur 89 % des Ertrages der Mineraldüngervariante ausmachte. Dieser Mineraldüngergleichwert von 89 % betrug in den ersten Versuchsjahren lediglich ca. 80 %, d.h. bei langjähriger Güllendüngung verbesserte sich deren Nährstoffwirkung kontinuierlich. Variante 7 mit Entzugsdüngung erhielt eine erhöhte N - Menge von 248 kg N pro ha und Jahr (210 kg aus Gülle mit Prallkopf und 38 kg mineralisch), damit erreichte sie trotzdem nur den dritthöchsten TM Ertrag von 129 dt hinter der Schleppschuhvariante, die mit 131 dt auf Rang 2 landete. Auf Rang 4 folgt der Schleppschuh mit späterer Ausbringung, während die Pralltellerausbringung mit 117 dt TM Ertrag am schlechtesten abschnitt. Der Vergleich zwischen V 4 (Schleppschuh, 131 dt) und V 8 (Schleppschuh mit 10 Tage späterer Ausbringung, 122 dt) zeigte klare Vorteile für V 4. Daraus ergibt sich, dass ein verspäteter Ausbringzeitpunkt beim Schleppschuh zu Ertragseinbußen führt.

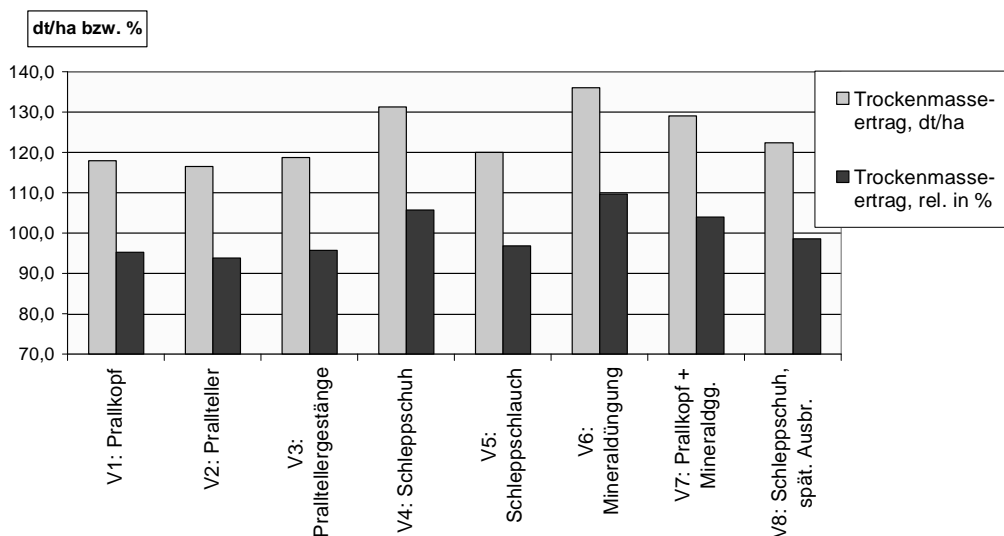


Abb. 1. Trockenmasseerträge im Mittel der Versuchsjahre von 1998- 2003 in dt ha⁻¹

Beim Rohproteinertrag lag der Schwankungsbereich zwischen den Varianten im Versuchsdurchschnitt zwischen 25,1 dt/ha und 21 dt/ha. Den Höchstertrag erzielte die Mineraldüngervariante, auf Rang 2 und 3 folgen Schleppschuh und Schleppschuh mit

späterer Ausbringung, während V 7 Prallkopf mit Mineraldüngung hier nur Platz 4 belegte. Auf Rang 5 folgt der Schleppschlauch mit 22,2 dt/ha, Prallkopf und Prallteller belegen die Ränge 7 und 8. Bei den Relativzahlen wurde der Gesamtdurchschnitt von 22,5 dt/ha gleich 100 % gesetzt. Es bleibt festzuhalten, dass sich beim Trockenmasse- und Rohproteinertrag im wesentlichen die selbe Rangfolge der Varianten ergibt mit dem besten Ergebnis für die Mineraldüngung, Schleppschuh auf Platz 2, Schleppschlauch auf Platz 5 und Prallteller mit dem schlechtesten Ergebnis.

Um zu einer klaren Beratungsaussage zu gelangen, wurden die herkömmlichen Varianten V 1 und V 2 (Prallkopf und Prallteller) rechnerisch zum Verfahren „breitflächige Ausbringung“ addiert und mit den umweltschonenden Varianten V 4 und V 5 (Schleppschuh und -schlauch = „bodennahe Ausbringung“) verglichen. Dabei ist die bodennahe Ausbringung mit 125,7 dt/ha TM Ertrag der breitflächigen mit 117,3 dt/ha deutlich überlegen. Auf den Durchschnittsertrag bezogen, beträgt das Verhältnis 101,4 % zu 94,5 %. Der RP-Ertrag ergibt 23,3 dt/ha (101,3 %) bzw. 21,4 dt/ha (93 %) zugunsten der bodennahen Ausbringung. Insgesamt kann somit nach sechs abgeschlossenen Versuchsjahren der bodennahen Ausbringung ein Trockenmasse - Mehrertrag von 7 % und ein Rohprotein - Mehrertrag von 8 % attestiert werden.

Schlussfolgerungen

In der Praxis haben bei der Gülleausbringung auf Grünland der Prallteller und der Schleppschlauch bislang die größte Bedeutung. Unter den geschilderten Versuchsbedingungen mit einer dünnen Gülle um 4 % TS, war die Schleppschlauchausbringung beim Trockenmasse- und beim Rohproteinertrag dem Prallteller überlegen. Schleppschuhverteiler lieferten auf Grünland den höchsten Ertrag. Durch die bodennahe Ausbringung einer dünnflüssigen Gülle in angemessenen Gaben und bei geeigneten Witterungsbedingungen, sind im Versuch keine Schäden an der Grasnarbe entstanden.

Literatur

Bericht veröffentlicht in:

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

Unterschiedliche technische Behandlung von Gülle und deren Auswirkungen auf intensiv genutztes Dauergrünland

Elsässer, M., Kunz, H.G. und Briemle, G.

Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW),
Atzenberger Weg 99, 88326 Aulendorf

martin.elsaesser@lazbw.bwl.de

Abstract

Auf einem viermal genutzten Grünland im württembergischen Alpenvorland wurden von 1987 - 1993 in versuchsmäßig bewirtschafteten Kleinparzellen (25 m²) die Auswirkungen verschiedener technischer Verfahren der Güllebehandlung auf den Pflanzenbestand, die Erträge sowie auf die Bodennährstoffgehalte untersucht. Unter anderem wurden folgende Verfahren überprüft: Biogasgülle, Separierung, Belüftung und Rühren. Auf die botanische Zusammensetzung des Pflanzenbestandes hatten die Verfahren der Güllebehandlung keine oder nur geringe Auswirkungen. Dagegen unterschieden sie sich deutlich von der Kontrollvariante mit mineralischer Volldüngung: die Gülleparzellen wiesen höhere Leguminosen- und Kräuteranteile auf. Die Auswirkungen auf die Trockenmasseerträge waren gleichfalls gering. Die Effizienz der Güllendüngung im Vergleich zur mineralischen Düngung konnte im Verlauf der Versuchsperiode jedoch gesteigert werden. Sie stieg bei allen Varianten an, allerdings auf unterschiedlichem Niveau. Durch Separierung und Biogas-Faulschlamm wurde die Effizienz der Gülle hinsichtlich der Ertragswirkung verbessert.

Keywords: Biogas, Güllebelüftung, Separierung, Grünland

Einleitung

Wirtschaftseigene Nährstoffe sollen mit geringstmöglichen Verlusten ausgebracht werden. Dem stehen natürliche und verfahrensbedingte Eigenschaften der Wirtschaftsdünger entgegen. Demnach hängt der Effekt einer Güllendüngung nicht nur vom ausgebrachten Stickstoff ab, sondern ist u.a. im Zusammenwirken der Nährstoffe mit dem Fließverhalten der Gülle begründet. Für ein störungsfreies Ausbringen der Gülle durch technisch anspruchsvolle Applikationsgeräte mit geringen Querschnitten bei den Ausflußöffnungen muss die Gülle fremdkörperfrei sein, um eine gute Längs- und Querverteilung zu gewährleisten. Um die anfallende Gülle in eine düngewirksamere Form mit einer technologisch verbesserten Qualität zu bringen, gibt es eine Reihe mechanischer, biologischer, thermischer, chemischer und elektrischer Verfahren. Für die vorliegende Untersuchung wurden einige mechanische (Mischen und Separieren) und biologische (aerobe und anaerobe Fermentation) Verfahren für eine eingehende Untersuchung ausgewählt. Die solchermaßen behandelte Gülle wurde ausgebracht und hinsichtlich der längerfristigen Auswirkungen auf die Erträge, die botanische Zusammensetzung des Wiesenbestandes und den Nährstoffgehalt des Bodens verglichen.

Bei der **Gülle-Separierung** fallen durch mechanische Abtrennung schüttfähige, festmistähnliche Grobbestandteile an. Diese "Festphase" kann frisch oder kompostiert wie Stallmist gedüngt werden. Die flüssigen Bestandteile sind ein ideales Substrat für verlustarme Ausbringung und können die Qualität und insbesondere im überbetrieblichen

Einsatz die Schlagkraft bei der Ausbringung verbessern sowie die Ammoniakemissionen verringern (u.a. REXILIUS, 1990; GRONAUER, 1993).

Mit der **Güllebelüftung** werden neben einer Verbesserung der technologischen Eigenschaften durch Abbau von Grob- und Schleimstoffen mehrere andere Ziele verfolgt. Zunächst erfolgt ein Abbau von Geruchsstoffen, des weiteren eine Verbesserung der Pflanzenverträglichkeit und unter Umständen eine "Entseuchung" der Gülle (MANNEBECK, 1974). Nach BESSON (1980) wurden in der Praxis folgende Wirkungen von belüfteter und methanvergorener Gülle auf Wiesen im Vergleich zu ausschließlich gelagerter Gülle beobachtet:

- bessere Pflanzenverträglichkeit, d. h. es sind weniger verätzte Pflanzenteile oder Pflanzen zu finden
- der Anteil der Leguminosen ist höher
- die Erträge sind höher
- die Bekömmlichkeit des Grünfutters (Weide und Stallfütterung) ist besser.

Mit der Belüftung geht eine Volumenreduktion und ein zum Teil erheblicher Stickstoffabbau einher. Je nach Art des Verfahrens, dem jeweiligen pH-Wert, der Verfahrenstemperatur und der Belüftungsdauer können die Verluste an Ammoniumstickstoff erheblich sein.

In **Biogasanlagen** erfolgt durch anaerobe Fermentation ein Biomasseabbau, der sich u.a. in der Verringerung des TS-Gehaltes äußert. Organische Substanzen werden "zerkleinert". Als Endprodukte entstehen technisch verwertbares Biogas und Faulschlamm. Dem Biogas-Faulschlamm werden bessere Düngeeigenschaften als der Frischgülle zugeschrieben. Durch den Abbau der Kohlenstoff-Verbindungen und die Verwertung der organischen Säuren zur Methanbildung kommt es zu einem für die Düngung günstigeren C:N-Verhältnis. Eine pH-Reduktion im Boden und eine damit verbundene Freisetzung von Nährstoffen und Schwermetallen wird dadurch vermindert. Die humusbildende Wirkung des Düngers bleibt weitgehend erhalten, da Humusbildner wie lignininkrustierte Zellulose während der Methangärung kaum abgebaut werden (BRAUN, 1982). Durch den Fermentationsprozess verbessern sich die technologischen Eigenschaften des Substrates. Es ist leichter homogenisierbar, fließ- und pumpfähig. Damit ist auch eine störungsfreiere Handhabung der verlustarmen, aber in der Regel auch technisch anspruchsvollen Ausbringetechniken möglich. Der höhere Anteil des Ammoniumstickstoffes am Gesamtstickstoff rückt den Faulschlamm bezüglich der Düngewirkung noch mehr in Richtung Mineraldünger (u.a. MERZ, 1988) Der Aschegehalt und damit der Gehalt an Phosphat und Kali werden durch den Faulprozeß nicht verändert (BAADER *et al.*, 1978).

Material und Methoden

Versuchsanlage

Der Versuch wurde von 1987 bis 1993 auf Dauergrünland der Lehr- u. Versuchsanstalt Aulendorf in ca. 600 m Meereshöhe angelegt. Die durchschnittliche Jahrestemperatur beträgt 7.4°C, die mittlere Jahres-Niederschlagssumme liegt bei 870 mm. Der Bodentyp ist eine tiefgründige Parabraunerde über Geschiebelehm. Darunter steht kalkreicher Geschiebemergel an.

Die Anlage erfolgte als Blockanlage mit drei Wiederholungen bei einer Ernte- und Düngefläche von 25 m² (Kleinparzellen) und zum anderen ab 1988 zum Vergleich noch in Langparzellen (384 m²) mit zwei echten Wiederholungen und insgesamt pro Variante 4 Erntequadraten (15 m²). Die Kleinparzellen werden mit Versuchsgeräten, die Langparzellen mit praxisüblicher Mechanisierung bewirtschaftet. Die Düngung wurde in 4 Gaben

pro Jahr verabreicht. Im folgenden werden ausschließlich die Ergebnisse des Kleinparzellenversuches berichtet.

Die Flächen wurden jährlich 4 x genutzt und erhielten vor jeder Nutzung eine Düngung. Bei den Flüssigmist-Varianten zu jeder Nutzung (4 x pro Jahr) 25 m³ ha⁻¹. Bei den Varianten 9 und 10 wurden bis einschließlich 1991 640 und ab 1992 320 dt ha⁻¹ Feststoff im Jahr verteilt auf 4 bzw. 2 Gaben breitflächig ausgebracht. Die Änderung der ausgebrachten Menge wurde infolge einer starken Feststoffanhäufung im Stoppelbereich der Grasnarbe und vor allem der hohen ausgebrachten Phosphat- und Magnesiummenge unumgänglich.

Die verwendete Gülle hatte folgende Eigenschaften und wurde in den folgende Versuchsvarianten untersucht (Tabellen 1 u. 2) :

Tab. 1: Versuchsvarianten und ausgebrachte Nährstoffmengen in kg ha⁻¹

Var. Nr.	Düngung / Behandlung	N-ges.	NH ₄ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
1	ungedüngt	-	-	-	-	-
2	P K mineralisch	-	-	100	400	-
3	N P K mineralisch;	215	(215)	100	400	-
4	Gülle gerührt	246	142	108	370	51
5	Gülle belüftet	261	145	127	387	55
6	Gülle separiert-Flüssigphase	233	139	79	385	34
7	Gülle ausgefault-Biogas Faulschl.	234	146	100	361	46
8	Gü. ausgefault u.sep. - Flüssigph.	229	142	72	377	31
9	Gülle separiert - Festphase	182	70	167	176	82
10	Gülle separiert - Festphase kompost.	329	26	332	278	187

Tab. 2: Mittlere Inhaltsstoffgehalte der Gülle (in % der Frischsubstanz)

Variante	pH-Wert	TS%	N-ges.	NH ₄ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Gülle gerührt	7,4	5,26	0,246	0,142	0,108	0,370	0,051
Gülle belüftet	7,5	6,00	0,261	0,145	0,127	0,387	0,055
Gülle separiert-Flüssigphase	7,6	3,38	0,233	0,139	0,079	0,385	0,034
Gü. ausgefault-Biogas Faulschl.	7,6	3,91	0,234	0,146	0,100	0,361	0,046
Gü. ausgefault u.separiert - Flüssigph.	7,8	2,88	0,229	0,142	0,072	0,377	0,031
Gülle separiert - Festphase	8,5	20,23	0,341	0,132	0,313	0,331	0,153
Gülle separiert - Festphase kompostiert	7,4	23,44	0,617	0,048	0,623	0,522	0,351

Die **botanische Zusammensetzung** des Bestandes wurde zu Versuchsbeginn und dann jeweils jedes zweite Jahr einheitlich zum 4. Aufwuchs durch die Schätzung der Ertragsanteile nach KLAPP (1949) erfasst.

Biogas: Kontinuierlicher Betrieb im mesophilen Temperaturbereich; Fermenter stehend, 250 m³ Verweildauer der Gülle < 18 Tage

Ergebnisse und Diskussion

Entwicklung der botanischen Zusammensetzung (Ergebnisse hier nicht dargestellt, siehe Originalveröffentlichung).

Gegenüber dem Ausgangsbestand von 1987 (2. Aufwuchs) nahmen die Gräser stetig ab, um sich bei ca. 60% unter NPK-Düngung, bzw. knapp 40% unter organischer Düngung einzupendeln. Es kam generell und *ausnahmslos* zu einer starken Zunahme des Kräuteranteils (einschl. Leguminosen) von durchschnittlich 18% (zu Beginn des Versuches) auf $\bar{\sigma}$ 63% (nach 3 Versuchsjahren) und der hielt sich auch über die Folgejahre in dieser Größenordnung. Bei näherer Betrachtung fällt auf, daß die größten Grasverluste (bzw. komplementär die größten Kräuterzunahmen) auf den organisch gedüngten Versuchsvarianten (begüllte Parzellen) auftraten. Hier fiel der Grasanteil um 46% ab, bei der (mineralischen) NPK-Variante jedoch nur um 27%. Dieses Ergebnis stützt die allgemeine Erkenntnis (z.B. KLAPP, 1962; MUNZERT, 1973; JO, 1989), wonach mineralisch verabreichter N vor allem die Gräser fördert, während organische Dünger die Konkurrenzkraft der Kräuter stärken (THOMET, 1987; GUJER, 1990). Bei der Variante "NPK mineralisch" wurde somit der allgemein zu beobachtende Gräserchwund abgemildert. Werden die übrigen dominanten Futterpflanzen einzeln untersucht, so ergibt sich folgendes Bild:

Taraxacum officinale: Generell starke Zunahme. Am stärksten bei "Gülle belüftet", "Gülle separiert Festphase" und "ohne Düngung" (von 10 auf über 30% EA); am geringsten bei "NPK mineralisch" und bei "Gülle separiert Festphase".

Lolium spec.: Generelle, z.T. starke Abnahme. Geringste Abnahme bei Variante "NPK mineralisch" (von 22 auf 18%), die stärkste bei Var. "ohne Düngung" (von 34 auf 6%). Innerhalb der organischen Düngung: Stärkste Abnahme bei "Gülle separiert Festphase", geringste bei "Biogas-Faulschlamm".

Dactylis glomerata: Obwohl ein Obergras, hielt sich diese Art recht gut im Bestand: Deutlichste Zunahme bei "Gülle separiert Festphase kompostiert" (von 5 auf 15%); stärkste Abnahme bei "NPK mineralisch" (von 45 auf 20%). Die organische Düngung dagegen brachte fast überall eine Förderung dieses Grases mit sich.

Trockenmasseerträge

Die mittleren Trockenmasseerträge sind in Tab. 3 zusammengefasst.

Tab. 3: Trockenmasseerträge in dt ha⁻¹ (1988-1993)

V.	Düngung - Behandlung	Trockenmasse dt ha ⁻¹	Rohprotein dt ha ⁻¹	P kg ha ⁻¹	K kg ha ⁻¹
1	ohne Düngung	112,2 d	16,5 bc	48,9	298
2	P K - mineralisch	117,7 bcd	18,1 ab	51,9	402
3	N P K - mineralisch	136,4 a	19,9 a	56,8	457
4	Gülle gerührt	113,8 cd	16,4 bc	50,1	373
5	Gülle belüftet	112,9 cd	15,8 c	49,7	363
6	Gülle separiert-Flüssigphase	117,3 bcd	16,6 bc	51,9	394
7	Gülle ausgefault-Biogas Faulschl.	117,8 bcd	16,4 bc	50,5	360
8	Gü. ausgefault u. sep.- Flüssigph.	125,7 b	17,8 abc	52,9	392
9	Gülle separiert-Festphase	115,2 cd	16,9 bc	51,9	346
10	Gülle separiert-Festphase kompost.	120,7 bc	17,6 bc	57,0	378
	Versuchsmittel	119,0	17,2	52,1	376
	GD (p = 0.05)	8,5	1,4	3,6	29,2

Die mineralische Düngung war allen anderen geprüften Varianten signifikant überlegen. Eine gute Ertragswirkung wies auch noch die Flüssigphase des separierten Faulschlammes auf. Die Effizienz der Gölledüngung steigerte sich im Verlauf der Jahre. Der Einfluß der Belüftung auf den Düngereffekt der Gülle war eher negativ. Gemäß VETTER (*et al.*, 1987) hat die Flüssigphase einer separierten Gülle (bei gleicher insgesamt ausgebrachter Nährstoffmenge) einen besseren Düngereffekt als die nicht separierte Gülle. Dieses Ergebnis konnte mit den vorliegenden Versuchsdaten bestätigt werden.

Den höchsten Rohproteintrag erreichte die Variante 3 -mineralische Düngung-. Der nächsthöhere Ertrag wurde wohl infolge des hohen Kleeanteils bei der P,K-Variante erzielt. Zwischen allen Göllevarianten ergaben sich keine gesicherten Unterschiede.

Schlussfolgerungen

Eine Analyse der Pflanzenbestände ergab, daß es in erster Linie die versuchsmäßige Bewirtschaftung war, die zu größeren Veränderungen im Pflanzenbestand führte. Erst an zweiter Stelle kommen jene Effekte, die der Düngform (ob ausschließlich mineralisch oder ausschließlich organisch) zuzuschreiben sind. Innerhalb der organischen Düngung wirkten sich die verschiedenen Gölleformen nicht oder kaum auf den Bestand aus.

Die Ergebnisse weisen ferner darauf hin, daß die Wirkungen technischer Methoden zur Göllebehandlung maßgeblich vom Zustand der zu behandelnden Gülle abhängen. Wenn die Gülle, wie die im Versuch verwendete, bereits vorher relativ dünn (mittlerer TS-Gehalt der Ausgangsgölle 5,3%) und gut fließfähig ist, dann hat die Aufbereitung eine geringere Wirkung auf die technologischen Eigenschaften und damit auch auf die Düngewirksamkeit der Gülle. Nach BESSON (*et al.*, 1987) hat die Art und die Menge der angewandten Gölle stets einen größeren Effekt als die Art der Aufbereitung.

Literatur

Weitere Angaben finden sich in der Originalveröffentlichung:

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

Auswirkungen unterschiedlich hoher Güllegaben in variiertes Verdünnung und mit unterschiedlichen zusätzlichen Kalkgaben

Kunz, H.-G. und Elsaesser, M.

Landwirtschaftliches Zentrum Baden Württemberg (LAZBW),
Atzenberger Weg 99, 88326 Aulendorf

martin.elsaesser@lazbw.bwl.de

Abstract

In einem Versuch in Oberschwaben wurde mit Wasser (1:1) verdünnte und unverdünnte Rindergülle in 3 Mengenstufen entsprechend einer Nährstofflieferung von 1 - 3 GV ha⁻¹ auf Dauergrünland ausgebracht. Zusätzlich wurde die Wirkung einer zusätzlichen Düngung von kohlenstoffreichem Kalk auf unterschiedliche Ertragsparameter untersucht. Eine Steigerung der Güllemenge von 25 auf bis zu 75 m³ ha⁻¹ unverdünnter Gülle (238 kg N ha⁻¹) brachte keinen Mehrertrag gegenüber der mittleren Düngestufe. Eine bessere Nährstoffwirkung durch Zusatz von Wasser zur besseren Verfügbarkeit der in Gülle gelösten Nährstoffe, insbesondere von Stickstoff, ließ sich in unserem Versuch hinsichtlich der Trockenmasseerträge nicht belegen. Die Zugabe von Kalk erhöhte zwar die pH-Werte im Boden und die Entzüge an Calcium, die Erträge wurden davon jedoch nicht beeinflusst. Zusätzliche Kalkdüngung steigerte die Stickstoffverluste durch Ammoniakabgasung offensichtlich nicht.

Keywords: Verdünnung von Gülle, Kalkzufuhr, Stickstoffdüngung, Grünland

Einleitung

Verdünnung von Gülle mit Wasser gilt nach wie vor als probate Methode um die schädigende Wirkung von Gülle durch Verätzungen von Dauergrünlandaufwüchsen zu verhindern und zudem eine bessere Effizienz des in ihr enthaltenen Stickstoffs zu gewährleisten. In einem Versuch am Landwirtschaftlichen Zentrum Baden-Württemberg in Aulendorf wurden die von 1 Großvieheinheit bis zu 3 GV je ha ausgeschiedenen Nährstoffmengen auf viermal geschnittenes Dauergrünland ausgebracht und unverdünnte mit verdünnter Gülle und mit mineralischer Düngung verglichen. Die Frage war, wirkt sich die Verdünnung tatsächlich positiv auf Ertragsleistung und Nährstoff-Entzüge von Grünland aus? Zusätzlich wurde geprüft in wieweit eine zusätzliche Kalkdüngung auf den Bestand förderlich ist oder ob aufgrund auftretender Ammoniakabgasung mit Mindererträgen zu rechnen ist?

Material und Methoden

Der Versuch wurde von 1999 bis 2004 als Blockanlage mit dreifacher Wiederholung auf einer Vierschnittsweise in Oberschwaben (Höhenlage: 610m ü. NN ; durchschnittlicher Jahresniederschlag:950 mm) durchgeführt.

Behandlungen

Die Gülleapplikation erfolgte mit einem praxisüblichen Güllefass mit einem Prallkopfverteiler der Fa. Eisele in 3 Düngeufen (Tab. 1):

- 1 = 25 m³ ha⁻¹ Gülle in 3 Gaben ~ in etwa der Nährstoffrücklieferung von 1GV
- 2 = 50 m³ ha⁻¹ Gülle verteilt auf 4 Gaben (ungefähr 2 GV)
- 3 = 75 m³ ha⁻¹ Gülle verteilt auf 5 Gaben (ungefähr 3 GV)

Verdünnungsstufen

- 1 = unverdünnte Gülle (ca. 7,5 % TS)
- 2 = im Verhältnis etwa 1: 1 mit Wasser verdünnte Gülle (ca. 4 % TS)

Kalkdüngung

- 1 = alle drei Jahre 30 dt/ha „Ehinger Düngekalk“ (ca. 90% CaCO₃ und bis zu 6% MgCO₃)
- 2 = kein Kalk

Ertragsermittlungen erfolgten zu allen 4 Mähnutzungen mit einem Hege-Vollernter als Kernbeerntung (12-16m²). Die Botanische Analyse erfolgte als Klee-Gras-Kräuter-Schätzung zu jedem Aufwuchs und zudem über eine Ertragsanteilschätzung nach KLAPP/STÄHLIN in jedem Jahr zum 3. Aufwuchs. Die Aufwüchse wurden auf TS, N, P, K, Ca und Mg-Gehalte untersucht. Im Boden wurden pH, P₂O₅, K₂O und MgO erfasst und die Gülle auf TS, pH, P₂O₅, K₂O, MgO und Asche untersucht.

Tab. 1: Versuchsvarianten und im Durchschnitt ausgebrachte Nährstoffmengen (1999-2004) in kg ha⁻¹

V	verdünnt	m ³ ha ⁻¹	N	NH ₄ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
1	nein	25	79	43	44	99	56	16,5
2	nein	50	159	86	89	197	112	33,0
3	nein	75	238	128	133	296	167	49,5
4	ja	50	94	52	56	114	69	22,0
5	ja	100	188	104	112	227	137	44,0
6	ja	150	282	156	168	341	206	66,0
7	mineral.		159	86	89	197	112	33,0

Nährstoff-Analysen erfolgten von jeder verwendeten Gülle. Die Inhaltsstoffgehalte der unverdünnten Gülle wurden jeweils als Grundlage zur Berechnung der dem Vergleich dienenden Mineraldüngervariante mit 159 kg N ha⁻¹ (ca. 2 GV ha⁻¹) verwendet.

Ergebnisse

Erträge und Nährstoffentzüge

Hinsichtlich der TM-Erträge und der Nährstoffentzüge gab es im Hinblick auf den Einsatz von Kalk bis auf die Entzüge an Ca keine gesicherten Wirkungen (Tab. 2). Die Steigerung der Nährstoffzufuhr über Düngung erbrachte wie zu erwarten höhere Erträge. Die Verdünnung hatte im Mittel auf die Trockenmasseerträge keinen Einfluss. Die Erträge waren bei mineralischer Düngung deutlich höher und lagen mit im Schnitt 115,2 dt TM ha⁻¹ um 9 % höher als bei Gülledüngung mit gleichen Nährstoffmengen. Die Steigerung der Güllemenge über 50 m³ bei unverdünnter oder 100 m³ bei verdünnter Gülle hinaus, brachte keinen Mehrertrag. Im Gegensatz dazu stiegen die Entzüge an Kalium mit steigenden Güllemengen an.

Botanische Zusammensetzung

In Abb. 2 sind ausgewählte Varianten hinsichtlich der botanischen Entwicklung während des Versuchszeitraumes vergleichend dargestellt. Geringere Düngung (Var. 1 und 4) förderte die Leguminosen; höhere Düngung (Var. 3 und 6) und mineralische N-Düngung förderten die Gräseranteile, wobei in beiden Fällen die Unterschiede zwischen verdünnter und nicht verdünnter Gülle nicht groß waren.

Tab. 2: Trockenmasse- und Rohproteinерträge (dt ha⁻¹) sowie Nährstoffentzüge in kg ha⁻¹ (1999-2004)

Variante	TM	Rohprotein	P	K	Ca	Mg
Gülle unverdünnt						
1	98,9 c	14,7 d	53,7 d	193,7 e	125,1 a	23,2 bc
2	105,3 b	15,4 bcd	58,6 ab	236,4 c	124,2 a	23,4 bc
3	107,6 b	15,6 bc	60,2 a	245,8 cb	124,5 a	24,1b
Gülle verdünnt (1:1)						
4	98,5 c	14,7 d	55,5 cd	209,0 de	124,8 a	22,8 bc
5	104,6 b	14,9 cd	56,8 bc	227,5 c	124,2 a	23,1 bc
6	109,7 b	16,0 ab	58,9 ab	267,8 a	114,5 b	22,6 c
7 mineral.	115,2 a	16,6 a	58,3 abc	257,5 ab	125,4 a	26,0 a
GD 5%	5,36	0,88	2,98	19,56	7,45	1,46
HW Kalkdüngung						
Mit Kalk	105,7	15,5	57,5	236,7	128,2 a	23,8
Ohne Kalk	105,6	15,3	57,4	231,2	118,2 b	23,4
GD 5%	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	3,98	n.s.

pH-Werte im Boden

Die pH-Werte im Boden veränderten sich in Abhängigkeit von der Kalkdüngung signifikant (Abb. 1).

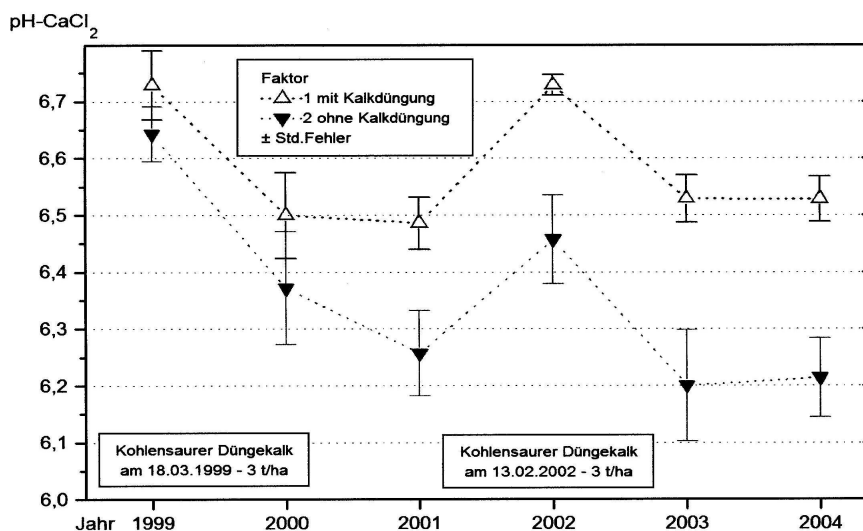


Abb. 1: Entwicklung der pH-Werte im Boden

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die Ausbringung hoher Güllemengen ist seit Einführung der Düngeverordnung (2007) nicht mehr gestattet, die bekanntlich die Menge an Stickstoff aus wirtschaftseigenem Dünger auf 170 kg N ha^{-1} begrenzt. Im Hinblick auf die Trockenmasseerträge war diese Nährstoffobergrenze ohne Bedeutung, denn in unserem Versuch zeigte sich, dass eine Steigerung der Güllemenge auf bis zu 75 m^3 unverdünnter Gülle (235 kg N ha^{-1}) keinen Mehrertrag gegenüber der mittleren Düngestufe erbrachte.

Ein Zusatz von Wasser zur vermeintlich besseren Wirkung der in Gülle gelösten Nährstoffe, insbesondere von Stickstoff ließ sich in unserem Versuch hinsichtlich der Trockenmasseerträge nicht belegen. Auch auf die Entwicklung der Pflanzenbestände war der Verdünnungsgrad ohne größere Bedeutung. Ebenso veränderte die Zugabe von Kalk zwar die pH-Werte im Boden und erhöhte den Entzug an Calcium, die Erträge wurden davon jedoch nicht beeinflusst. Im Umkehrschluss kann davon ausgegangen werden, dass zusätzliche Kalkdüngung die Stickstoffverluste durch Ammoniakabgasung nicht steigerte.

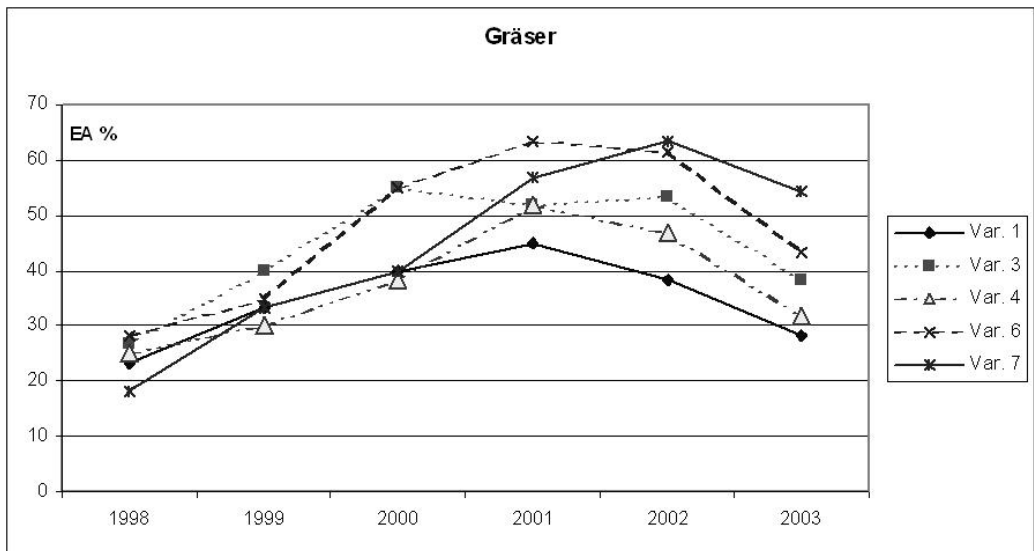


Abb. 2a: Veränderung der Ertragsanteile der Gräser (EA %) ausgewählter Güllevarianten ohne zusätzliche Kalkdüngung

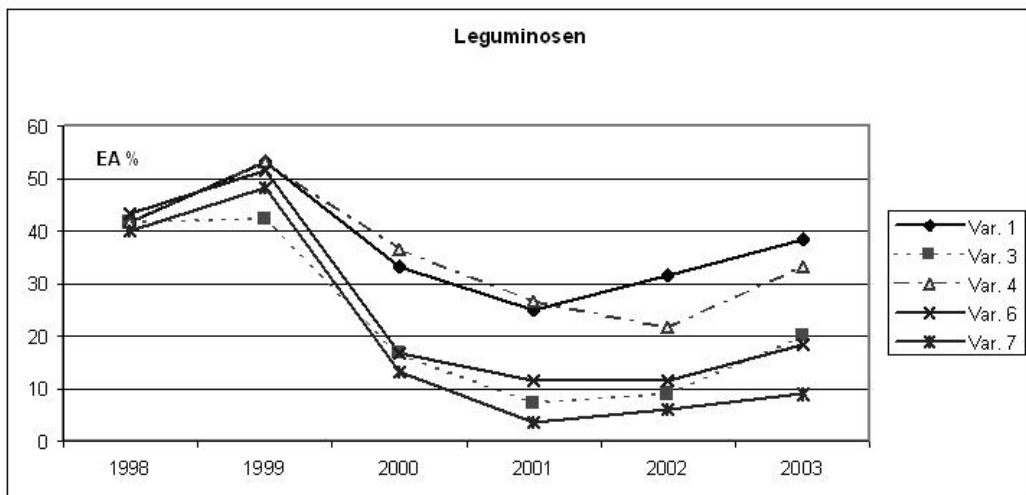


Abb. 2b: Veränderung der Ertragsanteile der Leguminosen (EA %) ausgewählter Güllevarianten ohne zusätzliche Kalkdüngung

Literatur

DÜNGEVERORDNUNG, 2007: Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngerordnung - DüV) vom 10. Januar 2006, BGBl. I 2006, Nr. 2, S. 20 - 29, Neufassung der Düngerordnung vom 27. Februar 2007, BGBl. I 2007, Nr. 7, S. 221 - 240.

Einmalige Gülle-Düngung zu Silomais mit Biogasgülle bzw. angereicherter Biogasgülle als Gülledepot mit Grubber oder Scheibenegge ausgebracht

Lavandier, P.¹, Riexinger, J.¹, Müller, T.¹, Schulz, R.¹, Huchler, G.² und Erhart, E.³

¹Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenernährung; ²Landratsamt Biberach;
³Regierungspräsidium Tübingen

elisabeth.ehrhart@rpt.bwl.de

Abstract

Basierend auf zwei Streulagenversuchen auf landwirtschaftlichen Betrieben im Landkreis Biberach (Oberschwaben) in den Jahren 2009 und 2010 wurde der Frage nachgegangen, wie höhere Mengen an Gärresten zur Maisdüngung genutzt werden können. Dabei zeigte sich, dass bereits mit einmaliger Gärrest-Applikation der gesamte N-Bedarf des Silomais gedeckt werden konnte, ohne dass erhöhte Nmin-Werte nach der Ernte zu befürchten waren.

Keywords: Biogasgülle, Depot-Düngung, N-Bilanz, Silomais

Einleitung

Aufgrund der steigenden Zahl an Biogasbetrieben in Baden-Württemberg wird im Sinne eines nachhaltigen Nährstoffkreislaufs die Verwendung von höheren Gärrestgaben zu Silomais notwendig. Um Nitratverlagerungen zu vermeiden, schreibt die Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung für Wasserschutzgebiete in Baden-Württemberg (SchALVO) eine geteilte N-Düngung zu Mais vor. Es dürfen maximal 40 kg anrechenbarer Stickstoff vor der Saat ausgebracht werden - der restliche N-Bedarf wird später anhand der Nmin-Methode im 4-Blattstadium ermittelt. Aufgrund der Ergebnisse von SOMMER (2005) zur CULTAN-Düngung wird bei einer platzierten Düngung, bei der Ammonium die überwiegende Stickstoffform ist, Ammonium an Bodenteilchen gebunden und so Auswaschung verhindert. Ausgehend von dieser Feststellung sollte daher untersucht werden, ob eine Anreicherung der Gülle mit schwefelsaurem Ammoniak und Ausbringung in Depotform als Gülleband zusätzliche Vorteile bringen.

Material und Methoden

In den Jahren 2009 und 2010 wurden Streulagenversuche auf landwirtschaftlichen Betrieben bei Biberach angelegt und als on-farm Versuche bewirtschaftet. Die durchschnittliche Jahrestemperatur im Landkreis Biberach beträgt 7,5 °C; der mittlere Jahresniederschlag liegt zwischen 700 und 760 mm, Höhenlage 500 - 580m ü.N.N. Es handelt sich um tiefgründige, fruchtbare Lehmböden (Bodenarten: sL, uL).

Es wurden sechs Varianten und 5 Wiederholungen untersucht. Auf jeder Fläche wurden folgende 6 Düngevarianten angelegt:

- V1** - angereicherte Biogasgülle mit Schleppschlauch nach der Saat
- V2** - angereicherte Biogasgülle mit Güllegrubber als Band vor der Saat
- V3** - angereicherte Biogasgülle mit Scheibenegge vor der Saat
- V4** - Biogasgülle mit Scheibenegge vor der Saat

- V5** - nach SchALVO 10 m³ Biogasgülle mit Scheibenegge vor Saat, 6-8 Blattstadium in Bestand mit AHL als Band
V6- Kontrolle (nur Unterfußdüngung mit DAP)

Die Varianten waren 12 bis 16m breiten Streifen mit praxisüblicher Düngetechnik. Die praxisübliche Düngetechnik bestand in einem Schleppschauchfass (Schlauchabstand 25 cm, Ausbringung oberflächlich), einem selbstfahrenden Holmer mit Güllegrubber (Ablage in ca.15cm Tiefe als Gülleband, Zinkenabstand ca. 60cm) oder Holmer mit Scheibenegge (Ablage oberflächlich, Scheibenabstand 20cm, flächig eingearbeitet).

Der Düngebedarf wird anhand der Bestimmungen in der Düngeverordnung (DüVO) §3 Abs.2 ermittelt. Um die Jugendentwicklung des Maises zu sichern, wurde bei allen Varianten 1dt/ha Diammonphosphat (DAP) als Unterfußdüngung ausgebracht. Die Versuchsvarianten V1 (Schleppschauch nach Saat) und V5 (SchALVO-Variante) wurden nach später Nmin-Methode gedüngt. Durch Zusatz von ca. 25 kg schwefelsaurem Ammoniak pro m³ Gülle wurde der Ammoniumanteil auf über 80% des Gesamtstickstoffs erhöht. Die Düngung nach SchALVO wurde durch 10 m³ Gülle vor der Saat sowie im 6-8 Blattstadium mit AHL im Band (Pflanzenschutzspritze mit angebauten Schleppschläuchen) durchgeführt.

Dem N-Düngebedarf wurde flächenspezifisch eine Ertragserwartung von 600dt FM zugrunde gelegt. Innerhalb der Fläche wurde der Frühjahrs-Nmin pro Variante betrachtet um die Homogenität zu bewerten und für die Bedarfsermittlung gemittelt.

Tab.1: Düngebedarfsermittlung

	2009	2010
Ertragserwartung 600dt / ha 0,45 kg N/dt	= 270 kg N	= 270 kg N
Zuschlag für nicht erntbare Restpflanze	+ 20 kg N	+ 20 kg N
Nmin MW aller Betriebe April N0-90cm	- 30 kg N	- 54 kg N
Nachlieferung Boden, Zwischenfrucht usw.	-90 kg N	-80 kg N
N-Bedarf nach guter fachlicher Praxis V1-V4	170 kg N/ha	156 kg N/ha
zusätzl. Bedarf V5 nach "später Nmin" Probe Mai/Juni (zuvor 10 m ³ Gülle und 1dt Unterfuß = 53 kg N/ha)	135 kg N/ha	120 kg N/ha

Die Bedarfsberechnung nach später Nmin-Methode ergab in V5 einen insgesamt höheren N-Bedarf von ca.173 kg N/ha in 2010. Durch Zugabe von 25 kg schwefelsaurem Ammoniak (21% N, 24% S) wurde der Ammoniumgehalt von 4,1 kg NH₄ auf 9,3 kg NH₄ erhöht. Dadurch war es möglich den N-Bedarf mit Ausbringmengen von unter 20 m³ angereicherter Biogasgülle zu erfüllen. Bei unangereicherter Biogasgülle in V4 wurden ca.40 m³ ausgebracht.

Analysiert wurde zu mehreren Terminen der mineralische Bodenstickstoff (NH₄-N, NO₃-N) sowie pH-Wert im Wurzelraum und die Trockenmasseerträge und Stärkegehalte im Mais.

Ergebnisse und Diskussion

Wie in Abb.1 ersichtlich, hatte sich bei Ausbringung mit dem Güllegrubber ein Ammoniumdepot gebildet, welches auch noch nach 56 Tagen auffindbar war. Die Beprobung erfolgte direkt im Gülleband. Erst nach ca.91 Tagen war der Ammoniumanteil nicht mehr relevant und auch der Nitratanteil betrug nur noch 34 mg pro kg. Es kann davon ausgegangen werden, dass das Ammoniumdepot bis zur Ernte vollständig aufgebraucht

wurde. Im Jahr 2009 konnte zudem auch bei der mit Scheibenegge eingearbeiteten Variante eine Ammoniumdepotbildung festgestellt werden.

Die gemessenen pH-Werte (Abb. 2) sanken in V2 in den sauren Bereich. Offensichtlich ist dies eine Folge der Nitrifikation des Ammoniums im Gülleband. Diese Beobachtung bestätigte sich in beiden Versuchsjahren (LAVANDIER 2010, RIEXINGER 2009). Die Nmin-Werte nach der Ernte lagen auf niedrigem Niveau, es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten V1 bis V5. Alle Varianten hatten jedoch einen signifikant höheren Nmin Gehalt als die Kontrolle V6.

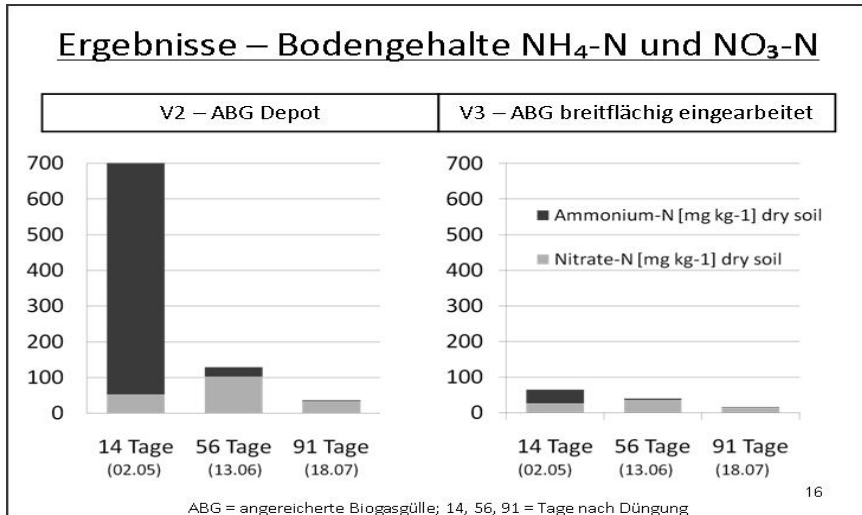


Abb.1: Nitrat und Ammonium-Gehalte im Düngeband (mit Grubber) und mit Scheibenegge breitflächig eingearbeitet (LAVANDIER, 2010)

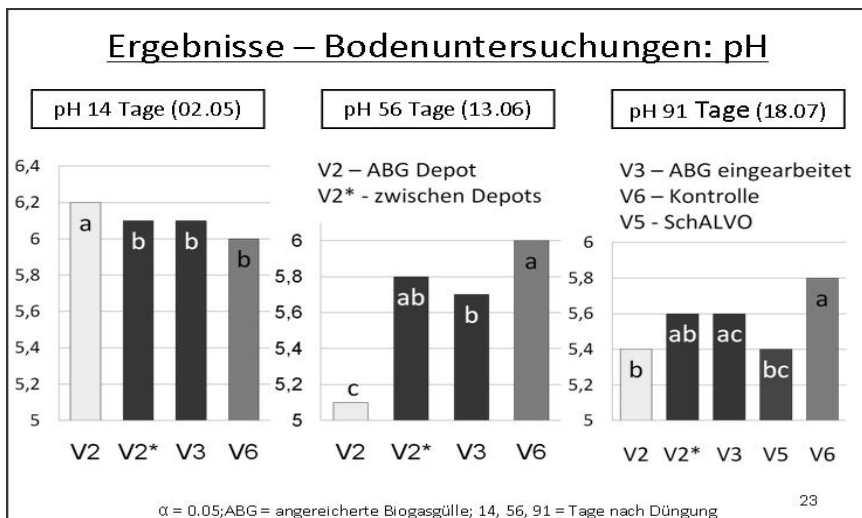


Abb.2: pH-Wert zu 3 verschiedenen Terminen nach der Düngung aus der Bodenprobe gemessen.

Tab. 2: Nitratmittelwerte nach der Ernte 0-90 cm

Jahr	Varianten	V1	V2	V3	V4	V5	V6
2010		44,8	55,4	49,0	38,8	32,8	8,6
2009		33,4	41,2	30,2	54	50,6	11,8

Die Trockenmasseerträge (Abb. 3) lagen in 2009 bei 200 dt TM ohne signifikante Unterschiede in den Varianten V1-V5 und in 2010 zwischen 147 und 162 dt/ha. Hierbei lag der Ertrag V1 mit Ausbringung von angereicherter Biogasgülle nach der Saat signifikant niedriger als der Ertrag von V5. Es gab jedoch keine Unterschiede zu den Einmalgaben vor der Saat V2 bis V4.

Ebenso lagen die Stärkeerträge (hier nicht dargestellt) in 2010 bei ca. 40 dt/ha ohne signifikante Unterschiede zwischen den Varianten V1-V5. In 2009 bei ca. 70 dt/ha - die V5-SchALVO unterschied sich nicht von V2-Depot, lag aber höher als V1, V3 und V4.

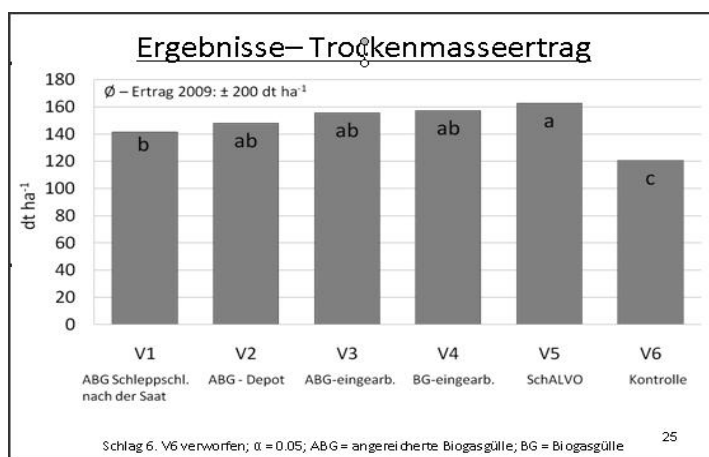


Abb.3: Trockenmasseerträge aus 2010

Erstellt man nun eine einfache N-Bilanz (Zufuhr - Abfuhr) entsprechend der DüVO, so ist diese ausgeglichen oder negativ. Für die anrechenbare N-Menge bei organischen Düngern wurde pauschal ein Ausbringungsverlust von 18% des Gesamt-N angesetzt.

Tab.3: Einfache Bilanz Zufuhr-Abfuhr 2010 und 2009

2010 MW	V1	V2	V3	V4	V5	V6
Ertrag dt/ha	147	150	160	162	161	131
NGes in TS	1,258	1,276	1,254	1,298	1,314	1,168
Abfuhr	185	191	201	210	212	153
Zufuhr aus min. Dgg. + Biogasgärrest	189	189	189	215	186	18
N-Saldo	4	-2	-12	5	-26	-135
2009 MW	V1	V2	V3	V4	V5	V6
Ertrag dt/ha	189,8	205,4	196,9	203,8	206,6	175
NGes in TS	1,03	1,08	1,03	1,1	1,1	0,83
Abfuhr	195	222	203	224	227	145
Zufuhr aus min. Dgg. + Biogasgärrest	199	190	187	203	201	18
N-Saldo	4	-32	-16	-21	-26	-127

Weil organische Dünger in der Bilanz zu 82% angerechnet werden, ist vor allem V 4 (Ausbringung von 40m³ Biogasgülle) mit einer relativ hohen N-Zufuhr berücksichtigt. Die Differenz zwischen Düngebedarf und Zufuhr (Bilanz) ergibt sich in der Anrechnung der verfügbaren Nährstoffe zur Düngung (nach DüVO mind. 60% des GesN bei Biogasgülle). Dies zeigt, dass mit einer Einmalgabe (angereichert oder nicht) und einer entsprechenden Ausbringtechnik (mit Güllegrubber oder Scheibenegge in einem Arbeitsgang) der gesamte N-Bedarf von Silomais gedeckt werden kann, ohne einen erhöhten N-Austrag befürchten zu müssen. Die mineralische Unterfußdüngung mit 1dt Diammonphosphat soll vor allem auf diesen kalten Lehmböden die Jugendentwicklung (Phosphataneignung gering) sichern.

Literatur

- LAVANDIER, P., 2010: Depotdüngung zu Mais mit angereicherter Biogasgülle. Bachelorarbeit, Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenernährung (Prof. Dr. T. Müller).
- RIEXINGER, J., 2009: Vereinfachte N-Düngung zu Mais (*Zea mays L.*) mit angereicherter Gülle. Masterthesis, Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenernährung (Prof. Dr. T. Müller).
- SOMMER, K, 2005: CULTAN-Düngung. Bonn: Verlag Th.Mann, Gelsenkirchen-Buer.

Kurzbeiträge

Untersuchungen zur Fließfähigkeit von Gülle

Schröpel, R. zusammengefasst von Diepolder, M.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Lange Point 12, 85354 Freising

michael.diepolder@lfl.bayern.de

Versuchsfragen

Eine gute Fließfähigkeit der Gülle ist ein wesentliches Kriterium für eine optimale Gülleanwendung im Dauergrünland. Je höher die Fließfähigkeit, desto besser kann die Gülle an den Pflanzen ablaufen und in den Boden eindringen. Dies wiederum bedeutet, dass die Gefahr der Futtermittelverschmutzung sowie die Ammoniakverluste und Geruchsprobleme verringert werden.

Da es kein genormtes Verfahren zur Testung der Fließfähigkeit von Gülle gibt, wurde am LVFZ Spitalhof/Kempton eine Apparatur konstruiert, mit der die Fließfähigkeit unterschiedlicher Güllen unter standardisierten und reproduzierbaren Bedingungen möglichst objektiv getestet werden kann.

Material und Methodik

Aus einem Vorratsgefäß mit definiertem Inhalt (9,97 Liter) wird die zu prüfende Gülle über eine definierte Fließstrecke (1,80 m, Gefälle 1,5%) geleitet und anschließend in einem zweiten Vorratsgefäß aufgefangen und in bestimmten Zeitabständen (jede Sekunde) gewogen. Maßstab für die Fließfähigkeit ist die in einer Messzeit aufgefangene Güllemenge im zweiten Vorratsgefäß.

Im Versuch wurden Güllen mit unterschiedlichem TS-Gehalten durch stufenweises Verdünnen einer Rindergülle mit hohem TS-Gehalt erzeugt. Ebenfalls wurden fermentierte Rindergülle (Biogasgärrest) mit 5% TS mit Rindergülle (5% TS) verglichen. Versuchsjahr 2002, 4-fache Wiederholung je Versuchsglied.

Einer weiteren Versuchsserie (2003-2005) wurden zwei unterschiedliche Güllezusätze in eine einheitliche (dünne) Rindergülle (4,5% TS) eingerührt. Bei den beiden Güllezusätzen handelte es sich um Kalkschlamm "Catomin" (30% CaCO₃) mit einer Aufwandmenge von 25 kg Kalkschlamm /m³ Gülle und um hochreine Kreide "Bioaktiv" mit einer Aufwandmenge von 10 kg/m³ Gülle. Auch hier betrug die Anzahl an Wiederholungen 4.

Wichtigste Ergebnisse

Mit zunehmender Verdünnung veränderte sich das Fließverhalten ganz wesentlich. Eine "normale" Gülle mit 7,5% TS kam unter den Versuchsbedingungen kaum in einen fließfähigen Zustand.

Zwischen ca. 7 und 5 % TS waren deutliche Unterschiede in der Fließfähigkeit festzustellen. Eine weitere Verdünnung führte nur noch zu geringen Veränderungen im Abflussverhalten, die Gülle verhielt sich bei TS-Gehalten von ca. 3-4% nahezu wie Wasser.

In einem weiteren Versuch wurde geprüft, wie sich das Biogasverfahren auf die Fließfähigkeit der Gülle auswirkt. Dabei wurde festgestellt, dass der flüssige Biogasgärrest (5% TS) etwas fließfähiger als vergleichbare Rindergülle (5% TS) war und fast das gleiche Ablaufverhalten wie eine Rindergülle mit 4,0% TS aufwies. Dies lässt sich durch den Abbau von organischer Substanz durch den Fermentationsprozess erklären.

Das Einrühren von Kalkschlamm "Catomin" bzw. von Kreidepulver "Bioaktiv" in eine (dünne) Rindergülle mit 4,5% TS veränderte unter den gegebenen Versuchsbedingungen das Abflussverhalten nicht.

Schlussfolgerungen und Fazit

Mit dem am Spitalhof entwickelten Gerät kann das Ablaufverhalten und damit die die Fließfähigkeit von Gülle unter standardisierten Bedingungen gemessen werden. Die Ergebnisse belegen, dass die Fließfähigkeit von Rindergülle vor allem von deren TS-Gehalt abhängt.

Literatur

- LEHR-, VERSUCHS- UND FACHZENTRUM FÜR MILCHVIEHWIRTSCHAFT UND GRÜNLANDBEWIRTSCHAFTUNG Spitalhof/Kempen: Berichte und Versuchsergebnisse, 3. Ausgabe 2004, s. 35-39, 2004.
- LEHR-, VERSUCHS- UND FACHZENTRUM FÜR MILCHWIRTSCHAFT UND GRÜNLANDBEWIRTSCHAFTUNG Spitalhof/Kempen: Berichte und Versuchsergebnisse, 4. Ausgabe 2006, S. 11-15; 2006. Poster, diese können zur Verfügung gestellt werden, Kontakt unter michael.diepolder@lfl.bayern.de

Güllezusatzversuch

Schröpel, R. zusammengefasst von Diepolder, M.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Lange Point 12, 85354 Freising

michael.diepolder@lfl.bayern.de

Versuchsfragen

Welche Effekte hat die Güllebehandlung mit handelsüblichem Quarzmehl und mit "energisiertem" Quarzmehl (Penac G)?

Material und Methodik

Versuchsstandort: Spitalhof/Kempton, Versuchsdauer: 1995-1997; 3 Prüfglieder: Gülle, Güllebehandlung mit handelsüblichem Quarzmehl, Güllebehandlung mit energisiertem Quarzmehl (Penac G). Die für die Versuche verwendete Rindergülle wurde jeweils vorgelagert, homogenisiert und für die Aufbereitung in 38 cbm fassende Betonsilos eingefüllt. Anschließend wurde in eines der Silos Penac G, in ein weiteres Quarzmehl in die Gülle eingerührt, in der vorgeschriebenen Menge von 1 kg/100 cbm. Die Gülle im 3. Silo blieb ungehandelt. Pro Versuchsjahr wurden vier Aufbereitungen durchgeführt. Die durchschnittliche Verweilzeit der Gülle bis zur Ausbringung betrug im Mittel 45 Tage. Nach Beendigung der Aufbereitungszeit wurde eine Messung der TS-Gehalte der Gülle in unterschiedlichen Behältertiefen durchgeführt, um mögliche Zonierungen festzustellen. Anschließend wurden die Gülle homogenisiert, beprobt und auf die Versuchspartzen (Weidelgras-Weißklee-Weide), die in vierfacher Wiederholung angelegt waren, mit einem speziellen Versuchsfass bodennah breitflächig ausgebracht. Dabei entsprachen die pro Schnitt ausgebrachten Güllemengen (ca. 24 m³/ha) dem betriebsüblichen Durchschnitt. Die pro Jahr und Hektar ausgebrachten Nährstoffmengen betrugen im Mittel 231 kg N, 104 kg P₂O₅ und 365 kg K₂O. Damit lag die Düngung - bei voller Anrechnung der enthaltenen Hauptnährstoffe - unterhalb der Entzüge. Auf zusätzliche mineralische N-Gaben wurde im Feldversuch verzichtet, um damit Unterschiede in der Wirksamkeit der unterschiedlich aufbereiteten Gülle feststellen zu können.

Wichtigste Ergebnisse

Eine Veränderung der Gülleinhaltsstoffe, welche durch die Zusätze bewirkt wurde, war nicht nachzuweisen. Ebenfalls zeigten die Zusätze keinen Ertragseffekt. Im dreijährigen Mittel (1995-1997) lag der Ertrag bei der unbehandelten Gülle bei 102 dt TM/ha, bei der mit Quarzmehl versetzten Gülle bei 103 dt TM/ha und bei der Gülle mit "Penac-G" bei 102 dt TM/ha. Erst bei einer Ertragsdifferenz von ca. 3,5 dt TM/ha wäre der Einfluss eines Zusatzmittels abzusichern gewesen.

Schlussfolgerungen und Fazit

Mit dem praxisnahen 3-jährigen Feldversuch konnte ein Nachweis für die Wirksamkeit von "behandeltem" Quarzmehl weder im Vergleich zur unbehandelten Gülle noch im Vergleich zu handelsüblichem Quarzmehl erbracht werden.

Literatur

SCHRÖPEL, R., 2000: Güllezusatzmittelversuch; in: Berichte und Versuchsergebnisse Spitalhof/Kempton, 1. Ausgabe 2000, S., 13-16; Hsg. Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Tierhaltung und Grünlandwirtschaft, Spitalhof Kempton.

Untersuchung zur Wirkung verschiedener Präparate auf Rindergülle

Schröpel, R. und Henkelmann, G.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen, Lange Point 4, 85354 Freising

guenther.henkelmann@lfl.bayern.de

Versuchsfragen

In dieser Untersuchungsserie wurden verschiedene Zusatzstoffe und Präparate zur Verminderung von Gasemissionen und Geruchsbelästigungen geprüft.

Material und Methodik

Unterschiedlichste Präparate wurden in Wirtschaftsdüngerlagern eingesetzt und die Gase im headspace und nach der Ausbringung auf den Boden untersucht.

Wichtigste Ergebnisse

Ein Großteil der Präparate war ohne Wirkung. Einige konnten jedoch die Schwimmschicht vermindern und gasförmige Emissionen von Ammoniak reduzieren.

Schlussfolgerungen und Fazit

Bei ordnungsgemäßer Anwendung konnten einige Präparate die Ammoniakemissionen um etwa 40% reduzieren. Einige Zusatzstoffe jedoch, wie z.B. die Zugabe von Harnstoff schienen die Emission eher zu steigern. Größere Verminderungen bei der Ausbringung konnten jedoch ein gut gewählter Zeitpunkt (feuchter Boden) und eine geeignete Ausbringtechnik (Schleppschlauch) erbringen.

Literatur

SCHRÖPEL, R., HENKELMANN, G., 2006: Tagungsband anlässlich der 50 Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaues (AGFF) in Steinach, S. 76-79, Schriftenreihe 17/2006 der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, ISSN: 1611-4159

Der Einfluss von Antibiotika auf laufende Prozesse in der Biogasproduktion

Vogel, E.M. *et al.*, zusammengefasst von Henkelmann, G.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Abteilung Qualitätssicherung und
Untersuchungswesen, Lange Point 4, 85354 Freising

guenther.henkelmann@lfl.bayern.de

Versuchsfragen

In der Primärproduktion fallen in Ausnahmejahren mit Fusarien belastete Erntepartien an, welche nicht mehr zur Produktion von Nahrungsmitteln geeignet sind. Häufig werden diese in Biogasanlagen verwertet und zur Methangasproduktion vergoren. Über den Verbleib und Abbau der Mykotoxine im Fermenter und in Gärrest liegen der Zeit keine ausreichenden Erkenntnisse vor.

Material und Methodik

In Kleinfementeranlagen wurde die Kinethik des Abbaus von Desoximivalenol (DON) und Zealenon (ZEA) getestet.

Wichtigste Ergebnisse

Im Gegensatz zu den Fusarien selbst, konnten die Mykotoxine in Fermenter und im Gärrest nach 30 Tagen noch immer in hohen Konzentrationen nachgewiesen werden.

Schlussfolgerungen und Fazit

Literatur

VOGEL, E.M., MEYER ZU KÖCKER, K., KNOTT, I., 2009: Tagungsband der Internationalen Wissenschaftskonferenz Biogas Science, 2009, Science meets practice, LfL Schriftenreihe, 2009, ISSN 1611-4159.

Schlüsselparameter zur Kontrolle des Gärprozesses und Motivation, Voraussetzung und Möglichkeiten für die Prozessüberwachung

Henkelmann, G.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Abteilung Qualitätssicherung und
Untersuchungswesen, Lange Point 4, 85354 Freising

guenther.henkelmann@lfl.bayern.de

Versuchsfragen

Das Wissen um die Prozesse in Biogasanlagen ist beim Anwenderkreis laut einer Umfrage der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft sehr gering.

Doch ist die Kenntnis der wichtigsten Schlüsselparameter, die im Labor untersucht werden eine Grundvoraussetzung für den nachhaltigen und effektiven Betrieb einer Biogasanlage.

Material und Methodik

Die wesentlichen Parameter der Fermenterbiologie und die Möglichkeiten der Prozessüberwachung wurden bei dieser Arbeit zusammengestellt.

Wichtigste Ergebnisse

Schlussfolgerungen und Fazit

Die Laboranalytik bietet dem Betreiber einer Biogasanlage zahlreiche Analyseverfahren mit denen der Betrieb vom Einsatzstoff bis zum verkehrsfähigen Gärrest begleitet werden kann. Somit kann der Betrieb einer Anlage in sinnvoller Weise mit geringstmöglichem Einsatz finanzieller Mittel und minimalen Analyseinsatz durchgeführt werden. Diese Arbeit stellt ein wesentliches Werkzeug für den Betrieb einer Biogasanlage dar.

Literatur

MEYER ZU KÖCKER, K., GÖTZ, J., BECK, J., 2010: Schriftenreihe 7/2010 der Bayerischen Landesanstalt für
Landwirtschaft; ISSN 1611-4159

Zeitlich gestaffelte Güllegaben und Wachstumsverlauf

Diepolder, M.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Lange Point 12, 85354 Freising

michael.diepolder@lfl.bayern.de

Versuchsfragen

Optimales Gülle-Management ist ein Schwerpunkt fachgerechter Grünlandbewirtschaftung. In der Praxis besteht häufig die Kunst darin, die Menge und Terminierung der organischen Düngung in Einklang mit den Ansprüchen des Pflanzenbestandes und betrieblichen Gegebenheiten zu bringen, wobei Aspekte der Umwelt und des Rechts ebenfalls berücksichtigt werden müssen.

Mittels eines Düngungsversuchs (1991-2001) wurde der langjährige Einfluss einer unterschiedlichen Gülleterminierung sowohl auf Ertrag und Futterqualität als auch insbesondere auf Veränderungen des Gehaltes an mineralisierten Stickstoff im Boden untersucht. Die Erfassung der Dynamik von Ammonium- und Nitratstickstoff im Bereich des Hauptwurzelraums bei Dauergrünland (0-10 cm) bzw. der darunter liegenden Bodenschicht (10-30 cm) in einem engen Raster von 14 Tagen während der Zeit vom Ende Oktober bis Anfang April sollte dabei als ein Indiz für die potenzielle Auswaschungsfähigkeit der einzelnen Düngungsvarianten gelten.

Material und Methodik

Standort: Versuchsgut Kringell im südl. bayerischen Vorwald, 500 m ü.NN, 960 mm mittlere Niederschlagsmenge, frische Glatthaferwiese auf Ranker.

8 Düngungsvarianten in zweifacher Wiederholung, vier Schnitte

Kontrolle ohne Düngung, NPK-Variante, 6 Varianten mit Güllegaben von je 25 cbm nach dem ersten und dritten Schnitt sowie 50 kg N als KAS nach dem zweiten Schnitt. Bei diesen 6 Varianten unterschiedliche Gülleterminierung zum ersten Aufwuchs - bei gleicher Menge. Güllegabe entweder im Frühjahr oder im Herbst des Vorjahres nach dem letzten Schnitt, hier Zeitpunkte 10., 20. Oktober, 02., 10., 20. November.

Wichtigste Ergebnisse

Auf dem niederschlagsreichen Standort ließen sich von dem Wiesenfuchschwanzbestand mit mineralischer und organischer Düngung unter der gegebenen viermaligen Nutzung pro Jahr hohe TM-Erträge von ca. 120 bis knapp 130 dt/ha erzielen. Fehlende Nährstoffzufuhr war dagegen sowohl mit einer schnell eintretenden und starken Ertragsabnahme (Mittel 75 dt TM/ha) als auch mit einer massiven Bestandumschichtung in Richtung einer klee- und kräuterreichen Pflanzengesellschaft verbunden.

Im Falle gleicher Gesamt-Nährstoffzufuhr im Jahr erzielten Varianten, welche im Herbst des Vorjahres eine Gülledüngung erhalten hatten, bei denen aber die Frühjahrsgabe zum ersten Aufwuchs ausgesetzt wurde, gleiche Erträge wie die Variante mit gegebener Düngung im Frühjahr, jedoch fehlender Gülleausbringung nach dem letzten Aufwuchs im Vorjahr. Die Terminierung der Herbsdüngung hatte sowohl auf den Gesamtertrag als auch auf dessen Verteilung keinen Einfluss.

Bodenproben, welche in 0-10 cm bzw. 10-30 cm Tiefe genommen wurden, wiesen auch bei fehlender Düngung einen hohen Anteil an $\text{NH}_4\text{-N}$ auf.

In ihrem mittleren Nmin-Gehalt unterschieden sich im Versuch die einzelnen Varianten um maximal 15 kg Nmin/ha voneinander. Während bei fehlender Düngung im Untersuchungszeitraum in 0-30 cm Tiefe 30 kg Nmin/ha vorlagen, stieg der Gehalt bei gedüngten Varianten um etwa 11 kg Nmin/ha an. Er variierte dabei von 36 kg Nmin/ha unter Parzellen mit fehlender Herbstbegüllung und 43-45 kg Nmin/ha bei Varianten, welche noch nach dem letzten Aufwuchs gedüngt worden waren.

Bei gegebener Herbstdüngung war der Einfluss der gewählten Ausbringtermine zwischen 10. Oktober bis 20. November auf die mittleren Nmin-Gehalte nicht absicherbar.

Insgesamt beeinflusste somit im Versuch die unterschiedliche Düngung die Dynamik des Vorrates an mineralischem Stickstoff im Boden in den Herbst- und Wintermonaten nur wenig. Schwankungen zwischen den einzelnen Beprobungsterminen betrafen in erster Linie den Hauptwurzelraum (0-10 cm). Verlagerungseffekte zwischen den beiden Bodenschichten waren nicht ableitbar.

Schlussfolgerungen und Fazit

Der elfjährige Düngungsversuch zeigte keinen Einfluss einer stark unterschiedlichen Terminierung der Güllegaben auf das Ertragsverhalten. Ebenfalls wurde die Dynamik des Vorrates an mineralisiertem Stickstoff in den Herbst- und Wintermonaten nur wenig beeinflusst. Daraus ließ sich schließen, dass eine im Herbst gegebene Güllendüngung für die Versorgung des ersten Aufwuchses angerechnet werden konnte, wobei im Versuch nachteilige, düngungsbedingte Effekte bezüglich des Potenziales an mineralisiertem Stickstoff nicht ersichtlich waren.

Literatur

- DIEPOLDER, M. UND JAKOB, B., 2002: Zeitlich gestaffelte Güllegaben und Wachstumsverlauf; in: Versuchsergebnisse aus Bayern 2002 Grünland Teil 3; 72 Seiten; Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (Hsg.), Freising.
- DIEPOLDER, M. UND JAKOB, B., 2003: Ergebnisse eines langjährigen Düngungsversuchs im Grünland mit unterschiedlichem Zeitpunkt der Gülleausbringung. In: Schule und Beratung, Heft 7/03, Seite III-5 bis III-8, Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten, München. Siehe auch: www.lfl.bayern.de/iab/gruenland unter der Rubrik "Versuchsergebnisse und Praxisbeobachtungen zur Düngung und Nährstoffausnutzung".

Auswirkungen der Wahl des Düngzeitpunktes bei Gülle

Schröpel, R. zusammengefasst von Diepolder, M.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Lange Point 12, 85354 Freising

michael.diepolder@lfl.bayern.de

Versuchsfrage

Lässt sich die Praxisaussage begründen, Gülle möglichst unmittelbar nach einer Nutzung auszubringen?

Material und Methodik

Standort: Spitalhof/Kempton, native Weidelgraswiese, 4 Schnitte im Jahr

7 Varianten, 4 (unechte) Wiederholungen im Streifenversuch.

Technik: Gülle, Prallkopf, Gülle Schleppschlauch, Handeldünger;

Stufen der Gülleausbringung: Sofort nach Nutzung, ca. 5 Tage nach Nutzung, ca. 10 Tage nach Nutzung.

Versuchsdauer: 1999-2001

Wichtigste Ergebnisse

Im 3-jährigen Durchschnitt wurden bei den Gülleparzellen rund 110 dt TM/ha und Jahr geerntet, bei der Handelsdüngerparzelle ca. 114 dt TM/ha.

Im Falle unmittelbarer Gülleausbringung nach der Nutzung bzw. 5 Tage nach dem jeweiligen Schnitt wurden die TM-Erträge von der Methode der Gülleausbringung (dünne Gülle, knapp 30 m³/ha und Gabe) nicht beeinflusst. Bei der Gülledüngung 10 Tage nach dem letzten Schnitt wurden bei der flächigen Gülleverteilerung die frischen Pflanzentriebe mit Gülle abgedeckt, bzw. verätzt. Dadurch kam es vorübergehend zu Wachstumsverzögerungen, die im Jahr zu ca. 15 dt TM/ha Ertragminderungen führten. Dabei reagierten insbesondere die rasch heranwachsenden zweiten und dritten Aufwüchse mit Ertragsminderungen bei verzögerten Gülleterminen, während bei der Güllegabe zum ersten Aufwuchs der Zeitpunkt nicht entscheidend war.

Bei der bodennahen Gülleausbringung wurde eine Verschmutzung der Pflanzen nicht festgestellt, dementsprechend waren die Erträge gleich hoch wie bei der Gülleausbringung kurz nach der jeweiligen Nutzung.

Schlussfolgerungen und Fazit

Der Vorteil einer Gülleausbringung unmittelbar nach einer Nutzung hat sich im Versuch bestätigt. Mit bodennaher Ausbringung ist im Gegensatz zum Prallteller/Prallkopf ein späterer Zeitpunkt nach der Nutzung noch möglich. Es besteht jedoch (z.B. beim Schleppschlauch) die Gefahr, dass unter trockenen Bedingungen die Güllebänder noch nicht vollständig verrottet sind.

Literatur

BERICHTE UND VERSUCHSERGEBNISSE SPITALHOF KEMPTEN, 2002: Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Tierhaltung und Grünlandwirtschaft und Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Seite 4-7, Kempton, 2. Auflage 2002.

Gülleausbringungsversuch am Spitalhof

Beck, R.

Landesanstalt für Landwirtschaft- Freising IAB1d, LfL Freising, Lange Point 6
85354 Freising

robert.beck@lfl.bayern.de

Versuchsfragen

Welchen Einfluß auf den Clostridienbesatz am Gras haben verschiedene Gülleausbringungstechniken und Schnitthöhen von Grünland?

Material und Methodik

Die Clostridienkeimzahl wurde mit der mpn-Methode und dem Agarzerreißtest bestimmt.

Gülleausbringung erfolgte über Breitverteiler und Schleppschlauch.

Schnitthöhen wurden als tief und hoch angegeben.

Untersucht wurden über 4 Jahre (1999-2002) alle vier Schnitte. Die Analysen erfolgten am Tag des Schnittes

Wichtigste Ergebnisse

Die Gülleausbringungsvarianten Breitverteiler und Schleppschlauch ergaben keine signifikanten Unterschiede in der Clostridienkeimzahl am Schnittgut.

Dagegen konnte eine signifikante Verringerung der Clostridienzahlen um nahezu eine Zehnerpotenz bei der hohen Schnittvariante im Vergleich zur tiefen Schnittvariante festgestellt werden.

Schlussfolgerungen und Fazit

Bakterien der Gattung Clostridium sind die wichtigsten Schadorganismen in der Gärfutterbereitung. Die auf dem Siliergut anhaftenden Clostridienkeimzahlen bestimmen daher maßgeblich den Siliererfolg. Sie gelangen über Erdverunreinigungen oder Gülleausbringung an das Siliergut. Durch die Wahl einer höheren Schnitthöhe kann der Clostridienbesatz um nahezu eine Zehnerpotenz gesenkt werden und damit die Silierqualität deutlich verbessert werden.

Literatur

LF L JAHRESBERICHT 2003 AQU3

Wirkung physiologisch saurer und physiologisch alkalischer Dünger auf Dauergrünland

Schröpel, R. zusammengefasst von Diepolder, M.

Bayer. Landesanstalt für Landwirtschaft, Lange Point 12, 85354 Freising

michael.diepolder@lfl.bayern.de

Versuchsfragen

Wie wirken sich physiologisch saure und alkalische Dünger und Gülle sowie Kalkgaben auf die Erträge, die Bodenreaktion, die Ionenbeladung, den Pflanzenbestand und das Bodenleben aus?

Material und Methodik

Standort: Spitalhof, Kempten

Versuchsdauer: Anlage seit 1987, Berichtszeitraum bis 1998 (13 Jahre)

6 Kombinationen (3 Düngerarten, ohne/mit Kalk, 4 unechte Wiederholungen), Steifenanlage

1. Faktor, Stufen: 3x25 cbm dünne Gülle 1xKAS; saure Dg. (Ammonsulfatsalpeter, Superphosphat, 40er Kali); alkalische Düngung (KAS, Dolophos, 40er Kali); 2. Faktor: ohne Kalkung und mit Kalkung (30 dt CaCO₃ zu VB, dann alle 3 Jahre 20 dt CaCO₃); mineralische N-Düngung an Gesamt-N von Gülle angepasst.

Wichtigste Ergebnisse

Die langjährigen pH-Wert-Untersuchungen zeigten nur bei der Variante "alkalische Düngung" einen Einfluss der Kalkgaben. Hier wurden die pH-Werte um durchschnittlich 0,4 pH-Einheiten angehoben und blieben auf diesem Niveau. In den beiden anderen Dünger-Varianten (sauer, Gülle) blieben die Kalkgaben ohne Einfluss auf die pH-Werte. Die pH-Werte sackten jedoch bei der Verwendung physiologisch saurer Dünger ab, während sie bei Güllendüngung auf hohen Werten relativ stabil blieben.

Die saure Düngung hatte eine deutliche Verminderung der Belegung mit Ca- und Mg-Ionen am Austausch zur Folge. Bei Güllendüngung und Verwendung physiologisch alkalischer Dünger veränderte sich die Ionenbelegung nicht.

Im Durchschnitt der 13 Versuchsjahre waren die gekalkten von den ungekalkten Parzellen im TM-Ertrag statistisch nicht zu unterscheiden (Ertragsniveau ca. 115 dt TM/ha und Jahr). Gegenüber den Mineraldüngervarianten hatten die Gülleparzellen einen um ca. 2,5 dt TM/ha geringeren Ertrag. Damit hatten die Gülle-Nährstoffe, einschließlich des voll angerechneten Güllestickstoffs nahezu die gleiche Ertragswirksamkeit wie der entsprechende Mineraldünger.

Pflanzenbestand

Der Pflanzenbestand am Spitalhof entspricht dem einer typischen Weidelgras-Weißkleeweide, wobei Deutsches Weidelgras - je nach Variante - mit ca. 50-80% Hauptbestandsbildner ist. Auffällig nach 13-jähriger Versuchsdauer waren vor allem die grasreichen und damit klee- und kräuterarmen Bestände bei den mit physiologisch sauren Düngern behandelten Parzellen, unabhängig von den Kalkgaben. Bei Güllendüngung sowie bei Verwendung physiologisch alkalischer Dünger konnte sich ein ausgeglichener

Pflanzenbestand etablieren; auch bei diesen Düngern hatten die Kalkgaben einen untergeordneten Einfluss.

Regenwürmer

Die Ergebnisse der bodenzoologischen Untersuchungen zeigten einen geringeren Besatz an Regenwürmer in den "sauer" gedüngten Parzellen im Vergleich zu den alkalisch oder mit Gülle gedüngten Flächen. Ein Einfluss der Kalkgaben war nicht feststellbar. Die prozentuale Artenverteilung verdeutlicht die Wirkung der verschiedenen Dünger: Während bei alkalischer Düngung und bei Güllendüngung das Artenspektrum nahezu identisch war, breitete sich bei saurer Düngung *Lumbricus terrestris* deutlich auf Kosten anderer Arten aus. Ein Einfluss der Kalkgaben auf das Artenmuster konnte nicht festgestellt werden.

Schlussfolgerungen und Fazit

Das Ergebnis dieses Versuchs, nämlich dass es sich nicht bestätigte, dass im leicht sauren Bereich regelmäßige Kalkgaben notwendig sind, bedarf weiterer Klärung dahingehend, ob es auf gänzlich andere Bodenverhältnisse übertragbar ist.

Literatur

SCHRÖPEL, R., 2000: Kalkversuch. In: Berichte und Versuchsergebnisse Spitalhof Kempten, 1. Ausgabe 2000, Seite 18-22, Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Tierernährung und Grünlandwirtschaft, Spitalhof Kempten.

Bodennahe Gülleausbringung

Schröpel, R. zusammengefasst von Diepolder, M.

Bayer. Landesanstalt für Landwirtschaft, Lange Point 12, 85354 Freising

michael.diepolder@lfl.bayern.de

Versuchsfragen

Mittels zweier Teilversuche (Schnitt/Weide) sollten die Auswirkungen streifenförmiger Gülleausbringung geprüft werden. Dies im Vergleich zur flächigen, bodennahen Ausbringung, zum Pralltellerverfahren und zum Handelsdünger.

Hintergrund: Technische Entwicklungen, staatliche Zuschüsse (Programm Stickstoff 2000) bei bodennaher Gülleausbringung. Die streifenförmige Gülleausbringung wurde skeptisch betrachtet, da die Güllebänder mehrere Wochen unverrotet auf der Grasnarbe liegen könnten, mit negativen Auswirkungen auf den Pflanzenbestand.

Material und Methodik

Standort: Spitalhof/Kempton; 1994-1999

2 Teilversuche: Schnittversuch mit 4 Wiederholungen, Weideversuch mit 2 Wiederholungen.

Parameter: Ertrag, Pflanzenbestand, Fresslust bei Beweidung.

Weideversuch: 3 Düngungsvarianten: 1) **Nmineralisch** in Höhe Gesamt-N der Gülle, 90 kg/ha P₂O₅ und 250 kg/ha K₂O im Frühjahr; 2) 3xGülle zum 1., 3., 5. Aufwuchs, je 20 cbm/ha mit **Breitverteiler**; 3) 3xGülle mit **Schleppschauchverteiler**.

Nutzungshäufigkeit: 5 Nutzungen/Jahr, 2xSchnitt, 3xBeweidung.

Schnittversuch: mit 4 Schnitten/Jahr; 1) Schleppschauch 20 cm über Boden, 2) Breitverteilung am Boden, 3) Schleppschauch am Boden, 4) Prallkopfverteiler, 5) Mineraldünger, N an Gülle angepasst 80 kg P₂O₅ und 250 kg/ha K₂O.

In den Versuchen wurde die Gülle mit einem Praxisfass mit Prallkopfverteiler, sowie 2 verschiedenen Fässern für Versuchspartellen ausgebracht. Mit einem Fass wurde die Gülle in Streifen (Abstand 20 cm), mit einem anderen breitflächig am Boden ausgebracht.

Im Weideversuch wurden 3 Beweidungen pro Jahr mit je 6 Kühen durchgeführt. Zur Prüfung der Schmackhaftigkeit des Aufwuchses wurden 2 Verfahren angewendet. 1. Bestimmung des Weiderestes, wobei ein geringer Weiderest auf ein schmackhaftes Futter schließen lässt. 2. Weidebeobachtung, um einen zeitlichen Verlauf der Futteraufnahme von einzelnen Partellen zu bekommen. Die Weidebeobachtung erfolgte in vier 2-stündiger Beobachtung pro Umtrieb. Der Weideversuch wurde beendet, sobald auf einer der Partellen ein "vernünftiger" Weiderest vorhanden war. Die Weidefläche wurde 5-mal pro Jahr genutzt, 3 Aufwüchse wurden gedüngt und anschließend beweidet, 2 Aufwüchse (2. und 4.) wurden lediglich abgemäht.

Wichtigste Ergebnisse

Sowohl im Schnitt- als auch im Weideversuch waren die Erträge zwischen den einzelnen Varianten statistisch nicht zu trennen. Mit der bodennahen Gülleausbringung wur-

den keine Mehrerträge erzielt. Das Ertragsniveau beim Schnittversuch lag im 6-jährigen Mittel bei ca. 105 dt/ha, am Spitalhof können bei entsprechender Düngung bis zu ca. 140 dt TM/ha erreicht werden.

Als Ursachen für dieses Ergebnis wurden diskutiert: Verwendung der im Allgäu praxisüblichen dünnen Gülle mit ca. 5% TS. Rasches Einsickern in den Boden. Geringere NH₃-Verluste als in der Literatur beschrieben, Diskussion, dass bei bodennaher Ausbringung die Ammoniakverluste in ähnlicher Höhe wie bei flächiger Ausbringung, da das Eindringen der Gülle aus den konzentrierten Güllebändern verzögert ist.

Weideversuch: Im Durchschnitt der Versuchsjahre wurden bei allen Varianten nahezu gleiche absolute und relative Weidereste gemessen. Auch die Weidebeobachtung deutet auf eine gleichmäßige Beweidung der unterschiedlich gedüngten Parzellen hin. Erstaunlich war, dass die Pflanzen auf den begüllten Flächen für die Kühe ähnlich schmackhaft waren wie die der mit Handelsdünger gedüngten Flächen. Diskutierte Gründe hierfür wären: Die Gülle wurde unmittelbar nach dem Abernten des Aufwuchses begüllt, so daß die Gülle rasch in den Boden eindringen konnte und eine Verschmutzung der Pflanzen vermieden wurde; der Pflanzenbestand der begüllten Parzellen war etwas klee- und krautreicher, was evt. die Schmackhaftigkeit des Futters förderte; mineralischer Stickstoff beschleunigt das Wachstum und damit auch die Ausbildung von Stängeln und Samen bei den Gräsern. Sie verlieren an Futterwert und Schmackhaftigkeit, insbesondere die wenig nutzungselastischen Weidelgräser. Bei Gülldüngung sind diese Prozesse etwas verzögert.

Der Pflanzenbestand wurde innerhalb von 4 Versuchsjahren durch die verschiedenen Methoden der Gülleausbringung nur in sehr geringem Maße beeinflusst. Im Laufe der Versuchsdurchführung wurde bei keiner der Varianten eine Schädigung der Grasnarbe festgestellt.

Schlussfolgerungen und Fazit

Begüllung unmittelbar nach Abräumen des Aufwuchses. Mit dieser Maßnahme gelang Gülle in der Regel auf einen durch Schattengare aufnahmefähigen Boden und kann von den Stoppeln rasch in den Boden eindringen. Eine Verschmutzung oder Verätzung der jungen Triebe wird verhindert. In der Regel ist nach einer Nutzung der Boden auch trocken genug für das Befahren mit schwerem Gerät.

Literatur

SCHRÖPEL, R., 2000: Bodennahe Gülleausbringung. In: Berichte und Versuchsergebnisse Spitalhof Kempten, 1. Ausgabe 2000, Seite 28-33; Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Tierhaltung und Grünlandwirtschaft Spitalhof/Kempten.

Efficient use of digested cattle slurry from biogas plant with respect to nitrogen recycling in grassland

Matsunaka, T.

Faculty of Dairy Science, Rakuno Gakuen University, Ebetsu,
Hokkaido 069-8501, Japan

Versuchsfragen

3-jähriges Lysimeterexperiment zur Klärung der Nutzungseffizienz von in einer Biogasanlage anaerob vergorener Rindergülle. Insbesondere in Hinblick auf N-Effizienz.

Material und Methodik

Lysimeterexperiment von Oktober 2000 bis April 2004.

Versuchsfrucht *Phleum pratense*, zwei Schnitte pro Jahr.

12 Lysimeter mit einer Lysimeteroberfläche von 9 m².

Insgesamt 4 Behandlungen mit vergorener Rindergülle, bestehend aus 2 Applikationsraten (Standard = 320 kg N/ha*3a, Hoch = 640 kg N/ha*3a) und 2 Applikationszeiten (Spätherbst, Frühjahr) sowie 1 Mineraldüngervariante (480 kg N/ha*3a als ((NH₄)₂SO₄) und 1 Kontrolle.

Wichtigste Ergebnisse

Die atmosphärische N Deposition (trocken, nass) wurde mit 2,4 g N /m² erfasst. Zur Bestandetablierung wurden 8 g N /m² gedüngt, sodass alle Lysimeter eine Grunddüngung von 10 g N /m² aufwiesen. Aufgrund jährlicher Schwankungen im Ammoniumgehalt der Gärreste war die im Herbst gedüngte Menge Gesamt-N etwas höher als im Frühjahr (ca. 10%).

Die gedüngten Parzellen lieferten signifikant höhere TM-Erträge als die Kontrollvariante. Zwischen den im Frühjahr und Herbst gedüngten Parzellen zeigten sich zwar keine statistisch absicherbaren Ergebnisse, jedoch waren in allen drei Jahren höhere TM-Erträge in den im Frühjahr gedüngten Varianten. Die höchsten TM-Erträge erzielte die Mineraldüngervariante, trotz der niedrigeren N-Gabe resultierend in schlechteren N-Effizienzen für die Gärrestvarianten. Selbige Ergebnisse gelten auch für den N-Entzug der jeweiligen Varianten.

Bei Betrachtung der Lysimeterwerte ergaben sich zwei deutliche Peaks während der Schneeschmelze von März-April sowie der Regenperiode von September-November. In dieser Zeit gingen 80 % des insgesamt ausgewaschenen N verloren. Die N-Auswaschung der Herbstapplikation war lediglich in der Standardvariante höher als im Frühjahr appliziert wohingegen bei den Hoch gedüngten Varianten die Herbstvariante sogar leicht unter der Frühjahrsgabe lag.

Auf den Gärrestvarianten wurden die Ammoniakemissionen mit Borsäure aufgefangen und der Ammoniumgehalt in der Borsäure bestimmt (genauere Angaben in einem weiteren Paper). Die Gesamtverluste der 3 Jahre waren 8,2 g N /m² bei Standard Frühjahrapplikation bis 18,7 g N /m² bei hoher Herbstapplikation.

Die Lachgasverluste wurden vor allem während Zeiten hoher Bodenfeuchte gemessen, sodass v.a. die Denitrifikation in Betracht gezogen wird. Die Verluste waren in den gedüngten Parzellen höher als in der Kontrolle unterschieden sich aber innerhalb der ge-

düngten Varianten kaum. Insgesamt wurden in den 3 Jahren $0,3 \text{ g N /m}^2 \text{ N}_2\text{O-N}$ gemessen in der Kontrollvariante $0,2 \text{ g N /m}^2$.

Schlussfolgerungen und Fazit

Dort wo Gärreste anfallen, können diese zur Produktionssteigerung beitragen. Allerdings unter Inkaufnahme von Ammoniakverflüchtigung, Lachgasemission und N-Auswaschung, wobei die Hauptverlustquelle (ca.50%) die Ammoniakverluste ausmachen. Durch Applikationszeitpunkt und -höhe konnten kaum Reduzierungen der gasförmige Verluste erzielt werden. Somit kommt der Ausbringungstechnik eine besondere Rolle hierbei zu. Die geringsten Auswaschungsverluste wurden in der Standardapplikation im Frühjahr gemessen, da in diesem Fall der N-Bedarf gedeckt wurde. Da jedoch die Herbsdüngung aufgrund der Lagerkapazitäten unabdingbar ist wird empfohlen die Standardapplikation auf Herbst und Frühjahr aufzuteilen. Auch unter dem Aspekt der Lachgasverluste wird die Standardapplikation empfohlen. Zwar sind die Lachgasverluste am insgesamt applizierten N zu vernachlässigen allerdings aufgrund ihres GWP besonders zu beachten.

Literatur

Bericht veröffentlicht in:

MATSUNAKA, T., SAWAMOTO, T., ISHIMURA, H, TAKAKURA, K. AND TAKEKAWA, A., 2006: Greenhouse Gases and Animal Agriculture: An Update. Proceedings of the 2nd International Conference on Greenhouse Gases and Animal Agriculture, held in Zurich, Switzerland between 20 and 24 September 2005, pp 242-252.

N-Injektionsdüngung und Gülledüngung im Grünland

Lange, G. und Benke, M.

Landwirtschaftskammer Niedersachsen, 30159 Hannover

gerd.lange@lwk-niedersachsen.de

Problemstellung

Das Cultan - Verfahren beschreibt die Ammonium - Depotdüngung mit Injektoren. Einige Lohnunternehmen bieten dieses Verfahren auch auf dem Dauergrünland an. Vorteile des Verfahrens könnten in einer nachhaltigen und gleichmäßigen Stickstoffverfügbarkeit als Depot für die wachsende Pflanze begründet sein. Als weiterer Vorteil wird die Möglichkeit einer frühzeitigen, nach dem Kriterium Befahrbarkeit, ausgerichteten verlustarmen N-Düngung, genannt. Aus diesen Überlegungen leiten sich die Versuchsfragen ab: Passt das Verfahren in Grünland-Futterbaubetriebe mit hohem Nährstoffangebot aus wirtschaftseigener Gülle?

Ist eine Vorratswirkung über den nächsten Ertragsschnitt hinaus möglich?

Welche Auswirkungen bestehen hinsichtlich der N-Wirkung aus Gülle?

Material und Methodik

Der Versuch erfolgte über drei Jahre (2008-2010) an drei Standorten.

- Wischhafen (Flußmarsch) - 2 Schnitte - CULTAN -Verfahren mit NTS - Dünger, Spaltanlage.
- Achternmeer (Hochmoor) - 4 Schnitte - CULTAN -Verfahren mit ASL – Dünger, Split-Plot.
- Wehnen (Sand) - 4 Schnitte - CULTAN -Verfahren mit ASL – Dünger, Split-Plot.

Tab. 1: Varianten im Versuch Gülledüngung und N-Injektion 2008-2010

<u>Faktor 1: Rindergülle</u>	<u>Düngung zum 1. Aufwuchs</u>	<u>Düngung weiterer Aufwüchse</u>
1.	25 m ³ Rindergülle im 1. Aufwuchs	<i>(nur Wehnen, Achternmeer)</i>
2.	Je 25 m ³ Rindergülle im 1./2. Aufw.	25 m ³ Rindergülle
<u>Faktor 2: N-Düngung</u>		
1.	ohne N-Düngung nach Gülle	je 50 kg N (KAS)
2.	80 kg/ha N (KAS)	je 50 kg N (KAS)
3.	80 kg/ha N (KAS) + 15 kg/ha S	je 50 kg N (KAS) + 15 kg S
4.	80 kg/ha N mit Cultanverfahren	je 50 kg N (KAS)
5.	130 kg/ha N Cultanverfahren	je 50 kg N (KAS) ab 3. Aufw.

Wichtigste Ergebnisse

Das CULTAN - Verfahren ermöglicht ähnlich hohe Trockenmasseerträge von Dauergrünland wie bei N-Düngung mit Kalkammonsalpeter (Tab. 2). Die Rohproteingehalte sind in den mit ASL und NTS im CULTAN-Verfahren gedüngten Varianten regelmäßig um 1-2 % höher als bei KAS-Düngung. Dadurch ergeben sich auch höhere Eiweißerträge in der Summe der ersten zwei Aufwüchse. Die Nitratgehalte im Aufwuchs waren in den ASL-Varianten mit Vorratsdüngung (130 kg N/ha) auf Hochmoorgrünland stark erhöht, während auf Sandboden keine deutlich erhöhten Nitratgehalte im Aufwuchs festgestellt wurden.

Ebenso waren aber Nitratgehalte im Aufwuchs der NTS-Varianten auf Marschboden mit Vorratsdüngung stark erhöht (Tab. 3).

Tab. 2: Trockenmasse- und Rohproteinерträge bei N-Injektionsdüngung und Gülledüngung im Grünland (Mittel 1. und 2. Schnitt der Jahre 2008 – 2010)

	Trockenmasse (dt / ha)		Rohprotein (% i. TM)		Eiweißertrag (dt / ha)	
Marschboden	1 x 25 m ³ Gülle		1 x 25 m ³ Gülle		1 x 25 m ³ Gülle	
ohne N-Düngung nach Gülle	48,3	-	12,5	-	6,0	-
80 kg/ha N (KAS)	63,8	-	14,9	-	9,5	-
80 kg/ha N (KAS) + 20 kg/ha S	67,3	-	15,7	-	10,6	-
80 kg/ha N Cultanverfahren	67,6	-	15,9	-	10,7	-
130 kg/ha N Cultanverfahren	64,1	-	16,8	-	10,7	-
	1 x	2 x	1 x	2 x	1 x	2 x
Sandboden	Gülle	Gülle	Gülle	Gülle	Gülle	Gülle
ohne N-Düngung nach Gülle	48,6	44,6	13,2	12,3	6,4	5,5
80 kg/ha N (KAS)	58,6	54,0	14,4	15,5	8,4	7,8
80 kg/ha N (KAS) + 20 kg/ha S	59,1	54,7	14,2	14,2	8,4	7,8
80 kg/ha N Cultanverfahren	60,0	58,0	15,8	15,1	9,5	8,7
130 kg/ha N Cultanverfahren	57,9	61,5	15,9	16,7	9,2	10,3
	1 x	2 x	1 x	2 x	1 x	2 x
Moor	Gülle	Gülle	Gülle	Gülle	Gülle	Gülle
ohne N-Düngung nach Gülle	40,7	33,9	12,70	11,3	5,2	3,8
80 kg/ha N (KAS)	54,3	46,7	14,90	13,9	8,1	6,5
80 kg/ha N (KAS) + 20 kg/ha S	52,4	45,5	13,40	1,1	7,0	6,4
80 kg/ha N Cultanverfahren	54,1	46,3	15,60	15,4	8,4	7,1
130 kg/ha N Cultanverfahren	53,6	48,5	16,50	18,2	8,8	8,8

Trockenmasse- und Rohproteinерtrag als gewogenes Mittel

Schlussfolgerungen

Das CULTAN - Verfahren eignet sich auf Dauergrünland grundsätzlich für die kombinierte Düngung mit Rindergülle. Eine Vorratsdüngung über zwei Aufwüchse ist jedoch nicht uneingeschränkt zu empfehlen, da die spezifischen Standort- und Bodenparameter die Düngewirkung stark beeinflussen. Die deutlich über den aktuellen Bedarf hinausgehende N-Versorgung erfordert günstige pH-Werte und reine NH₄-Versorgung durch das CULTAN-Verfahren, daher sind Moorböden ebenso wenig für das Vorratsdüngeverfahren geeignet wie nitrathaltige Flüssigdünger (vgl. NTS in Wischhafen). Durch die Gülledüngung wird die Ammonium betonte Düngung ebenfalls beeinflusst; die erwünschte gleichmäßige Stickstoffwirkung durch CULTAN-Verfahren wird dadurch zusätzlich negativ beeinflusst, so dass auch auf Mineralböden das Risiko unkontrollierter N-Wirkung besteht.

Literatur

LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN, Grünlandversuchsberichte 2008, 2009, 2010

Tab.3: Nitratwerte im Frischmasseaufwuchs bei N-Injektionsdüngung und Gülledüngung im Grünland (Mittel 1. und 2. Schnitt der Jahre 2008 – 2010)

	Nitratwerte (ppm i.Trockenmasse)		Nitratwerte (ppm) (ppm i.Trockenmasse)	
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Marschboden	1 x Gülle		-	
ohne N-Düngung nach Gülle	86	705	-	-
80 kg/ha N (KAS)	102	1228	-	-
80 kg/ha N (KAS) + 20 kg/ha S	295	1945	-	-
80 kg/ha N Cultanverfahren	465	2953	-	-
130 kg/ha N Cultanverfahren	1326	5579	-	-
Sandboden	1 x Gülle		2 x Gülle	
ohne N-Düngung nach Gülle	37	1162	48	597
80 kg/ha N (KAS)	166	1832	414	1605
80 kg/ha N (KAS) + 20 kg/ha S	386	1961	413	1482
80 kg/ha N Cultanverfahren	533	744	261	973
130 kg/ha N Cultanverfahren	572	3705	783	5718
Moor	1 x Gülle		2 x Gülle	
ohne N-Düngung nach Gülle	21	2779	16	884
80 kg/ha N (KAS)	464	2012	32	3783
80 kg/ha N (KAS) + 20 kg/ha S	47	6499	53	1244
80 kg/ha N Cultanverfahren	88	3779	214	3791
130 kg/ha N Cultanverfahren	534	4202	860	5132

Effekte der Derogation bei der Düngung von Gülle auf Grünland

Lange, G. und Benke, M.

Landwirtschaftskammer Niedersachsen, 30159 Hannover

gerd.lange@lwk-niedersachsen.de

Versuchsfragen

Die Düngeverordnung gestattet die Düngung von maximal 170 kg N/ha aus wirtschafts-eigenen Düngern tierischer Herkunft. Im Rahmen der sogenannten Derogation ist bei bestimmten Auflagen für die Landwirte eine höhere Düngung erlaubt. Wie ändern sich Nährstoffe sowie Ertrag und Qualität bei einer Erhöhung der Düngungsintensität mit Stickstoff aus tierischen Dungstoffen von 170 kg N/ha auf 230 kg N/ha bzw. 255 kg N/ha?

Material und Methoden

Der Versuch wurde an drei typischen Grünlandstandorten seit 2009 durchgeführt und die Versuchsdurchführung dauert an.

Tab. 1: Versuchsvarianten

Faktor Gülledüngung	Mineralische N-Ergänzung
V1: ohne Gülle	ohne mineralische Ergänzung
V2: ohne Gülle	170 kg N/ha mineralisch
V3: ohne Gülle	230 kg N/ha mineralisch
V4: ohne Gülle	300 kg N/ha mineralisch
V5: 170 kg N/ha	ohne mineralische Ergänzung
V6: 170 kg N/ha	300 kg N/ha abzüglich Gülle NH ₄ *1,4
V7: 230 kg N/ha	ohne mineralische Ergänzung
V8: 230 kg N/ha	300 kg N/ha abzüglich Gülle NH ₄ *1,4
V9: 255 kg N/ha	ohne mineralische Ergänzung
V10: 255 kg N/ha	300 kg N/ha abzüglich Gülle NH ₄ *1,4

Standorte: Sand (Wehnen) 2009; ab 2010 in Rockstedt
Marsch (Infeld) 2009; ab 2011 in Ovelgönne
Moor (Detern) 2009; ab 2011 in Birkenheide

Wichtigste Ergebnisse im Versuchsjahr 2009

Die Ertragsdifferenzierung der mineralisch gedüngten Varianten (V. 2 - 4) war nach Standorten sehr unterschiedlich (Tab. 2). Die Gülledüngung in Wehnen (Sand) und Infeld (Marsch) war 2009 in Kombination mit mineralischer N-Versorgung deutlich ertragreicher und erreichte das Niveau der rein mineralisch gedüngten Varianten. In Detern (2009) wurde dagegen kein statistisch gesicherter Mehrertrag gegenüber der ungedüngten Variante bis zu einer mineralischen N-Versorgung von 230 kg / ha festgestellt. Die mit Rindergülle versorgten Bestände waren auf dem Niedermoor ertraglich allgemein deutlich stärker, insbesondere bei Aufdüngung bis 300 kg N/ha durch Kalkammonsalpe-ter. Die ertragliche Wirkung der Rindergülle war auf dem Niedermoor, bezogen auf den (N-wirksamen) 1,4-fachen Ammoniumanteil deutlich besser als an den Mineralstandorten.

Tab. 2: Gülledüngungsversuch zur 170 kg N-Regelung (DüVo), Infeld, Marsch

Stickstoffdüngung in kg / ha N aus		1. Aufw.		2. Aufw.		3. Aufw.		4. Aufw.		Gesamtertrag	
Gülle	KAS	dt/ha	rel.	dt/ha	rel.	dt/ha	rel.	dt/ha	rel.	dt/ha	rel.
0	-	25,3	63	15,5	58	9,5	55	-	-	50,3	60
0	170	45,1	112	32,5	123	22,7	130	-	-	100,3	119
0	230	46,2	115	32,9	124	23,2	133	-	-	102,4	122
0	255	43,2	108	30,8	116	20,8	119	-	-	94,7	113
170	130	31,0	77	19,1	72	8,9	51	-	-	58,9	70
170	-	46,0	115	29,4	111	21,3	122	-	-	96,8	115
230	70	32,6	81	18,0	68	11,5	66	-	-	62,1	74
230	-	48,2	120	33,2	125	23,7	136	-	-	105,0	125
255	45	35,6	89	21,7	82	14,7	84	-	-	71,9	85
255	-	48,5	121	32,3	122	18,4	105	-	-	99,1	118
Mittelwerte		40,1	100	-	-	-	-	-	-	84,1	100
GD 5%		7,0	17	4,3	16	4,4	25			13,0	16

Tab. 3: Gülledüngungsversuch zur 170 kg N-Regelung (DüVo), Detern, Moor

Stickstoffdüngung in kg / ha N aus		1. Aufw.		2. Aufw.		3. Aufw.		4. Aufw.		Gesamtertrag	
Gülle	KAS	dt/ha	rel.	dt/ha	rel.	dt/ha	rel.	dt/ha	rel.	dt/ha	rel.
0	-	17,2	80	13,1	48	11,3	47	-	-	41,6	57
0	170	16,0	74	19,1	70	12,9	54	-	-	48,0	66
0	230	17,6	82	17,9	65	14,0	59	-	-	49,5	68
0	255	18,4	86	20,0	72	15,4	65	-	-	53,8	74
170	130	20,3	95	28,7	104	19,1	80	-	-	68,1	94
170	-	23,1	108	37,5	136	33,5	141	-	-	94,1	129
230	70	28,1	131	33,2	120	24,0	101	-	-	85,3	117
230	-	25,2	117	35,0	127	35,5	149	-	-	95,6	131
255	45	23,6	110	32,1	117	31,7	133	-	-	87,4	120
255	-	25,3	118	38,7	141	41,0	172	-	-	105,0	144
Mittelwerte		21,5	100	27,5	100	23,8	100	-	-	72,8	100
GD-5%		2,6	12	5,3	19	7,9	33			11,6	16

Tab. 4: Gülledüngungsversuch zur 170 kg N-Regelung (DüVo), Wehnen, Sand

Stickstoffdüngung in kg / ha N aus		1. Aufw.		2. Aufw.		3. Aufw.		4. Aufw.		Gesamtertrag	
Gülle	KAS	dt/h	rel.	dt/h	rel.	dt/h	rel.	dt/h	rel.	dt/ha	rel.
0	-	6,4	33	9,5	43	3,5	15	6	67	25,6	34
0	170	21,2	107	24,2	110	23,7	100	7,7	83	76,9	103
0	230	23,5	119	26,3	120	31,1	132	7,3	79	88,2	118
0	255	23,7	120	28,1	128	31,3	132	13,2	142	96,3	129
170	130	14,8	75	19,1	87	11,3	48	8,4	90	53,5	72
170	-	27,5	139	24,4	111	33,1	140	13,4	144	98,4	132
230	70	13,2	67	18,8	85	14,5	61	7,7	83	54,2	73
230	-	24,5	124	25,0	114	36,8	155	9,1	98	95,4	128
255	45	14,4	73	18,5	84	15,8	67	8,8	94	57,4	77
255	-	28,3	143	25,8	118	35,4	150	11,1	119	100,7	135
Mittelwerte		19,8	100	22,0	100	23,6	100	9,3	100	74,7	100
GD-5%		4,7	24	4,0	18	3,1	13	4,0	43	9,8	13

Schlussfolgerungen

Bisher liegen Daten eines Versuchsjahres vor, für abschließende Aussagen sind die bisher vorliegenden Teilergebnisse nicht geeignet.. Der Versuch wird ab 2011 an den genannten Standorten (s.o.) mehrjährig fortgesetzt. Anstelle des Versuchsstandortes Infeld tritt dann der neue Standort Ovelgönne.

Gülldüngungsversuch mit unterschiedlichen Gärsubstraten

Lange, G. und Benke, M.

Landwirtschaftskammer Niedersachsen, 30159 Hannover

gerd.lange@lwk-niedersachsen.de

Versuchsfragen

Wirkung von Gärsubstraten bzw. separierter Rindergülle im Vergleich zur Rindergülle auf dem Grünland

Material und Methoden

Der Versuch wird als Exaktversuch an drei typischen Grünlandstandorten durchgeführt.

Standorte: Sand (Wehnen) 2009, ab 2010 in Rockstedt
Marsch (Infeld) 2009; ab 2011 in Ovelgönne
Moor (Detern) 2009; ab 2011 in Birkenheide

Tab. 1: Variantenbeschreibung

Var	Gülldüngung	N-Düngung
1	ohne Gülle	ohne min. N
2	ohne Gülle	100 kg/ha min. N (40-30-30-)
3	ohne Gülle	200 kg/ha min. N (80-40-40-40)
4	ohne Gülle	300 kg/ha min. N (120-60-60-60)
5	gesamt N 170 kg/ha Rindergülle (85+85)	ohne min. N
6	gesamt N 170 kg/ha Gärrest 1* (85+85)	ohne min. N
7	gesamt N 170 kg/ha Gärrest 2* (85+85)	ohne min. N
8	gesamt N 170 kg/ha separ. Rindergülle (85+85)	ohne min. N
9	gesamt N 170 kg/ha separ. Gärrest 1* (85+85)	ohne min. N
10	gesamt N 170 kg/ha separ. Gärrest 2* (85+85)	ohne min. N

Varianten 9) und 10) erst ab 2010

Wichtigste Ergebnisse

Der Versuch wurde erstmals im Jahr 2010 am Standort Rockstedt bei Bremervörde durchgeführt. Weitere Versuchsjahre an unterschiedlichen Standorten sollen folgen; derzeit können nur vorläufige Versuchsergebnisse der ersten Jahre berichtet werden.

In Rockstedt wurde mit Rindergülle im ersten Versuchsjahr, gemessen an der Gesamtstickstoffmenge, gegenüber mineralischer N - Düngung mit 76 % eine hohe Ertragswirksamkeit erreicht. Die mit Gärrest aus maisbetonter Biogasanlage gedüngten Parzellen waren im Ertrag denen mit der Rindergülle-Varianten ähnlich. Gärrest aus grasbetonter Biogasanlage erreichte mit 83 % N-Wirkung die höchste N-Effizienz der unbehandelten Güllen und Gärreste. Die Wirkungsgrade wurden durch Separierung der Feststoffe nochmals um 5 auf 81 % (Rindergülle) bzw. um 8 auf 91 % (Gärrest-Gras) gesteigert. Ertragseffekte durch Separation bei Düngung von Gärrest aus Mais wurden nur im ersten Aufwuchs festgestellt, möglicherweise als Effekt besserer Fließfähigkeit. Warum die Nährstoffwirkung in den Folgeaufwüchsen dieser Variante eher abnimmt, während durch Separierung der Rindergülle besonders die Aufwüchse 2-4 profitieren kann noch nicht beantwortet werden. Die Versuchsergebnisse des ersten Versuchsjah-

res deuten auf unterschiedliche N-Wirkung der verschiedenen organischen Wirtschaftsdünger aus Rinderhaltung und Biogasproduktion hin. Die Versuchsserie wird ab 2011 auf drei Standorten in Niedersachsen weitergeführt, um Aussagen für die Beratung besser abzusichern.

Tab. 2: Ertragswirkung von Rindergülle (RG) und Gärrest (GR) im Vergleich zu mineralischer N-Düngung auf Dauergrünland (hS, Altnarbe), Rockstedt 2010, Sand

Ertrag dt / ha	1. Aufw. dt TM / ha	2.-4. Aufw. dt TM / ha	Gesamtertrag relativ
100 kg N/ha	28,5	57,2	91
200 kg N/ha	34,9	63,6	104
170 kg N / ha	32,9	61,7	100
Rindergülle (RG)	22,5	49,4	76
RG separiert	22,5	54,4	81
Gärrest-Gras	22,4	56,2	83
Gärrest-Gras separiert	26,2	60,2	91
Gärrest-Mais	21,0	54,7	80
Gärrest-Mais separiert	22,8	51,7	79

Schlussfolgerungen

Für abschließende Aussagen sind die bisher vorliegenden Teilergebnisse nicht geeignet. Der Versuch wird ab 2011 an den genannten Standorten mehrjährig durchgeführt werden.

Effekte einer Düngung mit Rindergülle auf Leguminosenbestände

Lange, G. und Benke, M.

Landwirtschaftskammer Niedersachsen, 30159 Hannover

gerd.lange@lwk-niedersachsen.de

Versuchsfragen

Welchen Einfluss hat die Intensität der N-Düngung (min. und org.) auf eine leguminosenbetonte Neuansaat von Dauergrünland hinsichtlich Ertrag und Qualität?

Material und Methoden

Die Versuche sind zum derzeitigen Zeitpunkt noch nicht abgeschlossen, weswegen hier nur erste Ergebnisse berichtet werden.

Tab. 1: Variantenbeschreibung zu Gülledüngung in Leguminosen

Düngung
ohne Düngung
100 kg N/ha mineralisch
200 kg N/ha mineralisch
300 kg N/ha mineralisch
170 kg N/ha Gülle (gesamt)
170 kg N/ha Gülle (gesamt) + 100 kg N/ha min.
170 kg N/ha Gülle (gesamt) + 200 kg N/ha min.

Standort: Marsch (Infeld, 2009)

Randomisierte Blockanlage, 4 Wiederholungen

Wichtigste Ergebnisse bisher

Die Deckungsgrade bei *Weißklee* lagen im Mittel aller Bonituren bei 10 bis 15 %. Die Anteile im ersten Aufwuchs waren bei 10 % und geringer Streuung der Weißkleeanteile (8,4 bis 13,1) sehr einheitlich, differierten aber zur dritten Nutzung deutlich in Abhängigkeit von der N-Versorgung der Bestände zwischen 4,3 % bei 300 kg N/ha bis 26,3 % bei ausbleibender mineralischer N-Düngung. Auch bei einer organischen N-Versorgung mit 170 kg wirksamem N/ha wurde dieser hohe Anteil ermittelt.

Die Ertragsdifferenzierung war, besonders im ersten Aufwuchs, deutlich in Abhängigkeit vom N-Düngungsniveau. Die Wirkung der Rindergülle erreichte unter Berücksichtigung der wirksamen N-Anteile aus Gülle ($\text{NH}_4 \times 1,4$) aber nicht diejenige der mineralischen N-Versorgung bei vergleichbarer N-Gesamtzufuhr. Ein vergleichbarer Ertrag von 82,6 bis 82,9 dt TM/ha wurde mit 300 kg N/ha aus Kalkammonsalpeter bzw. insgesamt 370 kg wirksamem Stickstoff aus organischer + mineralischer N-Düngung erzielt.

Schlussfolgerungen

Schlussfolgerungen erfordern weitere Versuchstätigkeit. Der Versuch wurde bisher nur einjährig durchgeführt. Für weitere Untersuchungen stehen aktuell keine geeigneten Kleeergrasnarben zur Verfügung.

Minderung der Stickstoffemission auf Grünland durch Anwendung geeigneter Gülleapplikationstechniken

Lange, G. und von Borstel, U.

Landwirtschaftskammer Niedersachsen, 30159 Hannover

gerd.lange@lwk-niedersachsen.de

Versuchsfragen

Hohe Ammoniakemissionen in der Rinderhaltung in Verbindung mit der Gülleausbringung auf Grünland waren Anlass für ein Forschungsprojekt, welches in Zusammenarbeit mit dem Forschungs- und Veredelungszentrum der Universität Göttingen in Vechta durchgeführt wurde. Folgende Versuchsfragen wurden untersucht:

- Welche Ausbringungsverfahren sind geeignet, die Ammoniakverluste bei Gülleausbringung gegenüber der traditionellen Breitverteilung effektiv abzusenken?
- Welchen Einfluss auf Ammoniakverluste hat das Witterungsgeschehen zum Zeitpunkt der Ausbringung?

Material und Methodik

Die Versuche wurden im Rahmen einer Promotionsarbeit von Herrn Dipl.-Ing. agr. Arnold Pape in drei unterschiedlichen Naturräumen (Standorten) des Landkreises Cuxhaven angelegt und betreut, nämlich Geest, Marsch und Moor. Zur Anwendung verschiedener Applikationsaggregate stand ein Versuchs-Parzellengüllefaß mit den Möglichkeiten der verschiedenen Ausbringungstechniken und geringer Arbeitsbreite zur Verfügung. Die Emmisionsmessungen wurden mit Hilfe eines Absorptionsverfahrens ($\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = 2 \cdot (\text{NH}_4)\text{SO}_4$ unter Freilandbedingungen (Windschutztunnel / Windschutztelt) durchgeführt, es handelt sich daher um praxisrelevante Ergebnisse, nicht um Laboruntersuchungen.

Wichtigste Ergebnisse

Die verschiedenen Gülleapplikationstechniken unterscheiden sich im Hinblick auf die Ammoniakemissionen erheblich, wie die zusammenfassenden Ergebnisse von 12 Messreihen des Jahres 1994 zeigen. Die in der Praxis seinerzeit noch übliche und auch heute noch eingesetzte Breitverteilung (Bezugsvariante) hatte im Vergleich den anderen Verfahren die relativ (Relativ 100) höchsten Ammoniakemissionen. Mit dem Schleppschlauchverfahren konnten die NH_3 -Emissionen fast halbiert werden, entsprechendes gilt für das Schleppschuhverfahren. Die Ammoniakverluste betragen beim Einsatz der Narbenschlitztechnik nur 1/6 der Verluste bei Güllebreitverteilung. Voraussetzung für dieses Verfahren ist allerdings ein technisch einwandfreier Injektionsvorgang, was nur in Abhängigkeit von Bodenart und -zustand, der Narbenqualität und den Witterungsverhältnissen (v.a. Bodenfeuchte) zu beurteilen ist.

Schlussfolgerungen

Grundsätzlich ermöglicht die vorhandene Technik im Betrieb eine emissionsarme Gülleausbringung, wenn optimale Witterungsbedingungen mit feuchtkühler Witterung genutzt werden. Der Einsatz des Schleppschlauchs auf Grünland setzt voraus, daß die Gülle dünnflüssig ist und die Ausbringung zu einem Zeitpunkt erfolgt, zu dem Trockenheit und

ein Hochwachsen des Güllestreifens weitgehend auszuschließen sind. Bester Ausbringungszeitpunkt ist daher das zeitige Frühjahr.

Der Schleppschuh verbindet gute Düngewirkung mit geringer Narbenschädigung und ist wenig abhängig von der aktuellen Witterung. Die Schlitztechnik hat nachweislich das größte NH₃-Emissionsminderungspotenzial. Ihr Einsatz ist aber betriebswirtschaftlich am teuersten und wegen der unvermeidlichen Narbenschädigungen aus pflanzenbaulicher Sicht problematisch. Deutliche Vorteile gegenüber der Breitverteilung sind vorhanden, müssen aber durch hohe Ausbringungskosten erkaufte werden.

Tab. 1: Mittlere Ammoniakemission bei verschiedenen Gülleverteilterchniken

Verfahren	Verlustrate direkt nach Ausbringung bei >15 °C Hochdruckwetterlage	Verlustrate direkt nach Ausbringung bei < 15 °C Tiefdruckwetterlage	NH ₃ -Verluste relativ zur Breitverteilung (= 100)
Breitverteilung (Prallteller)	74 %	45 %	100
Schleppschauchverteiler	57 %	26 %	52
Schleppschuh	60 %	39 %	47
Schlitztechnik	60 %	39 %	16
Mittelwerte	63 %	37 %	54

Literatur

Der Versuch wurde bereits veröffentlicht und steht unter:

LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN - HANNOVER, 1997: Versuchsbericht für Grünlandwirtschaft und Tierproduktion – 10 Jahre Dietrichshof

Verfahrensvergleich zur Gülledüngung auf Grünland

Lange, G. und von Borstel, U.

Landwirtschaftskammer Niedersachsen, 30159 Hannover

gerd.lange@lwk-niedersachsen.de

Versuchsfragen

Wie beeinflusst die Gülleausbringungstechnik Grünlanderträge und Umwelt?

Material und Methodik

Der Verfahrensvergleich wurde von 1992 bis 1994 als Exaktversuch auf dem Dietrichshof durchgeführt. Die organische Düngung erfolgte in Form von Rindergülle jeweils in einer Menge mit 40 kg NH₄-Stickstoff (ca. 20 m³) mit einem speziell für die geprüften Verfahren entwickelten Parzellengüllefass (bis 3 Meter Arbeitsbreite) entsprechend zum jeweiligen Aufwuchs.

Tab. 1: Varianten im Verfahrensvergleich bei Gülledüngung auf Grünland

Var	Verteilverfahren	Mineralische N-Ergänzung	Wasserzusatz
1	Ohne Düngung	ohne	ohne
2	Ohne Gülledüngung	40 kg N / ha (KAS)	ohne
3	Prallteller (konventionell)	ohne	ohne
4	Schleppschlauch	ohne	ohne
5	Schleppschuh	ohne	ohne
6	Schlitzdrille	ohne	ohne
7	Prallteller (konv.)	40 kg N / ha (KAS)	ohne
8	Prallteller (konv.)	40 kg N / ha (KAS)	50 %
9	Schleppschlauch	40 kg N / ha (KAS)	ohne
10	Schleppschlauch	40 kg N / ha (KAS)	50 %
11	Schleppschuh	40 kg N / ha (KAS)	ohne
12	Schlitzdrille	40 kg N / ha (KAS)	ohne

Die Emissionen wurden durch Freilandmessungen mit mikrometeorologischer Methode ermittelt.

Wichtigste Ergebnisse

Gegenüber der ungedüngten Variante erzielten alle gedüngten Varianten einen Mehrertrag. Allgemein waren die Mehrerträge durch Gülledüngung aber eher gering. Die Variante mit Schlitztechnik (Var. 6) erreichte mit 88,1 dt TM/ha den höchsten Ertrag mit reiner Gülledüngung. Im Vergleich mit der Variante 2 (reine Mineraldüngung, 91,5 dt TM/ha = relativ 100) erzielten alle Güllevarianten gegenüber der ungedüngten Variante nur geringe Ertragssteigerungen von relativ 2 bis 5 Prozent (93-96 gegenüber 91). Von den Varianten mit mineralischer Zusatzdüngung und Einsatz bodennaher Ausbringungsverfahren erzielten diejenigen mit Wasserzusatz (50 : 50) bei 93,1 dt (Var. 8) bzw. 96,7 dt (Var. 10) die höchsten Erträge je Hektar. Die Wasserverdünnung bewirkte ein besseres Eindringen in den Boden und damit eine bessere Pflanzenverfügbarkeit.

Ammoniakemissionen wurden in Varianten mit reiner Gülledüngung (Var. 3-6) sowie den mit Wasser verdünnten Varianten (Var. 8 und 10) ermittelt. Im Mittel der Jahre wies die Variante 3 (Prallteller) mit Abstand die größten Ammoniak-Emissionen auf. Die geringsten NH₃-Emissionen waren bei der Ausbringung mittels Schlitzdrille (relativ 25) festzustellen. Gegenüber dem konventionellen Verfahren sind hier die Ammoniakemissionen um 75 % gegenüber der konventionellen Variante zurückgegangen. Sowohl im Pralltellerverfahren als auch bei Schleppschlaucheinsatz konnten die Emissionen durch den Zusatz von 50 % Wasser deutlich um 56 % (Prallteller) bzw. 23 % (Schleppschlauch) abgesenkt werden.

Tab. 2: Absolute und Relative Trockenmasseerträge sowie mittlere Ammoniakemissionen bei verschiedenen Gülleverteiltern

durchgehend geprüfte Varianten	Brutto-Erträge in dt TM/ha Mittel der Jahre 1991 - 94	Brutto-Erträge relativ Mittel der Jahre 1991 - 94	NH ₃ -Emissionen in Relation zum Ver- fahren Prallteller
1. Ohne Düngung	83,6	91	-
2. Ohne Gülledüngung	91,5	100	-
3. Prallteller (konventionell)	85,8	94	100
4. Schleppschlauch	84,9	93	61
5. Schleppschuh	87,5	96	61
6. Schlitzdrill	88,1	96	25
8. Prallteller / + KAS + Wasser	93,1	102	44
10. Schleppschlauch / + KAS + Wasser	96,7	106	38

Schlussfolgerungen

Das Schlitzdrillverfahren zeigte vergleichsweise die geringsten Ammoniakverluste. Unter Berücksichtigung anderer wichtiger Faktoren, wie z.B. dem Risiko von Narbenschäden u.a. schneiden die Verfahren Schleppschuh und Schleppschlauch, besonders bei Verdünnung der Gülle mit Wasser gut ab.

Literatur

Der Versuch wurde bereits veröffentlicht und steht unter:

LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN - HANNOVER, 1997 Versuchsbericht für Grünlandwirtschaft und Tierproduktion – 10 Jahre Dietrichshof

Einfluss der Gülleapplikationstechnik auf die Stickstoffwirkung von Rindergülle an vier Standorten in Nordrhein-Westfalen

Berendonk, C.

Landwirtschaftskammer NRW, Haus Riswick, Eisenpaß 5, 47533 Kleve

clara.berendonk@lwk.nrw.de

Versuchsfragen

1. Hat die Gülleverteilterchnik mit Schleppschuh und Schleppschauch einen Einfluss auf die Stickstoffwirkung der Gülle im Vergleich zu einer bodennahen Breitverteilung?
2. Inwieweit besteht eine Interaktion zwischen Gülleapplikationsmenge (100, 140, 200 oder 300 kg N/ha) und Gülleverteilterchnik?
3. Inwieweit zeigen sich Unterschiede in der Stickstoffwirkung an den verschiedenen Grünlandstandorten in NRW?
4. Inwieweit kann durch Verzögerung des Applikationstermins nach dem Schnitt bei der Ausbringung mit dem Schleppschuh die Ammoniakemission gemindert und dadurch die Stickstoffwirkung verbessert werden?

Material und Methodik

Versuch 1:

Zur Beantwortung der Fragen 1 bis 3 wurde folgender Versuch jeweils dreijährig an vier Standorten als zweifaktorielle Spaltanlage mit 4 Wiederholungen angelegt:

Standorte

Kleve (Niederrhein)*	15 m ü. NN, 1997-1999
Eslohe (Sauerland)**	360 m ü. NN, 1997-1999
Niederwette (Bergisches Land)**	310 m ü. NN, 1997-1999
Blankenheim (Eifel)**	460 m ü. NN, 2000-2002

Tab. 1: Versuchsplan:

Faktor 1: Gülleverteilterchnik	Faktor 2: N- Aufwand	Faktor 3: Standort
	N-Aufwand kg/ha	Verteilung je Schnitt
Kalkammonsalpeter	100	60-40
Gülle mit Schleppschauch	140	60-40-40
Gülle mit Schleppschuh	200	80-40-40-40
Gülle-Breitverteilung	300	100-60-60-40-40

Die Gülleverteilung erfolgte mit einem von der Landwirtschaftskammer Niedersachsen für Kleinparzellenversuche entwickelten Gülleverteilergerät.

Versuch 2:

Die Frage nach dem Einfluss der Verzögerung des Applikationstermins nach dem Schnitt wurde an den beiden Standorten Eslohe und Niederwette in den Jahren 2000 – 2002 bearbeitet.

Tab. 2: Versuchsplan:

Faktor 1: Applikationstermin	Faktor 2: Gülleverteilterchnik	Faktor 2: N- Aufwand		Faktor 3: Düngerform
		N-Aufwand kg/ha	Verteilung je Schnitt	
Gü. unmittelbar nach der Nutzung	Kalkammonsalpeter	0		* = KAS
Gü. 10-14 Tage nach der Nutzung	Gülle mit Schleppschlauch	140	40*-40**-30**-30**	**= Gülle
	Gülle mit Schleppschuh	200	50*-50**-50**-40**	

Wichtigste Ergebnisse

Versuch 1:

Im Mittel der vier Standorte und jeweils drei Versuchsjahre zeigten sich deutliche Unterschiede in der Ertragsleistung in Abhängigkeit von der Ausbringtechnik. Eine Interaktion zwischen Standort und Applikationstechnik war insoweit erkennbar, als am Standort Niederwette (niederschlagsreich mit 1300 mm Niederschlag) kein Unterschied in der Wirkung von Schleppschlauch und Schleppschuh messbar war. Die Interaktionen zwischen Applikationsmenge und Ausbringtechnik waren an allen Standorten vergleichsweise unbedeutend.

Tab. 3: Ertrag und tatsächliche und relative N-Wirkung im Versuch 1

	Ertrag dt/ha	N-Wirkung kg TM/kg N	N-Wirkung der Gülle in % von KAS
0 kg N/ha	74,2		
Gülle-Breitverteilung	88,6	10,9	61
Gülle mit Schleppschlauch	90,0	11,8	66
Gülle mit Schleppschuh	93,9	14,8	83
Kalkammonsalpeter	98,4	17,8	100

Gemittelt über alle Düngungsstufen verbesserte sich die Stickstoffwirkung von 10,9 kg TM/kg N bei der Breitverteilung über 11,8 kg N/kg TM bei der Ausbringung mit Schleppschlauch hin zu 14,8 kg N bei der Ausbringung mit dem Schleppschuh. Verglichen mit der Stickstoffwirkung vom Kalkammonsalpeter konnte damit die N-Wirkung des Güllestickstoffs von 61 % auf 70 % verbessert werden.

Versuch 2:

In der Versuchsserie zur Feststellung des Einflusses des Applikationstermins waren die Ergebnisse in den einzelnen Schnitten nicht gleichsinnig, sodass im Mittel der Versuchsserie kein eindeutiger Trend abgeleitet werden konnte. Je nach Wachstumsbedingungen nach dem Schnitt kann die Verzögerung der Düngung die N-Wirkung positiv beeinflussen, aber teilweise auch zu einem Stickstoffmangel führen. Im Mittel aller Versuchsvarianten und Jahre war kein Unterschied in der Wirkung feststellbar.

Tab. 4: Einfluss des Gülleapplikationstermins auf den Trockenmassejahresertrag in dt / ha im Mittel der Jahre 2000 - 2002

Standort	Gülleverteilung	Düngetermin	
		1 Tag nach Schnitt	12 Tage nach Schnitt
Eslohe	Schleppschauch	100,6	100,5
Eslohe	Schleppschuh	98,3	97,9
Niederwette	Schleppschauch	96,4	99,0
Niederwette	Schleppschuh	99,4	100,9
Mittel	Schleppschauch	98,5	99,8
Mittel	Schleppschuh	98,8	99,4

Schlussfolgerungen und Fazit

Der Schleppschuh zeigte sich gegenüber Schleppschauch und insbesondere gegenüber der Breitverteilung in der Wirkung leicht überlegen. Die Verschiebung des Applikationstermins 10 - 14 Tage nach der Nutzung zeigte keinen erkennbaren Vorteil. Zur Minimierung der N-Verluste erscheint es zweckmäßig, den Applikationstermin von der aktuellen Witterungsphase (möglichst bedeckt und kühl!) abhängig zu machen.

Literatur

VERSUCHSBERICHT: Gölledüngungsversuche in NRW 1997-2004 Landwirtschaftskammer NRW, Landwirtschaftszentrum Haus Riswick

Stickstoffwirkung der Gülledüngung auf dem Dauergrünland in Abhängigkeit vom Ausbringungstermin im Herbst, Winter und Frühjahr

Berendonk, C.

Landwirtschaftskammer NRW, Haus Riswick, Eisenpaß 5, 47533 Kleve

clara.berendonk@lwk.nrw.de

Versuchsfragen

1. Welchen Einfluss hat die Verschiebung der Sperrfrist der Gülledüngung im Winter auf die Wirksamkeit des Güllestickstoffs?
2. Inwieweit besteht eine Interaktion zwischen dem Applikationstermin und den Standortbedingungen von NRW?

Material und Methodik

Zur Beantwortung der Fragen wurde folgender Versuch in den Jahren 2008 - 2010 an drei Standorten als einfaktorielle Blockanlage mit 4 Wiederholungen angelegt:

Standorte:

Ort, Region	Höhe über NN	langjähriges Mittel	
		Temperatur	Niederschlag
Kleve, Niederrhein	15 m	10 °C	712 mm
Remblinghausen, Sauerland	370 m	7,4 °C	715 mm
Dollendorf, Eifel	460 m	7,5 °C	1109 mm

Versuchsplan:

V.	Düngetermine zum 1. Aufwuchs:
1	KAS I: zu Veg.-beginn, 80 kg/ha, (= wirks. N der Gülle)
2	KAS II: zu Veg.-beginn, 57 kg/ha, (=NH ₄ -N der Gülle)
3	Gülle: 01. November
4	Gülle: 14. November
5	Gülle: 1. Dezember
6	Gülle: 1. Dezember 6 l/ha Piadin
7	Gülle: 1. Januar
8	Gülle: 16. Januar
9	Gülle: 1. Februar
10	Gülle: 1. März

Düngermenge:

In den Varianten 3 - 10 wurden 80 kg wirksamer Stickstoff über Gülle appliziert. Bei der Bemessung der Güllemenge wurde unterstellt, dass der Güllestickstoff in der Rindergülle zu 70 % wirksam ist und der Stickstoff in der Rindergülle zu 50 Prozent als NH₄-N gebunden ist. 80 kg wirks. N/ha entsprechen 57 kg NH₄-N in der Gülle. Alle Güllevarianten erhielten daher zu den jeweiligen Applikationsterminen eine Güllegabe mit 57 kg

NH₄-N zum ersten Aufwuchs. Die Folgeaufwüchse (2. -5. Aufwuchs in Kleve und 2.-4. Aufwuchs in Dollendorf und Remblinghausen) wurden einheitlich mit Kalkammonsalpeter gedüngt: 60 50 50 (40 in Kleve) kg KAS- N/ha. Insgesamt beträgt die Jahres-N-Gabe 280 kg N/ha in Kleve und 240 kg N/ha in Dollendorf und Remblinghausen. Die Gülleverteilung erfolgte manuell mit Gießkanne und bodennahe Breitverteilung.

Wichtigste Ergebnisse

Standortspezifisches Ertragspotential und N-Entzug

- Das standorttypische Ertragspotential wurde unabhängig vom Düngungstermin nur am Standort Kleve voll ausgeschöpft. Dort wurde sowohl im ersten Aufwuchs als auch im Jahresertrag erheblich mehr Stickstoff entzogen als gedüngt.
- Die Erträge und N-Entzüge der Mittelgebirgsstandorte Dollendorf (flachgründiger, zur Trockenheit neigender Standort) und Remblinghausen (feuchte Mittelgebirgslage mit spätem Veg. Beginn) fielen besonders im 1. Aufwuchs vergleichsweise zu niedrig aus.
- Die Wirkung des Gülle-NH₄-Stickstoffs im Vergleich zu KAS-N betrug in Kleve im Mittel aller Düngungstermine 86,8 % im ersten Aufwuchs und 94,9 % Jahresertrag, in Dollendorf 68,5 % im ersten bzw. 93,9 % im Jahresertrag und in Remblinghausen 65,9 % im ersten bzw. 91,1 % im Jahresertrag. Die unterstellte Wirkung von 70 % vom Gesamtstickstoff wurde nicht erreicht.
- An den Mittelgebirgsstandorten war die N-Wirkung im 1. Aufwuchs unbefriedigend, möglicherweise erklärbar mit einer relativ Loliumarmen Grünlandnarbe mit recht hohen Anteilen an *Poa trivialis*.

Einfluss des Termins der Gülledüngung

- Der Einfluss des Düngetermins auf die N-Ausnutzung ist über die Stickstoffentzüge/ha messbar. Im Vergleich zum Effekt von Standort und Jahr ist der Effekt des Ausbringungstermins gering.
- Eine Interaktion Standort x Termin ist aber insoweit angedeutet, als am Standort Kleve, dem Standort mit vergleichsweise frühem Vegetationsbeginn, die Frühjahrsdüngungstermine die beste Wirkung zeigen, während insbesondere in der Mittelgebirgslage von Dollendorf die Frühjahrstermine gegenüber der Herbst- und Wintergüllegabe in der Wirkung zurückbleiben. Am Standort Remblinghausen ist nur ein geringer Effekt des Termins der Gülleausbringung auf Ertragsbildung und N-Entzug messbar.

Einfluss des Düngetermins auf die Nitratkonzentration im Boden

- Unabhängig von der Stickstoffwirkung der N-Düngung steigen die Nitratgehalte im Boden bei zeitnaher Probenahme nach der Begüllung an. Dennoch erlauben diese Einzelwerte keine Aussage über den Einfluss auf die Verlagerung, da keine Korrelation zur Stickstoffwirkung (Stickstoffentzug) erkennbar ist.

Schlussfolgerungen und Fazit

- Bei bedarfsgerechter Gülleausbringung hat der Gülleapplikationstermin nur einen geringen Einfluss auf die N-Ausnutzung des Güllestickstoffs.
- Am Niederungsstandort zeigte die Frühjahrsgülledüngung einen Vorteil gegenüber der Herbst- und Wintergülle. Aus Ergebnissen älterer Versuche lässt sich ableiten, dass aber darauf zu achten ist, dass der Güllestickstoff bei Vegetationsbeginn den Pflanzen tatsächlich zur Verfügung steht. Bei den Mittelgebirgsstandorten ist das

Ergebnis nicht so eindeutig. Der Effekt war relativ gering. Die N-Wirkung im 1. Aufw. war unbefriedigend, möglicherweise erklärbar mit einer relativ loliumarmen Grünlandnarbe mit hohen Anteilen an *Poa trivialis*.

- Abschließend ein Hinweis: Der Versuch beantwortet nur die Frage nach der Stickstoffwirkung der Gülle bei unterschiedlichen Applikationsterminen. Er gibt keine Antwort auf die Frage nach möglicher Keimbelastung des Sickerwassers bei Herbst- und Winterausbringung der Gülle oder der Belastung des Futters bei Frühjahrsapplikation.

Literatur

VERSUCHSBERICHT: Stickstoffwirkung der Gölledüngung auf dem Dauergrünland 2008 - 2010 in Abhängigkeit vom Ausbringungstermin im Herbst, Winter und Frühjahr Landwirtschaftskammer NRW, Landwirtschaftszentrum Haus Riswick

Zur Wirksamkeit von Wirtschaftsdüngern im Grünland

Pötsch, E. M.

LFZ Raumberg-Gumpenstein, Alturding11, 8952 Irdning

erich.poetsch@raumberg-gumpenstein.at

Versuchsfragen

Ermittlung der relativen Wirksamkeit unterschiedlicher Wirtschaftsdünger im Vergleich zu mineralischer NPK-Düngung bei 3- und 4-Schnittnutzung von Dauergrünland

Material und Methodik

Auf drei österreichischen Standorten mit unterschiedlichen Verhältnissen hinsichtlich Höhenlage, Temperatur und Jahresniederschlag wurde ein identisches Versuchsdesign (Dreischnittblock mit 9 Düngungsvarianten sowie ein Vierschnittblock mit sieben Düngungsvarianten) in jeweils vierfacher Wiederholung in randomisierter Form angelegt. Von 2001 bis 2006 wurden umfassende Erhebungen zum Ertrag, Futterqualität und botanischer Zusammensetzung der Grünlandbestände durchgeführt.

Wichtigste Ergebnisse

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. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen aber auch, dass die tatsächliche Wirksamkeit der unterschiedlichen Wirtschaftsdüngersysteme hinsichtlich ihrer Ertragsleistung im Dauergrünland höher ist als die gemäß den österreichischen Richtlinien für die sachgerechte Düngung unterstellte, geringe Effizienz. Die kalkulatorische Berücksichtigung der sogenannten Jahreswirksamkeit, die insbesondere bei Festmistern und Komposten zu einer extrem hohen Reduktion der Gesamtwirksamkeit führt, muss daher für die Kulturart Dauergrünland kritisch hinterfragt werden.

Schlussfolgerungen und Fazit

Hinsichtlich der Wirksamkeitsunterschiede auf den drei untersuchten Standorten wäre es aber durchaus überlegenswert, bestimmte Standorts- und Wachstumsparameter zur Erstellung von spezifischen Korrekturfaktoren einzubinden. 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 (Motto etwa: „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.

Literatur

PÖTSCH, E.M., 2008: Zur Wirksamkeit von Wirtschaftsdüngern im Grünland. Umweltökologisches Symposium, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 73-80

Wirksamkeit des Güllezusatzes „Penac G“ bei der Düngung von Weiden

Neff, R.

Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen Landwirtschaftszentrum Eichhof
D-36251 Bad Hersfeld

richard.neff@llh.hessen.de

Versuchsfragen:

Trifft es zu, dass der Güllezusatz „Penac G“, ein „informiertes“ Quarzmehl der Firma Plocher, die Düngewirkung damit behandelter Gülle auf Grünland steigert und mit behandelter Gülle gedüngtes Weidefutter besser aufgenommen wird?

Material und Methodik

Versuchsjahre: 1994 und 1995

Versuchsanlage:

Randomisierten Blockanlage mit 4 Wiederholungen und einer Parzellengröße von 60 m².

Güllebehandlung:

Rinder-Rohgülle wurde in 12 Kunststoffässer á 120 l gefüllt. Je vier davon wurden folgendermaßen behandelt:

- Kein Zusatz
- Zusatz von unbehandeltem Quarzmehl (4 kg/100 m³)
- Zusatz von Penac G (4 kg/100 m³).

Gülleausbringung:

Nach jeweils vierwöchiger Lagerdauer erfolgte die Breitverteilung des Inhalts je eines Fasses pro Parzelle (20 m³/ha). In dieser Form wurden der erste und der dritte Aufwuchs 1994 sowie der zweite Aufwuchs 1995 gedüngt.

Düngung:

Die nicht mit Gülle gedüngten Aufwüchse erhielten jeweils 40 kg N/ha mineralisch (KAS). Die PK-Versorgung entsprach der Versorgungsstufe C.

Futteraufnahme:

Die Feststellung der Futteraufnahme erfolgte per Differenzmethode aus Futterangebot und Weiderest. Dabei wurde der Weideertrag mittels Probeschnitt (5 m²) von jeder Parzelle ermittelt. Der nicht gefressene Weideertrag wurde als geschnittener Weiderest von der jeweiligen Gesamtparzelle erfasst.

Wichtigste Ergebnisse

Zusammengefasst kann festgestellt werden:

Die drei Gülle-Varianten wiesen weder in ihren physikalischen Eigenschaften noch im Nährstoffgehalt signifikante Unterschiede auf.

In beiden Versuchsjahren wurden jeweils vier Nutzungen vorgenommen. Die dabei erzielten Jahreserträge von 88,7 bzw. 75,8 dt TM/ha waren signifikant verschieden. Die mit Gülle gedüngten Weideaufwüchse 94-1, 94-3 und 95-2 wiesen mit 39,7 dt TM/ha, 9,8 dt TM/ha und 25,7 dt TM/ha sehr unterschiedlich große Futtermengen auf. Während der erste Aufwuchs 1994 betriebsbedingt überständig wurde, fand die Beweidung des dritten Aufwuchses 1994 im frühen Weidestadium statt. Eine Mittelstellung nahm der zweite Aufwuchs 1995 ein.

In keinem der drei untersuchten Weideaufwüchse hatte die Güllebehandlung einen messbaren Einfluss auf die Höhe des Weideertrags.

Angesichts der erheblichen Unterschiede im Weidefutter-Angebot weist die Höhe der festgestellten Weidereste erwartungsgemäß große Unterschiede auf. Mit 23,3 % des Weideertrages ist er im ersten Aufwuchs 1994 am größten und mit 14,8 % im zweiten Aufwuchs 1995 deutlich geringer. Bei der sehr frühen Beweidung des dritten Aufwuchses 1994 wurde der gesamte Aufwuchs verzehrt. Es entstand kein messbarer Weiderest.

In keinem der drei untersuchten Weideaufwüchse hatte die Güllebehandlung einen messbaren Einfluss auf die Höhe der Futteraufnahme bzw. des Weiderestes.

Schlussfolgerungen und Fazit

Unter den im Versuch beschriebenen Bedingungen unterscheidet sich mit „Penac G“ behandelte Rindergülle hinsichtlich ihrer Dünge- bzw. Ertragswirkung nicht messbar von unbehandelter Gülle oder von Gülle, der nicht informiertes Quarzmehl zugesetzt wurde. Auch hinsichtlich der Futteraufnahme waren signifikante Effekte nicht festzustellen.

Wirkung der Gülledüngung auf die Artenzusammensetzung einer artenreichen Goldhaferwiese

Neff, R.

Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Landwirtschaftszentrum Eichhof
D-36251 Bad Hersfeld

richard.neff@llh.hessen.de

Versuchsfragen

Bei langjährigem Düngungsverzicht können sich Goldhaferwiesen zum Borstgrasrasen entwickeln.

Kann angemessene Düngung mit Rindergülle diesen Prozess verhindern, oder führt sie zur Degeneration einer artenreichen Goldhaferwiese?

Material und Methodik

Versuchsjahre: 1995 (2003) bis 2010

Versuchsanlage: Randomisierte Blockanlage mit 4 Wiederholungen und einer Parzellengröße von 21 m², Standort Ehrenberg, Weiherhof/Rhön, 650 n ü. NN.

Versuchsplan

Faktor A: Nutzungstermin

- Heuschnitt früh (01.06.), 2. Aufwuchs Grummet (seit 2003)
- Heuschnitt traditionell (01.07.), 2. Aufwuchs Grummet

Faktor B: Düngung

- ungedüngt
- 10 m³ Rindergülle
- 5 m³ Rindergülle
- Mineraldüngergleichwert (NPK) 10 m³ Rindergülle

Gülleausbringung:

Die Gülledüngung erfolgt mittels seitlich ausschwenkbaren Prallkopfes (Breitverteilung) eines Versuchsgülleverteilers. Arbeitsbreite drei Meter. Die Parzellen werden nicht befahren.

Feststellung:

Ertrag: Probeschnitt (5 m²) mit Einachsmäher von jeder Parzelle.

Botanische Bestandsentwicklung: Ertragsanteilschätzung nach Klapp/Stählin jährlich vor dem ersten Nutzungstermin

Wichtigste Ergebnisse

Zusammengefasst ist festzustellen:

Im langjährigen Durchschnitt werden 49,5 dt TM/ha/Jahr geerntet. Davon entfallen 35 dt auf den ersten Schnitt. Nicht in jedem Jahr kann ein zweiter Aufwuchs geerntet werden.

Ertragszuwachs vom frühen zum späten Nutzungstermin findet nicht statt. Lediglich der TS-Gehalt nimmt zu. Während die ungedüngten Flächen 37,1 dt TM/ha/Jahr liefern ist der Ertrag der beiden Güllevarianten mit 52,9 bzw. 52,2 dt signifikant höher. Hohe und niedrige Güllemenge unterscheiden sich nicht. Mit 55,9 dt TM/ha/Jahr liefern die Mineraldüngervarianten den signifikant höchsten Ertrag.

Fortgesetzter Düngerverzicht bei traditionellem Nutzungstermin führt zum langsamen Rückgang des Ertragsanteils anspruchsvoller Arrhenatheretalia-Charakter-Arten (CA) wie *Trisetum flavescens*, *Leucanthemum vulgare*, *Knautia arvensis* und *Achillea millefolium* werden nicht mehr jedes Jahr gefunden und *Anthriscus sylvestris*, *Heracleum sphondylium* sowie *Pimpinella major* verschwinden ganz. Im Gegenzug nehmen weniger anspruchsvolle Arten, wie *Avena pubescens* und *Cynosurus cristatus* im Bestand leicht zu. Auch Borstgrasrasen-CA profitieren. Die mit hoher Stetigkeit vorhandene *Luzula campestris* erhöht ihren Ertragsanteil leicht, *Carex pallescens* und *Lathyrus linifolius* wandern in die Bestände ein. Den stärksten Zuwachs erfahren allerdings die Begleiter *Sanguisorba officinalis* und *Colchicum autumnale*. Sie erhöhen ihren Ertragsanteil von 5 auf 10 bzw. von 1 auf 3 %.

Düngung hat vor allem quantitative Effekte. Einzelne nährstoffdankbare Arten, darunter die Trisetetum-CA *Geranium sylvaticum* und die Arrhenatheretalia-CA *Trisetum flavescens* aber auch der Begleiter *Polygonum bistorta* reagieren mit höherem Ertragsanteil ohne jedoch die Bestände zu dominieren. *Leucanthemum vulgare* und *Knautia arvensis* werden zurückgedrängt und verschwinden nach 12 Jahren ganz aus den gedüngten Varianten. Darüber hinaus bleibt das Artenspektrum weitgehend erhalten. Fluktuation betrifft alle Düngungsstufen gleichermaßen.

Vorverlegung des Schnitttermins (seit 2003) schwächt diesen Effekt ab. Davon profitiert unter den Arrhenatheretalia-CA v. a. *Cynosurus cristatus*. Wo Düngung unterbleibt reagieren die Nardo-Callunetea-CA *Hypericum maculatum* und *Luzula campestris* mit größerer Stetigkeit auf vorgezogenen Schnitt und erreichen hier Ertragsanteile im Prozentbereich.

Schlussfolgerungen und Fazit

Verhaltener Einsatz von Rindergülle (5 bis 10 m³/ha) auf artenreichem Geranio-Trisetetum stärkt vor allem dessen Charakterarten und einige Begleiter. Die Goldhaferwiese weist nach 15-jähriger Düngung vor allem quantitative, kaum qualitative Veränderungen auf. Vorverlegung des Schnitttermins kann die Düngungseffekte reduzieren, begünstigt aber bei unterlassener Düngung Arten des Borstgrasrasens.

Narbenbelastung durch bodennahe Gülleausbringung

Neff, R.

Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Landwirtschaftszentrum Eichhof
D-36251 Bad Hersfeld

richard.neff@llh.hessen.de

Versuchsfragen:

Gibt es mit narbenverletzender Verteiltechnik verbundene negative Auswirkungen auf die Bestandsentwicklung?

Material und Methodik

Versuchsjahre: 2000 bis 2007

Versuchsanlage: Randomisierte Blockanlage mit 4 Wiederholungen und einer Parzellengröße von 60 m². Zwei Siloschnitte von den Aufwüchsen 1 und 2 mit nachfolgender Beweidung. 20 bzw. 15 m³ Rindergülle und zusätzlich je 30 kg N/ha (KAS) zu den Aufwüchsen 1 und 2.

Versuchsglieder:

- Prallteller
- Schleppschauch
- Ritzverteiler
- Gölledrill

Mineralischer Grundnährstoffausgleich (Phosphor und Kalium) mit dem Ziel der Versorgungsstufe C.

Wichtigste Ergebnisse

Zusammengefasst ist festzustellen:

Im Mittel der Versuchsjahre 2000 bis 2007 werden 129,0 dt TM/ha geerntet. Trotz der verschiedenen NH₃-verlustmindernden Verteiltechniken unterscheiden sich die daraus resultierenden Erträge kaum.

Auch die mit dem Aufwuchs entzogenen Stickstoffmengen unterscheiden sich nicht.

Die bodennahe, z.T. narbenverletzende Gülleverteiltechnik führt im Versuchszeitraum nicht zu den erwarteten nachhaltigen Bestandsveränderungen. Die zeitweilig auffällige Zunahme einzelner Arten (z.B. *Leontodon autumnalis* in allen Parzellen der Variante 3) schlägt sich im Ergebnis der Bestandsuntersuchung nicht nieder. Während der Anteil von *Poa trivialis* im Bestand praktisch unbeeinflusst ist von der Gülletechnik, tritt *Taraxacum officinale* mit zunehmender Narbenbelastung vom Prallteller über Schleppschauch und Ritzverteiler zum Gölledrill überraschenderweise immer seltener auf. In ähnlicher Weise reagiert *Trifolium repens*. Auf niedrigerem Niveau, dafür umso deutlicher nehmen *Rumex obtusifolius* und *Ranunculus repens* von Versuchsglied 1 bis Versuchsglied 4 in der Narbe zu. Hier dürfte neben der narbenverletzenden Wirkung der untersuchten bodennahen Verteiltechnik auch die vor allem mit dem Ritzverfahren und dem Gölledrill verbundene Bodenverdichtung eine Rolle spielen.

TM-Ertrag N-Entzug und Narbenanteile ausgewählter Arten (ermittelt nach der Punkt-Quadrat-Methode, 2002, 2003 und 2006) (s. Tab. 1).

Tab. 1: TM-Erträge, N-Entzug und Ertragsanteile ausgewählter Pflanzenarten

Verteiltechnik	Prallteller	Schleppschauch	Ritzverteiler	Gülledrill
Ertrag (dt TM/ha/Jahr)	125,6 ^{a)}	129,7 ^{ab)}	131,3 ^{b)}	129,4 ^{ab)}
N-Entzug (kg/ha/Jahr)	365,9 ^{a)}	385,7 ^{a)}	387,2 ^{a)}	374,3 ^{a)}
Artanteile				
<i>Poa trivialis</i>	3,16	3,30	3,12	3,14
<i>Taraxacum officinale</i>	1,04	1,17	0,94	0,78
<i>Trifolium repens</i>	2,95	2,47	2,78	2,68
<i>Ranunculus repens</i>	0,13	0,24	0,21	0,21
<i>Rumex obtusifolius</i>	0,05	0,05	0,08	0,11

*) Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede

Schlussfolgerungen und Fazit

Die mit bodennaher Gülleverteiltrichnik assoziierte Minderung von N-Ausgasungsverlusten schlägt sich nicht zwangsläufig in höheren Futtererträgen nieder. Dabei spielen mit der Technik verbundene Narbenveränderungen eine untergeordnete Rolle. Gleichwohl können Ritzverteiler und Gülledrill die Zunahme von *Kriechendem Hahnenfuß* und großblättrigen Ampferarten beschleunigen.

Vergleich von Mineraldüngung, Rindergülle und Gärrest

Neff, R.

Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Landwirtschaftszentrum Eichhof
D-36251 Bad Hersfeld

richard.neff@llh.hessen.de

Versuchsfragen:

Gibt es Unterschiede in der Ertragswirkung von Rindergülle und Gärrest aus Biogasanlagen auf Grünland? Hat die Verteiltechnik einen Einfluss? Gibt es Einflüsse auf den Kohlenstoffgehalt des Bodens?

Material und Methodik

Versuchsjahre: 2003 bis 2010

Versuchsanlage: Randomisierte Blockanlage mit 4 Wiederholungen und einer Parzellengröße von 66 m².

Versuchsglieder:

- Mineraldünger (80, 80, 60 kg N/ha zu den Aufwüchsen 1-3)
- Gülle Breitverteilung (je 20 m³ zu den Aufwüchsen 1 und 2, 60 kg N mineralisch zum 3.)
- Biogängülle Breitverteilung (s.o.)
- Gülle Schleppschlauchverteilung (s.o.)
- Biogängülle Schleppschlauchverteilung (s.o.)

Mineralischer Grundnährstoffausgleich (Phosphor und Kalium) mit dem Ziel der Versorgungsstufe C.

Wichtigste Ergebnisse

Zusammengefasst kann festgestellt werden:

1. Bei teilweise beträchtlichen Jahresunterschieden weisen die eingesetzten Gärreste im Mittel der Versuchsjahre niedrigere TS-, Rohasche- und Organische Substanz-Gehalte auf als unvergorene Rindergülle. Auch die Gehalte an Gesamt-Stickstoff, Kalium und Calcium sind in der Fermentergülle geringer (s. Tab 1).

Tab. 1: Mittlere Nährstoffgehalt (2003 bis 2010) in Gülle und Gärrest

	TS (g/l)	XA (g/l)	OS (g/l)	Nt (g/l)	NH ₃ -N (g/l)	P (%)	K (%)	Na (%)	Mg (%)	Ca (%)
Gärrest	65,7	16,3	52,9	3,5	2,0	1,1	3,0	0,4	0,8	1,4
Gülle	80,4	21,1	65,0	4,0	1,9	1,0	3,5	0,5	0,7	2,2

2. Da bei der mit Wirtschaftsdüngern gegebenen Stickstoffmenge kein mineralischer Ausgleich erfolgt, schlägt sich die unterschiedliche Nährstoffkonzentration in verschieden hohen N-Düngermengen nieder (Tab. 2).
3. Mit durchschnittlich 4,25 Nutzung pro Jahr werden durchschnittlich 123,0 dt TM/ha geerntet. Die mit dem Gärrest gegebene, geringfügig kleinere N-Düngermenge hat keinen signifikanten Einfluss auf die Höhe des Trockenmasse-Ertrages. Stattdessen treten die bekannten positiven Effekte der Schleppschlauchverteilung gegenüber der Breitverteilung auf.

Tab. 2: N-Düngermenge, TM-Ertrag und Kohlenstoffgehalt des Bodens in der Wurzelzone (10 cm) in Abhängigkeit von der Düngung

Verteiltechnik Düngerform	Breitverteilung			Schleppschlauch	
	1 MIN	2 Gülle	3 Gärrest	4 Gülle	5 Gärrest
N-Düngermenge (kg/ha)	230,0 ^{b*)}	226,0 ^b	217,8 ^a	226,0 ^b	217,8 ^a
Ertrag (dt TM/ha/Jahr)	123,1 ^b	118,4 ^{ab}	117,2 ^a	127,1 ^{bc}	128,9 ^c
Kohlenstoffgehalt des Bodens (%)	3,48 ^a	3,67 ^{ab}	3,61 ^{ab}	3,80 ^b	3,75 ^b

*) Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede

4. In acht Versuchsjahren wurden in der Wurzelzone tendenziell höhere Kohlenstoffgehalte bei Wirtschaftsdüngeranwendung gefunden als bei Mineraldüngereinsatz. Auch hier wirkt sich die Art des Wirtschaftdüngers weniger stark aus, als die Gülleverteilttechnik.

Schlussfolgerungen und Fazit

Schadstofffreiheit und vergleichbare N-Gehalte vorausgesetzt sind Rindergülle und Gärrest aus Biogasanlagen als gleichwertige Wirtschaftsdünger zu betrachten. Unterschiede in der Ertragswirkung werden durch die Verteiltechnik überlagert. Mit negativem Einfluss der Gärrestausbringung auf den C-Gehalt des Grünlandbodens ist nicht zu rechnen.

Session 2: Gülle in der Umwelt.

Vorträge

Nährstoffgehalt und Wirksamkeit von Wirtschaftsdüngern im Grünland

Pötsch, E.M.

LFZ Raumberg-Gumpenstein, Abteilung Grünlandmanagement und Kulturlandschaft, 8952 Irdning (A)

erich.poetsch@raumberg-gumpenstein.at

Einleitung

Wirtschaftsdünger sind kein lästiges Abfallprodukt der Nutztierhaltung sondern ein wertvolles, natürliches Betriebsmittel und zugleich unverzichtbares Element der landwirtschaftlichen Kreislaufwirtschaft. 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. In der Neuauflage der österreichischen Richtlinien für die sachgerechte Düngung (BMLFUW, 6. Auflage, 2006) wurden neben den Anfallsmengen an unterschiedlichen Wirtschaftsdüngern vor allem auch die Nährstoffausscheidungsmengen für Stickstoff, Phosphor und Kalium für die unterschiedlichsten Nutztierarten aktualisiert und damit auch der Kritik der Europäischen Kommission an den im internationalen Vergleich teilweise deutlich niedrigeren österreichischen Exkretionsmengen Rechnung getragen.

Keywords: Wirtschaftsdüngeranfall, Nährstoffwirkung

Problemstellung

Gemäß den Vorgaben der EU-Nitratrichtlinie (1991) erfolgt für die Ermittlung der darin festgelegten Obergrenze von 170 kg N aus Dung 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 primär 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 Grünlandflächen 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. Die Höhe der tatsächlich auftretenden Verluste kann je nach Umweltbedingungen und Management von den kalkulatorischen Ansätzen deutlich abweichen (KATZ, 1996; MENZIL, 1996; PÖTSCH AND RESCH, 2008).

Spannungsfeld Aktionsprogramm – Wasserrecht – Düngungsrichtlinie

Neben den bestehenden N-Obergrenzen gemäß Aktionsprogramm (2008) 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 Nutzungs-

formen, 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 Input an externen Nährstoffen entwickelt sich bei intensiver Grünlandwirtschaft eine von der Fläche immer unabhängiger werdende Produktionsleistung und Viehbesatzdichte. 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 teilweise deutlich über den Empfehlungen der Richtlinien für die sachgerechte Düngung liegt.

Zur Umgehung dieses „Problems“ wurde die sogenannte Jahreswirksamkeit des Wirtschaftsdüngerstickstoffs eingeführt, die sich auf dessen feldfallenden N-Gehalt bezieht. Diese Jahreswirksamkeit wird 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. Diese Vorgangsweise ergibt am Beispiel einer Milchkuh mit einer Jahresmilchleistung von 6.000 kg eine kalkulatorische N-Reduktion von beinahe 50% (von 96,5 kg Brutto-N verbleiben nur mehr 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 dreischnittige, kleereiche Dauerwiese in mittlerer Ertragslage (zumindest rechnerisch) noch eingehalten werden.

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

Wo bleibt der in Abzug gebrachte Stickstoff? 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 nachfolgend an Hand von aktuellen Versuchsergebnissen behandelt und diskutiert.

Material und Methodik

Im Jahr 2000 wurden vom LFZ Raumberg-Gumpenstein an den drei sehr unterschiedlichen Standorten Piber, Winklhof und Gumpenstein umfangreiche Feldversuche auf Dauergrünland angelegt. Das Versuchsdesign beinhaltet zwei Schnittfrequenzen, wobei sämtliche Varianten in jeweils vierfacher Wiederholung in randomisierter Form angelegt wurden.

Die N-Zufuhren sind „ex Lager“ zu verstehen, 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.

Tab. 1: Ausgewählte Versuchsvarianten in den Wirtschaftsdüngerversuchen sowie zugeführte Nährstoffmengen (Ø 2001 – 2006)

Intensitätsstufen/Varianten	Anzahl Schnitte/ Jahr	Ø Nährstoffzufuhr (kg ha ⁻¹ Jahr ⁻¹)		
		N _{exLager}	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

Ergebnisse und Diskussion

Ernteerträge

Bei den 3-Schnittvarianten wies 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 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.

Tab. 2: Durchschnittliche Jahresbruttoerträge in dt TM/ha über den gesamten Versuchszeitraum von 2001 bis 2006

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

Relative Wirksamkeit der Wirtschaftsdünger

Zur Berechnung der N-Effizienz der eingesetzten Wirtschaftsdünger wurde deren Ertragsleistung je zugeführter N-Einheit (Basis: N_{exLager}) errechnet und diese 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 ande-

rer 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 Mineraldüngergleichwert, Mineraldüngeräquivalent, N-Ausnutzung, N-Wirkungsgrad oder allgemeiner Wirkungsgrad von Wirtschaftsdüngern verwendet, die allerdings alle versuchen, die Leistungsfähigkeit der wirtschaftseigenen Dünger abzubilden (ELSÄSSER *et al.*, 2005).

In Tab. 3 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 Rindergülle 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.

Tab. 3: Relative N-Wirksamkeit (%) von unterschiedlichen Wirtschaftsdüngersystemen im Vergleich zu mineralischer NPK-Düngung bei 3- und 4-Schnittnutzung auf drei Versuchsstandorten im österreichischen Dauergrünland (2001 – 2006)

Intensitätsstufen/Varianten	Anzahl Schnitte/ Jahr	Kobenz %	Winklhof %	Gumpenstein %	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

Bei allen geprüften Wirtschaftsdüngervarianten ist festzuhalten, dass die unterstellte Wirksamkeit deutlich übertroffen wurde. Deren tatsächliche Wirksamkeit scheint vor allem durch die Einbeziehung der Jahreswirksamkeit völlig unterschätzt. Die für Gülle unterstellten Werte liegen deutlich unter den tatsächlich erzielten Wirksamkeiten, die bei Dreischnittnutzung im schlechtesten Fall bei 74% (im Jahr 2002 am Standort Winkelhof) und bei der Vierschnittnutzung bei 88% (im Jahr 2004 am Standort Gumpenstein) lagen. In der Literatur werden Mineraldüngergleichwerte bei Gülledüngung von 75 - 90% (SCHECHTNER, 1981; SCHECHTNER, 1992; ELSÄSSER *et al.* 1998) bzw. bis zu 100% (PÖTSCH, 1998; ELSÄSSER, 1999; NEFF, 2005; 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. 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 AND MENZI, 2004; 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 AND PÖTSCH, 2001). 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 Ø 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) sowie PÖTSCH (1997) beeinflusst die Gülledüngung den Gesamtstickstoff-Haushalt bis in tiefere Schichten und führt insgesamt zu höherer Nachlieferung von Stickstoff.

Schlussfolgerungen

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass die tatsächliche Wirksamkeit der unterschiedlichen Wirtschaftsdüngersysteme hinsichtlich ihrer Ertragsleistung höher ist als die gemäß den österreichischen 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 wer-

den. Bei einer weiter bestehenden Diskrepanz zwischen niedriger Ertragsleistung und zu hohem Viehbesatz müssten konsequenterweise die dadurch entstehenden Nährstoffüberschüsse wieder aus dem Betrieb ausgeschleust werden.

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.

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 SCHRÖPEL, R., 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 TAUBE, F., 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 BRIEMLE, G., 1995: Unterschiedliche technische Behandlung von Gülle und deren Auswirkungen auf intensiv genutztes Dauergrünland. Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau, 174, 253-264.
- ELSÄSSER, M., KUNZ, H.G. UND BRIEMLE, G., 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 COMMISSION, 2002: Nitrogen Equivalents in Livestock Manure. Luxembourg, 25 pp.
- FUNAKI, Y. AND PARRIS, K., 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
- JARVIS, S. AND MENZI, H. 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., ZELLER, A., KUNZ, H.G. UND ELSÄSSER, M., 2004: Auswirkungen der Gülleausbringtechnik 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 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. AND RESCH, R., 2008: Nitrogen efficiency of farm manure on permanent grassland in mountainous regions. Grassland Science in Europe, Vol 13., 299-301
- PÖTSCH, E.M. UND BUCHGRABER, K., 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 RESCH, R., 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.Arbeits-tagung "Fragen der Güllerei", Gumpenstein, 135-196.
- SCHECHTNER, G., 1992: Pflanzenbauliche Bewertung des Wirtschaftsdüngerstickstoffs. Der Förderungsdienst, 3, 13-21.
- SCHERER, H.W., WERNER, W. UND KOHL, A., 1988: Einfluß langjähriger Gülledüngung auf den Nährstoffhaushalt des Bodens. 1. Mitteilung: N-Akkumulation und N-Nachlieferungsvermögen. Zeitschrift Pflanzenernährung und Bodenkunde, 151, 57-61.
- STEFFENS, G. UND VETTER, H., 1985: Mittelfristige Nährstoffbilanz und Nährstoffausnutzung bei Gülledüngung. Kali-Briefe, 17, 441-460.
- TAUBE, F. AND PÖTSCH, E. M., 2001: On-farm nutrient balance assessment to improve nutrient management on organic dairy farms. Grassland Science in Europe Vol. 6, 225-235.
- VANDIJK, T.A., J. POSTMUS AND PRINS, W.H., 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.idFBGBl. I Nr. 87/2005
- WERNER, W., SCHERER, H.W. UND DRESCHER, D., 1985: Untersuchungen über den Einfluß langjähriger Gülledüngung auf N-Fraktionen und N-Nachlieferung des Bodens. Zeitschrift Acker- und Pflanzenbau, 155, 137-144.

Gülleabschwemmung von Graslandflächen – Versuchsergebnisse aus der Schweiz

Prasuhn, V.

Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, CH-8046 Zürich

volker.prasuhn@art.admin.ch

Abstract

Feldversuche zur Gülleabschwemmung durch Oberflächenabfluss existieren kaum. Die Resultate aus vier Versuchen in der Schweiz zeigen, dass erhebliche Phosphorfrachten abgeschwemmt werden können. Neben der direkten Gülleabschwemmung hat Oberflächenabfluss auf mit Phosphor hoch versorgten Böden eine große Bedeutung.

Keywords: Phosphor, Abschwemmung, Gülle, Grasland, Schweiz

Einleitung

In vielen Seen führen diffuse Einträge von Phosphor (P) aus der Landwirtschaft zu Eutrophierungsproblemen. Die wichtigsten Eintragungspfade sind dabei - je nach naturräumlicher Ausstattung und Landnutzung - Bodenerosion, Abschwemmung oder Drainageverluste (PRASUHN, 2008 und 2010). Vor allem in Grasland dominierten Gebieten mit hohem Viehbesatz kann es zu hohen P-Verlusten durch Abschwemmung kommen (BRAUN UND PRASUHN, 1998; BRAUN *et al.*, 2001; PRASUHN UND LAZZAROTTO, 2005). Dabei können zum einen direkte Abschwemmungen von Hofdüngern (Gülle, Mist) nach Starkregenereignissen auftreten, zum anderen kann aber der Oberflächenabfluss auf Oberböden, die durch intensive Güllendüngung in den vergangenen Jahrzehnten stark mit Phosphor angereichert worden sind, auch unabhängig von der momentanen Düngung zu hohen P-Verlusten führen. Zahlreiche neuere Studien aus verschiedenen Ländern zeigen, dass nicht alle Flächen innerhalb eines Einzugsgebietes gleich stark zur Gewässerbelastung beitragen, sondern dass häufig einige wenige Flächen - sogenannte „hot spots“ oder „beitragende Flächen“ - maßgeblich zu hohen P-Verlusten führen. Die Identifizierung dieser beitragenden Flächen kann die Maßnahmenplanung erheblich effizienter machen (FREY *et al.* 2011).

Im Gegensatz zu Stoffverlusten durch Bodenerosion von Ackerland gibt es sowohl in der Schweiz wie auch weltweit vergleichsweise sehr wenige Feldstudien mit Messdaten zur P-Abschwemmung von Grasland. Gerade für die Modellierung (Kalibrierung und Validierung) sind aber „harte“ Daten aus Feldversuchen unumgänglich. Daher werden im Folgenden verschiedene - auch ältere - Feldversuche aus der Schweiz zur P-Abschwemmung von Graslandflächen kurz vorgestellt und deren wesentliche Ergebnisse zusammengestellt. Abschließend werden die Resultate zusammenfassend bewertet.

Feldversuch zur Messung von Oberflächenabfluss und gelöstem Phosphor nach Gülleapplikation auf Grasland im Winter

BRAUN (1990) richtete den ersten Feldversuch zur Gülleabschwemmung mit Testplots in der Schweiz ein, um die Zusammenhänge zwischen Schneedecke, gefrorenem Boden und Gülleabschwemmung aufzuzeigen. Zwischen 1985 und 1989 wurde während drei

Winterhalbjahren auf neuen Testplots (drei Parzellen mit je drei abgegrenzten Messstreifen von 2m Breite und 30m Länge) im Kanton Bern der Oberflächenabfluss bei natürlichen Niederschlagsereignissen und Schneeschmelze aufgefangen und analysiert. Auf zwei Parzellen wurden pro Messperiode je zweimal Gülle appliziert (40-65 m³/ha bzw. 10-43 kg/ha P), eine Parzelle erhielt keine Gülle. Alle Parzellen waren Braunerden aus sandigem Lehm mit 12% Neigung.

Insgesamt 17 Abflussereignisse mit Oberflächenabfluss auf mindestens einem Streifen konnten analysiert werden. Der Oberflächenabfluss auf Grasland betrug 4,8%, 1,7% und 1,1% vom Niederschlag. Die P-Frachten lagen zwischen 0,3 und 393 g/ha P pro Ereignis. Die P-Konzentration betrug maximal 15 mg/l P_{gelöst}.

Das Fazit dieser Untersuchungen (BRAUN, 1990a und b; BRAUN UND LEUENBERGER, 1991; BRAUN UND PRASUHN, 1995):

- P-Abschwemmung im Winter ohne Gölledüngung beträgt ca. 50 g/ha P.
- P-Abschwemmung im Winter mit Gölledüngung beträgt ca. 500 g/ha P und stellt somit eine wesentliche Quelle der Gewässerbelastung dar.
- Einzelereignisse tragen massgeblich zur totalen P-Fracht bei.
- P-Abschwemmung bei Schneeschmelze auf gefrorenem Boden war höher als bei Regen auf gefrorenem Boden.
- P-Abschwemmung nach Gölleaustrag ist auf Grasland höher als auf Ackerland.

Als Folge dieser Untersuchungen wurde ein Merkblatt zur zeitgerechten Düngung publiziert, welches immer noch Verwendung findet (BLW und BUWAL, 2004) und ein Hofdüngerbulletin eingerichtet (BRAUN *et al.* 1996). Gölleausbringung im Winter wird seitdem auch gesetzlich stärker reglementiert.

Feldversuch zur Messung von P-Abschwemmung nach Gölleapplikation auf Grasland

Am Sempachersee (Luzern) wurde von Juni 1990 bis Juni 1992 an zwei verschiedenen Standorten mit jeweils zwei Testplots (2m breit, 30m lang) Oberflächenabfluss und Phosphorabschwemmung gemessen. Die Niederschlagsmengen der Untersuchungs-jahre betragen 1160mm und 930mm, Schnitt- und Gölleausbringungszeitpunkt waren praxisüblich. Standort 1 war eine Dauerwiese mit saurer Braunerde aus schluffig-sandigem Lehm. Gölledüngung: 160 und 192 m³ Gölle pro ha/Jahr bzw. 44,7 und 63,3 kg/ha P, 4 Schnitte und Herbstweide, 18% Neigung. Standort 2 war eine Kleegraswiesenansaat auf einer stark pseudovergleyten sauren Braunerde aus schluffig-sandigem Lehm. Gölledüngung: 243 und 250 m³ Gölle pro ha/Jahr bzw. 58,2 und 71,6 kg/ha P, 4 Schnitte, 10% Neigung.

Am Standort 1 wurden 26 Ereignisse mit insgesamt 31 mm Abfluss (= 1,5% vom Niederschlag) gemessen, maximal flossen 20% vom Niederschlag bei einem Einzelereignis ab. Die mittlere P-Konzentration lag bei 3,5 mg/l P_{tot}, maximal wurden 26,5 mg/l P_{tot}, bzw. 14,7 mg/l P_{gelöst} gemessen. Die abgeschwemmten Jahresfrachten betragen 0,9 und 0,2 kg/ha P_{tot}. Am Standort 2 wurden 30 Ereignisse mit 65 mm Abfluss (= 3% vom Niederschlag) gemessen, maximal flossen 37% vom Niederschlag bei einem Einzelereignis ab. Die mittlere P-Konzentration lag bei 2,8 mg/l P_{tot}, maximal wurden 12,3 mg/l P_{tot}, bzw. 8,0 mg/l P_{gelöst} gemessen. Die abgeschwemmten Jahresfrachten betragen 1,5 und 0,3 kg/ha P_{tot}.

Das Fazit dieser Untersuchung (BRAUN *et al.*, 1993, VON ALBERTINI *et al.*, 1993):

- Die Zeitdauer zwischen Gülleaustrag und Niederschlagsereignis ist entscheidend für die Höhe der P-Abschwemmung. Innerhalb von 10 Tagen besteht das größte Risiko.
- Spitzenabschwemmereignisse bestimmen maßgeblich die P-Jahresfracht in einem Gewässer.
- Könnten Spitzenabschwemmereignisse vermieden werden, wäre eine Reduktion von 20-60% der jährlichen P-Verluste auf einer Parzelle möglich.
- Der Düngungszeitpunkt ist dem Zustand des Bodens und den Witterungsverhältnissen anzupassen.
- Auf ungegüllten Graslandflächen ist im Mittel mit ca. 200 g/ha P-Abschwemmung im Sommer zu rechnen.
- Auf gegüllten Graslandflächen ist im Mittel mit ca. 700 g/ha P-Abschwemmung im Sommer zu rechnen.
- ca. 1% der jährlich ausgebrachten P-Güllemenge wurde abgeschwemmt.

Berechnungsversuch zur Messung von Oberflächenabfluss und P-Abschwemmung von Grasland.

Im Einzugsgebiet des Baldeggersees (Luzern) wurden 2008 an zwei Standorten je neun Testplots mit 1 m² Oberfläche eingerichtet (HAHN *et al.*, submitted).

Standort 1: mittelhoch P-versorgter Boden: 10,4 mg/kg P_{wasserlöslich} und 935 mg/kg P_{tot}

Standort 2: hoch P-versorgter Boden: 26,1 mg/kg P_{wasserlöslich} und 1517 mg/kg P_{tot}

Berechnungsexperimente: Pro Standort wurden 4 Plots gegüllt (Streifenapplikation von Hand, 30 m³/ha = 0,57 g/l P bzw. 17,1 kg/ha P) und 4 Plots blieben ungegüllt. Vorher fand ein Grasschnitt und einheitliche Bodenvorbefeuchtung statt. Die Beregnung erfolgte jeweils 1 Tag und 8 Tage nach Gülleapplikation, Die Beregnung dauerte jeweils 90 Minuten mit einer Intensität von 46 mm/h mit einem Schwenkdüsenregner (demineralisiertes Wasser) zur Erzeugung von Oberflächenabfluss durch Bodenwassersättigung und im Anschluss daran mit einer Gießkanne (11 Liter) zur Erzeugung von Oberflächenabfluss durch Infiltrationsüberschuss.

Der Oberflächenabflusskoeffizient bei der Beregnung schwankte zwischen 0,4% und 30% und bei dem Gießkannenexperiment zwischen 17% und 66%. Die P_{gelöst}-Konzentrationen im Oberflächenabfluss waren bei den ungegüllten Plots sowohl bei der Beregnung als auch bei der Gießkanne auf dem Standort mit hochversorgten P-Boden signifikant höher. Dabei lagen die Konzentrationen beim Beregnungsexperiment mit bis zu über 2,5 mg/l P deutlich höher als beim Gießkannenexperiment mit 0,5 mg/l P.

Schlussfolgerungen und Fazit (HAHN *et al.*, submitted):

- Die Gülleapplikation hatte keinen Einfluss auf die Höhe des Oberflächenabflusses.
- Auf den ungegüllten Plots mit hoher P-Versorgung wurden sehr hohe P-Konzentrationen gemessen.
- Die gegüllten Plots hatten zwar höhere Verluste als die ungegüllten. Der Einfluss des P-Status der Böden war aber grösser als der Einfluss der Gülleapplikation.

Berechnungsversuch zur Aushagerung überdüngter Graslandböden

Im Einzugsgebiet des Greifensees (Zürich) wurden 2000-2002 an zwei verschiedenen Standorten Testparzellen auf intensiv genutztem Dauergrasland von SCHÄRER (2003) angelegt und künstlich beregnet, um den Einfluss verschiedener Bewirtschaftungsmaß-

nahmen auf die P-Abschwemmung zu untersuchen. Die Böden waren eine saure Braunerde mit 9,6 mg/kg P_{-wasserlöslich} und 1062 mg/kg P_{-organisch} sowie ein kalkhaltiger Regosol mit 8,9 mg/kg P_{-wasserlöslich} und 903 mg/kg P_{-organisch} (Oberboden 0-4 cm). 15 Testplots (5mx13m) wurden an jedem Standort jeweils in vier Varianten mit drei bzw. vier Wiederholungen installiert: a: Kontroll-Plot mit Normdüngung, b: Plot mit Null-P-Düngung, c: Plot mit Null-P-Düngung und einmaliges Pflügen und Neuansaat, d: Plot mit Null-P-Düngung, einmaliges Pflügen und Neuansaat und Zugabe von P-sorbierendem Eisenzusatz.

Zwischen dem Kontrollplot und dem Plot Null-P-Düngung gab es keine signifikanten Unterschiede bei der P-Abschwemmung. Die Maßnahmen Pflügen und Pflügen mit Eisenzusatz führten dagegen zu einer signifikanten Reduzierung der gelösten P-Verluste. Im Zweiten Versuchsjahr waren die Effekte jedoch deutlich geringer. Die Versuchsergebnisse zeigen, dass die P-Anreicherung im Oberboden durch jahrzehntelange starke Gülledüngung durch kurzfristige Maßnahmen kaum reduziert werden können. Auch nach Null-P-Düngung ist mit hohen Abschwemmungsverlusten zu rechnen (SCHÄRER *et al.*, 2006 und 2007).

Zusammenfassende Bewertung

Vier Feldversuche zur P-Abschwemmung von Grasland wurden bisher in der Schweiz durchgeführt: zwei unter natürlichen Regen und zwei unter künstlicher Beregnung; einer im Winterhalbjahr, drei im Sommerhalbjahr. Die Feldversuche führten zu neuen Erkenntnissen und liefern für die Modellierung wertvolle Grundlagen:

- hohe zeitliche Variabilität bei Gülleabschwemmungen, Einzelereignisse sind maßgebend für die Jahresfracht,
- auf mit P hoch- oder überversorgten Graslandböden kommt es auch ohne Gülledüngung zu sehr hohen P-Verlusten durch Oberflächenabfluss,
- hohe P_{gelöst}-Konzentrationen von mehreren mg/l sind durch Abschwemmung möglich
- Maßnahmen zur Reduzierung der P-Verluste durch Abschwemmung wirken erst sehr langfristig (>10 Jahre), da die P-Anreicherung im Oberboden nur sehr langsam abgereichert werden kann.

Die Erkenntnisse aus den Feldversuchen sind sowohl für die Abschätzung diffuser P-Verluste in mesoskalige, empirisch-statistische Modelle eingeflossen (z.B. PRASUHN UND MOHNI, 2003), als auch in die prozessorientierte Modellierung auf Kleinzugsgebietsebene (LAZZAROTTO, 2004; LAZZAROTTO *et al.*, 2006).

Literatur

- BLW UND BUWAL (Hrsg.), 2004: Merkblatt: Düngen zur richtigen Zeit, 2.unveränderte Auflage.
- BRAUN, M., 1990a: Zusammenhänge zwischen Schneedecke, gefrorenem Boden und Gülleabschwemmung. Diss ETH Nr. 9170, Zürich, 220 S.
- BRAUN, M., 1990b: Güllenaustrag im Winter? Landw. Schweiz 3, 685- 688.
- BRAUN, M. UND LEUENBERGER, J., 1991: Abschwemmung von gelöstem Phosphor auf Ackerland und Grasland während den Wintermonaten. Landw. Schweiz 4, 555-560.
- BRAUN, M. UND PRASUHN, V., 1998: Phosphorverluste aus der Landwirtschaft in die Gewässer - Methodisches Vorgehen zur Abschätzung, wichtige Prozesse und Eintragswege. In: Koordinierungsstelle beim Landratsamt Ravensburg (Ed.): Internationale Seen-Fachtagung 1998 - Aktionsprogramm zur Sanierung oberschwäbischer Seen. 55-63.
- BRAUN, M. UND PRASUHN, V., 1995: Weniger Gülle auf Schnee dank guter Zusammenarbeit. UFA-Revue Nr. 1, 27-28.

- BRAUN, M., HURNI, P. UND VON ALBERTINI, N., 1993: Abschwemmung von Phosphor auf Grasland an zwei verschiedenen Standorten im Einzugsgebiet des Sempachersees. *Landw. Schweiz* 6(10), 615-620.
- BRAUN, M., HURNI, P., ANDRINI, M., HÄNI, M. UND STURNY, W., 1996: Hofdünger-Bulletin im Kanton Bern. *Agrarforschung* 3, 11-12.
- BRAUN, M., WÜTHRICH-STEINER, C., ASCHWANDEN, N. UND DENOTH, F., 2001: Wirkungskontrolle der Öko-Maßnahmen in der Landwirtschaft. Phosphorbelastung der Oberflächengewässer durch Abschwemmung. Bundesamt für Statistik, Statistik der Schweiz, Fachbereich 7 Land- und Forstwirtschaft, Neuchâtel, 132 S.
- FREY, M., KONZ, N., STAMM, C. UND PRASUHN, V., 2011: Identifizierung von Flächen, die überproportional zur Gewässerbelastung beitragen. *Agrarforschung Schweiz* 2(4), 156-161.
- HAHN, C., PRASUHN, V., STAMM, C. AND SCHULIN, R., submitted: Runoff type and soil-P control P losses in runoff from manured grassland. *J. Environ. Quality*.
- LAZZAROTTO, P., 2004: Modeling phosphorus runoff at the catchment scale. Diss ETH Nr.15857, 166 S.
- LAZZAROTTO, P., STAMM, C., PRASUHN, V. AND FLÜHLER, H., 2006: A parsimonious soil-type based rainfall-runoff model simultaneously tested in four small agricultural catchments. *J. of Hydrology*, 321, 21-38.
- PRASUHN, V., 2008: Massnahmen zur Verminderung der Phosphorverluste durch Erosion und Gülleabschwemmung – Strategien und regionale Lösungsansätze in der Schweiz. Schriftenreihe Siedlungswasserwirtschaft Karlsruhe SWW 128, 225-245.
- PRASUHN, V., 2010: Phosphorabschwemmung von Graslandflächen in der Schweiz - Eintragspfade und Massnahmen zur Verminderung. - 2. Umweltökologisches Symposium Irdning (A), 73-78.
- PRASUHN, V. UND MOHNI, R., 2003: GIS-gestützte Abschätzung der Phosphor- und Stickstoffeinträge aus diffusen Quellen in die Gewässer des Kantons Bern. Bericht z.H. Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft Kanton Bern (GSA), 223 S.
- PRASUHN, V. UND LAZZAROTTO, P., 2005: Abschwemmung von Phosphor aus Grasland im Einzugsgebiet des Sempachersees. Schriftenreihe der FAL 57, Zürich, 95-107.
- SCHÄRER, M., 2003: The influence of processes controlling phosphorus availability on phosphorus losses in grassland soils. Diss ETH Nr. 15312, Zürich, 140 S.
- SCHÄRER, M., VOLLMER, T., FROSSARD, E., STAMM, C., FLÜHLER, H. AND SINAJ, S., 2006: Effect of water composition on phosphorus concentration in runoff and water-soluble phosphate in two grassland soils. *European Journal of Soil Science* 57, 228-234.
- SCHÄRER, M., STAMM, C., VOLLMER, T., FROSSARD, E., OBERSON, A., FLÜHLER, H. AND SINAJ, S., 2007: Reducing phosphorus losses from over-fertilized grassland soils proves difficult in the short term. *Soil Use and Management* 23 (Suppl. 1), 154-164.
- VON ALBERTINI, N., BRAUN, M. UND HURNI, P., 1993: Oberflächenabfluss und Phosphorabschwemmung von Grasland. *Landw. Schweiz* 6, 575-582.

Nitratbelastung unter Grünlandflächen – Versuchsergebnisse aus Bayern

Diepolder, M. und Raschbacher, S.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökologie, Ökologischen
Landbau und Bodenschutz

michael.diepolder@lfl.bayern.de

Einleitung

Im Rahmen der Forschung zur N-Dynamik und zum vorbeugenden Grundwasserschutz untersucht die bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) seit rund 30 Jahren auch, inwieweit sich im Grünland unterschiedliche Intensitätsstufen der Bewirtschaftung auf den Nitratgehalt des Sickerwassers und damit auf das Potenzial von vertikalen N-Austrägen auswirken. Im Focus stehen dabei Fragen zu Art, Höhe und Terminierung der Düngung, vor allem eines fachgerechten Gülleeinsatzes. Nachfolgend werden einige Ergebnisse zusammengefasst und diskutiert, welche in den vergangenen Jahrzehnten auf zwei Standorten in Südbayern mittels dort installierter Saugkerzenanlagen gewonnen wurden.

Material und Methoden

Im Jahr 1978 wurde im Allgäuer Alpenvorland am Spitalhof in Kempten (730 m ü. NN, 1290 mm ø Jahresniederschlag, Bestand mit hohem Weidelgrasanteil über Parabraunerde aus uL) eine erste Saugkerzenanlage nach CZERATZKI (1971) errichtet, welche Mitte der 1990er Jahre renoviert wurde. In den Jahren 1986/87 wurde in Puch bei Fürstenfeldbruck (550 m ü. NN, 920 mm ø Jahresniederschlag, Parabraunerde aus tU) eine zweite, größere Anlage gebaut, die neben Grünlandparzellen auch solche mit Ackernutzung enthält. Bei beiden Anlagen wird das unter den Parzellen versickernde Bodenwasser durch dauerhaft im Boden installierte Keramik-Saugkerzen, an die mit einer automatisch gesteuerten Vakuumpumpe mehrmals am Tag ein Unterdruck von 0,5 bar angelegt wird, kontinuierlich aufgefangen. Bei den gegenwärtigen Anlagen sind die Saugkerzen in ca. 60 cm und 120/130 cm Bodentiefe eingebaut; bei der ersten Anlage am Spitalhof befanden sich die Kerzen in 20, 80 und 130 cm Tiefe. Detaillierte Einzelheiten zur Methodik bei der Gewinnung von Wasserproben finden sich bei RIESS (1993). In regelmäßigen Abständen (ca. 1-3 Wochen) werden bei den Proben die Nitratkonzentration, teilweise auch die Gehalte an Phosphor und Schwefel analysiert. Zur näherungsweise Umrechnung auf mittlere jährliche Nährstofffrachten wird die mittlere jährliche Sickerwassermenge (ca. 630 l/m² am Spitalhof bzw. ca. 300 l/m² in Puch) nach klimatischen Literaturangaben geschätzt. Bei einigen Projekten wurde neben dem Nitratgehalt im Sickerwasser auch die Dynamik des mineralisierten Bodenstickstoffs ($N_{\min} = \text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$) in 0-10 bzw. in 10-30 cm Tiefe in teilweise hierfür eigens angelegten Parzellen gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Art und Höhe der Düngung

Untersuchungen von RIEDER (1988, 1996) am Spitalhof/Kempten beschäftigten sich mit der Frage, welchen Einfluss steigende Gülle- und mineralische N-Düngergaben auf den Nitratgehalt im oberflächennahen Bodenwasser (20-130 cm Tiefe) bei einem voralpinen

Grünlandstandort mit 5 Schnittnutzungen haben können. Dies erfolgte sicher auch vor dem Hintergrund, dass mit dem Inkrafttreten der EG-Richtlinie Nr. 80/778/EWG vom 15. Juli 1980 ab August 1985 der bis dahin für die Bundesrepublik Deutschland gültige nationale Grenzwert von 90 mg Nitrat je Liter Trinkwasser aus Gründen der Vorsorge auf den EG-Wert von 50 mg NO₃/l (= 11,3 mg NO₃-N) abgesenkt wurde. Im Gegensatz dazu wurde in bestimmten Gebieten, vorzugsweise bei intensiver ackerbaulicher Bodennutzung, eine kontinuierliche Zunahme des Nitratgehaltes im Trinkwasser festgestellt, wofür gemeinhin vor allem steigende Güllegaben als Ursache gesehen wurden (zit. bei RIEDER, 1988). Für leistungsfähiges Grünland mit intensiver Schnittnutzung lässt sich dies jedoch nicht bestätigen, wie aus folgenden Ergebnissen hervorgeht: So stellte RIEDER in seinen Untersuchungen fest, dass Gülledüngung mit jährlichen Gesamt-N-Gaben bis 300 kg/ha, unter den Standortbedingungen des Spitalhofs zu keiner Nitratbelastung des Sickerwasser führte (siehe Tab. 1). Er gelangt dabei wie auch andere Autoren (zit. bei RIEDER 1988/96) zu dem Schluss, dass bei Nährstoffgleichheit Rindergülle den Nitratgehalt anscheinend weitaus weniger als eine mineralische Stickstoffdüngung beeinflusst.

Tab. 1: Einfluss der Höhe der mineralischen N-Düngung und der Gülledüngung auf den N-Saldo und den Nitratgehalt im Sickerwasser am Spitalhof in Kempten (Mittelwerte 1983-1987; zit. bei RIEDER, 1996)

Var.	N-Zufuhr		N-Entzug kg N/ha	N-Saldo	Ø Nitratgehalt in Tiefe		
	Mineralisch ¹⁾ kg N/ha	Gülle ²⁾			20 cm	80 cm	130 cm
1	100 (5x20)	-	345	-245	23	16	23
2	300 (5x60)	-	434	-134	91	100	107
3	-	160 (3x 53)	330	-170	3	3	4
4	-	320 (3x106)	329	-9	3	6	5
5	-	481 (3x160)	349	+132	8	16	20

- 1) Bei Variante 1 und 2 zusätzlich PK-Grunddüngung mit 160 kg P₂O₅/ha und 300 kg K₂O/ha
 2) Gülle mit ca. 4% TS; 2,1 kg Gesamt-N/m³ zum 1., 3., 5. Aufwuchs; je 25, 50, 75 m³/ha bei Var. 3, 4, 5

Auch bei Untersuchungen an Lysimetern der österreichischen BAL-Gumpenstein (EDER, 2001, zit. bei GALLER, 2009) traten ebenfalls erst bei einem für die Praxis unrealistisch hohem Gülleeinsatz mit den Jahren zunehmende Nitratausträge auf. Ebenfalls wurden am Standort Puch im fünfjährigen Mittel (2003-2007) trotz eines sehr hohen und insgesamt stark überbilanzierten N-Aufwandes – es wurden jährlich mit ca. 3x25 m³/ha Gülle (7,5% TS) rund 330 kg Gesamt-N/ha ausgebracht, zuzüglich 60 kg N/ha über KAS – nur sehr niedrige Nitratwerte von 5 bzw. 8 mg/l im Sickerwasser unter Grünland gemessen. Dabei lagen die mittleren Gehalte bei derjenigen Variante, wo gezielt auf die Grasnarbe eine mechanische Belastung ausgeübt wurde, geringfügig, jedoch signifikant niedriger als bei der unbefahrenen Kontrollvariante (DIEPOLDER et al., 2009).

Somit ergeben sich bis dato aufgrund des vorliegenden Datenmaterials, in welchem auch weitere Ergebnisse Berücksichtigung finden, die am Spitalhof in den Jahren 2000-2004 gewonnen wurden (DIEPOLDER UND RASCHBACHER, 2011), keine Belege dafür, dass bei Anwendung der sogenannten „230er-Regelung“ im Intensivgrünland nach der gültigen Düngerverordnung mit einer Verschlechterung der Grundwasserqualität zu rechnen ist.

Natürlich scheint es einsichtig, dass mit (sehr) hohem N-Einsatz auch bei Grünland mit intensiver Schnittnutzung und damit entsprechender Netto-N-Abfuhr von der Fläche die Gefahr von N-Austrägen signifikant ansteigt. Dies deutet sich auch in derzeit laufenden

Versuchen in Puch und am Spitalhof bereits nach kurzer Laufzeit an (DIEPOLDER UND RASCHBACHER, unveröffentlicht). Die Frage dabei ist, in welcher Größenordnung dies der Fall ist und insbesondere, ab wann mit Problemen für den Grundwasserschutz zu rechnen ist. Hierbei dürfte in Gunstlagen der Spielraum bzw. die Grenze eines unproblematischen N-Einsatzes relativ hoch liegen. So bewegte sich in dem bereits oben erwähnten Versuch (DIEPOLDER UND RASCHBACHER, 2011) am Spitalhof die Differenz der mittleren Nitratgehalte im Sickerwasser trotz Unterschiede im N-Aufwand von bis zu 300 kg N/ha in einer Größenordnung von nur rund 1-3 mg Nitrat/l. Selbst bei 4x75 kg N/ha (KAS) lag ein noch ausgeglichener N-Saldo vor. Besonders bemerkenswert war jedoch, dass hier der mittlere Nitratgehalt mit nur 3,1 mg/l ein wesentlich geringeres Niveau aufwies, als dies RIEDER bei mineralischer Düngung und in diesem Fall stark ausgeprägten Jahresschwankungen beobachten konnte. Auch weitere Versuchen am Spitalhof (siehe auch Tab. 2 und 3) und in Puch (DIEPOLDER, 2001; DIEPOLDER UND JAKOB, unv., DIEPOLDER *et al.*, 2006) ergaben keine generellen Unterschiede der Nitratgehalte im Sickerwasser unter Grünland zwischen organischer und mineralischer Düngung.

Fragen zu Art und Höhe der N-Düngung umfassen auch unterschiedliche Nutzungsformen des Grünlands. Diesbezüglich ist allgemein bekannt, dass (intensive) Weidewirtschaft durch eine hohe punktuelle Nährstoffrückführung (Urinstellen, Kothaufen) teilweise zu erheblichen Stickstoffausträgen führen kann. An der LfL wurde versuchstechnisch bedingt nur in einem einzigen Projekt ein Weideversuch mit Erfassung der Nitratgehalte des Sickerwassers unter dem Hauptwurzelraum durchgeführt. Hier wurde von 2005-2007 am Spitalhof eine extensive Weideparzelle mit einer verhalten gedüngten Schnittparzelle verglichen. Bei beiden Varianten wurden bei nur 5% der Proben Konzentrationen von über 10 mg Nitrat/l gemessen, die Durchschnittsgehalte lagen unter 5 mg Nitrat/l. Dies werten DIEPOLDER UND RASCHBACHER (2008) als ein Indiz dafür, dass im Voralpenland eine kurzzeitige Beweidung von Grünlandflächen, z.B. als Vor- oder Nachweide, zu keinem erhöhten N-Austrag führen muss.

Terminierung der Gülledüngung und N-Dynamik

In den Jahren 1987-1994 wurden am Spitalhof untersucht, ob und inwieweit Güllegaben nach dem letzten Schnitt im Herbst gegenüber der Frühjahrsdüngung die N-Dynamik des Bodens und die Nitratkonzentration des Sickerwassers beeinflussen.

Tab. 2: Versuchsvarianten auf der Saugkerzenanlage am Spitalhof (1987-1994)

Var.	Düngerart und -zeitpunkt zu den Aufwüchsen			
	1	2	3	4
1	KAS ¹⁾ im Frühjahr des Erntejahres + 100 kg P ₂ O ₅ /ha; 210 kg K ₂ O/ha	KAS ¹⁾	50 kg N/ha KAS	KAS ¹⁾
2	25 m ³ /ha Ri-Gülle ²⁾ im Frühjahr des Erntejahres	25 m ³ /ha Ri-Gülle ²⁾		25 m ³ /ha Ri-Gülle ²⁾
3	25 m ³ /ha Ri-Gülle ²⁾ am 10.10. im Herbst			
4	25 m ³ /ha Ri-Gülle ²⁾ am 02.11. im Herbst			
5	25 m ³ /ha Ri-Gülle ²⁾ am 20.11. im Herbst			

¹⁾ Angepasst an Gesamt-N bei Varianten mit Gülledüngung

²⁾ Rindergülle mit ø 3,7 % TS und 1,95 kg Gesamt-N/m³

Eine für diesen Beitrag extra vorgenommene zusammenfassende Auswertung lässt in Übereinstimmung mit früheren Arbeiten (RIEDER, 1990, 1996; DIEPOLDER, 2000ab; DIEPOLDER UND JAKOB, 2003) folgende Schlüsse zu: Bisher ergeben sich für südbayerische Standortverhältnisse keine Anhaltspunkte dafür, dass eine Gülledüngung im Herbst zu einem Anstieg der Nitratgehalte im Sickerwasser führt (siehe auch Tab. 1 und 2). Die auch in den Wintermonaten ausgeprägte Dynamik des mineralisierten Stickstoffs im Oberboden mit einem hohen Anteil an $\text{NH}_4\text{-N}$ wird wesentlich von Jahrgangseffekten, dagegen kaum von Art und Höhe der N-Düngung beeinflusst. Auch kann von der Höhe des N_{min} -Wertes im Oberboden bei Dauergrünland nicht auf die Höhe auf Nitratauswaschung unter dem Wurzelraum bzw. auf die Quantifizierung der mittleren Nitratkonzentration der jährlichen Grundwasserbildung sowie auch nicht auf den Ertrag und die N-Aufnahme geschlossen werden. Daher gilt die (punktuelle) Bestimmung des N_{min} -Wertes im Wurzelraum für den Bereich (intensiver) Grünlandwirtschaft als kein geeignetes Instrument zur Optimierung der N-Düngung und auch nicht für Kontrollmaßnahmen in Wasserschutzgebieten

Tab. 3: Versuchsergebnisse Spitalhof (Mittel 1987-1994)

Var.	TM-Ertrag		N-Aufnahme		Wasserproben N	Nitratgehalte im Sickerwasser	
	1. Schnitt [dt TM/ha]	Σ Jahr	1. Schnitt [kg N/ha]	Σ Jahr		$\bar{\varnothing}$	$Q_{90\%}^{1)}$
1	33,0 a	125,4 a	77,2 a	316,6 a	827	8,2 a	23
2	33,4 a	118,2 a	73,0 a	285,4 a	906	9,2 a	20
3	32,9 a	122,5 a	70,7 a	300,1 a	953	9,1 a	24
4	30,9 a	123,2 a	65,6 a	290,1 a	966	7,7 a	19
5	31,2 a	124,8 a	69,7 a	298,0 a	621	8,9 a	24
$\bar{\varnothing}_{1-5}$	32,3	122,8	71,2	298,0	Σ 4273	8,6	
LW ²⁾	-	-	-	-	220	6,9	13

1) 90%-Quantile

2) Leitungswasserproben am Spitalhof/Kempton

Fazit

Bei sachgerecht bewirtschaftetem Wirtschaftsgrünland wird bei güllebetonter Düngung pro Jahr rund 2-12 kg N/ha als Nitrat aus dem Wurzelraum ausgetragen. Dies ist deutlich weniger bzw. nur ein Bruchteil im Vergleich zu Grünland mit Nutzungsaufgabe oder zu Ackerkulturen (EDER, 2000; DIEPOLDER *et al.*, 2006, BUCHGRABER *et al.*, 2010).

Literatur

- BUCHGRABER, K., HERNDL, M. UND PEINTNER, J., 2010: Trinkwasser – Verminderte Qualität bei Nutzungsaufgabe. Der fortschrittliche Landwirt, Heft 24, 28-29.
- CZERATZKI, 1971: Saugvorrichtung für kapillar gebundenes Bodenwasser. Landbauforschung Völkenrode 21, 13-14.
- DIEPOLDER, M., 2000 a: Gülledüngung und Nitratgehalte im Bodenwasser. Jahresbericht der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau 1999/2000, 82-83, Freising-München.
- DIEPOLDER, M., 2000 b: Auswirkung zeitlich gestaffelter Güllegaben im Herbst auf Ertrag, Qualität und mögliche Nitratbelastung des Sickerwassers bei Grünland. Schule und Beratung, Heft 09-10/00, IV-1-6. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.
- DIEPOLDER, M., 2001: Vergleichende Untersuchungen zum Nitratgehalt unter Dauergrünland. Informationen aus den laufenden Arbeiten der LBP Oktober bis Dezember 2001, 24-25, Freising-München.

- DIEPOLDER, M. UND JAKOB, B., 2003: Ergebnisse eines langjährigen Düngungsversuchs im Grünland mit unterschiedlichem Zeitpunkt der Gülleausbringung. Schule und Beratung, Heft 07/03, III-5-8. Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten.
- DIEPOLDER, M., PERETZKI, F., HEIGL UND L. UND JAKOB, B., 2006: Nitrat- und Phosphorbelastung des Sickerwassers bei Acker- und Grünlandnutzung – Ergebnisse von zwei Saugkerzenanlagen in Bayern. Schule und Beratung, Heft 04/06, III-3-10. Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten.
- DIEPOLDER, M. UND RASCHBACHER, S., 2008: Nitratkonzentration im Sickerwasser unter Dauergrünland bei Schnitt- bzw. extensiver Weidenutzung. Schule und Beratung, Heft 12/08, III-1-2. Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten.
- DIEPOLDER, M., RASCHBACHER, S., BRANDHUBER, R. UND KREUTER, T., 2009: Auswirkungen mechanischer Bodenbelastung auf Dauergrünland. Schule und Beratung, Heft 08-9/09, III-1-2. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.
- DIEPOLDER, M. UND RASCHBACHER, S., 2011: Erträge, Futterqualität und Nährstoffgehalte des Sickerwassers bei unterschiedlicher Grünlanddüngung. Schule und Beratung, Heft 3-4/11, III-18-23. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.
- EDER, G., 2000: Stickstoffauswaschung schwankt stark. Der fortschrittliche Landwirt, Heft 2, 34-35.
- GALLER, J., 2009: Wirtschaftsdünger – Anfall, Lagerung, Verwertung Umwelt. 63 S., Hsg. Landwirtschaftskammer Salzburg, siehe hierbei Zitate EDER S. 35. und Literatur S. 63.
- RIEDER, J.B., 1988: Mineraldüngung, Gülledüngung und Nitratkonzentration im oberflächennahen Bodenwasser eines voralpinen Grünlandstandortes. Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch, Heft 04/88, 405-419, ISSN 0375-8621.
- RIEDER, J.B., 1990: Nmin-Vorrat während des Winters bei gestaffelten Güllegaben im Herbst. Schule und Beratung, Heft 3-4/90, III-1-3. Bayerisches Staatmin. für Ernährung, Landwirtschaft u. Forsten.
- RIEDER, J.B., 1996: Gülledüngung, Nitratgehalt im Bodenwasser und Nmin-Werte unter Dauergrünland. Schule und Beratung, Heft 07/96, IV-1-7. Bayerisches Staatministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.
- RIESS, F., 1993: Untersuchungen zur Nitratauswaschung nach mineralischer Düngung von Ackerland und Grünland mittels der Saugkerzenmethode. Dissertation TU München-Weihenstephan.

Spurengasmissionen (N₂O, NH₃) und Ertragsentwicklung nach Gärrestapplikation auf einem Marschstandort Norddeutschlands

Pacholski, A., Techow, A., Quakernack, R., Hermann, A., Taube, F. und Kage, H.

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Pflanzenbau- und Pflanzenzüchtung,
a. Abteilung Acker- und Pflanzenbau
b. Abteilung Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau
Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

pacholski@pflanzenbau.uni-kiel.de

Abstract

Aufgrund des bisher wenig untersuchten Agrarlandschaftsraumes als auch neuartiger Biogasgärreste ist der Effekt der Biogasnutzung auf den Stoffhaushalt von Marschstandorten schwer zu quantifizieren. Auf einem noch nicht entkalkten Marschstandort Nordfrieslands, Schleswig-Holstein, wurden in einem Parzellenversuch mehrjährige Untersuchungen zur N-Düngewirksamkeit und Spurengasmissionen (N₂O, NH₃) bei Düngung mit Mineraldünger (KAS) und Biogasgärresten durchgeführt. Die N-Dünger wurden zur Produktion von Silomais, Weidelgras und GPS-Weizen als Biogassubstrat genutzt. Biogasgärreste wurden mit Schleppschläuchen ausgebracht. Bei Verwendung des Mineraldüngers erzielten Maismonokultur, Ackergras sowie eine Fruchtfolge (Mais-Weizen-Welsches Weidelgras) etwa gleich hohe Erträge (ca. 30 t TM ha⁻¹ 2a⁻¹). Bei Weizen und Ackergras führte die Düngung mit Biogasgärresten zu deutlich reduzierten Erträgen. NH₃-Emissionen lagen aufgrund hoher Windgeschwindigkeiten höher als in anderen Regionen Schleswig-Holsteins, wobei Ackergras bei weitem die höchsten (80 kg N ha⁻¹ 2a⁻¹) und Maismonokultur die geringsten (20 kg N ha⁻¹ 2a⁻¹) kumulierten Verluste aufwies. Ohne signifikante Unterschiede zwischen den N-Düngern lagen kumulierte N₂O-Emissionen mit 1–5 kg N ha⁻¹ a⁻¹ trotz beträchtlicher N-Aufwandmengen und des tonreichen Bodens relativ niedrig.

Keywords: Biogasgärreste, NH₃, N₂O, Biomasseerträge

Einleitung

Die Marschgebiete im Nordwesten Deutschlands weisen auf Grund ihrer holozänen Genese aus maritimen Sedimenten für Deutschland einzigartige Bodenverhältnisse und eine relativ kühle, ausgeglichene, aber windreiche Witterung auf. Wegen der häufig von Ton dominierten Textur und hoher Grundwasserstände ist dort Grünland eine sehr verbreitete Nutzungsform. In Bezug auf Spurengasmissionen und Stoffausträge mit dem Sickerwasser unter landwirtschaftlicher Nutzung sind diese Standorte kaum untersucht, z.B. liegen bisher keine Daten zu N₂O-Emissionen vor (JUNGKUNST *et al.* 2006). Wie in vielen anderen Agrarlandschaftsräumen Deutschlands ist auch in den Marschregionen ein starker Anstieg der Anzahl an Biogasanlagen zu beobachten, was die Ausbringung erheblicher Mengen an Gärresten als Düngesubstrate zur Folge hat. Sowohl aufgrund des bisher wenig untersuchten Agrarlandschaftsraumes als auch der neuartigen N-Dünger ist der Effekt der zunehmenden Biogasnutzung auf den Landschaftshaushalt noch schwer zu quantifizieren.

Vor diesem Hintergrund wurden im Rahmen des Verbundprojektes „Biogas-Expert“ der Universität Kiel auf einem noch nicht entkalkten Marschstandort (Kalkmarsch) Nordfries-

lands, Schleswig-Holstein, mehrjährige Untersuchungen zur Düngewirksamkeit, zu Spurengasemissionen (N₂O, NH₃) und zum N-Umsatz im Boden unter Düngung mit Mineraldünger und Biogasgärresten durchgeführt.

Material und Methoden

Die Feldexperimente wurden in den Jahren 2008-2010 auf einer Grünlandfläche eines Praxisbetriebes nahe Dagebüll, Nordfriesland, etabliert. Die im Versuch ausgebrachten Biogasgärreste stammten aus der Biogasanlage des Betriebes, aus Kofermentation von Schweinegülle mit Getreide-GPS und Grassilage sowie z.T. Maissilage. Es wurden die Dünge- und Umweltwirkungen der Düngung der Ackerkulturen GPS-Winterweizen (gefolgt von der Zwischenfrucht Welschem Weidelgras), Ackergras (Dt. Weidelgras) und Silomais mit Biogasgärresten (Applikation mit Schleppschläuchen) im Vergleich zu einem Mineraldünger (KAS) untersucht. Dabei wurden Weizen, Welsches Weidelgras und Mais in einer zweijährigen Fruchtfolge (FF) geprüft, sowie zum Vergleich Mais-Monokultur (M) und Weidelgras-Monikultur (M) (4 Schnitte). Bei der Fruchtfolge standen alle Fruchtfolgeglieder in jedem Jahr gleichzeitig im Versuch (a. Weizen gefolgt von Weidelgras (1 Schnitt), b. Mais). Da im Herbst 2008 aufgrund hoher Bodenfeuchte kein Winterweizen gedreht werden konnte, wurden die entsprechenden Parzellen im Jahr 2009 mit Sommerweizen bestellt. Die Kulturen wurden entsprechend eines an der Praxis orientierten N-Optimums sowie mit einer erhöhten N-Menge gedüngt. Zur Ermittlung der Dosierung der Biogasgärreste wurden die N-Gesamtkonzentrationen zugrunde gelegt. Alle Behandlungen wurden in 4-facher Wiederholung auf insgesamt 96 Parzellen (12 m x 12 m) geprüft (randomisierte Blockanlage). Die Ermittlung der Trockenmasserträge erfolgte bei Siloreife per Maschinenernte, Entnahme einer Unterprobe und Trocknung bei 57°C. Genauere Informationen zu Boden- und Klimabedingungen sowie zur N-Düngung sind in Tab. 1 angegeben

Tab. 1: Bedingungen und N-Düngung im Feldversuch

Parameter/Faktor	Wert
Textur	40 % T, 55 % U, 5 % S
Mittlere Jahrestemperatur	9.3°C
Mittlerer Jahresniederschlag	835 mm
Mittlere Windgeschwindigkeit	4 m s ⁻¹ (2 m Höhe)
Gesamt-N Gehalt Biogasgülle	5 kg m ⁻³
NH ₄ ⁺ -N Anteil Biogasgülle	~68%
pH Biogasgülle	~7.8
	<i>Düngung optimal/hoch [kg N ha⁻¹]</i>
Mais (Monokultur/Fruchtfolge)	100/150 + 50 kg Unterfussdüngung
Monokultur Weidelgras	360 (120, 120, 70, 50)/480 (165, 145, 100, 70)
Fruchtfolge Weizen	220/300
Fruchtfolge Weidegras (1 Schnitt)	80/80

Die NH₃-Verflüchtigung wurde nur nach Ausbringung von Biogasgärresten bestimmt, da diese Verluste nach KAS-Düngung sehr gering sind (ca. 2% Dünger-N, SOMMER *et al.* 2004). Die Messung erfolgte mit semi-quantitativen Passivsammlern zur Erfassung der vielfachen Feldwiederholungen. Die Ergebnisse der Passivsammler wurden durch simultane Anwendung einer kalibrierten dynamischen Kammermethode in absolute Verluste überführt. Die Passivsammler wurden in hoher zeitlicher Auflösung bis etwa 3 Tage nach Gärrestapplikation ausgetauscht. Eine genaue Beschreibung des Aufbaus

des Feldversuches sowie der NH₃-Messmethodik findet sich in QUAKERNACK *et al.* (2011).

Die Emissionen von N₂O nach N-Düngung (beide N-Formen) wurden mit der geschlossenen statischen Kammermethode (HUTCHINSON AND MOSIER 1981) in der höchsten N-Stufe ermittelt. Die Messung erfolgte 10 Tage nach der Düngung in relativ rascher Folge (täglich), danach wöchentlich über den gesamten Versuchszeitraum. Die Ergebnisse der Spurengasmessungen werden hier als kumulierte Verluste über die Versuchszeiträume dargestellt. Die statistische Verrechnung der Versuchsergebnisse erfolgte mit dem frei verfügbaren R-Statistikpaket und SAS.

Ergebnisse und Diskussion

Mit Ausnahme des Silomaises wiesen die untersuchten Kulturen bei Gärrestdüngung signifikant geringere Erträge auf als bei Ausbringung von KAS (Abb. 1). Bei mineralischer Düngung konnten alle drei untersuchten Biogasfruchtfolgen in etwa gleich hohe Erträge erzielen, wobei die Fruchtfolge (mit Winterweizen) die signifikant höchsten Erträge aufwies. Für Ackergras zeigte sich nach Düngung mit Gärresten ein signifikant geringeres Ertragsniveau im Vergleich zu den anderen Prüfgliedern. Diese unterschiedliche Reaktion der untersuchten Kulturen kann auf ihren unterschiedlichen N-Bedarf sowie auf die für die Kultur verfügbare N-Nachlieferung aus dem Boden zurückgeführt werden. So besitzt Grünland einen spezifisch erhöhten N-Bedarf und eine relativ geringe Durchwurzelungstiefe, während eine relativ hohe N-Nachlieferung in der Vegetationsperiode von Silomais erfolgt. Außerdem erhielt Mais unabhängig von der Hauptdüngerform eine mineralische N-Unterfußdüngung (50 kg N ha⁻¹). Die Unterschiede zwischen den Düngerformen ist zu großen Teilen auf den etwa 30% niedrigeren mineralischen N-Gehalt der Biogasgärreste im Vergleich zu KAS zurückzuführen. Darüber hinaus traten nach der Ausbringung von Biogasgärresten beträchtliche NH₃-Emissionen auf, welche die Düngewirksamkeit der Biogasgärreste herabsetzen können.

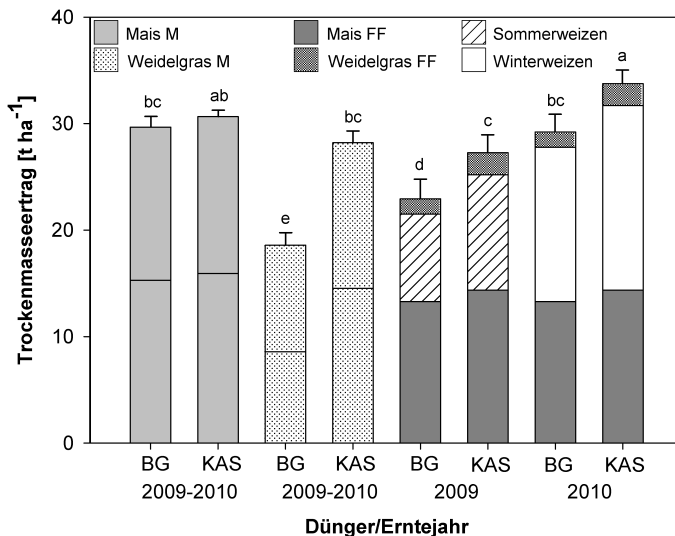


Abb. 1: Trockenmasserträge von Biogasfruchtfolgen (2 Jahre bzw. aus den unabhängig getesteten Gliedern der Fruchtfolge aufsummiert) nach Düngung mit Biogasgärresten (BG) und Kalkammonsalpeter (KAS) bei optimaler Düngungshöhe in der Marsch Nordfrieslands; Buchstaben indizieren Signifikanzstufen ($p < 0.05$)

Bei etwa gleich hohen relativen NH_3 -Verlusten (ca. 15% ausgebrachtes $\text{NH}_4^+\text{-N}$) im Vergleich der Produktionssysteme, wies Ackergras mit Abstand die höchsten absoluten NH_3 -Verluste auf (Abb. 2). Dies ist vor allem auf die hohen N-Applikationsmengen zurück-zuführen. Auch ohne Einarbeitung der Gärreste wurden im Silomaisanbau die geringsten absoluten und relativen NH_3 -Emissionen beobachtet. Große Oberflächenrau- higkeit und eine relativ trockene Bodenoberfläche bei Ausbringung in beiden Versuchs- jahren haben vermutlich zu geringen Emissionen beigetragen. Der Effekt der NH_3 - Emissionen auf die Ertragsunterschiede ist schwer zu quantifizieren und wird zurzeit in weiteren Experimenten untersucht. Wegen der hohen Windgeschwindigkeiten in der Marsch wurden bei gleichen Temperaturverhältnissen im Vergleich zu anderen Standor- ten in Schleswig-Holstein (NI *et al.*, accepted) deutlich erhöhte NH_3 -Emissionen ermit- telt.

Ähnlich wie in der Übersichtarbeit von JUNGKUNST *et al.* (2006) für hydromorphe Böden angegeben lagen die N_2O -Emissionen aus dem Marschboden, auch im Vergleich zu anderen Standorten in Schleswig-Holstein, relativ niedrig (Tab. 2).

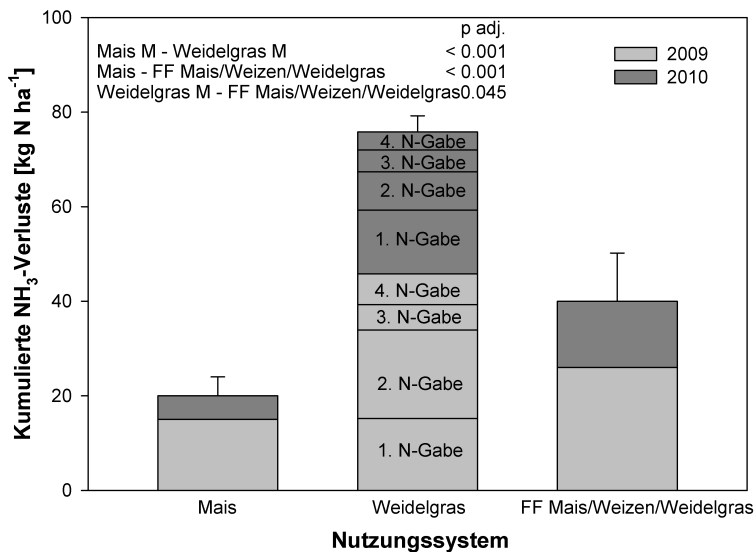


Abb. 2: Kumulierte NH_3 -Verluste (2 Jahre) von Biogaskulturen in Selbst- und Fruchtfolge nach Düngung mit Biogasgärresten (BG) bei optimaler N-Düngungshöhe

Im Jahr 2009 traten aufgrund der trockenen Witterung im Frühjahr und Frühsommer deutlich geringere N_2O -Emissionen auf als im Folgejahr. Es wurden keine signifikanten Unterschiede der N_2O -Emissionen sowohl zwischen den angebauten Kulturen als auch zwischen den Düngerformen ermittelt. Bezogen auf die gedüngten N-Mengen traten bei Mais spezifisch (je kg appliziertes N) höhere N_2O -Verluste auf als bei Gras. Dies kann durch hohe N-Aufnahmeraten des Grases erklärt werden, was sich auch in den sehr niedrigen N_2O -Emissionen in den Kontrollparzellen unter Gras im Vergleich zu Mais niederschlug. Bei vorherrschender Entwicklung von N_2O aus der Denitrifikation sind verfügbares Nitrat und damit erhöhte Nitratkonzentrationen Grundvoraussetzungen für die N_2O -Freisetzung.

Tab. 2: Kumulierte N₂O-Emissionen bei hoher N-Düngung mit Biogasgärresten und KAS in den Versuchsjahren 2009 und 2010. Buchstaben = Signifikanzstufen (p < 0.05)

Kultur/Dünger	Weidelgras	Mais	Winterweizen+Weidelgras	Mittel
Kontrolle	0.22	0.93	0.21	0.45 a
KAS	2.00	1.15	2.43	1.86 b
Biogasgärrest	1.74	1.18	1.49	1.47 b
<i>[kg N₂O-N ha⁻¹] 27. Feb. 2010 bis 30. Dez. 2010</i>				
Kontrolle	0.52	2.45	1.78	1.58 a
KAS	4.17	3.97	3.48	3.87 b
Biogasgärrest	4.85	3.51	2.67	3.67 b

Literatur

- HUTCHINSON AND MOSIER, 1981: G.L. Hutchinson and A.R. Mosier, Improved soil cover method for field measurement of nitrous oxide fluxes. SSSAJ 45, 311–316.
- JUNGKUNST, H. F. *et al.*, 2006: Nitrous oxide emissions from agricultural land use in Germany - a synthesis of available annual field data. - Journal of Plant Nutrition and Soil Science 169, 341-351.
- NI K., PACHOLSKI, A., GERICKE, D. AND KAGE, H., 201x: Analysis of ammonia losses after field application of biogas slurries by an empirical model, JPNSS, accepted.
- QUAKERNACK R.; PACHOLSKI A., TECHOW A.; HERRMANN A., 2011: Ammonia volatilization and yield response after application of biogas residues to energy crops in a coastal marsh of Northern Germany, Agriculture, Ecosystems & Environment, DOI: 10.1016/j.agee.2011.05.030
- SOMMER, S. G., SCHJOERRING, J. K. AND DENMEAD, O. T., 2004: Ammonia emission from mineral fertilizers and fertilized crops. - In: Advances in Agronomy 82, 557-622.

Eigenschaften und Stickstoffausnutzungseffizienz von aufbereiteter Schweinegülle

Bosshard, C.¹, Flisch, R.¹, Mayer, J.¹, Basler, S.², Hersener, J.-L.³, Meier U.⁴ und Richner, W.¹

¹Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Zürich, Schweiz,
christine.bosshard@art.admin.ch

²LZ Liebegg, Gränichen, Schweiz, sonja.basler@ag.ch

³Ingenieurbüro HERSENER, Wiesendangen, Schweiz, hersener@agrenum.ch

⁴MERITEC GmbH, Guntershausen, Schweiz, urs.meier@meritec.ch

Abstract

Neue Technologien zur Hofdüngeraufbereitung versprechen die Effizienz von Güllestickstoff zu verbessern. Wir haben aufbereitete Gülle auf ihre Eigenschaften untersucht sowie deren Stickstoff-Ausnutzungseffizienz bestimmt.

Keywords: anaerobe Vergärung, N-Ausnutzungseffizienz, Ultrafiltration, Umkehrosmose

Einleitung

Hofdünger spielen in der landwirtschaftlichen Praxis im Bereich der Düngung eine zentrale Rolle. Die in Hofdüngern enthaltenen Nährstoffe sind wichtige Produktionsfaktoren im Pflanzenbau. Stickstoff (N) ist dabei für die Ertragsbildung von grosser Bedeutung. Die Tierhaltung zur Milch- und Fleischproduktion führt zu erheblichen Mengen an Hofdüngern. Regionale Überschüsse aufgrund zu hoher Nutztierdichte erhöhen das Risiko von N-Emissionen. Stickstoffverluste belasten nicht nur die Umwelt, sondern verringern auch die Systemeffizienz. Die N-Ausnutzungseffizienz (NAE) von Hofdüngern muss deshalb verbessert und der Verlust umweltrelevanter N-Verbindungen reduziert werden. Neue Technologien zur Aufbereitung von Hofdüngern, wie zum Beispiel anaerobe Vergärung (aV) von Gülle zur Biogasgewinnung in Kombination mit Membrantrenntechniken (Ultrafiltration, UF; Umkehrosmose, RO), versprechen die NAE von Gülle zu verbessern. Weitere Vorteile, die sich aus der technischen Aufbereitung von Gülle ergeben, sind die Reduktion des Transportvolumens von Gülle sowie die Produktion erneuerbarer Energie (Biogas).

Material und Methoden

Gülleaufbereitung

Die verschiedenen Aufbereitungsschritte, aus denen die Düngerprodukte, die in der Studie untersucht wurden, hervorgingen, sind in Abb. 1 ersichtlich. Die Schweinegülle wurde zuerst anaerob vergoren und anschliessend mechanisch in die Feststoffe und die Flüssigphase (Dünngülle) getrennt. Mittels Membrantrennverfahren (UF und RO) wurde die vergorenen Dünngülle weiter aufbereitet. Bei der UF wurde die Dünngülle mittels Druck durch eine semipermeable Membran gepresst. Hochmolekulare Substanzen (z. B. Bakterien, Proteine, Makromoleküle) werden dabei an der Membran zurückgehalten. Es entsteht ein konzentrierter Teilstrom, das UF-Retentat. Niedermolekulare Substanzen (z. B. Ionen) können die Membran passieren und resultieren in einem weniger konzentrierten Teilstrom, dem UF-Permeat. In einem letzten Schritt wurde das UF-Permeat mittels RO weiter aufbereitet. Durch Anlegen eines Drucks, der den osmotischen Druck

übersteigt, wird die Flüssigkeit von einem Zustand höherer zu einem tieferer Konzentration (Gegenteil von Osmose) wieder durch eine semipermeable Membran gezwungen. Die niedermolekularen Substanzen, die bei der UF die Membran noch passierten, werden nun als RO-Retentat zurückgehalten und aufkonzentriert. Wassermoleküle hingegen können die Membran passieren und gelangen in das RO-Permeat. Ausser den Feststoffen und dem RO-Permeat wurden alle aus der Gülleaufbereitung resultierenden Zwischen- und Endprodukte (Abb. 1) charakterisiert und deren NAE in Gefäss- und Feldversuchen ermittelt.

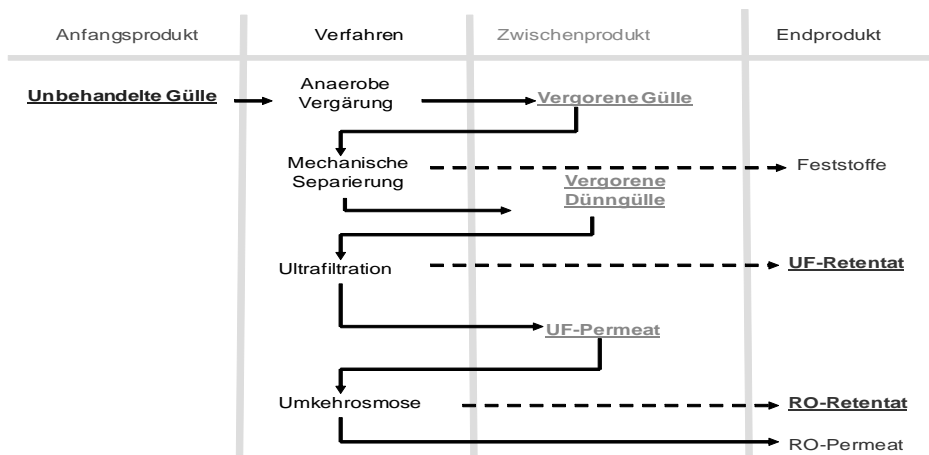


Abb. 1. Verfahrensschritte der Gülleaufbereitung.

Gefäss- und Feldversuche

Die Gefässversuche wurden mit Sommerweizen (*Triticum aestivum* L. var. Fiorina) und Mais (*Zea mays* var. Delitop) in der Vegetationshalle von ART, die Feldversuche mit Winterweizen (*Triticum aestivum* L. var. Zinal) an zwei Standorten (Affoltern und Oensingen) durchgeführt. Bei der Versuchsanordnung handelte es sich um ein vollständig randomisiertes Blockdesign mit jeweils vier Wiederholungen für jedes Düngerprodukt. Die Düngung betrug in den Gefässversuchen beim Sommerweizen total 1 g, beim Mais 1,3 g mineralischer N pro Gefäss (0,038 m²) und in den Feldversuchen mit Winterweizen 135 kg N ha⁻¹.

Berechnungen

Die scheinbare N-Ausnutzungseffizienz der verschiedenen Düngerprodukte wurde mittels der Differenzmethode (Muñoz *et al.*, 2004) berechnet:

$$NAE (\%) = [(N\text{-Aufnahme}_{gedüngt} - N\text{-Aufnahme}_{ungedüngt}) / \text{total } N_{gedüngt}] \times 100$$

wobei N-Aufnahme_{gedüngt} (g pro Gefäss oder kg ha⁻¹) der Aufnahme von N in die oberirdische Pflanzenmasse der mit N gedüngten Kultur und N-Aufnahme_{ungedüngt} (g pro Gefäss oder kg ha⁻¹) der Aufnahme von N in die oberirdische Pflanzenmasse der ungedüngten Kultur entspricht. Total N_{gedüngt} (g pro Gefäss oder kg ha⁻¹) ist die total ausgebrachte N-Menge. Die N-Aufnahme in die Pflanze im ungedüngten Verfahren entspricht dem totalen N-Entzug aus dem Boden. Die Differenz in der N-Aufnahme zwischen dem gedüngten und dem ungedüngten Verfahren entspricht deshalb dem N-Entzug aus dem jeweiligen Dünger.

Resultate und Diskussion

Einfluss der Aufbereitung auf die Gülleeigenschaften

Trockensubstanz-Gehalt:

Durch die anaerobe Vergärung wurde der Trockensubstanzgehalt (TS) der Gülle reduziert (Tab. 1). Die Reduktion des TS-Gehaltes vermindert die Viskosität der Gülle und verbessert somit deren Fließfähigkeit. Dadurch kann die Gülle schneller in den Boden einsickern, was gasförmige N-Verluste reduzieren kann.

pH-Wert:

Da während der anaeroben Vergärung ein Teil des organisch gebundenen N in Ammoniumkarbonat überführt wird, steigt der pH-Wert der Gülle in der Regel an. Die weitere Aufbereitung mit UF und RO führte zu einem weiteren pH-Anstieg im Permeat und den Retentaten (Tab. 1).

Stickstoffgehalt:

Während des Vergärungsprozesses wird organische Substanz abgebaut. Organisch gebundener N wird dabei durch Mikroorganismen in pflanzenverfügbarem N überführt, so dass der $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalt zu- und der Gehalt an organischem N in der Gülle gleichzeitig abnimmt. Die UF und RO führte zu einem weiteren Anstieg des $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalts, vor allem im RO-Retentat, während im UF-Retentat der Anteil von $\text{NH}_4\text{-N}$ am totalen N mit dem von unbehandelter Gülle vergleichbar war (Tab. 1). Dies kann damit erklärt werden, dass während der UF organische N-Verbindungen (z. B. Proteine) die semipermeable Membran nicht passieren können und so im UF-Retentat angereichert werden, während Ionen (z. B. NH_4^+) die Membran passieren und ins UF-Permeat gehen. Die Umwandlung von organisch gebundenem N in $\text{NH}_4\text{-N}$ während der Aufbereitung erhöhte den Gehalt an direkt pflanzenverfügbarem N gegenüber der unbehandelten Gülle. Die N-Freisetzung aus Düngerprodukten aus der Gülleaufbereitung wird dadurch vorhersehbarer und lässt damit einen präziseren Einsatz des Gülle-N zu. Da jedoch gleichzeitig mit der Zunahme des $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalts auch der pH-Wert der Gülle ansteigt, erhöht sich das Risiko von potenziellen NH_3 -Verlusten während der Lagerung und Ausbringung. Düngerprodukte mit hohen NH_4 -Konzentrationen und hohem pH müssen deshalb unmittelbar nach dem Ausbringen in den Boden eingearbeitet werden.

Massenbilanz:

Durch die Aufkonzentrierung der Gülle über die gesamte Aufbereitungskette (aV, UF und RO) konnte ein beachtlicher Anteil an Wasser aus der Gülle entfernt werden, so dass sich das Volumen des RO-Retentats gegenüber der unbehandelten Gülle um ungefähr 60% reduzierte (Daten nicht gezeigt).

NAE der Düngerprodukte aus der Gülleaufbereitung

Gefäßversuche:

Verglichen mit der unbehandelten Gülle wiesen die Düngerprodukte aus der Gülleaufbereitung in den Gefäßversuchen mit Sommerweizen und Mais in der Regel eine höhere NAE auf (Tab. 2). Ausnahmen bildeten das UF- und zum Teil auch das RO-Retentat. Die organischen N-Verbindungen reichern sich während der UF im Retentat an, weil sie die Membran nicht passieren konnten. Das UF-Retentat war mit einem Anteil von 63 % direkt pflanzenverfügbarem N am totalen N mit der unbehandelten Gülle vergleichbar (Tab. 1). Im Gegensatz dazu wiesen die vergorene Gülle mit rund 85 % sowie das UF-Permeat und RO-Retentat mit jeweils 97 % einen wesentlich höheren $\text{NH}_4\text{-N}$ -Anteil am totalen N auf (Tab. 1). Die NAE war in diesen Düngerprodukten deshalb signifikant höher als im UF-Retentat oder in der unbehandelten Gülle (Tab. 2). Trotz einem Anteil von

97 % direkt pflanzenverfügbarem N, war die N-Ausnutzung des RO-Retentats durch den Mais bescheiden (Tab. 2). Dies konnte im Gefäßversuch mit Sommerweizen nicht festgestellt werden. Möglicherweise wurde die N-Ausnutzung durch den salzempfindlichen Mais wegen der hohen Salzkonzentration im RO-Retentat (Daten nicht gezeigt) gehemmt. Im Vergleich zum Mineraldünger (Ammoniumnitrat) wiesen sowohl die vergorene Gülle wie auch die Düngerprodukte aus der UF und RO eine signifikant tiefere NAE auf (Tab.2). Einzig das Ammoniumsulfat aus der Ammoniakstrippung führte zu einer ähnlich hohen NAE wie beim Mineraldünger (Tab. 2).

Feldversuche:

In den Feldversuchen unterschied sich die NAE der meisten Düngerprodukte aus der anaeroben Vergärung, der UF und RO statistisch nicht von der NAE der unbehandelten Gülle und des Mineraldüngers (Tab. 2). Tendenziell war die N-Ausnutzung der Aufbereitungsprodukte durch den Winterweizen jedoch höher als bei der unbehandelten Gülle.

Tab. 1 . Ausgewählte Eigenschaften (Trockensubstanz [TS], pH-Wert, Gesamt-N [N_{tot}], Ammonium-N [$NH_4\text{-N}$]) der verschiedenen Düngerprodukte aus der Gülleaufbereitung.

Düngerprodukt	TS	pH (H_2O)	N_{tot}	$NH_4\text{-N}$	Anteil $NH_4\text{-N}$ am Gesamt-N
	%		...g kg^{-1} FS...		%
Unbehandelte Schweinegülle	2,8	8,26	4,6	3,1	67,4
Vergorene Schweinegülle	1,9	8,30	3,9	3,4	87,2
Vergorene Dünngülle	1,9	8,52	4,0	3,4	85,0
UF-Retentat	4,6	8,53	6,0	3,8	63,3
UF-Permeat	1,1	8,68	3,4	3,3	97,1
RO-Retentat	3,7	8,81	7,8	7,6	97,4

Tab. 2. Scheinbare Stickstoffausnutzungs-Effizienz (NAE) der verschiedenen Düngerprodukte aus den Gefäß- und Feldversuchen. Standardabweichung in Klammer. $n = 4$.

Düngerprodukt	Gefäßversuche		Feldversuch Affoltern ^a
	Sommerweizen	Mais	Winterweizen
NAE (%).....		
Unbehandelte Schweinegülle	30,9 (4,3) d	28,0 (3,8) ce	37,1 (8,0) b
Vergorene Schweinegülle	48,3 (4,3) c	52,6 (4,5) b	55,9 (11,3) ab
Vergorene Dünngülle	50,9 (4,2) bc	46,8 (2,3) b	56,3 (6,9) ab
UF-Retentat	36,8 (7,3) d	21,7 (1,2) e	42,9 (1,3) b
UF-Permeat	58,2 (3,3) b	47,7 (2,6) b	53,7 (8,4) ab
RO-Retentat	50,1 (2,8) bc	36,6 (2,0) c	54,6 (7,3) ab
Ammoniumsulfat ^b	77,0 (4,9) a	62,0 (4,7) a	n.u.
Mineraldünger ^c	67,8 (15,5) a	69,9 (4,7) a	63,3 (9,0) a

^a Nur Standort Affoltern, da keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Standorten und keine Standort x Dünger Interaktion bei beiden Standorten.

^b Aus Ammoniakstrippung. ^c Ammoniumnitrat.

n.u. nicht untersucht.

Innerhalb einer Spalte sind die mit verschiedenen Buchstaben gekennzeichneten Mittelwerte nach Tukey's-multiple-range Test signifikant voneinander verschieden ($P \leq 0.05$).

Literatur

MUÑOZ, G.R., KELLING, K.A., POWELL, M.J. AND SPETH, P.E., 2004: Comparison of estimates of first-year dairy manure nitrogen availability or recovery using nitrogen-15 and other techniques. Journal of Environmental Quality 33: 719-727.

Abschätzung der umweltrelevanten Gasemissionen

Menzi, H. und Kupper, T.

Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft (SHL), CH-3052 Zollikofen

harald.menzi@bfh.ch

Abstract

Manure management is inevitably linked with losses that harm the environment, especially ammonia (NH_3), methane (CH_4) and nitrous oxide (N_2O). Reliable models for the estimation of the losses are important for the quantification of the environment impact and for the assessment of the mitigation potential, especially for NH_3 , which is also an important loss of nitrogen (N) for agriculture. Such models must be based on the N flow and should take into account as many of the influencing factors as possible. In Switzerland the model AGRAMMON is used for the elaboration of the emission inventory as well as an extension service and awareness raising tool. Models can also be helpful to forecast NH_3 losses after slurry application to assess the consequences of application time and technology.

In Switzerland, agriculture contributes 94% of the total NH_3 emissions. Agricultural emissions declined by 15% between 1990 and 2007. Emissions from animal housing increased due to the shift from tied to loose housing systems, while emissions after manure spreading decreased thanks to the reduced N flow in manure. For CH_4 and N_2O agriculture contributed 84% and 80%, respectively.

Keywords: Ammoniakemissionen, Modelle, emission inventory, Treibhausgase

Einleitung

Die Wirtschafts- oder Hofdüngerwirtschaft ist zwangsläufig mit umweltrelevanten Verlusten verbunden. Die wichtigsten und am direktesten zu beeinflussenden Verluste der Hofdüngerwirtschaft treten als Ammoniak (NH_3) auf. Rund 33 % des von Milchkühen oder 46 % des von Schweinen ausgeschiedenen Stickstoffs (N) verflüchtigt sich in Form von NH_3 (KUPPER *et al.*, 2010). Dies ist eine grosse Belastung für die Umwelt und ein ernst zu nehmender Verlust für die Landwirtschaft. Um das Ausmass der Umweltbelastung und vor allem das Potenzial für emissionsmindernde Massnahmen beurteilen zu können, braucht es Berechnungen bzw. Modelle zur zuverlässigen Schätzung der Verluste. Solche Modelle können sowohl als Bewusstseinsbildungs- und Beratungshilfsmittel eingesetzt werden, wie auch für die Erstellung von Emissionsinventaren im Rahmen der Rapportierung in internationalen Abkommen.

Neben Ammoniak werden von der Landwirtschaft auch die Treibhausgase Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O) emittiert.

Modelle zur gesamtbetrieblichen oder regionalen Abschätzung der NH_3 -Verluste

Ammoniak entweicht überall dort wo tierische Exkremente mit der Luft in Kontakt kommen, namentlich im Stall und Laufhof, bei der Gülle- und Mistlagerung, bei der Ausbringung von Gülle und Mist und auf der Weide. Diese Verluste werden durch zahlreiche produktionstechnische und betriebsspezifische Faktoren beeinflusst. Dadurch kommt es zu zahlreichen Interaktionen und Wechselwirkungen. Beispielsweise haben höhere Verluste im Stallbereich verminderte Verluste in den nachgelagerten Bereichen Lagerung

und Ausbringung zur Folge. Um dem Rechnung zu tragen, sollten sich Modelle zur gesamtbetrieblichen Berechnung der Emissionen am N-Fluss orientieren und möglichst alle relevanten Einflussfaktoren berücksichtigen.

In der Schweiz wird das von der SHL entwickelte Modell "Agrammon" zur gesamtbetrieblichen Abschätzung der NH_3 -Verluste verwendet (www.agrammon.ch; KUPPER *et al.*, 2010). Agrammon berechnet die NH_3 -Verluste auf der Basis des TAN-Flusses (total ammoniacal N; löslicher N) mit Emissionsfaktoren in Prozent dieses Flusses auf den Stufen Stall/Laufhof, Lagerung (Emissionsfaktor pro m^2 Oberfläche), Ausbringung und Weide, für rund 25 verschiedene Tierkategorien sowie für Mineraldünger und Pflanzenbau. Alle emissionsrelevanten und auf dem Betrieb in der Regel bekannten Einflussfaktoren werden über Korrekturfaktoren berücksichtigt. Agrammon steht auf dem Internet öffentlich und kostenlos zur Verfügung. Neben der Version für Einzelbetriebe steht auch eine Version für regionale Berechnungen zur Verfügung.

Im Rahmen des "European Agricultural Gaseous Emissions Inventory Researchers Network (EAGER) wurden die existierenden auf dem N-Fluss beruhenden Emissionsmodelle aus Deutschland, Dänemark, Niederlanden, England und der Schweiz systematisch mit verschiedenen stark standardisierten Szenarien verglichen. Für Güllesysteme wurden eine gute Übereinstimmung und nachvollziehbare produktionstechnisch bedingte Ursachen von Unterschieden festgestellt (REIDY *et al.*, 2007c). Weniger gut war die Übereinstimmung für Festmistssysteme (REIDY *et al.*, 2009), was auf eine allgemein weniger gute Wissensbasis zurückgeführt wird.

Entwicklung der landwirtschaftlichen NH_3 -Emissionen in der Schweiz

Für die Jahre 2002 und 2007 wurden die NH_3 -Emissionen aus der Schweizer Landwirtschaft auf der Basis von repräsentativen Umfragen zur Produktionstechnik berechnet (REIDY *et al.*, 2007a; KUPPER *et al.*, 2010). Für jeden der ausgewerteten 3133 (2007; 48 % der versandten Fragebogen) bzw. 1950 (2002; 50 %) Betriebe wurden die Emissionen mit dem Modell Agrammon berechnet. Anhand der Ergebnisse wurden für jede Tierkategorie und verschiedene Betriebstypen und Regionen mittlere Emissionsfaktoren berechnet, welche dann für die Hochrechnung der Emissionen verwendet wurden.

Die Landwirtschaft hatte 2007 einen Anteil von 94 % an den Gesamtemissionen. Die Tierhaltung und Hofdüngerwirtschaft steuerte 89 % der insgesamt 48 kg NH_3 -N Emissionen aus der Landwirtschaft bei. Zwischen 1990 und 2007 gingen die landwirtschaftlichen Emissionen wegen abnehmenden Tierzahlen (Schweine und Milchvieh) und emissionsmindernden Massnahmen um 15 % zurück (Abb. 1). Während der Rückgang von 1990 bis 2003 ziemlich gleichmässig verlief, ist seit 2003 wieder eine leichte Zunahme zu verzeichnen. Die Emissionen aus dem Stallbereich nahmen in diesem Zeitraum deutlich zu, wegen der Umstellung von Anbinde- auf Laufställe beim Rindvieh und der Einführung von tierfreundlichen Ställen mit Auslauf für Schweine. Die Emissionen bei der Hofdüngerausbringung reduzierten sich gleichzeitig von 61 % auf 47 % der Emissionen aus der Tierhaltung, wegen des abnehmenden N-Stroms aus dem Stall (höhere Emissionen, mehr Weide) und der Einführung emissionsreduzierender Ausbringverfahren.

Möglichkeiten zur Emissionsminderung

Möglichkeiten zur Verminderung der NH_3 -Verluste existieren auf jedem Betrieb, sei es durch emissionsreduzierte Hofdüngerausbringung, Güllelager- oder Stallsysteme, durch vermehrtes Weiden, durch proteinreduzierte Fütterung usw. Eine umfassende Beurteilung der Anwendbarkeit von verschiedensten Massnahmen in der Schweiz und vom Emissionsminderungspotenzial lieferten MENZI *et al.* (1997) und REIDY *et al.* (2007b). Welches Emissionsminderungspotenzial zu erreichen ist, hängt stark von den aktuellen

einzelbetrieblichen Bedingungen ab. REIDY *et al.* (2007b) berechneten für die Schweiz mit ehrgeizigen aber realistischen Annahmen zur Anwendbarkeit von emissionsmindernden Massnahmen ein Reduktionspotenzial von 20 % und als maximal technisch erreichbar eine Reduktion um 33 %. Vermehrte Weidehaltung sowie emissionsmindernde technische und organisatorische Massnahmen bei der Hofdüngerausbringung erwiesen sich als die effizientesten Ansätze zur Emissionsminderung. Im Tal- und Hügellgebiet wurde ein deutlich höheres Emissionsminderungspotenzial geschätzt als im Berggebiet.

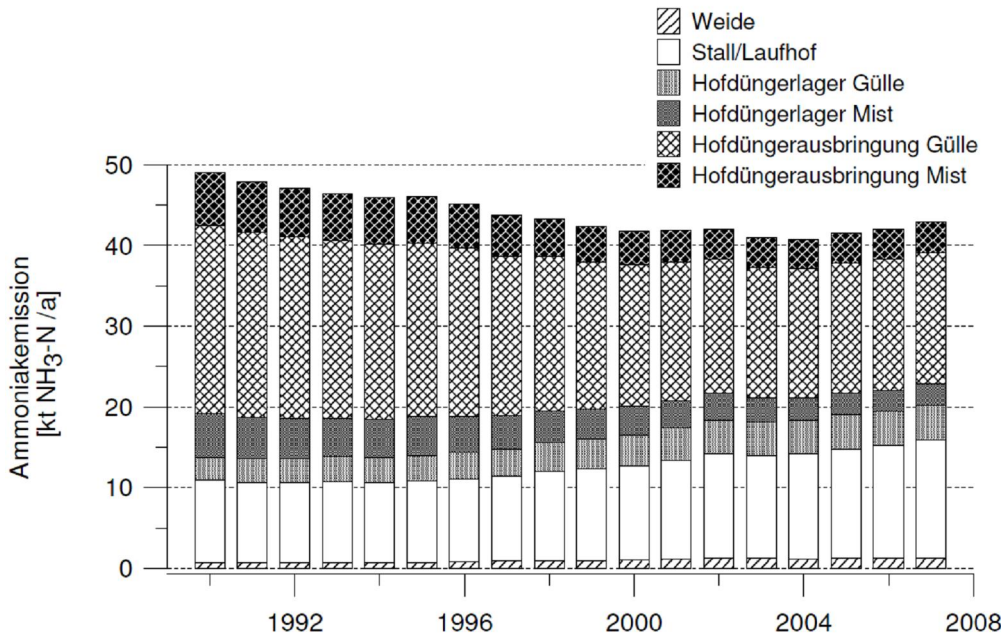


Abb. 1: Entwicklung der Ammoniakemissionen der Tierproduktion in der Schweiz von 1990 bis 2007 nach Emissionsstufe Weide, Stall/Laufhof, Hofdüngerlager und Hofdüngerausbringung (KUPPER *et al.*, 2010).

Abschätzung der NH₃-Emissionen bei der Ausbringung von Gülle

Zu den einfachsten und wirkungsvollsten Massnahmen zur Reduktion der NH₃-Verluste gehören organisatorische Massnahmen bei der Gülle- und Mistausbringung, beispielsweise die Wahl von kühleren Tagen und Jahreszeiten zum Ausbringen. Um die Wirkung solcher Massnahmen beurteilen zu können und sie entsprechend optimal einzusetzen, sind Modelle nützlich, welche die Emissionen in Abhängigkeit von Witterungsbedingungen und Gülleeigenschaften abschätzen können. Ein solches empirisches Modell wurde beispielsweise von MENZI *et al.* (1998) aufgrund von Feld und Tunnelversuchen und unter Anwendung von Regressionsrechnungen entwickelt. Es schätzt die Emissionen nach dem Ausbringen von Gülle basierend auf dem Ammoniumgehalt der Gülle, der ausgebrachten Güllemenge und dem Sättigungsdefizit der Luft (berechnet aus Temperatur und Luftfeuchtigkeit). Ein noch umfassenderes Modell wurde im Rahmen des von der EU unterstützten Projektes ALFAM (www.alfam.dk; SOMMER UND HUTCHINGS, 2001) erstellt. Das auf einer Michaelis-Menten Funktion basierende Modell stützte sich auf die im Rahmen des Projektes erstellte Datenbank mit über 7000 Datensätzen aus Versu-

chen in Dänemark, Italien, den Niederlanden, Norwegen, Schweden, der Schweiz und United Kingdom (SOGAARD *et al.*, 2002). Als signifikante Einflussfaktoren auf die NH_3 -Emissionen bei der Gülleausbringung wurden die folgenden Grössen festgestellt: Bodenwassergehalt, Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, Gülleart, Trockensubstanzgehalt der Gülle, TAN-Gehalt der Gülle, Ausbringtechnik, Einarbeiten der Gülle und die Messmethodik.

Methan- und Lachgasemissionen

Von den 152.3 kt Methanemissionen (CH_4) in der Schweiz im Jahr 2009 steuerte die Landwirtschaft 84 % bei (BAFU 2011). Von den landwirtschaftlichen Emissionen stammten 80 % aus der Tierhaltung, hauptsächlich aus der enterischen Fermentation der Wiederkäuer, und 20 % aus der Hofdüngerbewirtschaftung. Bei Lachgas (N_2O) trug die Landwirtschaft 79 % zu den Gesamtemissionen bei. Von diesen stammten 87 % aus den landwirtschaftlichen Böden und 13 % aus der Hofdüngerbewirtschaftung. An den Gesamtreibhausgasemissionen (CO_2 -Äquivalente) hatte die Landwirtschaft allerdings nur einen Anteil von 11 %, wovon 45 % aus der Tierhaltung, 17 % aus der Hofdüngerbewirtschaftung und 37 % aus den landwirtschaftlichen Böden stammten.

Steinfeld *et al.* (2006) lösten heftige Diskussionen aus mit der Aussage, dass die Tierhaltung 18 % der anthropogenen Treibhausgasemissionen beisteuern, also mehr als der Verkehr. Laut ihren Berechnungen steuerte die Tierhaltung direkt einen Viertel dieser Emissionen bei und die Hofdüngerbewirtschaftung 31 %. Den wichtigsten Beitrag von ca. einem Drittel steuerte die Abholzung zur Erschliessung neuer Flächen für die Tierhaltung bei, 7 % gingen zu Lasten der Futtermittelproduktion.

Ausblick

Das Bewusstsein über die Bedeutung der gasförmigen landwirtschaftlichen Emissionen hat in den letzten 20 Jahren stark zugenommen. Während diese 1990, zumindest in der Schweiz, noch kein Thema waren, gerieten die NH_3 -Emissionen Ende der Neunzigerjahre heftig in die Diskussion. Heute stehen mehr und mehr die Treibhausgasemissionen im Zentrum der Kritik. Die Landwirtschaft muss solche Kritik sehr ernst nehmen und alles daran setzen, diese Emissionen zu reduzieren. Möglichst zuverlässige Schätzungen der Emissionen und der emissionsmindernden Wirkung verschiedener Massnahmen werden dabei zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Literatur

- BAFU (BUNDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ), 2011: Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990-2009, National Inventory Report 2011.
- KUPPER, T., BONJOUR, C., ACHERMANN, B., RIHM, B., ZAUCKER, F., NYFELER-BRUNNER, A., LEUENBERGER, C. UND MENZI, H., 2010: Ammoniakemissionen in der Schweiz: Neuberechnung 1990-2007. Prognose bis 2020. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Luftreinhaltung und NIS, Sektion Luftqualität, 3003 Bern. 79 S.
- MENZI, H., FRICK, R. UND KAUFMANN, R., 1997: Ammoniakemissionen in der Schweiz: Ausmass und technische Beurteilung des Reduktionspotentials. Schriftenreihe der FAL 26. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich Reckenholz, 107 S.
- MENZI, H., KATZ, P., FAHRNI, M., NEFFEL, A. UND FRICK, R., 1998: A simple empirical model based on regression analysis to estimate ammonia emissions after manure application. *Atmos. Env.*, 32, 301-307.
- REIDY, B., RHIM, B. UND MENZI, H., 2007a: A new Swiss inventory on ammonia emissions from agriculture based on a stratified farm survey and farm-specific model calculations. *Atmos. Env.*, 42, 3266-3276.
- REIDY, B. UND MENZI, H., 2007b: Assessment of the ammonia abatement potential of different geographical regions and altitudinal zones based on a large-scale farm and manure management survey. *Biosystems Engineering* 97 (4), 520-531.
- REIDY, B., DÄMMGEN, U., DÖHLER, H., EURICH-MENDEN, B., VAN EVERT, F.K., HUTCHINGS, N.J., LUESINK, H., MENZI, H., MISSELBROOK, T.H. UND MONTENY, G.J., 2007c: Comparison of models used for national

- agricultural ammonia emission inventories in Europe: Liquid manure systems. *Atmos. Env.*, 14, 3452–3464.
- REIDY, B., WEBB, J., MISSELBROOK, T.H., MENZI, H., LUESINK, H.H., HUTCHINGS, N.J., EURICH-MENDEN, B., DÖHLER, H. AND DÄMMGEN, U., 2009: Comparison of models used for national agricultural ammonia emission inventories in Europe: Litter-based manure systems. *Atmos. Env.*, 43, 1632–1640.
- SOMMER, S.G. AND HUTCHINGS, N.J., (Eds), 2002: Final project report “Ammonia losses from field applied manure (ALFAM). Danish Institute of Agricultural Sciences (DIAS), report No. 60.
- SOGAARD, H.T., SOMMER, S.G., HUTCHINGS, N.J., HUIJSMANS, J.F.M., BUSSINK, D.W. AND NICHOLSON, F., 2002: Ammonia volatilization from field-applied animal slurry - the ALFAM model. *Atmos. Env.*, 36, 3309-3319.
- STEINFELD, H., GERBER, P., WASSENAAR, T., CASTEL, V., ROSALES, M. AND DE HAAN, C., 2006: Livestocks long shadow: environmental issues and options. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy.

Gülleinsatz in wenig intensiv genutzten Wiesen

Flückiger, E.

Inforama Emmental, Bäregg, 3552 Bärau, Schweiz

ernst.flueckiger@vol.be.ch

Versuchsfragen

Wenig intensiv genutzte Wiesen dürfen in der Schweiz gemäss der Direktzahlungsverordnung und der Verordnung über die regionale Förderung der Qualität und der Vernetzung von ökologischen Ausgleichsflächen in der Landwirtschaft ÖQV nur mit Mist oder Kompost gedüngt werden. Auf Betrieben, die in ihren Ställen nur Vollgülle-Systeme haben, ist eine schwache, gut verdünnte Vollgüllegabe bis maximal 15 kg Stickstoff pro ha und Gabe erlaubt.

In der Praxis wird diese Vorschrift immer wieder in Frage gestellt. Betriebsleiter, die ihre wenig intensiv genutzten Flächen seit Jahren mit einer schwachen, gut verdünnten Vollgüllegabe düngen, berichten, dass ihre Flächen durchaus eine ähnliche Artenvielfalt erreichen würden wie Flächen, die nur mit Mist gedüngt würden.

Material und Methoden

In einer Erhebung auf verschiedenen Betrieben und Standorten wurde im Sommer 2003 die botanische Zusammensetzung von 37 wenig intensiv genutzten Wiesen, die seit Jahren mit Gülle gedüngt worden sind, erfasst. Das Ziel der Arbeit bestand darin, abzuklären, wie sich die Artenvielfalt auf diesen Wiesen von den Flächen, die mit Mist gedüngt werden, unterscheidet.

Die Parzellen verteilten sich auf niederschlagsarme Standorte des Jura-Südfusses bis zu niederschlagsreichen Standorten des voralpinen Raumes im oberen Emmental und umfassten somit einen Nord-Süd-Querschnitt durch das schweizerische Mittelland.

Im Mai/Juni 2003 haben Studenten der schweizerischen Hochschule für Landwirtschaft, Zollikofen, alle Standorte besucht und die Pflanzenbestände aufgenommen. Zusätzlich sind auch die Exposition, die Höhenlage, die ausgebrachte Güllemenge, der Ausbringzeitpunkt und die Anzahl Nutzungen erfasst worden. Die angegebenen Gülle- und Mistmengen sind Schätzungen der Betriebsleiter und entsprechend vorsichtig zu interpretieren. Die Analyse der Daten wurde durch das tabellarische Sortieren der Aufnahmedaten durchgeführt und nach der Vielfalt der Zeigerarten gemäss ÖQV gegliedert.

Wichtigste Ergebnisse

Damit die Anforderungen der ÖQV-Verordnung erfüllt werden, müssen in einer Parzelle in einer repräsentativen, kreisrunden Fläche mit einem Radius von drei Metern mindestens sechs verschiedene Arten aus der vorgegebenen Liste vorhanden sein.

In der ÖQV werden die Flächen je nach Höhenlage nach zwei Pflanzenschlüsseln beurteilt (Schlüssel M: über 1100 m über Meer, Schlüssel L: unter 1100 m über Meer).

Alle untersuchten Parzellen befinden sich unter 1100 m und wurden somit mit dem Schlüssel L aufgenommen und beurteilt.

Tab. 1 können folgende Ergebnisse entnommen werden:

18 der 37 erfassten Parzellen und somit rund die Hälfte erfüllen die Anforderungen der ÖQV. In drei Parzellen wurden fünf der geforderten sechs Pflanzen gefunden und somit die ÖQV-Anforderungen nur knapp nicht erreicht.

Die trockenen Flächen in S-Exposition scheinen auf Düngung weniger anfällig zu sein als die feuchteren Flächen in N-Exposition. Dies entspricht dem bekannten Zusammenhang, dass Nährstoffeinträge auf zeitweise trockenen bis sehr trockenen Böden weniger auf die Artenzusammensetzung wirken, da die Nährstoffe bei fehlender Feuchtigkeit von den Pflanzen kaum aufgenommen werden können.

Wiesen mit Wollgräsern sprechen auf eine Düngung besonders an und sollten nicht gedüngt werden.

Flächen mit *Wiesenmargerite*, *Wiesensalbei* und *Klappertopf* scheinen weniger auf Gülle zu reagieren. Es zeigt sich der erwartete Trend, dass stärker begüllte Wiesen weniger ÖQV-Zeigerarten aufweisen. Diese Beobachtung ist allerdings nicht signifikant. Die Stichprobenmenge ist zu klein.

Gemäss einer Untersuchung der Eidgenössischen Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART können nur rund ein Viertel der angemeldeten ökologischen Ausgleichsflächen in der Schweiz als ökologisch wertvolle Bestände bezeichnet werden (Grünig Kaspar „Extensive Weiden bald mit Qualitätsbonus?“ Die Grüne -12/2003).

Im gleichen Artikel hält Suzanne Dreier, Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, fest: „Im Schweizer Mittelland haben nur rund ein Viertel der extensiven Wiesen aufgrund ihrer Artenzusammensetzung das Potenzial, Beiträge nach ÖQV zu erhalten! Bei den wenig intensiv genutzten Wiesen sind es sogar lediglich 13 Prozent!“

Offensichtlich haben die in dieser Arbeit untersuchten, mit Gülle gedüngten Parzellen eine im Vergleich zu allen in der Schweiz angemeldeten ökologischen Ausgleichsflächen überdurchschnittlich hohe Artenvielfalt und sind somit ökologisch entsprechend wertvoll! Dies dürfte damit erklärt werden können, dass die Betriebsleiter Gülle auf ihren wenig intensiv genutzten Flächen sehr vorsichtig einsetzen, da sie sich der politischen Brisanz der Thematik sehr wohl bewusst sind.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit lassen den Schluss zu, dass das Verbot einer Güllendüngung in wenig intensiv genutzten Wiesen in der eidgenössischen Direktzahlungsverordnung grundsätzlich überprüft werden sollte. Die vorliegenden Resultate zeigen, dass vor allem die Frage der zugeführten Nährstoffmenge für die Ausprägung der botanischen Zusammensetzung verantwortlich ist und weniger die Hofdüngerform.

Das Verbots- und Gebotskonzept, mit dem in der Schweiz der ökologische Ausgleich gefördert werden soll, müsste neu diskutiert werden. Den Bewirtschaftern sollte vermehrt Eigenverantwortung und dadurch auch Handlungsspielraum zugestanden werden.

Das Konzept zur Förderung der ökologisch wertvollen Wiesentypen sollte ergebnisorientiert aufgebaut werden. Wenn in einer Wiese eine große Vielfalt ökologisch wertvoller Pflanzen vorhanden ist, hat der Bewirtschafter in der Vergangenheit offensichtlich Nutzung und Düngung so gestaltet, dass es den vorhandenen Pflanzen entsprochen hat, sonst wären sie nicht mehr vorhanden.

In der Neugestaltung der Bewirtschaftungsvorgaben durch den Bund im Rahmen der Agrarpolitik AP 2014-2017 wäre deshalb ein ergebnisorientiertes Vorgehen zu begründen.

Bei der Frage der Beurteilung von Hofdüngersystemen aus ökologischer Sicht gilt es grundsätzlich zu bedenken, dass bei jedem Mist-System immer auch eine kotarme Gülle anfällt. Diese Gülle verfügt über ein unausgeglichenes Phosphor-Kalium-Verhältnis und kann kaum pflanzengerecht eingesetzt werden. Kotarme Güllen weisen auch einen höheren Anteil an Ammoniak am Gesamtstickstoff auf als Rindervollgülle, was zu höheren gasförmigen Verlusten führt. Dies gilt sowohl für die Lagerung wie für das Ausbringen. Regelmäßige, hohe Gaben an kotarmer Gülle führen wegen dem Kalium-Magnesium-Antagonismus auch zu einer aus der Sicht der Fütterung unerwünschten Verarmung des Wiesenfutters an Magnesium und einem erhöhten Anteil an Kalium. Bei einer gesamtheitlichen Beurteilung dürfte zumindest auf reinen Futterbaubetrieben ein Vollgüllesystem aus ökologischer und wohl auch aus ökonomischer Sicht vorteilhafter sein als ein Mist-Gülle-System.

Literatur

FLÜCKIGER, E. , Gülleeinsatz in wenig intensiv genutzten Wiesen. Inforama Emmental, Bäregg, 3552 Bärnu, Schweiz (Bericht unveröffentlicht).

Tab. 1: Bestandesaufnahmen Projekt "Gülleinsatz in wenig intensiv genutzten Wiesen"

Bestandes-Nr.	28	20	37	3	13	19	21	15	1	16	26	2	7	9	30	33	17	10	27	5	6	23	11	14	18	22	24	34	25	35	36	8	32	29	31			
Exposition	S	S	S	S	S	S	S	N	W	E	NW/N	S/W	S+W	E	NE	S	S	S	SW	N	SE/SW	N	N	W	S	N	NW	N	N	W	W	N	NW	N	N			
Güllegabe nach 1. Nutzung (m ³)	0	15-20	15-20	15	15	15	15-18	20	18	10	Mist	15	30	15-20	20	15-20	15	15-20	16-18	15	15	15	Mist	15	15	15	15-20	15	25	20	9	15	15	Mist	15			
Anzahl Nutz.	2	2	2	1	2	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	3	2		
	0	1	1/3 J.	1	1	1	1	1	1	1	1/Mist	1	0	1	1	1	1	1	1	1/Mist	1	1	1/Mist	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Arten ÖQV >1000 m ^{a)}	6	11	7	9	5	5	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2	0	2	2	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0		
Arten ÖQV <1000 m ^{b)}	11	20	14	12	9	6	6	6	8	9	9	6	6	8	8	8	6	7	5	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	0	0	
Margerite	14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Wollgräser	11								1					1	1				1					1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Wiesensalbei	8	1	1	1		1	1	1	1		1											1																
Au-frecht.Trespe	8	1	1	1	1	1			1		1										1					1												
Hainsimse	8	1	1	1	1	1	1	1			1		1							1																		
W.-Glockenbl.	7	1	1	1	1	1			1		1												1															
Knol.Hahnenfu s.	7	1	1	1	1	1	1					1			1						1																	
Klappertopf	6	1		1	1	1					1	1																										
Gras borstenbl. ^{c)}	6										1	1	1	1	1	1														1								
Wiesenknopf	5	1	1	1	1						1																											
Wit-wenb/Skabio.	5	1	1	1	1	1																																
Esparsette	3	1	1	1																			1															
Primeln gelb	3						1							1	1																							
Mittl. Wegerich	2	1	1	1																																		
Sumpfdotterbl.	2					1								1																								
Betonie	1		1																																			
Kohldistel	1																	1																				
Rapunzeln	1								1																													
Mädesüss	1					1																																
Thymian	1	1																																				
Habermark	1												1																									
Seggen	1						1																															
Geruchgras	32	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
KBB mehr-köpf. ^{d)}	9	1	1						1						1	1			1							1	1								1			
W.-Platterbse	13		1		1				1	1	1	1	1	1	1	1			1				1			1	1											
Hopfenklee	12	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1																
Vogelwicke	10	1							1	1						1	1		1	1	1	1																
KBB einköpf. ^{e)}	8	1	1		1				1		1	1							1	1																		
Kuckuckslicht-ne.	7		1						1	1	1			1	1													1										
Flockenblume	5	1	1	1												1																						
Klee grossköpf. ^{f)}	5	1			1				1						1									1														
Flaumhafer	4	1											1	1		1																						
Zittergras	3	1	1												1																							
Leimkräuter	2	1	1																																			

a) Artenzahl Zeigerpflanzen ÖQV Liste L (über 1000 m)

b) Artenzahl Zeigerpflanzen ÖQV Liste M (unter 1000 m)

c) Gräser borstenblättrig ohne Rotschwingel

d) Korbblütler gelb, mehrköpfig, ohne Gänsedistel und Kreuzkraut

e) Korbblütler gelb eink., ohne Löwenzahn; Habermark

f) Klee gelb grossköpfig

Einfluss von Biogasgärrückständen auf Abundanz und Biomasse von Lumbriciden

Elste, B.¹, Rücknagel, J.² und Christen, O.²

¹ Agrochemisches Institut Piesteritz e.V., AN-Institut der MLU Halle-Wittenberg, Mölensdorfer Straße 13, 06886 Lutherstadt Wittenberg

² Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften Professur Allgemeiner Pflanzenbau/ÖL; Betty-Heimann-Straße 5 06120 Halle/Saale

barbara.elste@landw.uni-halle.de

Einleitung

Die landwirtschaftliche Biogaserzeugung aus Energiepflanzen und Wirtschaftsdüngern birgt erhebliche Potenziale im Bereich des Umwelt- und Klimaschutzes und verzeichnet in den letzten Jahren einen stetigen Zuwachs (WEILAND, 2010).

Neben der Erzeugung von Biogas entstehen bei der anaeroben mikrobiellen Vergärung auch Fermentationsrückstände. Die erheblichen Mengen der anfallenden Gärreste werden in der landwirtschaftlichen Praxis zur Düngung der Kulturen genutzt. Ziel dieser Arbeit ist es, den Einfluss der ausgebrachten Biogasgärrückstände auf Bioindikatoren, im Speziellen auf die Regenwurmabundanz und -biomasse zu beurteilen.

Material und Methoden

In zwei einfaktoriel angelegten Feldversuchen mit vierfacher Wiederholung wurde der Einfluss unterschiedlicher Düngungsstrategien auf die Regenwurmabundanz und -biomasse untersucht. Verglichen wurden folgende Varianten:

1. Biogasgärrückstände (klassisch, ohne Gärrestaufbereitung),
2. traditionelle Wirtschaftsdünger (Rindergülle, Schweinegülle),
3. Mineraldünger (KAS, ALZON 46),
4. ungedüngte Kontrollvariante

Der Feldversuch in Cunnersdorf (Sachsen) zählt zur landwirtschaftlichen Anwendungsforschung der Stickstoffwerke Piesteritz GmbH und befindet sich in der Leipziger Tieflandbucht. Die vorherrschende Bodenart im Oberboden ist schluffig-lehmiger Sand (Slu). Bodentyp ist ein Parabraunerde-Pseudogley. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 8,9 °C und der mittlere Jahresniederschlag 619 mm. Bei dem Versuchsaufbau handelt es sich um eine einjährig angelegte Spaltanlage. Die angebaute Kulturart ist Mais, mit Vorfrucht Hafer. Der Standort Pfahlheim (Baden- Württemberg) befindet sich an einem Ausläufer der Schwäbischen Alp in einer Höhenlage 484 m über NN. Es handelt sich bodentypologisch um eine Parabraunerde (Bodenart im Ap-Horizont: schluffiger Lehm). Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 7,7 °C und der mittlere Jahresniederschlag 840 mm.

Der Regenwurmfang erfolgte im Frühjahr 2009 ca. vier Wochen nach der Düngung mittels einer Kombination aus Handauslese bis 30 cm Bodentiefe und anschließendem Formalinaustrieb. In den einzelnen Varianten wurden die Parameter Abundanz [Ind. m⁻²], Biomasse [g m⁻²] und die Artendominanz [%] bestimmt (SIMS UND GERARD, 1985; DIN ISO 11268-3, 2000). Die Ergebnisse der Regenwurmabundanzen und -biomassen zwischen den Regenwurmpopulationen der Varianten wurden mit dem verteilungsfreien Mann-Whitney-Test (U-Test) statistisch geprüft (LORENZ, 1996).

Ergebnisse

Am Standort Cunnersdorf sind Regenwurmabundanz und -biomasse in den Varianten mit Rohgülle und Gärrest höher als in den übrigen Prüfgliedern (Tab. 1). Zudem ist die Altersstruktur zu Gunsten der juvenilen Tiere verschoben. Bei der Artenverteilung (Abb. 1) deutet sich eine Abnahme der endogäischen Lebensform *A. rosea* mit der Ausbringung der Wirtschaftsdünger an. In der Gärrestvariante kommen nur noch die Arten *A. caliginosa* und *L. terrestris* vor. In allen Varianten dominiert der Mineralbodenbewohner *A. caliginosa*, insbesondere in der Gärrestvariante.

Tab. 1: Regenwurmabundanz [Ind. m⁻²] und -biomasse [g m⁻²] am Standort Cunnersdorf (unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen Signifikanzen zwischen den Gesamtabundanz und -biomassen (P≤0,05))

Varianten		Abundanz [Ind. m ⁻²]	Biomasse [g m ⁻²]
Ungedüngt	juvenil	35	12,76
	adult	11	7,87
	Gesamt	46 a	20,63 a
Mineralisch	juvenil	32	7,69
	adult	6	4,37
	Gesamt	38 a	12,06 a c
Rohgülle	juvenil	72	21,69
	adult	14	15,42
	Gesamt	86 b	37,11 b
Gärrest	juvenil	62	18,05
	adult	14	11,22
	Gesamt	76 a b	29,27 b c

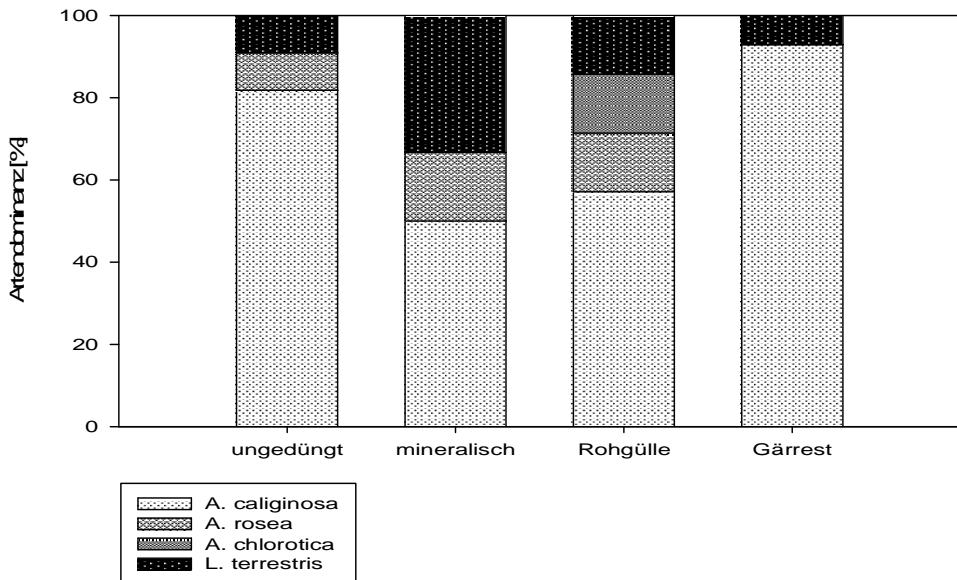


Abb. 1: Artendominanz [%] am Standort Cunnersdorf (April 2009)

Die Lumbricidenbiomasse in den Varianten mit konventioneller Gülle und mit Gärresten ist am Standort Pfahlheim tendenziell höher als bei Mineraldüngung (Tab. 2). Unerwartet wurde die höchste Abundanz in der ungedüngten Variante ermittelt. Dies ist auf die hohe Anzahl an *A. rosea* zurückzuführen. Speziell in Süddeutschland übertrifft diese Art häufig *A. caliginosa* an Besatzdichte. Aufgrund der Streuung der Einzelwerte sind die Unterschiede in den Gesamtabundanz und -biomassen zwischen den einzelnen Varianten nicht signifikant. Die Artenspektren differenzieren sich zwischen den einzelnen Varianten. Einer Abnahme der Art *A. rosea* steht die Zunahme von *A. caliginosa* entgegen (Abb. 2).

Tab. 2: Regenwurmabundanz [Ind. m⁻²] und -biomasse [g m⁻²] am Standort Pfahlheim (unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen Signifikanzen zwischen den Gesamtabundanz und -biomassen (P≤0,05))

Varianten		Abundanz [Ind. m ⁻²]	Biomasse [g m ⁻²]
ungedüngt	juvenil	45	17,26
	adult	32	23,69
	Gesamt	77 a	40,95 a
mineralisch	juvenil	21	7,50
	adult	22	23,50
	Gesamt	43 a	31,00 a
Rohgülle	juvenil	26	9,45
	adult	31	36,69
	Gesamt	57 a	46,14 a
Gärrest	juvenil	27	12,57
	adult	33	31,56
	Gesamt	60 a	44,13 a

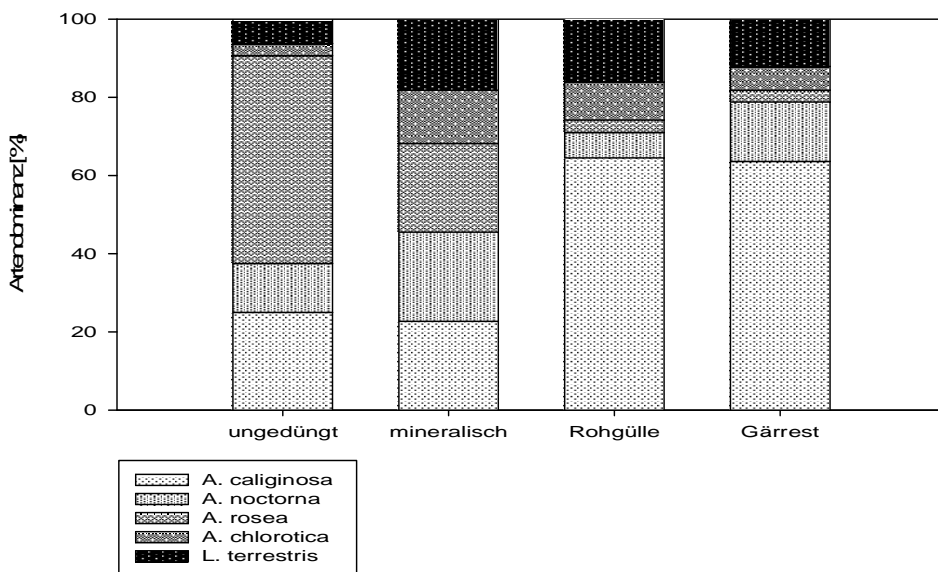


Abb. 2: Artendominanz [%] am Standort Pfahlheim (Mai 2009)

Diskussion

Die Vergleiche zwischen konventioneller Gülle und Biogasgärrückstand zeigen sowohl am Standort Cunnersorf als auch in Pfahlheim keine statistisch gesicherten Unterschiede. Die Untersuchungen von ERNST *et al.* (2008) belegen hingegen, dass eine Düngung mit konventioneller Gülle eine Steigerung der Regenwurmbiomasse im Vergleich zur fermentierten Gülle zur Folge hat. Beim Prozess der Biogaserzeugung werden die leicht löslichen Kohlenstoffverbindungen der eingesetzten Substrate zum Großteil mineralisiert. Dennoch bieten die Biogasgärrückstände in beiden Versuchen offenbar eine bessere Nahrungsqualität bzw. -verfügbarkeit als die Mineraldüngung und die ungedüngte Kontrollvariante. Die Gründe dafür liegen offenbar in der Technologie der Biogasanlagen. Speziell bei Rührkesselfermentern, aus denen die Gärreste der beiden Standorte stammen, gelangt ein Teil des Frischsubstrates durch das Vermischen in den Ausläufer (NITSCH *et al.*, 2001). Dadurch werden der Bodenfauna leicht abbaubare Kohlenstoffverbindungen als Nahrungsquelle zur Verfügung gestellt. Weiterhin werden im Zuge der ständigen und kontinuierlichen Entnahme von Biogasgärrückständen aus dem Fermenter Teile der aktiven Biomasse ausgetragen (GAUL, 2008). Diese Anaerobier sterben zwar unmittelbar nach der Überführung in das Gärrestendlager ab, bieten aber dennoch den Regenwürmern eine zusätzliche Nahrungsquelle in Form von Mikrobeneiweiß. Die Abbaubarkeit organischen Materials durch Regenwürmer wird entscheidend durch das C:N-Verhältnis der organischen Substanz (Wirtschaftsdünger) beeinflusst (ERNST *et al.* 2009). Je stickstoffhaltiger diese ist, desto schneller wird sie von den Regenwürmern abgebaut. Durch den Gärprozess werden die organischen Substanzen fast vollständig zu Methan und Kohlenstoffdioxid umgesetzt. Dadurch verengt sich das C:N-Verhältnis der Gärreste (SCHNEIDER-GÖTZ, 2007) und diese sind für die Bodenfauna leichter zersetzbar. Die hohen Abundanzen und Biomassen am Standort Cunnersdorf könnten Folge von Wanderungsbewegungen der Regenwürmer sein. Der Versuchsaufbau erlaubt die Einwanderung in die vom Nahrungsangebot attraktiveren Varianten. EHRMANN *et al.* (1996) wiesen nach, dass Regenwürmer eine hohe Ausbreitungsgeschwindigkeit besitzen, die das Einwandern in die Gärrest- und Rohgüllevariante ermöglichen. Die Regenwurmpopulation in Cunnersdorf ist geprägt durch eine hohe Anzahl an juvenilen Tieren. Das kann zum Einen ein Indiz für eine höhere Reproduktionsrate sein (JAHN *et al.*, 2005), zum Anderen ist der Anteil juveniler Tiere auch stark von der Jahreszeit und somit vom ausgewählten Beprobungstermin abhängig (EHRMANN *et al.*, 2002). Das gleichzeitige Schlüpfen vieler juveniler Tiere aus den Kokons mit der Frühjahrserwärmung nach einem kalten Winter, lässt den Anteil der jungen, noch nicht geschlechtsreifen Lumbriciden deutlich ansteigen. Die Applikation von Biogasgärrückständen bewirkt auf beiden Standorten eine Schmälerung des Artenspektrums. Insbesondere die endogäische Regenwurmart *A. rosea* geht zurück. Dies widerspricht den Untersuchungen von ERNST *et al.* (2008), bei denen nach einer Behandlung mit Fermentationsrückständen eher ein Absinken der Biomasse von *A. caliginosa* zu beobachten war. In der Variante mit Biogasgärrückständen kommen hauptsächlich die Arten *A. caliginosa* und *L. terrestris* vor. Als Primärzersetzer findet der anezische Regenwurm *L. terrestris* ausreichend Nahrung in dieser Behandlung. Der Mineralbodenbewohner *A. caliginosa* profitiert von der höheren Fraßaktivität des *L. terrestris* (ERNST *et al.*, 2009).

Literatur

DIN Iso 11268-3, 2000: Bodenbeschaffenheit - Wirkung von Schadstoffen auf Regenwürmer- Anleitung für die Bestimmung von Wirkungen unter Freilandbedingungen.

- EHRMANN, O., 1996: Regenwürmer in einigen südwestdeutschen Agrarlandschaften: Vorkommen, Entwicklung bei Nutzungsänderungen und Auswirkung auf das Bodengefüge. Hohenheimer Bodenkundliche Hefte 35, Universität Hohenheim, Dissertation. 89-95.
- EHRMANN, O., SOMMER, M. UND VOLLMER, T., 2002: Regenwürmer. In: SOMMER, M., O. EHRMANN, J. K. FRIEDEL, K. MARTIN, T. VOLLMER UND G. TURIAN (Hrsg.): Böden als Lebensraum für Organismen- Regenwürmer, Gehäuseschnecken, und Bodenmikroorganismen in Wäldern Baden-Württembergs, Hohenheimer Bodenkundliche Hefte 63, 13-52.
- ERNST, G., MÜLLER, A., GÖHLER, H. AND EMMERLING, C., 2008: C and N turnover of fermented residues from biogas plants in soil in the presence of three different earthworm species (*Lumbricus terrestris*, *Aporrectodea longa*, *Aporrectodea caliginos*). Soil Biol. Biochem 40, 1413-1420.
- ERNST, G., HENSELER, I., FELTEN D., AND EMMERLING, C., 2009: Decomposition and mineralization of energy crop residues governed by earthworms. Soil Biol. Biochem 41, 1548-1554.
- GAUL, T., 2008: Effizientere Biogas-Produktion. Energy 2.0- Spezial: Innovative Energieerzeugung, November 2008, S. 25.
- JAHN, R., S. TISCHER UND BIERKE, A., 2005: Bodenökologische Auswirkung der Schweinefreilandhaltung und Bewertung hinsichtlich des Bodenschutzes. In: NEUGEBAUER, K. R., B. BEINLICH & P. POSCHLOD (Hrsg.): Schweine in der Landschaftspflege-Geschichte, Ökologie, Praxis – NNA-Bericht 18. Jg. H.2. Schneverdingen. 77-91.
- LORENZ, R. J., 1996: Grundbegriffe der Biometrie. 4. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 164-169.
- NITSCH, J., NAST, M., PEHNT, M., TRIEB, F., RÖSCH C., UND KOPFMÜLLER, J., 2001: Schlüsseltechnologie Regenerative Energien. Teilbericht im Rahmen des HGF-Projektes „Global zukunftsfähige Entwicklung- Perspektiven für Deutschland. Stuttgart, Karlsruhe, 284 S.
- SCHNEIDER-GÖTZ, N., 2007: Gärreste aus Biogasanlagen- Nähr- und Schadstoffe, Einsatzmöglichkeiten im Ackerbau. Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), 5 S.
- SIMS, W. AND GERARD, B. M., 1985: Earthworms-keys and notes for the identification and study of the species. Brill & Backuys, London.
- WEILAND, P., 2010: Biogas production: current state and perspectives". Appl. Microbiol. Biotechnol. 85, 849-860

Ist die Gülleflora heute noch ein Problem?

Bohner, A.¹, Angeringer, W.² und Sobotik, M.³

¹Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein (LFZ)

²Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Botanik

³Pflanzensoziologisches Institut Klagenfurt

andreas.bohner@raumberg-gumpenstein.at

Abstract

Plant species composition in intensively managed grassland is influenced primarily by the yearly applied total amount of fertilizer to grassland, the number of cuts per year and time of the first cut. Type of fertilizer (slurry, manure) is of lesser importance. In case of a repeated fertilization with small doses (approximately 10-15 m³ diluted 1:1 cattle slurry per cut) during the vegetation period no spread of weeds, indicating fertilization with slurry ("slurry flora") can be observed, if the grassland is used in a sustainable, site adapted way and competitive grass species are present.

Keywords: Grünlandvegetation, Gölledüngung, Nutzungsintensivierung, Pflanzenartenzusammensetzung, Verunkrautung

Einleitung

Die Artenzusammensetzung der Grünlandvegetation ist generell abhängig von den natürlichen Standorteigenschaften (Wärme-, Wasser-, Luft- und Nährstoffhaushalt, Bodengründigkeit und Grobsteingehalt) und den gegenwärtigen oder vergangenen Bewirtschaftungsmaßnahmen. Hierbei sind Art, Intensität und Zeitpunkt der Düngung, Nutzung und Bestandespflege entscheidend. Im Wirtschaftsgrünland gelten die Bewirtschaftungsmaßnahmen als die dominierenden Einflussfaktoren (DIERSCHKE UND BRIEMLE, 2002). Im Extensivgrünland hingegen kommen die natürlichen Standorteigenschaften (insbesondere Bodenwasserhaushalt und Säuregrad des Bodens) stärker zum Tragen. Die häufigste Ursache für einen artenarmen, hinsichtlich Ertrag und Futterqualität unbefriedigenden Pflanzenbestand ist eine nicht an den Standort angepasste, überintensive Grünlandbewirtschaftung.

Auf Grund geänderter soziökonomischer Rahmenbedingungen sind in Österreich zurzeit zwei gegenläufige Trends zu beobachten: Intensivierung der Grünlandbewirtschaftung einerseits und Bewirtschaftungsaufgabe andererseits. Vor allem Grünlandflächen mit höherem Ertragspotenzial, günstigen Geländebeziehungen und guter Erreichbarkeit werden auch in Zukunft vermutlich intensiver genutzt. In jenen Regionen, wo für die Vegetation die Temperatur und die Länge der Vegetationsperiode die begrenzenden klimatischen Faktoren sind, dürfte auch der Klimawandel allmählich zu einer Nutzungsintensivierung führen. Eine Intensivierung der Grünlandbewirtschaftung bewirkt eine Veränderung in der Pflanzenartenzusammensetzung im Grünlandbestand, eine Verminderung der Pflanzenartenvielfalt (Phyto Diversität), einen Verlust an Rote Liste-Arten (seltene bzw. gefährdete Pflanzenarten), eine Uniformierung der Phytozönose, einen Rückgang von Pflanzengesellschaften des Extensivgrünlandes und letztendlich einen Attraktivitätsverlust der Kulturlandschaft (BOHNER, 2007).

Gülleflora

Eine Gülledüngung kann im Grünland zu einer starken Ausbreitung der „Gülleunkräuter“ führen. Dazu zählen in erster Linie die Doldenblütler Wiesen-Bärenklau (*Heracleum sphondylium*), Wiesen-Kerbel (*Anthriscus sylvestris*), Geißfuß (*Aegopodium podagraria*) und Wimper-Kälberkropf (*Chaerophyllum hirsutum*) sowie Stumpfbblatt-Ampfer (*Rumex obtusifolius*), Wiesen-Löwenzahn (*Taraxacum officinale* agg.) und Weiße Taubnessel (*Lamium album*) (KUTSCHERA, 1968, KLAPP, 1971, KUTSCHERA-MITTER, 1974, KUTSCHERA UND SOBOTIK, 1985, ELSÄßER, 2001, DIERSCHKE UND BRIEMLE, 2002). Auch die Acker-Quecke (*Elymus repens*), das Wiesen-Knaulgras (*Dactylis glomerata*) und das Gewöhnliche Rispengras (*Poa trivialis*) werden durch Gülledüngung besonders gefördert (KUTSCHERA-MITTER, 1974, KUTSCHERA UND SOBOTIK, 1985). Die „Gülleunkräuter“ können durch ihr stark ausgedehntes Speichergewebe, das besonders in ihren Kriechsprossen, Wurzelstöcken und Wurzeln ausgebildet ist, das hohe Angebot an Kalium in der Gülle besser zur Stoffbildung verwerten als die meisten Gräser, denen sie deshalb bei starker Gülledüngung in der Wuchskraft überlegen sind (KUTSCHERA, 1968). Vor allem die Doldenblütler und der Stumpfbblatt-Ampfer neigen bei günstigen Standortverhältnissen zur Massenvermehrung und verdrängen dadurch wertvolle Futterpflanzen, insbesondere Untergräser und Kleearten. Die Pflanzenbestände werden dadurch artenärmer und kräuterreicher. Die Vegetationsdecke wird lückig, der Anteil an offenem Boden nimmt zu. Als Hauptgrund für die „Verunkrautung“ der Pflanzenbestände mit gülleverträglichen Pflanzenarten („Gülleflora“) wird seit mehr als 40 Jahren die überhöhte Gülledüngung angeführt (KUTSCHERA, 1968, KLAPP, 1971). Auf Grund der zunehmenden Intensivierung der Grünlandbewirtschaftung (Erhöhung der Schnitanzahl; Vorverlegung des ersten Schnitzeitpunktes; Erhöhung der ausgebrachten Düngermenge; frühere, häufigere und intensivere Beweidung) stellt sich folgende Frage: Ist die Gülleflora heute noch ein Problem?

Einfluss einer Nutzungsintensivierung auf den Pflanzenbestand

Die Pflanzengesellschaften des relativ intensiv genutzten Wirtschaftsgrünlandes (insbesondere Kulturweiden und Mähweiden, *Alchemillo monticolae-Cynosuretum cristati*, *Trifolium repens-Poa trivialis*-Gesellschaft) weisen im Vergleich zu den Pflanzengesellschaften des extensiv und mäßig intensiv genutzten Grünlandes (insbesondere Trespen-Halbtrockenrasen und Iris-Wiesen, *Mesobrometum erecti* und *Iridetum sibiricae*) ein deutlich stärkeres gemeinsames Vorkommen von nährstoffliebenden Acker- und Ruderalarten, Überdüngungs-, Übernutzungs-, Verdichtungs- und Krumenwechsel-feuchtigkeitszeigern auf (Tabelle 1). Diese ökologisch-soziologische Artengruppe bevorzugt nährstoffreiche, oftmals gestörte Lebensräume. Sie tritt daher am häufigsten und mit höchsten Deckungsgraden im intensiv genutzten Wirtschaftsgrünland auf. Auch die typischen Vertreter der „Gülleflora“ (in der Tabelle 1 mit Fettdruck hervorgehoben) erreichen in den Pflanzengesellschaften des intensiver genutzten Wirtschaftsgrünlandes eine höhere Stetigkeit als in den Pflanzengesellschaften des Extensivgrünlandes (Tabelle 1). Sie werden offensichtlich durch Nutzungsintensivierung gefördert. Die Doldenblütler Geißfuß (*Aegopodium podagraria*), Wiesen-Kerbel (*Anthriscus sylvestris*), Wiesen-Bärenklau (*Heracleum sphondylium*) und die Weiße Taubnessel (*Lamium album*) erreichen in den Mähweiden (*Trifolium repens-Poa trivialis*-Gesellschaft), vor allem aber in den Kulturweiden (*Alchemillo monticolae-Cynosuretum cristati*) in der Regel eine deutlich niedrigere Stetigkeit als in den Wiesengesellschaften auf frischen Standorten. In der Trittgemeinschaft (*Matricario-Polygonetum arenastris*) fehlen sie gänzlich. Die genannten Arten können durch eine regelmäßige Frühjahrsbeweidung zurückgedrängt werden. Deutlich schwieriger ist die Regulierung bei den anderen Vertretern der „Gülle-

flora“. Insbesondere die zu beobachtende starke Ausbreitung von Gewöhnlichem Rispengras (*Poa trivialis*) und Stumpfblatt-Ampfer (*Rumex obtusifolius*) stellt ein zunehmendes Problem in der intensiven Grünlandwirtschaft dar. Ihre Massenvermehrung in jüngerer Zeit resultiert aus der Nutzungsintensivierung. *Poa trivialis* und *Rumex obtusifolius* ertragen einen frühen und häufigen Schnitt sowie einen verdichteten Boden. Sie profitieren von Lücken in der Grasnarbe, sofern der Boden nährstoffreich ist. Eine Nutzungsintensivierung ist auch mit einer Verdichtung des Oberbodens verbunden. Dies führt insbesondere in kühlen, niederschlagsreichen Gebieten zur Staunässe. Davon profitieren neben den bereits erwähnten Arten auch noch Kriechender Hahnenfuß (*Ranunculus repens*), Flecht-Straußgras (*Agrostis stolonifera*) und die Arten der Trittgesellschaften, insbesondere Einjähriges Rispengras (*Poa annua*), Läger-Rispengras (*Poa supina*) und Breit-Wegerich (*Plantago major*ssp. *major*). Eine Auswertung zahlreicher Vegetationsaufnahmen, die im Steirischen Ennstal und Steirischen Salzkammergut durchgeführt wurden (BOHNER UND SOBOTIK, 2000) hat ergeben, dass bei den Vertretern der „Gülleflora“ hinsichtlich Stetigkeit und Deckung zwischen Grünlandflächen mit Gülledüngung und Mistdüngung kein signifikanter Unterschied besteht. Auch im Rahmen eines on-farm Feldversuches (ANGERINGER *et al.*, 2011 a,b) konnte beobachtet werden, dass die Düngerform (Gülle, Mist) bei gleicher Menge an zugeführtem Stickstoff keinen signifikanten Einfluss auf die Artenzusammensetzung des Grünlandbestandes hat. Eine Erhöhung der Schnitthäufigkeit von 2 auf 3 und 4 Schnitte pro Jahr hingegen bewirkte bereits nach zwei Versuchsjahren signifikante Veränderungen in der Pflanzenartenzusammensetzung. Allerdings muss erwähnt werden, dass im Grünland für eine allgemein gültige und sichere Aussage langfristige Feldversuche an mehreren unterschiedlichen Standorten notwendig sind.

Schlussfolgerung

Die „Gülleflora“ ist auch heute noch ein Problem. Durch Nutzungsintensivierung werden unter den Vertretern der „Gülleflora“ insbesondere Stumpfblatt-Ampfer (*Rumex obtusifolius*) und Gewöhnliches Rispengras (*Poa trivialis*) gefördert. Entscheidend für die starke Ausbreitung der „Gülleunkräuter“ ist nicht die Düngerform (Gülle, Mist), sondern die Höhe der jährlich ausgebrachten Düngermenge, vor allem aber die Anzahl der Schnitte pro Jahr und der Zeitpunkt des ersten Schnittes. Bei einer sachgerechten Gülledüngung mit geringen Teilgaben während der Vegetationsperiode (etwa 10-15 m³ 1:1 mit Wasser verdünnte Rindergülle pro Schnitt) ist mit keiner Massenvermehrung der typischen „Gülleunkräuter“ zu rechnen, sofern die Art und Intensität der Grünlandbewirtschaftung an den Standort angepasst und konkurrenzkräftige Gräser im Pflanzenbestand vorhanden sind.

Literatur

- ANGERINGER, W., STARZ, W., PFISTER, R., ROHRER H., AND KARRER, G., 2011a: Vegetation change of mountainous hay meadows to intensified management regime in organic farming. *Grassland Science in Europe*, Vol. 16, 353-355.
- ANGERINGER, W., STARZ, W., KARRER, G., BOHNER, A., PFISTER R., UND ROHRER, H., 2011b: Anpassungsmöglichkeiten montaner Dauergrünlandwiesen an eine Nutzungsintensivierung in der Biologischen Landwirtschaft. Unveröffentlichter Zwischenbericht zum Forschungsprojekt „montane Bio Wiesen“, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 19 S.
- BOHNER, A. UND SOBOTIK, M., 2000: Das Wirtschaftsgrünland im Mittleren Steirischen Ennstal aus vegetationsökologischer Sicht. MAB-Forschungsbericht: Landschaft und Landwirtschaft im Wandel, 15-50.
- BOHNER, A., 2007: Phytodiversität im Wirtschafts- und Extensivgrünland der Tallagen. Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Biodiversität in Österreich, 29-36.

-
- BOHNER, A., GRIMS F., UND SOBOTIK, M., 2007: Die Rotschwengel-Straußgraswiesen im Mittleren Steirischen Ennstal (Österreich) – Ökologie, Soziologie und Naturschutz. Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, Band 136, 113-134.
- DIERSCHKE, H. UND BRIEMLE, G., 2002: Kulturgrasland. Ökosysteme Mitteleuropas aus geobotanischer Sicht. Ulmer Verlag, 239 S.
- ELSÄSSER, M., 2001: Gülledüngung auf Dauergrünland und Artenschutz – ein unlösbarer Widerspruch? In: Berichte über Landwirtschaft, Band 79, 49-70.
- KLAPP, E., 1971: Wiesen und Weiden. 4. Auflage, Parey Verlag, 620 S.
- KUTSCHERA, L., 1968: Veränderungen von Grünlandbeständen durch die Gülledüngung und Vermeidung der Verunkrautung. Bericht über die 5. Arbeitstagung „Fragen der Güllerei“, BAL Gumpenstein, 49-82.
- KUTSCHERA, L. UND SOBOTIK, M., 1985: Gülleflora – Unterschiede durch Klima und Boden. Nutzenanwendung der Pflanzensoziologie in der Praxis. Bericht über die 7. Arbeitstagung „Fragen der Güllerei“, BAL Gumpenstein, 79-119.
- KUTSCHERA-MITTER, L., 1974: Die Entwicklung der Gülleflora und ihre Ursachen im Bau der Arten (Bestimmung der Schädwirkung der Gülle durch den Wurzeltest). Bericht über die 6. Arbeitstagung „Fragen der Güllerei“, BAL Gumpenstein, 49-69.

Tab. 1: Mittlere Sippen-Stetigkeit (%) nährstoffliebender Acker- und Ruderalarten, Überdüngungs-, Übernutzungs-, Verdichtungs- und Krümenwechselfeuchtigkeitszeiger in ausgewählten Pflanzengesellschaften des Grünlandes im Steirischen Ennstal und Steirischen Salzkammergut (BOHNER *et al.*, 2007).

Artnamen	Alchemillo monticolae-Cynosuretum cristati	Trifolium repens-Poa trivialis-Gesellschaft	Cardaminopsido halleri-Trisetum flavescens	Alchemillo monticolae-Arrhenatheretum elatioris	Geranio sylvatici-Trisetum flavescens	Feldfutterbestände	Matricario-Polygonetum arenastri	Festuco commutatae-Cynosuretum cristati	Cirsium oleraceum-Persicaria bistorta-Gesellschaft	Narcissus radiiflorus-Gesellschaft	Festuca rubra-Agrostis capillaris-Gesellschaft	Caricetum gracilis	Mesobrometum erecti	Iridetum sibiricae
Aegopodium podagraria	13	33	93	53	46	44	0	23	5	5	60	0	0	7
Agrostis stolonifera	67	40	3	7	7	0	67	39	5	0	0	17	0	0
Anthriscus sylvestris	17	37	13	44	78	0	0	15	16	17	4	0	0	0
Bellis perennis	100	96	93	78	98	50	33	77	58	32	18	0	18	0
Bromus hordeaceus	25	14	13	49	2	19	17	8	16	2	4	0	0	0
Capsella bursa-pastoris	71	46	53	42	28	75	83	8	21	2	0	0	0	0
Elymus repens	100	73	43	67	54	69	67	15	47	2	0	17	5	4
Ficaria verna	29	15	20	9	30	0	0	23	11	5	4	0	0	0
Heracleum sphondylium	8	44	90	89	91	0	0	23	11	71	7	0	18	7
Lamium album	4	10	63	18	13	6	0	0	11	2	0	0	0	0
Plantago major ssp. major	100	96	47	56	63	94	100	77	42	10	4	8	9	0
Poa annua	21	46	40	27	41	81	100	39	11	5	0	0	0	0
Poa supina	100	64	23	9	20	25	50	69	0	0	22	0	0	0
Poa trivialis	100	98	100	100	100	88	33	92	100	44	60	67	23	61
Ranunculus repens	96	94	90	87	72	63	100	85	95	10	62	92	0	4
Rumex obtusifolius	88	73	83	53	61	81	83	39	32	7	7	0	0	0
Stellaria media	54	35	13	24	9	56	83	15	5	0	2	0	5	0
Taraxacum officinale agg.	100	100	100	98	98	100	100	92	74	71	33	33	77	50
Veronica arvensis	63	65	83	73	65	100	0	39	47	20	16	0	0	0
Summe	1156	1079	1063	983	976	951	916	778	607	305	303	234	155	133

Mikrobielle Biomasse und Mineralisierungspotential unterschiedlich gedüngter Böden unter Wiesen und Mähweiden

Flaig¹, H. und Elsässer, M.²

¹Landwirtschaftliches Technologiezentrum (LTZ) Augustenberg, Karlsruhe

²Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW), Aulendorf

holger.flraig@ltz.bwl.de

Abstract

Mikrobielle Biomasse reagiert in den Grünlandböden eher auf den Boden-pH als auf die Düngerart. Stickstoffmineralisierung unterscheidet sich kaum, ist aber bei mineralischer Stickstoffzufuhr vermindert. Mähweide mineralisiert mehr als reine Schnittnutzung.

Keywords: Mikrobielle Biomasse, Stickstoffmineralisierung, Düngungsvarianten, Grünland

Einleitung

In einem langjährigen Versuch des LAZBW Aulendorf wurden auf einem normalerweise nach biologisch-dynamischen Gesichtspunkten wirtschaftenden Betrieb im württembergischen Alpenvorland unterschiedliche Düngesysteme mit verschiedenen organischen und mineralischen Düngern in ihrer Wirkung auf Dauergrünland verglichen. Ab 1983 wurden 8 Düngevarianten in 3 Wiederholungen angelegt (Tab. 1). Hinzu kamen die Bewirtschaftungsvarianten „Schnitt“ oder „Mähweide“.

Nach 22 Jahren Versuchsdauer wurden bodenbiologische Untersuchungen durchgeführt, um die Bodenfruchtbarkeit und die biologische Aktivität der Böden näher zu charakterisieren. Für die Abbau- und Syntheseleistungen im Boden sind im Wesentlichen Bakterien und Pilze verantwortlich, insofern ist der wichtigste Parameter die mikrobielle Biomasse. Die Freisetzung organisch gebundenen Stickstoffs und die Mineralisierung zu pflanzenverfügbaren Verbindungen ist eine Leistung dieser Bodenmikroorganismen. Die Bildung von Ammonium (NH_4^+) aus organischem Stickstoff nach Inkubation der Bodenproben in anaerobem Milieu ist eine Methode, die als biologischer Indikator für die Stickstoffverfügbarkeit empfohlen wird und die einen relativen Maßstab für die Fähigkeit des Bodens liefert, N für das Pflanzenwachstum freizusetzen.

Material und Methoden

Anlage als Blockanlage mit drei Wiederholungen und 25 m² großen Parzellen bei Bad Wurzach (Oberschwaben). Mittlere Jahrestemperatur: 7,0 °C; mittlerer Jahresniederschlag: 1000 mm. Nutzungshäufigkeit: jährlich 4 Schnitte oder 2 Schnitte und im Mittel 2 Weidegänge (Mähweide). Analysiert wurden: Trockenmasse-Ertrag (bei Beweidung: Weidekäfige), Bodennährstoffgehalte und pH-Wert des Bodens (CaCl_2) nach den üblichen Methoden. Die Bodenproben für die biologischen Untersuchungen wurden im April 2005 aus jeweils zwei Tiefen, 0–10 cm und 10–30 cm, entnommen. Pro Düngevariante wurden drei Teilflächen als Wiederholungen angesetzt. Die Proben wurden gekühlt

transportiert, bei 4–8 °C gelagert und auf eine Partikelgröße von ≤ 2 mm gesiebt. Jeweils ein Aliquot wurde zur Bestimmung des Trockenmasseanteils verwendet.

Die Menge an mikrobieller Biomasse wurde über die Methode der substratinduzierten Respiration (DIN 14240-1) und die Messung der CO₂-Konzentration in einer Messanordnung nach HEINEMEYER *et al.* (1989) bestimmt. Bei der Bestimmung der N-Mineralisation im anaeroben Brutversuch nach KANDELER (in SCHINNER *et al.*, 1993) wurden Böden mit Wasser überstaut und bei 40 °C 7 Tage inkubiert. Die Nitrifikation wird unter diesen Bedingungen unterbunden. Der freigesetzte Ammonium-Stickstoff wurde mit Kaliumchlorid extrahiert und kolorimetrisch bestimmt.

Tab. 1: Düngevarianten und Nährstoffaufwand (ELSÄSSER und KUNZ, 2009)

Nummer	Variante	Mittlerer Nährstoffaufwand [kg ha ⁻¹ a ⁻¹]		
		N	P	K
1	Mineraldünger NPK	160	52	166
2	Mineraldünger PK	0	52	166
3	Stallmist (2 x 16 t/ha) im jährl. Wechsel mit Jauche (2 x 40 m ³ /ha)	109	23	137
4	Stallmistkompost (2 x 16 t/ha)	159	43	168
5	Wechseldüngung (Stallmist-Jauche-Mineraldünger im jährl. Wechsel)	126	33	139
6	Gülle (3 x 30 m ³ zum 2., 4. und nach dem 4. Aufwuchs)	172	27	216
7	Gülle (3x) und zusätzl. Gesteinsmehl (60 kg/ha*a) zum 1. und 3. Aufwuchs	172	27	216
8	Gülle (3x) u. zusätzl. Hüttenkalk ¹⁾ (60 kg/ha*a) zum 1. und 3. Aufwuchs	172	27	216

¹⁾ (47% CaO; 5% MgO; Spurenelemente)

Ergebnisse und Diskussion

Mikrobielle Biomasse

Bei beiden Nutzungsarten entwickelt sich bei V8 (Gülle mit Hüttenkalk) der höchste Gehalt an mikrobieller Biomasse, gefolgt von Stallmistkompost (V4) (Abb. 1). Außer bei V5 besteht kein signifikanter Unterschied ($p = 0,05$, t-Test) zwischen Schnitt und Mähweide.

Insbesondere bei Schnittnutzung wurden teilweise sehr unterschiedliche Biomassewerte innerhalb der einzelnen Wiederholungen einer Düngevariante gemessen (s. Standardabweichungen, Abb. 1). Bei der Analyse der alkalischen Phosphatase (Werte nicht gezeigt) waren solche Unterschiede noch augenfälliger. Als bestimmender Faktor wurde der pH-Wert des Bodens herauskristallisiert. Poolt man die Daten für Biomasse und Boden-pH

(0–10 cm) über alle Wiederholungen, Dünge- und Nutzungsvarianten hinweg und trägt die Biomassegehalte in Abhängigkeit vom pH-Wert auf, so ergibt sich eine Regressionsgerade mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,911 (Abb. 2). Diese Ergebnisse gelten in der Tendenz auch für 10–30 cm Tiefe ($R^2 = 0,787$; Daten nicht gezeigt). Dort erreicht die mikrobielle Biomasse 30-50% des Gehalts der oberen 10 cm. Die Gehalte an organischer Substanz haben lediglich einen nachrangigen Einfluss.

Das heißt, etwaige Unterschiede in der mikrobiellen Biomasse zwischen den Nutzungs- und Düngevarianten sind mit hoher Wahrscheinlichkeit auf unterschiedliche pH-Werte zurückzuführen, die vorhanden waren bzw. sich im über 20-jährigen Versuchszeitraum herausgebildet haben. Der pH-Wert des Bodens ist als ein entscheidender Faktor für viele Aktivitäten von Bodenmikroorganismen bekannt (BOSCH und AMBERGER, 1983). Wie eine Metaanalyse entsprechender Studien zeigt, ist die mikrobielle Biomasse mit steigendem pH-Wert insbesondere dann positiv korreliert, wenn sonst weitgehend vergleichbare Böden sich im pH unterscheiden und die Studien mehrere Jahre durchgeführt werden konnten – wie im vorliegenden Fall (FLAIG und ELSÄSSER, 2009).

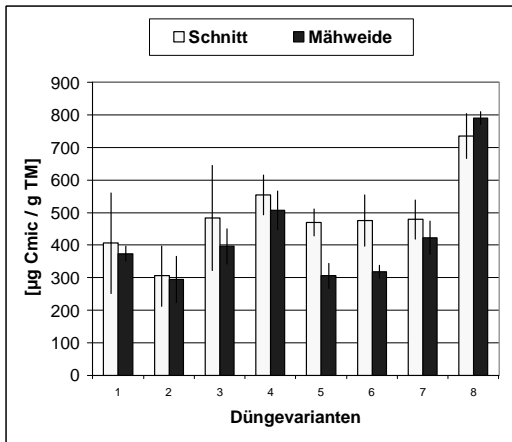


Abb. 1: Wirkungen der Düngergaben auf die Entwicklung der mikrobiellen Biomasse in 0–10 cm Bodentiefe bei Schnitt- und Mähweide-Nutzung. Mittelwerte der Wiederholungen der Varianten ± Standardabweichung.

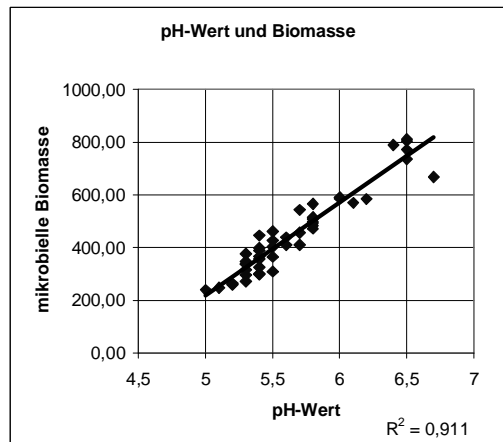


Abb. 2: Abhängigkeit der mikrobiellen Biomasse vom pH-Wert des Bodens. pH-Werte und Biomasse-Daten aller Wiederholungen und Düngevarianten von Schnitt und Mähweide (0–10 cm) gepoolt. R^2 : Bestimmtheitsmaß der Regressionsgeraden

Stickstoff-Mineralisierung

Das Potential des Bodens, organischen Stickstoff zu mineralisieren, ist bei Mähweide generell höher als bei reiner Schnittnutzung (Abb. 3). Hier wirkt sich vermutlich die zusätzliche Zufuhr organisch gebundenen Stickstoffs durch die beiden Weidegänge aus. Die höchste N-Mineralisierungskapazität weisen die Varianten „Stallmist/Jauche“, „Mineraldüngung PK ohne N“ (Schnitt) bzw. „Mistkompost“ (Mähweide) auf. Boden unter Düngevarianten mit mineralischem Stickstoff zeigt die geringste Mineralisierungsleistung; signifikant sind die Unterschiede allerdings nur zwischen V5 (teilweise, Schnitt) und V1 (Mähweide) ($p = 0,05$).

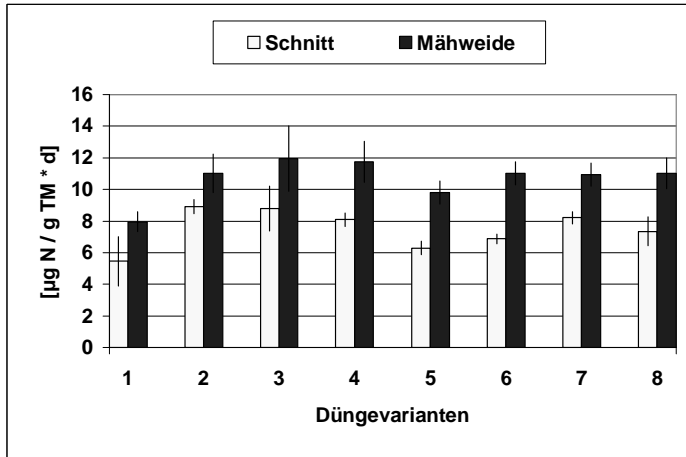


Abb. 3: Wirkungen der Düngergaben auf die Stickstoffmineralisierung in 0–10 cm Bodentiefe bei Schnitt- und Mähweide-Nutzung. Mittelwerte der Wiederholungen der Varianten \pm Standardabweichung.

Die Mineralisationskapazität wird durch mineralischen Stickstoff also gedämpft – ein häufiger Befund (SCHINNER und SONNLEITNER, 1996). Dies gilt hier sogar, wenn mineralischer Dünger den organischen nur ergänzt bzw. mit ihm abwechselt (V5). In 10–30 cm Tiefe sind ca. 25% der Mineralisationskapazität des Oberbodens zu finden. Der Gehalt an mikrobieller Biomasse insgesamt und der pH-Wert des Bodens sind im vorliegenden Versuch für diesen Parameter nicht entscheidend. Einen ähnlichen Befund dokumentieren BERTRAND *et al.* (2007) mit einer pH-Spanne von 5,05–8,06 in fünf Böden.

Ein Blick auf die Erträge (Tab. 2) zeigt, dass in beiden Nutzungssystemen die Varianten, die mineralischen und damit leicht verfügbaren Stickstoff erhalten, die höchsten Erträge aufweisen. Bei Mähweidenutzung wird – vermutlich durch die höhere N-Zufuhr in Verbindung mit der Mineralisationsleistung der Bodenorganismen – mehr Aufwuchs produziert als bei reiner Schnittnutzung.

Tab. 2: Trockenmasseerträge [t TM ha⁻¹ a⁻¹] 1984–2004. Die Buchstaben kennzeichnen die Unterschiede zwischen den Varianten innerhalb des jeweiligen Nutzungssystems ($p = 0,05$) (ELSÄSSER und KUNZ, 2009).

Variante	1	2	3	4	5	6	7	8
Schnitt	10,20 a	8,77 c	9,54 b	9,28 b	10,11 a	10,13 a	9,49 b	9,42 b
Mähweide	12,03 a	10,72 d	11,34 bc	11,52 b	11,92 a	11,08 cd	11,18 bc	11,18 bc

Die Gehalte an mikrobieller Biomasse (Abb. 1) spielen in diesem Versuch für die Ertragsentwicklung nur eine nachrangige Rolle. Die Mineralisationsleistung der Bodenorganismen sorgt aber dafür, dass in über 20 Jahren Versuchsdauer die Variante ohne Stickstoff (V2) immerhin noch ca. 90% des durchschnittlichen Ertrags der anderen Düngevarianten liefert. Anzumerken ist allerdings, dass der Leguminosenanteil in dieser

Variante (V2) deutlich erhöht ist und zur Stickstoffversorgung beiträgt (ELSÄßER und KUNZ, 2009). Auch erzielen Stallmistvarianten ähnlich hohe Ertragsleistungen wie Güllevarianten. Die verschiedenen Güllevarianten unterscheiden sich nicht voneinander. Die zusätzliche Düngung von Gesteinsmehl und von Kalk zur Gülle hat keinen Effekt auf die Ertragsleistung oder N-Mineralisierung. Die vorliegende Untersuchung unterstützt den Befund, dass ein ausreichend hoher pH-Wert (Erhaltungskalkungen!) für die Entwicklung aktiver mikrobieller Biomasse ein entscheidendes Kriterium ist.

Literatur

- BERTRAND, I., DELFOSSE, O. AND MARY, B., 2007: Carbon and nitrogen mineralization in acidic, limed and calcareous agricultural soils: Apparent and actual effects. *Soil Biol. Biochem.* 39, 276-288.
- BOSCH, M. UND AMBERGER, A., 1983: Einfluss langjähriger Düngung mit verschiedenen N-Formen auf pH-Wert, Humusfraktionen, biologische Aktivität und Stickstoffdynamik einer Acker-Braunerde. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 146, 714-724.
- ELSÄßER, M. UND KUNZ, H. G., 2009: Organische Düngung intensiv genutzten Dauergrünlandes im Vergleich mit Mineraldüngung. *Landinfo* 5, 18-20.
- FLAIG, H. UND ELSÄßER, M., 2009: Bodenbiologische Auswirkungen einer mehrjährigen Applikation unterschiedlicher organischer und mineralischer Dünger auf Wiese und Mähweide. *VDLUFA-Schriftenreihe* Bd. 65, 168-179. VDLUFA-Verlag, Darmstadt. ISBN 978-3-941273-07-8.
- HEINEMEYER, O., INSAM, H., KAISER E. A. AND WALENZIK, G., 1989: Soil microbial biomass and respiration measurements: An automated technique based on infra-red gas analysis. *Plant and Soil* 116, 191-195.
- SCHINNER, F., ÖHLINGER, R., KANDELER, E. UND MARGESIN, R., 1993: *Bodenbiologische Arbeitsmethoden.* Springer-Verlag, Berlin.
- SCHINNER, F. UND SONNLEITNER, R., 1996: *Bodenökologie: Mikrobiologie und Bodenenzymatik, Band II. Bodenbewirtschaftung, Düngung und Rekultivierung.* Springer-Verlag, Berlin. ISBN 3-540-61023-5.

Gülleeffekte auf die Bodenqualität, bewertet mit SALCA, der schweizerischen Ökobilanzmethode

Oberholzer, H.R.

Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Zürich,

hansrudolf.oberholzer@art.admin.ch

Abstract

In der Methode „Bodenfruchtbarkeit“ der schweizerischen Ökobilanzmethode SALCA werden Auswirkungen von Güllegaben auf Bodenorganismen und die organische Bodensubstanz über die Zufuhr von organischer Substanz positiv, allfällig toxische Wirkungen auf die Regenwürmer negativ bewertet.

Keywords: Bodenfruchtbarkeit, Ökobilanz, Gülle, Humusbilanz

Einleitung

Bei der Beurteilung von Landwirtschaftsbetrieben mittels Ökobilanzmethoden ist es wichtig, dass neben den traditionellen Wirkungskategorien der Ökobilanz wie Energie, Toxizität etc. auch die Auswirkungen auf die sogenannten Lebensraumfunktionen Bodenfruchtbarkeit, Biodiversität und Landschaft berücksichtigt werden. Innerhalb der schweizerischen Ökobilanzmethode SALCA (Swiss Agricultural Life Cycle Assessment) wurde deshalb die Methode „Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit in Ökobilanzen (SALCA-SQ)“ entwickelt, mit dem Ziel, die mittel- und langfristigen Auswirkungen von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Bodenfruchtbarkeit nach einer genau beschriebenen Vorgehensweise nachvollziehbar zu erfassen und zu beurteilen (OBERHOLZER *et al.* 2006). In diesem Beitrag werden die in SALCA-SQ berücksichtigten Auswirkungen der Anwendung von Gülle auf die Bodenqualität dargestellt.

Methode

In SALCA-SQ wird die Bodenqualität anhand von 9 Indikatoren beurteilt, die grundsätzlich messbar sind und sich eignen, die mittelfristigen Auswirkungen von Bewirtschaftungsmaßnahmen zu erfassen (*pflanzennutzbare Gründigkeit, Grobporenvolumen, Aggregatstabilität, organische Bodensubstanz, Schwermetalle, organische Schadstoffe, Regenwurmbiomasse, mikrobielle Biomasse und mikrobielle Aktivität*). Kurzfristig beeinflussbare Bodeneigenschaften wie Nährstoffgehalte und pH-Wert oder nicht veränderbare Eigenschaften wie die Körnung eines Bodens werden nicht als Indikatoren verwendet. Bei einer Ökobilanzierung werden die Indikatoren nicht gemessen, sondern die Auswirkungen auf die Indikatoren abgeschätzt. Dazu werden sämtliche Bewirtschaftungsmaßnahmen eines Landwirtschaftsbetriebes in einem Inventar erfasst und vergleichbare Wirkungen sogenannten Wirkungsklassen zugeordnet. Die Auswirkungen dieser Wirkungsklassen auf die einzelnen Indikatoren werden schliesslich beurteilt. Die Beurteilung erfolgt grundsätzlich basierend auf dem aktuellen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse und praktischen Erfahrungen, konkrete Entscheidungen zu quantitativen Zusammenhängen oder Festlegungen von Schwellenwerten wurden auf Grund von Expertenwissen getroffen. In Abb. 1 wird das Vorgehen zur Abschätzung der Bewirtschaftungseffekte am Beispiel einer Güllegabe dargestellt. Güllegaben können Bei-

träge zu mehreren Wirkungsklassen leisten, wobei eine Wirkungsklasse speziell auf Güllewirkungen bezogen ist (toxische Effekte der Gülle), während zu andern Wirkungsklassen auch weitere Bewirtschaftungsmassnahmen beitragen können. Die Wirkungsklassen selbst können sich wiederum auf einen oder mehrere Indikatoren auswirken.

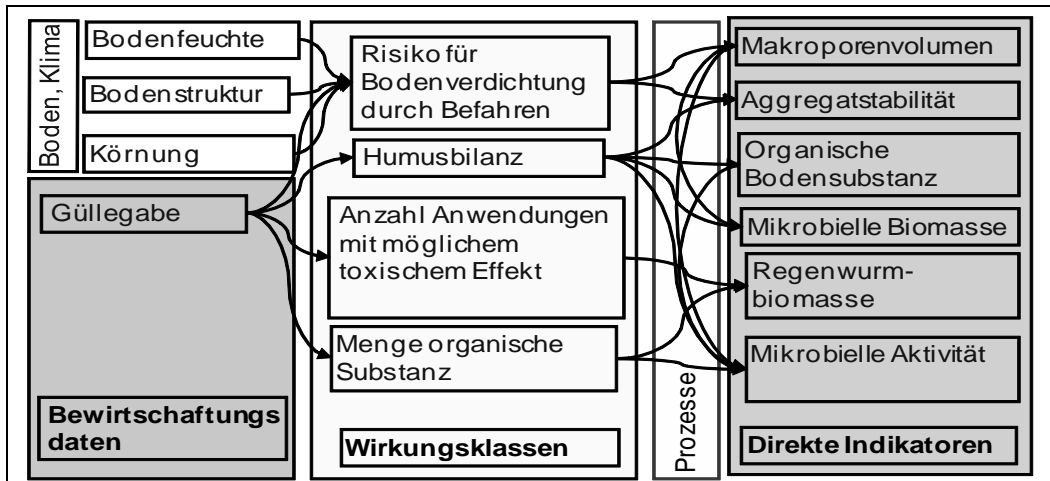


Abb. 1: Vorgehen zur Wirkungsabschätzung in SALCA-SQ am Beispiel einer Güllegabe

Beurteilung von Güllewirkungen in SALCA-SQ

Die erste mögliche Wirkung einer Güllegabe, falls die Gülle mit einem Güllefass ausgebracht wird, ist eine Bodenverdichtung. Das Risiko einer Bodenverdichtung wird anhand des Gewichtes von Traktor und Güllefass, der Bereifung und des aufgrund von Körnung, Standortklima und Ausbringdatum ermittelten Bodenfeuchtezustandes abgeschätzt. Die Abschätzung des Verdichtungsrisikos wird in diesem Beitrag nicht weiter erläutert, da das Vorgehen nicht spezifisch für Güllegaben ist, sondern generell bei Befahrungen –v.a. ausgeprägt bei Transport- und Erntearbeiten - auftritt. Im Weiteren trägt Gülle zum Humusgehalt des Bodens bei, kann durch toxische Wirkung direkt oder indirekt Regenwürmer schädigen und beeinflusst auch die Ernährung und somit die Aktivität der Bodenorganismen.

Humusbilanz

Die Wirkung von Gülle auf den Humusgehalt wird mit einer Humusbilanz abgeschätzt. In SALCA-SQ wird die Humusbilanz nach NEYROUD (1997) berechnet. Bei dieser Methode wird der Humusverlust durch Mineralisation abhängig von Bodeneigenschaften und Fruchtfolge berechnet und die Humusneubildung aus Ernterückständen der Kulturen sowie aus der Zufuhr durch organische Dünger ermittelt. Für Gülle wird angenommen, dass pro m³ unverdünnte Rindervollgülle 25 kg Humus (organische Bodensubstanz) gebildet werden. Eine Verdünnung der Gülle bedingt durch das Aufstallungssystem bzw. das Reinigungs- und Meteorwasser wird zusätzlich berücksichtigt. Harngülle bzw. kotarme Gülle trägt nach dieser Methode nicht wesentlich zur Humusneubildung bei. Die Humuswirkung von Schweinegülle und anderen Güllearten, die in der Methode von Neyroud nicht enthalten sind, wurde in SALCA-SQ aufgrund der Unterschiede im Gehalt an organischer Substanz sowie der Bewertung in der VDLUFA-Humusbilanz abgeschätzt.

Toxische Wirkung von Gülle auf Regenwürmer

Eine Umfrage bei Experten und landwirtschaftlichen Beratern zu positiven und negativen Bewirtschaftungseffekten ergab eine häufige Nennung potentiell negativer Wirkungen von Güllegaben auf Regenwürmer. Wissenschaftliche Studien zu diesem Thema und insbesondere quantitative Abschätzungen der Schädigung von Regenwurmpopulationen konnten jedoch nicht gefunden werden; das Thema wird in Forschung und Beratung kontrovers diskutiert. Neben der tatsächlichen Gefahr, dass Gülle schädigend wirken kann, wird betont, dass sachgerechte Güllendüngung mit nicht toxischer bzw. nicht ätzender Gülle die Regenwürmer nicht schädigt. In SALCA-SQ wurde das Risiko einer potentiellen Schädigung der Regenwürmer berücksichtigt. Dabei wurde angenommen, dass für Ackerflächen (inklusive Kunstwiesen) mehr als eine Anwendung pro Jahr für eine negative Beeinflussung der Regenwurmpopulation erforderlich ist.

Zufuhr organischer Substanz

Gülle hat einen primär positiven Einfluss auf die Bodenqualität, weil damit sowohl organische Substanz wie auch Nährstoffe in den Boden eingebracht werden. Nährstoffe werden in SALCA-SQ nicht betrachtet, weil sie bei allfälligem Mangel kurzfristig eingebracht werden können und damit der Mangel im Normalfall behoben ist. Die organische Substanz wird einerseits im Rahmen der Humusbilanz bewertet; dabei wird die Humusbildung aus der organischen Substanzen betrachtet. Daneben bildet die organische Substanz aber auch die Lebensgrundlage der Bodenorganismen, und zwar sowohl der Bodentiere wie auch der Bodenmikroorganismen. Es ist allgemein bekannt und mehrfach in wissenschaftlichen Untersuchungen gezeigt worden, dass organische Düngung die Bodenorganismen fördert und dadurch beispielsweise Prozesse wie die N-Mineralisierung verstärkt werden. Spezifische Wirkungen von Gülle im Vergleich zu anderen organischen Düngern sind nicht so eindeutig. Insgesamt weisen publizierte und eigene Messergebnisse darauf hin, dass Gülle wegen des höheren Anteils an leicht umsetzbarer organischer Substanz und schnell wirksamem Stickstoff die Umsatzleistungen eines Bodens, d.h. die bodenbiologische Aktivität, stärker fördert als die Menge der Bodenmikroorganismen (SCHINNER UND SONNLEITNER, 1996, OBERHOLZER, 2004). In SALCA-SQ wird als „Norm“ eine Bewirtschaftung nach den in der Schweiz geltenden Regeln des ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN), die den Anforderungen der Cross Compliance entsprechen, betrachtet. Bei einer vorwiegend mineralischen Düngung wird angenommen, dass die organische Substanz von Ernteresten für eine ausreichende Ernährung der Bodenorganismen ausreicht und für mässige Gaben von Gülle bzw. anderen Hofdüngern werden ebenfalls keine speziellen Auswirkungen auf die Bodenorganismen erwartet. Erst bei sehr hohen Güllegaben, d.h. wenn mehr als 1800 kg organische Substanz pro ha (entspricht dem Anfall von 1.4 DGVE oder ca. 110 kg N) in Form von Gülle ausgebracht werden, wird von einer Förderung der mikrobiellen Aktivität ausgegangen.

Weitere Wirkungen von Fremdstoffen

In der Gülle können auch ausgeschiedene Wirkstoffe von Tierarzneimitteln oder als Futterzusatz verwendete Schwermetalle vorkommen. Die Schwermetalle werden innerhalb von SALCA in Form einer Schwermetallbilanz auf Betriebsebene und damit die in der Gülle vorhandenen Schwermetalle bereits beim Zukauf von Futtermitteln bzw. Futtermittelzusätzen erfasst. Obwohl Auswirkungen von Arzneimitteln, insbesondere Antibiotika und hormonaktive Stoffe, auf die Umwelt und dabei v.a. auf aquatische Organismen ein ernst zu nehmendes Problem darstellen können, werden sie innerhalb von

SALCA-SQ nicht berücksichtigt, weil diese Effekte auf die Bodenindikatoren im Vergleich zu den andern Bewirtschaftungsauswirkungen eher als gering einzuschätzen sind.

Literatur

- NEYROUD, J.-A., 1997: La part du sol dans la production intégrée 1. Gestion de la matière organique et bilan humique. *Revue suisse d'agriculture* Vol. 29(1), 45-51.
- OBERHOLZER, H.-R., WEISSKOPF, P., GAILLARD, G., WEISS, F. UND FREIERMUTH, R., 2006: Methode zur Beurteilung der Wirkungen landwirtschaftlicher Bewirtschaftung auf die Bodenqualität in Ökobilanzen - SALCA-SQ. Interner Bericht Agroscope FAL Reckenholz, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau; 37 S.
- OBERHOLZER, H.-R., 2004: Mikrobiologische Eigenschaften des Bodens. *Schriftenreihe der FAL* (52), 2004.
- SCHINNER, F. UND SONNLEITNER, R., 1996: *Bodenökologie: Mikrobiologie und Bodenenzymatik*. Bd. 2. Bodenbewirtschaftung, Düngung und Rekultivierung. Springer Verlag, 359 S.

Nachhaltige Grünlandwirtschaft hinsichtlich der Düngung auch mit Gülle und Gärresten aus der Sicht der Nährstoffe C, N, P (und S)

Isermann, K. und Isermann, R.

Büro für Nachhaltige Ernährung, Landnutzung und Kultur (BNELK)

isermann.bnla@t-online.de

Abstract

Dargestellt am Beispiel der Milchviehhaltung der Grünlandwirtschaft in Deutschland und Bayern (jeweils 2005) bewirken im Vergleich zum nachhaltigen Viehbesatz von 1 GV/ha und ebensolchem insgesamtem Viehbestand entsprechend 0,1 GV = 50 kg Lebendgewicht / Einwohner a die nichtnachhaltige Düngeverordnung (DÜV 2007) maximal durchschnittlich z.B. in Bayern das 5,1fache der Emissionen von reaktivem C, N, P unter Aufrechterhaltung der um 58% (Deutschland) bzw. 68% (Bayern) viel zu hohen Tierbestände, gemessen am Bedarf der Bevölkerung und dementsprechend die DÜV-stützende ebenso nichtnachhaltige Vorstellungen von SPIEKERS *et al.* (2009) um das 4,1fache bei jeweils vergleichbaren N- und P-Effizienzen hinsichtlich der Ernährung der Tiere von ca. 22 bzw. 36%. Ergänzende Betrachtungen werden zur Humusbilanz und zur angeblich dauerhaften C-Senkenwirkung des Grünlandes sowie zur optimalen P-Versorgung der Grünlandböden gemacht, insgesamt auch vor dem Hintergrund der Neuorientierung der GAP der EU ab 2013 mit dem „Greening“ in der 1. und 2. Säule bezüglich der Zahlungen der EU an die Landwirtschaft.

Keywords: Nachhaltige Milchviehhaltung, Grünlandwirtschaft, C-, N-, P-Emissionen

Einleitung

Differenziert nach Schnitt-, Weide- und Mähweide-Nutzung muss der Einsatz von Gülle und Gärresten auf dem Grünland den Anforderungen einer nachhaltigen Ernährungs- und Bioenergie-Wirtschaft gerecht werden. Dieser muss also sowohl aus ökologischer (Konsistenz), sozialer (Suffizienz) als auch ökonomischer (Effizienz) Sicht vornehmlich hinsichtlich der Nährstoffe C, N, P (und S) sowie ihrer Emissionen an reaktiven Verbindungen (CO₂, CH₄, NO₃, NH₃, N₂O, NO, Ortho-P, Gesamt-P) diesen Anforderungen genügen. Diese Emissionen schädigen (in-)direkt im Übermaß sowohl die Umwelt (Versauerung, Eutrophierung, Biosphäre / Artenvielfalt) und das Klima und somit auch die Mitwelt und Nachwelt.

Material und Methoden

Auf der Grundlage von DÄMMGEN (2007) hinsichtlich Daten zur Tierhaltung und Emissionsfaktoren bezüglich C und N sowie KTBL (2005) hinsichtlich P wurden C-, N-, P-Bilanzen für den Grünlandbetrieb in Deutschland und Bayern erstellt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Betrachtungen werden hier beispielhaft für die Milchviehhaltung der Grünlandwirtschaft in Deutschland und in Bayern (jeweils 2005) gemacht. In Deutschland sind hinsichtlich des ausgeschiedenen N ca. 60% güllebasiert, in Bayern ca. 65%. – Doch weitgehend unabhängig von der Art der Wirtschaftsdünger (Gülle, Stallmist, vergleichbare Gärrestmengen) bewirkt die extrem nichtnachhaltige Düngeverordnung (DÜV 2007) im

Vergleich zu einem nachhaltigen Viehbesatz von maximal 1,0 GV/ ha sowie (dementsprechend) auch eines nachhaltigen Viehbestandes von 0,1 GV entspr. 50 kg LG / Einwohner (ISERMANN UND ISERMANN, 2009) maximal durchschnittlich z.B. in Bayern das 5,1fache an (potentiellen) Emissionen von gasförmigem N (NH_3 -, N_2O -, NO -, $\text{N}_2\text{-N}$), N-Austräge in die Hydrosphäre, Treibhausgasen (N_2O , CH_4) sowie P-Austrägen (Tab. 1). Zudem erhält die DÜV die um 56 % (Deutschland) bzw. 68% (Bayern) viel zu hohen Viehbestände aufrecht. Mit dem Vorsatz gar noch der Stützung dieser nichtnachhaltigen DÜV durch SPIEKERS *et al.* (2009) und trotzdem der Zielsetzung angeblicher Nachhaltigkeit bewirken angeblich in Bayern (un-)“mögliche“ Viehbesatzdichten von maximal 5,2 GV-Äquivalenten/ha eine diesbezügliche (potentielle) Mehremission von durchschnittlich dem 4,1fachen im Vergleich zu 1 GV/ha (Tab.2). Die N- und P-Effizienzen bezüglich der Tierernährung hier in Deutschland und Bayern von ca. 22 bzw. 36% werden durch die DÜV und Bestrebungen von SPIEKERS *et al.* (2009) nur unwesentlich verändert. (Tab. 1 u. 2). Nur durch Einsatz von Gülle und Gärresten sind im Gegensatz zu Stallmist solche nicht tolerierbaren Viehbesatzdichten bzw. Intensitäten erst möglich. – Auch im Gegensatz zur ackerbaulichen Nutzung (z.B. Entwurf VDLUFA-Standpunkt „Humusbilanzierung“) bestehen bei Grünlandbewirtschaftung (noch) keine Vorstellungen über optimale Humuszustände hinsichtlich Humus-Mengen (Gehalte x Mächtigkeiten), -Qualitäten (z.B. C/ N/P-Verhältnissen) und –Formen sowie deren Aufrechterhaltung mit entsprechenden Humusbilanzen. Im Gegensatz zur Düngung mit Stallmist führt die Düngung mit Gülle und Gärresten bei ackerbaulicher Nutzung einerseits bei optimaler N-Düngung zu C-Mangel bzw. andererseits bei optimaler C-Zufuhr zu nicht tolerierbaren N- und P Überschüssen vor dem Hintergrund eines maximal tolerierbaren Viehbesatzes von 1 GV/ha mit Nährstoffen optimal versorgter LF. Dieser im Ausmaß weniger zutreffende Sachverhalt ist auch für die Grünlandbewirtschaftung zu klären und zwar für die Nährstoffe C, N, P (und S) und ihren Emissionen an reaktiven Verbindungen vor dem Hintergrund entsprechender kritischer Eintragsmengen und –raten in Pedosphäre, Hydrosphäre und Atmosphäre. Wie im Ackerbau bereits seit 25 Jahren offensichtlich, aber im Hinblick auf die Aufrechterhaltung der nunmehr definierten Massentierhaltung mit > 1 GV/ha und > 0,1 GV/Einwohner nicht umgesetzt, ist auch für die Grünlandbewirtschaftung zu klären, ob auch dort nicht eine P-Versorgung der Böden aus nachhaltiger Sicht von 3-5 mg CAL/DL-P/100g Boden bereits optimal ist. Dies gilt insbesondere hinsichtlich der Tatsache, dass organischer P ebenso pflanzen- und umwelt-verfügbar ist wie anorganisches P, also bei der P-Düngeempfehlung und bei der P-Bilanzierung Berücksichtigung finden müssen. Die o.e. Wirtschaftsweisen und Sachverhalte müssen auch vor dem Hintergrund der angeblich „dauerhaften“ Senkenwirkung des Grünlandes hinsichtlich $\text{CO}_2\text{-C}$ gesehen werden. Diese Senkenwirkung wird bezüglich der (in-)direkten Klimarelevanz ohnehin durch Emissionen des Grünlandes an CH_4 , NO_3 , NH_3 , N_2O , NO überkompensiert und dieses somit zur Quelle von Treibhausgasen. Große politische Bedeutung erlangen die o.e. Sachverhalte und Anforderungen an eine nachhaltige Grünlandwirtschaft anlässlich der Neuorientierung der GAP der EU ab 2013 mit entsprechender Agrarreform, insbesondere auch hinsichtlich des „Greening“ in der 1. und 2. Säule entsprechender Zahlungen der EU an die Landwirtschaft vor dem Hintergrund des Rechtsanspruches des Steuerzahlers: „Öffentliche Gelder nur noch für entsprechende geldwerte öffentliche Leistungen“ nunmehr unter Gleichstellung von Grünland- und Ackerlandbewirtschaftung im internationalen Konsens der EU-27.

Literatur

- DÄMMGEN, U., 2007: Berechnungen der Emissionen aus der Landwirtschaft – Nationaler Emissionsbericht 2007 für 2005, 347 S.
- ISERMANN, R. UND ISERMANN, K., 2009: Nachhaltige Tierkonsumtion und –Produktion und deren Umsetzung in Deutschland und EU-27 als Grundvoraussetzungen nachhaltiger Nährstoff-Haushalte im Ernährungsbereich. VDLUFA-Schriftenreihe Bd. 65/2009, 247-256
- KTBL, 2005: Faustzahlen für die Landwirtschaft . Selbstverlag Münster-Hiltrup, 1095 S.
- SPIEKERS, H., DORFNER, G. UND DIEPOLDER, M., 2009: Effiziente und nachhaltige Grünlandnutzung mit Rindern im Alpenvorland. VDLUFA-Schriftenreihe Bd. 65 / 2009, 131-143

Tab.1: Jährliche N-Bilanz, Treibhauspotential und P-Bilanz der Milchviehhaltung im Grünlandbetrieb von Deutschland und Bayern (2005)
 A) Nachhaltig mit 1 GV/ha von 1 Produktionseinheit (1 Kuh + 0,45 aufgezogene Färsen)
 B) Im Vergleich zum nichtnachhaltigen „ordnungsgemäßen“ Besatz der DUV (2007) von 3,2 bis 5,1 GV/ha

Region	A) Nachhaltig: 1 GV / ha		B) nicht nachhaltig „ordnungsgemäß“ nach DUV (2007)			
	Deutschland	Bayern	Deutschland		Bayern	
1. N-Zufuhr bzw. N-Ausscheidung [kg N/ ha]	52,6 / 96	44,9 / 82	170 / 310	230 / 420	170 / 310	230 / 420
2. N-Zufuhr in GV-Äquivalenten	1,0	1,0	3,2	4,4	3,8	5,1
3. N-Entzüge [kg N / ha]	27	22	88	121	85	114
4. N-Zufuhr mit Futter [kg N/ ha]	123	104	398	541	395	534
5. N-Effizienz Tierernährung [%]	22,0	21,2	22,3	22,3	21,5	21,5
6. Gasförmiger N [kg N/ha]	43	37	138	189	149	187
7. ...davon NH ₃ -N [kg N / ha]	28	24	88	123	91	121
8. N-Zufuhr in den Boden [kg N / ha]	53	45	168	232	170	229
9. N-„Verbleib“ im Boden [kg/ha]: (Im-)Mobilisation + Erosion, Oberflächenabfluss, Auswaschung	26	23	80	111	85	115
10. N ₂ O-N [kg N / ha]	2,1	1,8	6,7	9,3	6,8	9,2
11. CH ₄ [kg / ha]	113	96	360	495	366	492
12. CO ₂ -Eq [kg CO ₂ / ha]	3 808 (7,6)	3 234 (6,4)	12 069 (7,5)	16 726 (7,6)	12 339 (6,4)	16 621 (6,4)
13. Lebendgewicht [kg / ha]	500 (1,0)	500 (1,0)	1 600 (1,0)	2 220 (1,0)	1 915 (1,0)	2 570 (1,0)
14. kg CO ₂ – Eq / kg Lebendgewicht ¹⁾	7,6 ¹⁾	6,5	7,6	7,6	6,5	6,5
15. kg Milch / ha	4 746	3 794	12 141	20 882	14 417	19 349
16. CO ₂ -Eq / kg Milch	0,80	1,17	0,99	0,80	0,85	0,85
17. P-Entzüge [kg P / ha]	5,2	4,7	16,6	22,9	17,9	23,0
18. P-Ausscheidung [kg P / ha]	13,7	10,2	43,8	60,3	38,8	52,0
19. P-Zufuhr mit Futter [kg P / ha]	18,9	14,9	60,5	83,2	56,6	76,0
20. P-Effizienz-Tierernährung [%]	27,5	31,5	27,4	27,5	31,6	30,3
21. P im Boden = P-Ausscheidung (16.)	13,7	10,2	43,8	60,3	38,8	52,0
22. P-„Verbleib“ im Boden [kg/ha]: (Im-)Mobilisation + Erosion, Oberflächenabfluss, Auswaschung	8,5	5,5	27,2	37,4	20,9	29,0

re1353a

¹⁾ Vergleiche: Die gewichtsspezifische CO₂-Eq-Emission von :

1 GV = 1 PE (0,61 Kühe + 0,27 Färsen) ist mit 7,62 CO₂-Eq / kg Lebendgewicht (z.B. Deutschland)

a) 3,4-fach so hoch wie jene 1 Autos mit 1,34 kg CO₂ / kg (Honda Jazz: 1,1 t; 12 000 km / a; 5,3 l / 100 km; 123 g CO₂ / km)

b) 19,5-fach so hoch wie jene 1 Panzers mit 0,39 kg CO₂ / kg (M48: 60 t ; 2 500 km /a; 400 l / 100 km; 9 280 g CO₂ / km)

Tab. 2: N-Bilanz, Treibhauspotential und P-Bilanz der Milchviehhaltung im Grünlandbetrieb in Bayern:

A) Nachhaltig mit einem Besatz von 1 GV/ha = 0,66 Produktionseinheiten (PE/ha) (Ist 2005)

B) Nichtnachhaltigkeit bzw. zukünftig (un-)möglich“ nach Spiekers et al. (2009) mit 1,00 bis 1,71 PE/ha

Besatzdichten	A) Nachhaltig: (Ist-2005) 1GV = 0,66 PE/ha	B) Nichtnachhaltig bzw. (un-)möglich“ nach Spiekers et al. (2009)			
		1 PE= 1 Kuh+0,35 aufgezogene Färse	1,09 PE / ha	1,39 PE / ha	1,71 PE / ha
1. Viehbestände:					
1.1 Verhältnisse: Kuh / Färse	1,0 / 0,35	1,0 / 0,35	1,0 / 0,35	1,0 / 0,35	1,0 / 0,35
1.2 Anzahl : Kuh / bzw. Färse	0,66 / 0,23	1,0 / 0,35	1,09 / 0,38	1,39 / 0,49	1,71 / 0,60
1.3 Milchleistungen: a) je Kuh [kg /ha] b) je ha [kg]	5931 3 912	8 000 8 000	8,000 8 720	8 000 11 120	8 000 13 680
1.4 Lebendgewicht / bzw. Anzahl GV	500 / 1,0	757 / 1,51	825 / 1,65	1 052 / 2,10	1 294 / 2,59
2. N-Entzüge [kg / ha]	22	45	49	63	77
3. N-Ausscheidungen	81	144	157	200	246
4. N-Zufuhr mit Futter [kg N/ha]	103	189	206	273	323
5. N-Effizienz Tierernährung [%]	21,4	23,8	28,8	23,8	23,8
6. Gasförmiger N [kg N / ha]	36	65	71	90	111
7. ...davon NH ₃ – N [kg N / ha]	23	43	46	59	72
8. Zufuhr N in Boden [kg N / ha]	45	79	86	110	135
9. N-Düngebedarf [kg N/ha]	k. A.	(22)	24	77	104
10. Gesamt-Zufuhr N in Boden [kg N/ha]	45	101	110	187	235
11. N-„Verbleib“ im Boden [kg N/ha]: Im-(Mobilisation + Erosion, Oberflächenabfluss Auswaschung	23	56	61	124	158
12. N-Effizienz (Gesamt) [%]	27,1	27,1	27,0	22,7	22,0
13. N ₂ O – N [kg/ha]	1,8	4,0	4,4	7,5	9,4
14. N ₂ O [kg N / ha]	2,8	6,3	6,9	11,8	14,8
15. CH ₄ [kg / ha]	96	146	159	203	250
16. CO ₂ –Eq [kg / ha]	3 234	4 842	5 286	8 591	10 660
17. CO ₂ – Eq / kg Lebendgewicht [kg / kg]	6,5	6,4	6,4	8,2	8,2
18. CO ₂ – Eq / kg Milch [kg / kg]	0,83	0,61	0,61	0,77	0,78
19. P-Entzüge [kg / ha]	4,3	8,6	9,4	12,0	14,7
20. P-Ausscheidung [kg / ha]	10,7	19,7	21,5	27,8	33,7
21. P-Düngebedarf [kg / ha]	k. A.	(4,0)	4,3	6,5	7,0
22. Gesamt-P-Zufuhr in Boden [kg / ha]	10,7	23,7	25,8	34,3	40,7
23. P-Effizienzen a) Tierernährung [%]	28,7	30,4	30,4	30,4	30,4
b) Insgesamt [%]	40,1	36,2	36,4	35,0	36,1
24. P-„Verbleib“ im Boden [kg P / ha] = (Im-)Mobilisation + Erosion, Oberflächenabfluss, Auswaschung	6,4	15,1	16,4	22,3	26,0

re1352a

Nährstoffinputs. -outputs und N-Verluste zweier überbetrieblich betriebener NawaRo-Biogasanlagen im süddeutschen Raum

Möller, K., Schulz, R. und Müller, T.

Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Fachgebiet Düngung mit Bodenchemie, Universität Hohenheim, Fruhwirtstr. 20, 70593 Stuttgart

kurt.moeller@alumni.tum.de

Abstract

Es wurden die Nährstoffflüsse in zwei zentral betriebenen nicht-landwirtschaftlichen Biogasanlagen in Ostbayern erfasst. Zudem wurden Daten zur Nährstoffbilanzierung von zuliefernden Betrieben erhoben. Beide Anlagen wurden überwiegend mit Silomais und mit Grasaufwüchsen betrieben. Die geschätzten gasförmigen Gesamt-N-Verluste betragen etwa 20–25%. Ein erheblicher Anteil der Gärreste wird zu ungünstigen Zeitpunkten ausgebracht. Durch gezieltes Substratmanagement können hier bedeutende Verbesserungen erzielt werden. Der Vergleich der Bilanzen der substratzuliefernden landwirtschaftlichen Betriebe aus der Umgebung weist auf einen deutlichen Anstieg der Silomaisfläche und auf eine Verminderung des Anbaus von Getreide und Raps hin. Die Nährstoff- und Humusbilanzierung zeigt sinkende Salden für die Humus- und Kaliumbilanz.

Keywords: Biogasgärung, Stickstoff, Nährstoffbilanzen

Einleitung

Ausgehend von der Novellierung des EEG im Jahre 2004 wurden in den vergangenen Jahren eine große Anzahl von Biogasanlagen errichtet, die vornehmlich mit Energiefrüchten beschickt werden. Es wurden auch einige nicht-landwirtschaftliche Anlagen in Betrieb genommen, die zentral betrieben von den umliegenden landwirtschaftlichen Betrieben Substrate (z.B. Silo- bzw. Energiemais) beziehen, und die Gärreste wieder zurückführen. Dies führt zu teilweise gravierende Veränderungen der Anbaustruktur und der Nährstoffflüsse in den betroffenen Betrieben. Bislang liegen kaum Daten über die durch Einführung der Biogastechnologie ausgelösten Veränderungen in landwirtschaftlichen Betrieben vor. Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, die Nährstoffinputs und -outputs von zwei zentral betriebenen Biogasanlagen im Jahreslauf und die Konsequenzen für die Nährstoffkreisläufe und die Düngung zu erfassen. Zudem wurden auf 14 ausgewählten Betrieben die Veränderungen in Anbaustruktur, Humus- und Nährstoffbilanzen ermittelt.

Material und Methoden

Im Rahmen dieser Studie wurde das gesamte Vergärungsverfahren einschließlich der Substratwahl von zwei außerlandwirtschaftlichen, zentral betriebenen Biogas-anlagen in der Oberpfalz/Bayern erfasst, die ihre Substrate von zahlreichen Betrieben aus der Umgebung beziehen (Gesamtfläche ca. 2100 ha LN) und im Gegenzug Gärreste an diese Betriebe liefern (weitere Details siehe MÖLLER *et al.* 2010). Die Leistung der kleineren dieser Anlagen beträgt ca. 700 kWel, die der größeren ca. 4 MWel. Bei beiden Anlagen erfolgt am Ende des Vergärungsprozesses eine fest-flüssig-Trennung der Gärreste. Die daraus gewonnenen Fugate und Feststoffe werden teilweise mehrere Monate vor ihrer

Ausbringung zwischengelagert. Neben der Erfassung der Daten direkt an der Anlage wurden 14 substratliefernde landwirtschaftliche Betriebe mittels eines Fragebogens und persönlicher Gespräche befragt, um die Veränderungen des Anbausystems, der Nährstoff- und Humusbilanzsalden durch die teilweise oder vollständige Umstellung der Betriebe auf einen Energiepflanzenanbau zu erfassen (weitere Details: MÖLLER *et al.*, 2011).

Ergebnisse und Diskussion

Energiemais (65-75% der Trockenmasseinputs) und Gras (ca. 20% der TM-Inputs) waren die wichtigsten Inputs der beiden Biogasanlagen, wobei Gras vornehmlich über die Sommermonate vor der Ernte des Mais im Herbst vergoren wurde. Bei der größeren der beiden Anlagen wurden im Erfassungszeitraum pro Jahr ca. 380 Tonnen Stickstoff umgesetzt, knapp 75% davon werden über die Fugate auf die Felder zurückgeführt, ca. 25% sind in den Feststoffen enthalten. Die Abschätzung der N-Verlustströme während Lagerung und Ausbringung ergab, dass ca. 20-25% des N während der Gärrestlagerung und nach der Ausbringung gasförmig als Ammoniak und Lachgas entweichen (siehe MÖLLER *et al.*, 2010). Ursächlich hierfür sind bei den separierten Feststoffen v.a. hohe N-Verluste während der Lagerung, und bei den Fugaten die N-Verluste nach der Ausbringung. Aus den Auswertungen geht ferner hervor, dass nur ca. 50% des Stickstoffs für die Düngung im Frühjahr bereit standen, und 30% des N bei der Gärrestlagerung im Herbst (=Schaffung freier Lagerkapazität für das Winterhalbjahr) ausgebracht wurden. Ferner war das C/N-Verhältnis der Gärreste im Frühjahr niedriger als im Herbst. Aus pflanzenbaulicher Sicht sollte allerdings ein möglichst hoher Anteil des Stickstoffs für die Frühjahrsdüngung bereit stehen, und die Gärreste sollten gerade im Frühjahr das engste C/N-Verhältnis aufweisen. Aus Modellrechnungen (siehe MÖLLER *et al.*, 2010) geht hervor, dass durch eine einfache Optimierung der Substratbeschickung der Biogasanlage (Vergärung von N-reichen Substraten wie Grassilagen und ggf. Getreide bevorzugt im Spätherbst und Winter) die N-Bereitstellung für die Frühjahrsdüngung um 10 auf 60% erhöht, die im Herbst ebenso um ca. 10 auf 20% reduziert und zugleich ein engeres C/N-Verhältnis der organischen Düngung im Frühjahr erreicht werden könnte.

Die Erhebung auf 14 der zuliefernden Betriebe ergab, dass nach Einführung der Biogasanlagen eine deutliche Ausweitung des Maisanbaues (Erhöhung von 20% der Ackerfläche auf 50%) zulasten des Anbaus von Getreide und Blattfrüchten eingetreten ist. Die durchschnittlichen Humusbilanzsalden sanken um ca. 10%, bei den Nährstoffbilanzen wurde nur beim Nährstoff K eine deutliche Verminderung der Bilanzsalden festgestellt (siehe auch MÖLLER *et al.*, 2011). Die Einführung von Biogasanlagen begründet Anbausysteme mit sehr intensiven Nährstoffkreisläufen. Zudem unterscheidet sich die Nährstoffzusammensetzung zwischen verschiedenen Substraten z.T. erheblich, im Biogasermenter werden die Nährstoffe in einem einheitlichen Gemisch zusammengefasst und dann wieder auf die Betriebe bzw. Felder zurückgeführt. Dies kann bei langjähriger Gärrestapplikation zu Nährstoffungleichgewichten führen, wenn z.B. N- und K-reiches Gras abtransportiert wird und im Fermenter mit Substraten mit einem hohen P-Gehalt vermengt und vergoren wird. Das N:P:K-Verhältnis des daraus entstehenden Gärrestes stimmt nicht mit dem der Einzelsubstrate nicht überein. Eine Möglichkeit zur Optimierung der Nährstoffflüsse ist die fest-flüssig-Trennung der Gärreste. Dies führt zu N- und K-reichen Fugaten die in ihrer Zusammensetzung am ehesten z.B. der Zusammensetzung von Grünlandaufwüchsen gleichen, und P-reichen Feststoffen. Feststoffe sind besonders geeignet zur Ausbringung auf Ackerland (P-Gehalt, Humusersatzwirkung).

Literatur

- MÖLLER, K., SCHULZ, R. AND MÜLLER, T., 2010: Substrate inputs, nutrient flows and nitrogen loss of two centralized biogas plants in southern Germany. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 87, 307-325.
- MÖLLER, K., SCHULZ, R. AND MÜLLER, T., 2011: Effects of setup of centralized biogas plants on crop acreage and balances of nutrients and soil humus. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 89, 303-312.

Weitere schriftliche Beiträge

Versuchsergebnisse zu oberflächlichen P-Austrägen bei begüllten Grünlandflächen in Hanglage

Diepolder, M. und Raschbacher, S.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz

michael.diepolder@lfl.bayern.de

Einleitung

Wirtschaftseigener Dünger wird auf Grünland mit Schnittnutzung vorwiegend in Form von Gülle ausgebracht. Naturgemäß haben im Voralpenland und Mittelgebirgsraum viele Wiesen eine geneigte Oberfläche. Die Jahresniederschläge sind in den Regionen meist hoch, durch den Klimawandel dürfte die Wahrscheinlichkeit von Starkniederschlägen zunehmen. Daher gilt es vor allem in Hinblick auf Gewässerschutzstrategien, die Art und Höhe von P-Frachten aus praxisüblich bewirtschafteten hängigen Grünlandflächen in angrenzende Gewässer zu quantifizieren. Ebenfalls sollen datengestützte Aussagen getroffen werden, ob und inwieweit sich durch landwirtschaftliche Maßnahmen eine Reduzierung erreichen lässt. Berechnungsversuche zeigen, dass intensive Niederschläge nach Güllendüngung bei hängigem Grünland zu einem starken Anstieg des oberflächlichen P-Austrages führen, jedoch ungedüngte Randstreifen die P-Belastung signifikant mindern können (DIEPOLDER UND RASCHBACHER, 2008). Um diese unter Extremsituationen („worst case“) gewonnenen Erkenntnisse mit natürlichen langjährigen Niederschlagssituationen zu vergleichen, wurde der nachfolgend beschriebene Dauerversuch durchgeführt. Damit werden auch Untersuchungen von POMMER *et al.* (2001) fortgesetzt, die sich thematisch ebenfalls mit dem P-Austrag vom Grünland durch Oberflächenabfluss beschäftigten.

Keywords: Phosphatauswaschung, Oberflächenabfluss; Hanglagen

Material und Methoden

Der Versuch steht im Allgäuer Alpenvorland am Standort Spitalhof/Kempton (730 m ü. NN, Ø Jahresniederschlag im langjährigen Mittel 1290 mm, Ø Jahrestemperatur 7,0 °C). Der ortsfeste Dauerversuch besteht aus vier 30 m breiten und 70 m langen Parzellen. Er ist auf einer Grünlandfläche mit 14 % Hangneigung und gleichmäßigem Relief über Parabraunerde aus Moränenmaterial angelegt. Abbildung 1 zeigt die Varianten und das Prinzip der Versuchsanlage. Die Düngung erfolgte ausschließlich in Form von Gülle zu allen vier geernteten Aufwüchsen in praxisüblicher Weise mit dem Prallteller. Damit wurden durchschnittlich pro Hektar und Jahr 49 kg Phosphor (=112 kg P₂O₅/ha) gedüngt, wobei dieser Wert geringfügig über der in Bayern veranschlagten Düngung (LFL, 2011) von Vierschnittwiesen in Gunstlagen liegt. Es wurde darauf geachtet, dass bei allen Parzellen mit dem Prallteller die gleiche Fläche gedüngt wurde, was die mineralischen Ausgleichsflächen bei der Variante „ohne Randstreifen“ (Parzellen 1 und 4) in Abbildung 1 erklärt. Um eine exaktere Abgrenzung zwischen begüllten und nicht begüllten Flächen zu gewährleisten, wurde bei allen Parzellen die Gülle auf den letzten 2,5 m quer zum Hang mit Schleppschlauchtechnik (Versuchsgesetz) ausgebracht. Einen weiteren Schutz vor Direkteinträgen bot ein schmaler ungedüngter Randstreifen von 0,5 m

Breite direkt vor der Auffangrinne. Die Abflüsse der vier Parzellen wurden in einer Auffangrinne am Hangfuß getrennt gesammelt. Von dort gelangten sie in ein in einer Grube befindliches Kippgefäß. Ein einfaches mechanisches Zählwerk registrierte jede Kippung (50 l). Außerdem wurde pro Kippung automatisch eine Probe zur Nährstoffanalyse entnommen. Die Untersuchung der Wasserproben erfolgte am Wasserwirtschaftsamt in Kempten auf Gesamt-Phosphor (TP) sowie auf „löslichen Phosphor“ (DTP), d.h. nach Passieren eines 45 µm-Filters wurde der Gesamt-P des Filtrats bestimmt. Der partikuläre Phosphor (PP) wurde aus der Differenz berechnet. Zeitpunkt und Menge der Niederschlagsereignisse registrierte eine agrarmeteorologische Messstation am Standort.

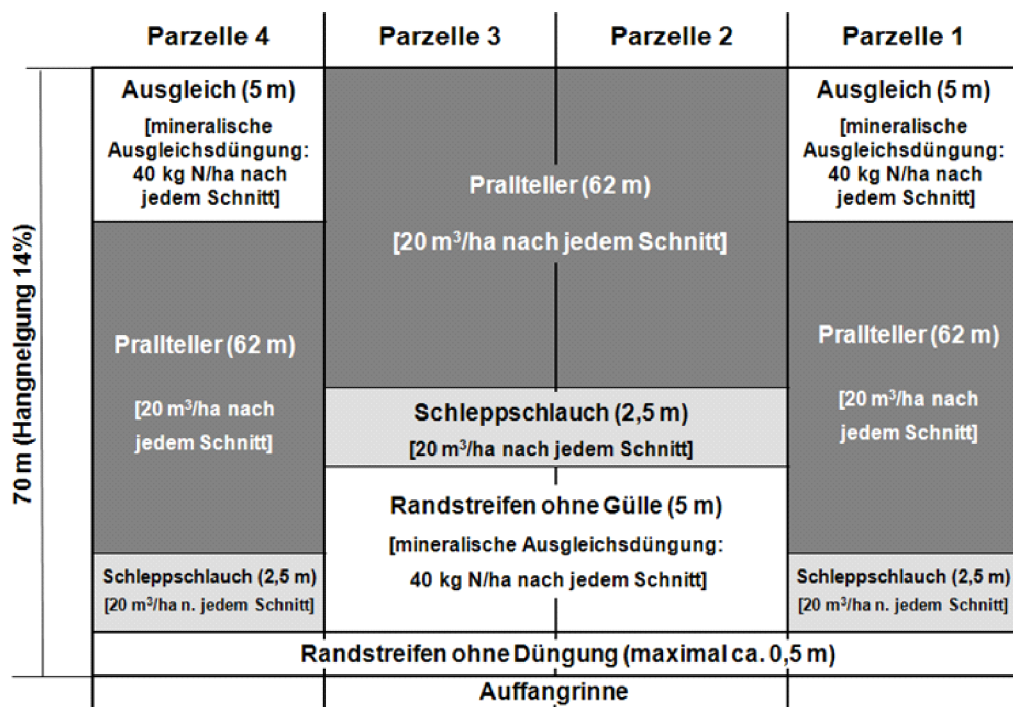


Abb. 1: Ortsfeste Versuchsanlage zur Erfassung von Oberflächenabfluss

Die Probenahme, Analyse und Auswertung umfasste drei Abstufungen: So wurden Wasserproben nach einem vorherigen Starkregenereignis extra aufgefangen. Als ein Starkregenereignis wurde definiert, wenn die Abflüsse über 2 l/m² betragen. Bei der Auswertung wurde des weiteren unterschieden, ob diesen Ereignissen ca. 1-2 Tage vorher eine Gülldüngung voranging oder diese schon länger zurücklag. Alle niedrigeren Abflüsse (unter 2 l/m²) gingen in eine Sammelprobe ein, die einmal jährlich auf TP und DTP untersucht wurde. Der dargestellte Untersuchungszeitraum umfasst die Jahre 2003-2009.

Ergebnisse und Diskussion

Niederschlag und oberflächlicher Wasserabfluss

Das mittlere Niveau der Jahresniederschläge lag im siebenjährigen Untersuchungszeitraum bei 1064 mm und damit deutlich unter dem langjährigen Standortmittel von 1290

mm a⁻¹. Ein durchschnittlicher Abfluss von 32,4 l m⁻² a⁻¹ (Tab. 1) weist darauf hin, dass unter den gegebenen Reliefverhältnissen nur ein sehr geringer Anteil (3 %) der Niederschläge direkt von der Oberfläche abfloss. POMMER *et al.* (2001) stellten am gleichen Standort bei etwas höheren mittleren Jahresniederschlägen eine Abflussrate von etwa 6 % fest. Auffallend ist, dass innerhalb des Versuches die durchschnittlichen Wasserabflüsse trotz einheitlicher Reliefstruktur in einem weiten Bereich schwankten (Tab. 2), wofür unterschiedliche Bodenverhältnisse (u.a. lokale Verdichtungen) verantwortlich waren.

Der Wasserabfluss von der Hangfläche war vorwiegend auf Starkregenereignisse zurückzuführen. Dabei ist bemerkenswert, dass solche Ereignisse im Versuchszeitraum (2003-2009) insgesamt nur 16mal auftraten. Dies entspricht nach der oben beschriebenen Definition einer durchschnittlichen „Wahrscheinlichkeit“ von 2,3 Starkregen mit Abfluss pro Jahr.

Tab. 1: Jährliche Abflussmengen, P-Frachten und errechnete durchschnittliche TP-Konzentrationen im Gesamtversuch (Mittel 2003-2009)

Herkunft Abfluss /P-Fracht	Ø Abfluss- menge [l m ⁻² a ⁻¹]	Ø P-Frachten ⁴⁾			Ø TP- Konz. ⁵⁾ [µg/l]
		DTP [g ha ⁻¹ a ⁻¹]	PP	TP	
Ohne Starkregenereignis ¹⁾	7,3	28	11	39	536
Starkregen ohne Gülledüngung ²⁾	18,6	24	6	30	162
Starkregen mit Gülledüngung ³⁾	6,5	62	16	78	1195
Σ bzw. Ø	Σ 32,4	Σ 114	Σ 33	Σ 147	Ø 454

¹⁾ Jahresproben (7)

²⁾ Proben mit Abflüssen > 2 l/m²; ohne vorherige Gülledüngung: ø 1,7 Ereignisse pro Jahr

³⁾ Proben mit Abflüssen > 2 l/m²; Gülledüngung max. 2 Tage vorher: ø 0,6 Ereignisse pro Jahr

⁴⁾ TP und DTP gemessen, PP aus Differenz: PP = TP – DTP

⁵⁾ ø TP-Konzentration: Errechnet aus ø TP-Fracht/ ø Abfluss

Tab. 2: Jährliche Abflussmengen, TP-Frachten und errechnete durchschnittliche TP-Konzentrationen der einzelnen Parzellen (Mittel 2003-2009)

Herkunft Abfluss /P-Fracht	Ø Abfluss- menge [l m ⁻² a ⁻¹]	Ø TP- Fracht [g ha ⁻¹ a ⁻¹]	Ø TP-Konzen- tration _{errechnet} [µg/l]
Parzelle 1 (ohne Randstreifen)	48,3	255	527
Parzelle 2 (mit 5 m Randstreifen)	29,0	111	383
Parzelle 3 (mit 5 m Randstreifen)	35,8	123	344
Parzelle 4 (ohne Randstreifen)	16,5	100	607
Mittel 1,4 (ohne Randstreifen)	32,4	177 ¹⁾	547
Mittel 2,3 (mit 5 m Randstreifen)	32,4	117 ¹⁾	362

¹⁾ Differenz der Mittelwerte ist nicht signifikant, siehe Text

P-Frachten, P-Fraktionen und mittlere TP-Konzentration

Aus dem Versuch wurden im siebenjährigen Mittel pro Hektar und Jahr 147 g an Gesamt-P (TP) durch Oberflächenabfluss ausgetragen (Tab. 1), wobei sich die Spannweite der P-Fracht in den Einzeljahren zwischen 29 und 318 g TP/ha bewegte. Bemerkenswert ist, dass der durch hohe Wasserabflüsse 1-2 Tage nach Gülledüngung verursachte P-Austrag an der Gesamtfracht einen mittleren Anteil von über 50% einnahm, obwohl solche Situationen im Untersuchungszeitraum nur viermal eintraten. Dies verdeutlicht den entscheidenden Beitrag einer an Wetterprognose und Bodenverhältnisse orientierten Gülledüngung auf Grünlandflächen im Hügelland für die potenzielle Reduzierung von P-Einträgen in Oberflächengewässer. Gleichfalls wie in Untersuchungen von DIEPOLDER UND RASCHBACHER (2008, 2010) mit simulierten Starkregenereignissen (künstliche Beregnung) bildete auch bei den vorliegenden, hier unter natürlichen Niederschlagsbedingungen gewonnenen Resultaten stets der „lösliche Phosphor“ (DTP) die überwiegende P-Fraktion. Dies bestätigt die These der Autoren, die einen „Auskämmeffekt“ des vorwiegend partikulären Güllephosphats durch die Grasstopeln für die Ursache halten. In Relation zum insgesamt mit der Gülle ausgebrachten Phosphor lag der Anteil des direkt durch Oberflächenabfluss in den Vorfluter eingetragenen TP in einer Größenordnung von ca. 0,3 %. Diese scheinbar geringe Menge führte jedoch zu einer mittleren TP-Konzentration im abfließenden Wasser von 454 µg TP/l (Tab. 1), welche um mehr als das 20fache über dem Grenzwert lag, den VOLLENWEIDER (1982), zit. bei POMMER *et al.* (2001) für eine tragbare Belastung des Gewässerzuflusses angibt. Natürlich ist hierbei zu berücksichtigen, dass Vorfluter kaum ausschließlich vom Oberflächenabfluss gespeist werden und dieser nur einen geringen Anteil des gefallenen Niederschlags ausmacht, selbst wenn man die Evapotranspiration mit in Kalkül bezieht. Anzumerken ist auch noch, dass mit der Versuchsanlage Wasserabflüsse und somit P-Frachten unter der Bodenoberfläche nicht erfasst werden konnten. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

Im Mittel lag die TP-Fracht bei den beiden Parzellen 2 und 3, bei denen zusätzlich vor der Auffangrinne ein 5 m breiter Randstreifen ohne Gülledüngung vorgelagert wurde (Abb. 1) um ca. ein Drittel unterhalb des Mittelwertes der beiden Parzellen ohne einen solchen Randstreifen (Tab. 2, unten). Allerdings konnte diese Differenz aufgrund der bereits erwähnten Bodenunterschiede und der nur 2 Wiederholungen pro Variante in diesem ortsfesten Versuchs statistisch nicht abgesichert werden, was sich auch anhand der Einzelwerte der TP-Frachten (siehe Tab. 2, mittlere Spalte, insb. Parzellen 1 und 4) andeutet. Setzt man jedoch die die mittleren jährlichen TP-Frachten in Relation zu den mittleren Jahresabflüssen, so fallen bei den so errechneten mittleren TP-Konzentrationen die Unterschiede der beiden Parzellen „ohne Randstreifen“ nicht so deutlich aus. Eine statistische Absicherung zwischen den Varianten unterblieb hier allerdings.

Fazit

Die Versuchsergebnisse belegen, dass P-Austräge aus Wirtschaftsgrünland in Hanglagen vorwiegend auf vergleichsweise wenigen Starkregenereignissen beruhen. Im Fall von Gülledüngung erfolgen die P-Belastungsspitzen in Oberflächengewässer hauptsächlich in Form von gelöstem und damit schnell verfügbarem Phosphor. Durch ungedüngte Randstreifen vor dem Vorfluter können die P-Austräge teilweise deutlich vermindert werden, allerdings können auch kleinräumige Bodenunterschiede diesen für den Gewässerschutz positiven Effekt überlagern.

Literatur

- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2011: Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland – Gelbes Heft, 9. Unveränderte Auflage 2011. 99. S..
- POMMER, G., SCHRÖPEL, R. UND JORDAN, F., 2001: Austrag von Phosphor durch Oberflächenabfluss auf Grünland. *Wasser & Boden*, 53/4, 34-38. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin.
- DIEPOLDER, M. UND RASCHBACHER, S., 2008: Abschlussbericht des Forschungsprojekts Saubere Seen 2002-2005. Internetangebot der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz (www.lfl.bayern.de/iab/duengung/; siehe unter Rubrik Düngung und Umwelt – Gewässerschutz).
- DIEPOLDER, M. UND RASCHBACHER, S., 2010: Projekt „Saubere Seen“ - Untersuchungen zu Phosphorausträgen aus landwirtschaftlich genutzten Flächen. Bericht über das 2. Umweltökologische Symposium „Boden- und Gewässerschutz in der Landwirtschaft“, 79-88. Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, A-Irdning.
- VOLLENWEIDER, R. AND KERKES, J., 2008: Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control. OECD Paris.

Auswirkung steigender Gaben von Rindergülle auf den Nährstoffaustrag mit dem Sickerwasser im Grünland – eine Zusammenfassung verschiedener Untersuchungsergebnisse

Bohner, A. und Eder, G.

Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein (LFZ)

andreas.bohner@raumberg-gumpenstein.at

Abstract

The results of a ten-year lysimeter study show, that high applications of cattle slurry lead to increased nutrient leaching losses from a grassland soil. In the case of a repeated fertilization with small doses (approximately 10-20 m³ diluted cattle slurry (1:1) per hectare) during the vegetation period no threat to groundwater is to be expected, if the grassland is used in a sustainable, site adapted way.

Keywords: Grünlandboden, Gölledüngung, Nährstoffauswaschung, Lysimeter

Einleitung

Zur Beurteilung einer möglichen Grundwasserbelastung durch vertikale Verlagerung gelöster Stoffe im Boden benötigt man Daten über die Qualität und Quantität des Sickerwassers unterhalb des Wurzelraumes. Nur die Lysimetertechnik bietet die Möglichkeit, den Stoffaustrag mit dem Sickerwasser unter weitgehend natürlichen Standortbedingungen zu quantifizieren (MEISSNER *et al.*, 2000). An der HBLFA Raumberg-Gumpenstein (Steiermark, Österreich) wurden bereits vor vielen Jahren verschiedene Lysimeteranlagen errichtet. Eine davon war eine vierkammerige Lysimeteranlage, die mit steigenden Gaben von Rindergülle gedüngt wurde. Über die einzelnen Untersuchungsergebnisse wurde bereits berichtet (EDER 1991, 1992, 1993). Das Ziel dieser Arbeit ist es, diese Untersuchungsergebnisse zusammenzufassen und einer breiteren Interessengruppe vorzustellen.

Material und Methoden

Die Lysimeteranlage befand sich auf dem Versuchsgelände der HBLFA Raumberg-Gumpenstein in 700 m Seehöhe. Der Standort weist ein winterkaltes, sommerkühles, relativ niederschlag- und schneereiches, kontinental beeinflusstes Talbeckenklima auf. Die Juli-Temperatur beträgt im langjährigen Mittel 16,4 °C, die Jänner-Temperatur -3,5 °C und die Jahresmittel-Temperatur 6,9 °C. Der Jahres-Niederschlag macht im Durchschnitt 1035 mm aus. Die Niederschläge sind relativ gleichmäßig über das Jahr verteilt. Die Lysimeteranlage bestand aus nicht wägbaren Schwerkraftlysimetern. Die Sickerwassergewinnung erfolgte ohne angelegten Unterdruck über Freiausläufe an der Lysimeterunterkante. Die Kammeroberfläche betrug 1 m² und die Kammertiefe 0,5 m. Die Lysimeteranlage umfasste vier Kammern, wovon drei ausschließlich mit Rindergülle gedüngt wurden, während die vierte Lysimeterkammer die ungedüngte Vergleichsvariante darstellte (Abb. 1). Der Boden in der Lysimeteranlage war eine Pararendzina aus Karbonkalken und Karbonschiefern. Die Göllegaben betragen 150, 75 und 30 m³ Rin-

dergülle, dies entsprach einer jährlichen Stickstoffzufuhr von 480, 240 und 96 kg N pro Hektar. Sie wurden in drei Teilgaben, jeweils als ein Drittel der Jahresmenge, zu den drei jährlichen Schnitten ausgebracht. Vor dem Ausbringen wurde die Rindergülle mit Wasser im Verhältnis 1:1 verdünnt. Die extrem hohe Güllegabe von 150 m³ war auch während der Untersuchungsperiode (1981-1990) nicht praxisüblich. Diese Düngungsvariante wurde allerdings im Rahmen des Bodenbelastungsversuches aus versuchstechnischen Gründen eingebaut. Auch die 240 kg N (75 m³) umfassende Güllegabe entsprach nicht den Normen der Wasserrechtsgesetznovelle 1990, die eine Höchstmenge von 210 kg N pro Hektar und Jahr vorsah. Derzeit dürfen in Österreich mit den Wirtschaftsdüngern jährlich maximal 170 kg N pro Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche ausgebracht werden.

Ergebnisse

Die Untersuchungsergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

- In allen Untersuchungsjahren wurden in der ungedüngten Lysimeterkammer auf Grund des geringeren Wasserverbrauchs durch Transpiration (geringere oberirdische pflanzliche Biomasse) die höchsten Sickerwassermengen gemessen. Die Sickerwassermengen waren generell umso niedriger, je mehr gedüngt wurde und je geringer die Jahresniederschlagssummen waren.
- Im zehnjährigen Beobachtungszeitraum verzeichnete die Lysimeterkammer mit der höchsten Güllegabe immer die größten jährlichen Nitratausträge mit dem Sickerwasser. Die Nitratausträge in den anderen drei Kammern waren mengenmäßig ähnlich und haben 10 kg NO₃ (2,26 kg NO₃-N) pro Hektar nur im Jahre 1989 in der ungedüngten Kammer (!) überschritten (Abb. 2).
- Die höchsten Nitratkonzentrationen im Sickerwasser traten in den gedüngten Varianten 1986 auf. 1986 war das Jahr mit den geringsten Niederschlägen innerhalb des zehnjährigen Beobachtungszeitraumes. Die Aufkonzentrierung resultierte primär aus den geringen Sickerwassermengen. Nur in fünf von insgesamt zehn Beobachtungsjahren wurden die niedrigsten durchschnittlichen Nitratkonzentrationen in der ungedüngten Variante gemessen. Die höchsten Konzentrationen wurden meistens, aber nicht immer, in der Variante mit der höchsten Güllegabe erzielt (Tab. 1).
- In allen Untersuchungsjahren wurden in der Lysimeterkammer mit der höchsten Güllegabe die größten jährlichen Phosphorausträge mit dem Sickerwasser gemessen. In den anderen drei Kammern wurden nie mehr als 0,5 kg P pro Hektar und Jahr ausgewaschen (Abb. 3).
- In der Lysimeterkammer mit der höchsten Güllegabe war die jährliche Ammoniumauswaschung immer am größten. In der ungedüngten Variante wurden im Durchschnitt die niedrigsten Ammoniumkonzentrationen im Sickerwasser gemessen. Der Höchstwert betrug 0,08 mg NH₄-N im Gegensatz zu 3,40 mg NH₄-N in der Variante mit der höchsten Güllegabe.
- In den Lysimeterkammern mit den Güllegaben von 150 und 75 m³ waren die jährlichen Auswaschungsverluste bei Calcium und Natrium am höchsten. Insbesondere beim Natrium konnte ein Zusammenhang zwischen der Höhe der Jahresfracht und der jährlich ausgebrachten Güllemenge festgestellt werden. Bei Calcium und Magnesium hingegen wurde zwischen der Variante mit der höchsten Güllegabe und der ungedüngten Variante nur ein geringer Unterschied beobachtet (Tab. 2).

Schlussfolgerung

Die zehnjährige Lysimeteruntersuchung hat gezeigt, dass im Dauergrünland bei sehr hohen Gaben von Rindergülle auch die Nährstoffausträge mit dem Sickerwasser erhöht sind. Bei einer standortangepassten Gölledüngung mit geringen Teilgaben während der Vegetationsperiode (etwa 10-20 m³ verdünnte Rindergülle (1:1) pro Hektar) geht im Allgemeinen keine Gefährdung des Grundwassers durch erhöhte Nährstoffauswaschung aus, sofern eine ganzjährig geschlossene, dichte Grasnarbe vorhanden ist.

Literatur

- EDER, G., 1991: Stickstoff- und Phosphoraustrag unter Dauergrünland, ermittelt in Lysimetern. Bericht über die GumpensteinerLysimetertagung „Art der Sickerwassergewinnung und Ergebnisinterpretation“, BAL Gumpenstein, 45-51.
- EDER, G., 1992: Ammoniumaustrag unter Dauergrünland, ermittelt in Schwerkraftlysimetern. 2. GumpensteinerLysimetertagung „Praktische Ergebnisse aus der Arbeit mit Lysimetern“, BAL Gumpenstein, 29-32.
- EDER, G., 1993: Auswaschung von Na, K, Ca und Mg im Grünland nach Düngung mit Rindergülle. 3. GumpensteinerLysimetertagung „Lysimeter und ihre Hilfe zur umweltschonenden Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Nutzflächen“, BAL Gumpenstein, 53-58.
- MEISSNER, R., RUPP, H. and SCHUBERT, M., 2000: Novel lysimeter techniques – a basis for the improved investigation of water, gas, and solute transport in soils. J. Plant Nutr. SoilSci. 163, 603-608.

1	2	3	4
---	---	---	---

Kammertiefe: 0,5 m

Kammeroberfläche: 1 m²

VERSUCHSBODEN:

Kammer 1 – 4: Pararendzina

(Lehmiger Sand, pH 7.5, Humus 4.7 %, Sand 21 %, Schluff 68 %, Ton 11 %)

DÜNGUNG:

Kammer 1: Gülle überhohe Gabe 480 kg N/ha/Jahr - 150 m³ Rindergülle (8 DGVE)

Kammer 2: Gülle hohe Gabe 240 kg N/ha/Jahr – 75 m³ Rindergülle (4 DGVE)

Kammer 3: Gülle kleine Gabe 96 kg N/ha/Jahr – 30 m³ Rindergülle (1,6 DGVE)

Kammer 4: keine Düngung

Abb. 1: Göllelysimeter an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein

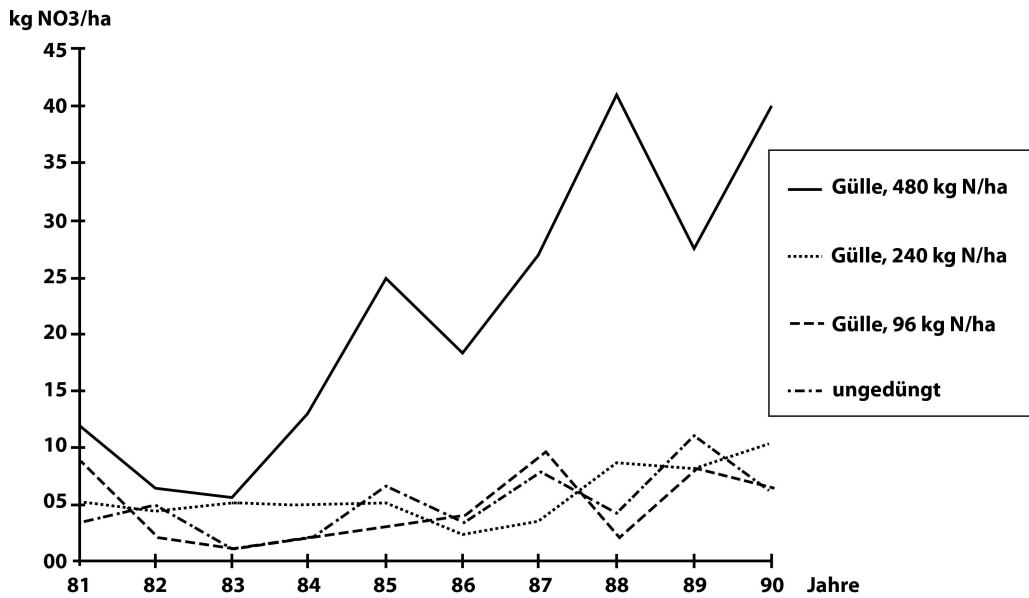


Abb. 2: Nitratgehalt im Sickerwasser (EDER, 1991)

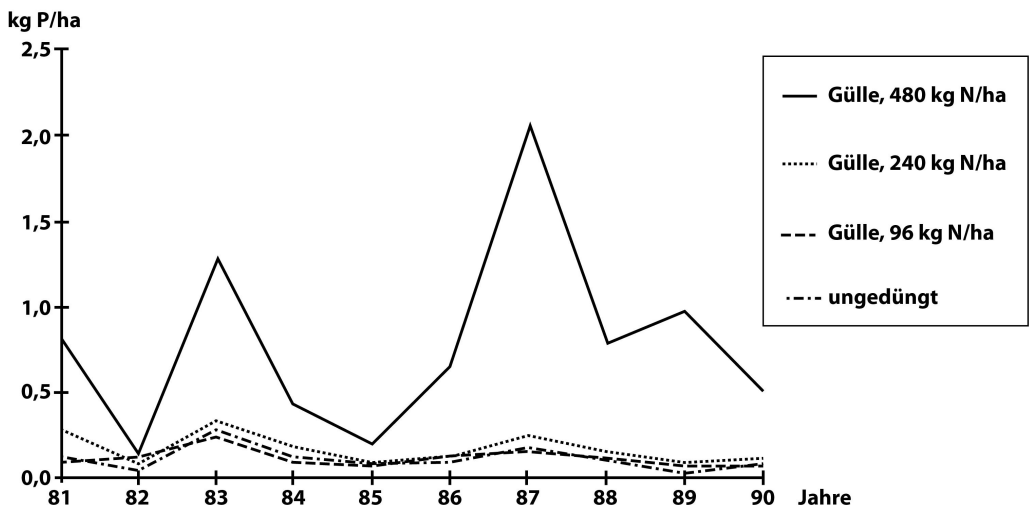


Abb. 3: Phosphorgehalt im Sickerwasser (EDER, 1991)

Tab. 1: Nitratkonzentrationen im Sickerwasser in ppm (Höchst- und Durchschnittswerte); (EDER, 1991)

Lysimeterkammer	ppm NO ₃	Jahre									
		1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
1 (480 N)	Höchstwert	20,1	9,1	6,3	16,5	20,0	142,3	29,7	34,1	51,4	43,2
	Ø	3,5	3,1	1,5	5,6	11,4	11,4	6,1	9,9	8,9	15,1
2 (240 N)	Höchstwert	8,2	8,6	9,1	6,8	4,9	50,2	3,3	19,7	17,9	14,6
	Ø	1,7	2,5	1,7	1,6	1,7	1,9	1,0	2,6	2,6	3,7
3 (96 N)	Höchstwert	15,0	3,5	14,5	7,4	6,8	19,2	15,9	1,4	13,3	5,7
	Ø	2,6	1,1	0,3	0,5	1,0	3,0	2,2	0,5	1,9	1,9
4 (0 N)	Höchstwert	2,4	11,8	1,3	0,9	11,0	3,4	9,2	2,6	19,4	3,7
	Ø	0,8	1,2	0,2	0,5	1,4	1,4	1,6	0,9	2,3	1,6

Tab. 2: Durchschnittliche Jahresfrachten an Ca, Mg, K, Na im Sickerwasser (EDER, 1993, verändert)

Lysimeterkammer	Ca	Mg	K	Na
1 (480 N)	83	20	28	58
2 (240 N)	79	23	18	35
3 (96 N)	73	22	19	21
4 (0 N)	77	21	19	11

Stickstoffanfall bei Pferden auf Gatschkoppeln und dessen Umweltrelevanz

Buchgraber, K.¹, Braach, J. und Münsch, C.²

¹Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft des LFZ Raumberg-Gumpenstein,
A-8952 Irdning

²Bakk. Pferdewissenschaften der Veterinärmedizinischen Universität Wien, Veterinär-
platz 1, A-1210 Wien

karl.buchgraber@raumberg-gumpenstein.at

Abstract

Every horse keeper places value on an animal-friendly stabling and feeding of his horses. Many of them strive for keeping the animals outdoors as possible. If the area fits the number of animals, the horses will feel good during vegetation period and the environment will not sustain any damage. However, if there is not enough pasture, generally, or the horses are driven onto the capot paddock during the vegetation-free period, the soil and the grass sward (as far as there is one) will be damaged and the nutrients being excreted, especially the easily soluble nitrogen, will possibly cause problems in terms of ground water.

The brochure of ÖAG as well as the instructions, which have been produced on this topic, should assist in facilitating the animal-friendly and environmentally compatible horse-keeping on paddocks, especially on capot paddocks.

In terms of water rights, the foundations will be able to be observed, if the measures having been shown are observed.

Main target must be to fulfil the horses' needs concerning movement and social contact without bringing about any problems in terms of water rights.

Keywords: Paddock, Aussenhaltung, Nitratbelastung

Einleitung

Frische Luft, Sonne, Bewegung und der Kontakt mit Artgenossen sorgen für ausgeglichene und gesunde Pferde. Vom Fohlenalter an sollten alle Pferde mehrere Stunden täglich die Möglichkeit haben, diesen Bedürfnissen nachzukommen. Nur so können sich ein leistungsfähiger Atmungstrakt sowie stabile Sehnen und Knochen entwickeln.

Haltungssysteme wie Offen- oder Aktivställe werden in den letzten Jahren immer populärer. Hierbei werden den Pferdegruppen durch Aufteilung der Funktionsbereiche Bewegungsanreize geboten. Sie haben die Möglichkeit, sich unabhängig von Wetter und Jahreszeit sowohl im Freien als auch im überdachten Bereich aufzuhalten.

Bei einer Haltung in konventionellen Einzelboxen wird man den Bedürfnissen der Pferde nach Bewegung und Sozialkontakt nicht ausreichend gerecht. Deshalb ist der Pferdewirt umso mehr dazu aufgefordert, durch täglichen Auslauf in Gruppen für Abwechslung zu sorgen.

Die EU, aber auch die einzelnen Länder haben schon sehr früh den Boden, die Pflanze, das Tier, die Luft und das Wasser in Gesetzen, Verordnungen und Richtlinien geschützt. Bereits im Jahre 1959 wurde in Österreich im Wasserrechtsgesetz der Schutz des Grundwassers in Trinkwasserqualität verankert, wobei im Jahre 1990 mit 210 kg Stickstoff pro ha und Jahr in der Düngung von Grünland (Wiesen und Weiden) eine

Obergrenze eingezogen wurde. Die Europäische Union hat 2003 mit der Nitratrichtlinie nachgezogen und dabei den Stickstoff aus dem Wirtschaftsdünger mit 170 kg/ha und Jahr begrenzt und auch festgelegt, dass das Trinkwasser keinen höheren Nitratgehalt als 50 mg/Liter Wasser enthalten darf. Damit dies auch in Österreich in allen Details umgesetzt werden konnte, wurden die Aktionsprogramme mit den Vorschriften für die Ausbringung und Lagerung von Wirtschaftsdünger etc. erlassen. Hier ist nicht dezidiert die Gatschkoppelhaltung bzw. Freilandhaltung geregelt, jedoch gelten unter einer Gatschkoppel die gleichen Anforderungen. Wird in einem Grundwassergebiet an mehreren Beobachtungsstellen in Österreich über einen bestimmten Zeitraum ein durchschnittlicher Nitratgehalt von 45 mg/l überschritten, so sind Beobachtungs- bzw. Maßnahmegebiete auszuweisen. Der Verursacher hat für die Sanierung zu sorgen und auch die Kosten dafür zu tragen. Da das Grundwasser fließt, kann sich der Schaden auch weit ausbreiten und große Kosten verursachen.

Es geht in weiterer Folge nicht darum, die Gatschkoppeln und die Paddocks zu verbieten, sondern mit einer gezielten Bewertung des Nitrats auf der Fläche sowie einer ordnungsgemäßen Bewirtschaftung rechtzeitig möglichen Problemen entgegenzuwirken.

Material und Methoden

Im Jahre 2009 wurden in Amstetten und St. Pölten – beide Standorte befinden sich im Bundesland Niederösterreich – Pferdebetriebe mit Gatschkoppeln von BRAACH (2010) und MÜNSCH (2010) untersucht. Ebenso wird von HAMMERSCHMIED UND PICKER (2011) das Merkblatt der Niederösterreichischen Landesregierung an 45 Pferdebetrieben evaluiert. In diesen Untersuchungen bzw. Erhebungen werden auf den Pferdebetrieben die Stickstoffausscheidungen je Pferd bzw. der Pferdegruppe in der Zeiteinheit erhoben und die gesetzten Maßnahmen zur Verringerung des Stickstoffeintrages in Abzug gebracht. Die Stickstoffbilanzierung pro ha sollte am Jahresende einen N-Saldo von weniger als 20 kg/ha bringen.

Ergebnisse und Diskussion

In diesem Beitrag werden die Stoffflüsse hinsichtlich Stickstoff, insbesondere Nitrat, bei der Außenstallhaltung der Pferde dargestellt. Es sollen dabei die Stickstofffrachten und die Möglichkeiten der Reduzierung von Stickstoffeinträgen ins Grundwasser beleuchtet werden.

Im Pferdekot ist der Anteil an leicht löslichem Ammonium mit etwa 3,5% sehr gering. Weitaus belastender für den Boden kann der Pferdeharn mit einem Anteil von etwa 35,4 % Ammonium sein, sofern dieser leichtlösliche Stickstoff nicht von Wurzeln aufgenommen wird.

Im Pferdekot ist der Stickstoff zu über 95 % organisch gebunden. Es ist also möglich, den Kot von den Flächen abzusammeln, bevor eine Umwandlung in Ammonium stattfindet und damit die Stickstoffbelastung der Flächen zu senken. Pferdeharn, der ausgeschieden wurde, ist unwiederbringlich im Boden. Da die Gatschkoppeln meist in den kühleren Wintermonaten betrieben werden, wird mit einer Ammoniakabgasung auf der Koppel vom anfallenden Harn mit durchschnittlich 20 % gerechnet. Die N-Bilanzen und Frachten wurden in dieser Arbeit mit feldfallenden N-Werten erstellt.

Koppelflächen mit ständigem Bewuchs, sogenannte Grünkoppeln, stellen hinsichtlich Stickstoffverlagerung in das Grundwasser nicht das Problem dar und sind daher anzustreben.

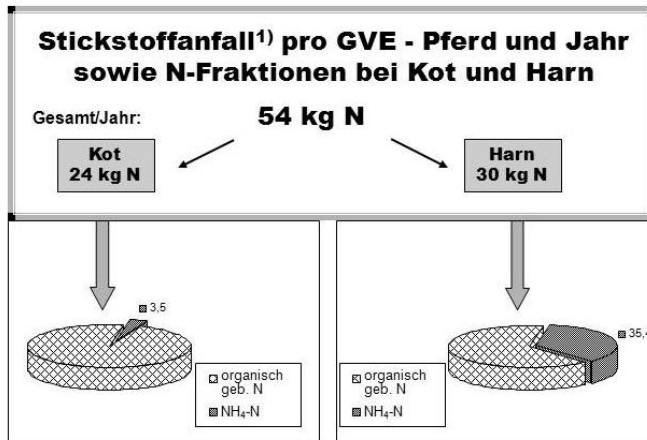


Abb.1 : Stickstoffanfall je Pferd und Jahr sowie N-Fractionen bei Kot und Harn

¹⁾ Die angegebenen Stickstoffmengen und Fraktionen sowie die Aufteilung im Kot und Harn entstammen eigenen Erhebungen (BRAACH UND MÜNSCH, 2010) und aus der Literatur.

Ein Pferd scheidet pro Tag im Abstand von 1-2 Stunden ca. 12 mal Kot aus, die Kotmenge beträgt rund 15 – 20 kg/Tag und GVE-Pferd.

Harn wird täglich 5 - 10 Mal abgesetzt, die Harnmenge beträgt dabei 6-10 l. Pro Miktion wird ca. 1 l Harn ausgeschieden.

Auf unbefestigten, unbedeckten Böden harnen Pferde nur ungern, da sie es vermeiden, ihre Beine zu bespritzen. Der Harn wird deshalb häufig zurückgehalten. Steht aber auf den Koppeln kein eingestreuter Bereich zur Verfügung, setzen die Pferde Harn auch auf unbedeckten Böden ab. Eine Möglichkeit zur Harnsammlung besteht nur durch Einrichten eines abgedichteten, eingestreuten Bereichs zum Harnabsatz, auf dem der Harn gesammelt und in dichten Jauchegruben bis zur Ausbringung gelagert werden kann. Die Kot- und Harnmenge ist fütterungsabhängig und variiert mit Anteil an Raufutter, Kraftfutter, Saffutter und Bewegung.

Stickstoffanfall im Offenlaufstall

Bei der Offenstallhaltung ist eine ständige Verbindung zwischen Stall und der Koppelfläche vorhanden. Werden Pferde in Offenställen gehalten, können sie frei entscheiden, wo sie sich aufhalten. Meist bestehen die Wahlmöglichkeiten zwischen eingestreutem Stallbereich, befestigten Flächen im Freien und der Gatschkoppel. Somit stellt sich die Frage, wo Kot und Harn abgesetzt wird.

Beobachtet man das Verhalten der Pferde, stellt man recht schnell die Präferenzen fest. Der größte Anteil des Kots fällt im Stall an. Wird im Außenbereich eine befestigte Fläche angeboten, halten sich die Pferde dort relativ häufig auf, vor allem wenn der Gatsch auf der Koppel sehr tief ist. Je nach dem, wie das Verhältnis der befestigten Fläche zum Pferdebesatz ist, fallen dort zwischen 30 - 40% des Kotes an. Dieser Kot auf der befestigten Vorplatzfläche muss mindestens einmal pro Woche abgesammelt werden. Dadurch wird sich die Kotmenge im Stall und auf der Koppel verringern. Auf der Gatschkoppel fallen dann noch 8 % des Kotes an.

Harnabsatz findet auf der Gatschkoppel nur statt, wenn wirklich alle Pferde über längere Zeit weiter weg vom Stall sind und keines die Herde verlassen möchte. Befindet sich die Gruppe jedoch in Stallnähe, gehen einzelne Tiere gezielt für den Harnabsatz zurück in

den Stall. Hier wird der Harn direkt von der Einstreu aufgesogen und spritzt nicht an die Pferdebeine.

Durch die beschriebenen Verhaltensweisen müssen bei einem durchschnittlich 500 kg schweren Pferd in Offenstallhaltung pro Tag rund 7,1 g Stickstoff für die Gatschkoppel angerechnet werden. Im Monat entspricht das 215 g N. Dieser Wert beinhaltet sowohl den Stickstoff der über Kot als auch über Harn abgesetzt wird. Der organisch gebundene Anteil geht mit 83 % in Rechnung, der schnellwirksame anorganische mit 17 %.

Tab. 1: Stickstoffanfall pro GVE-Pferd gesamt sowie anteilig auf Gatschkoppeln unter Berücksichtigung der Ammoniakabgasung.

	Ges. N / Jahr	Anteil N -Gatschkoppel / Monat
GVE	54 kg	215 g

Die Stickstoffmenge, die in dieser Haltungsform anfällt, ist nicht als besonders hoch anzusehen, wenn der Pferdewirt auf die Gestaltung der Flächen und die Anzahl der Pferde, die auf ihr gehalten werden, achtet. Es müssen individuell für jeden Betrieb Vorkehrungen oder auch Maßnahmen getroffen werden, um den Boden und das Grundwasser nicht zu belasten.

Stickstoffanfall in externer Koppel

Im Gegensatz zum Offenstall, in dem das Pferd zwischen einem eingestreuten oder befestigten Bereich bzw. der eigentlichen Gatschkoppel zum Kot- oder Harnabsatz wählen kann, steht ihm bei einer externen Koppelhaltung nur die gebotene unbewachsene Fläche zur Verfügung. Auf dieser Fläche fällt pro Stunde im Schnitt von einem GVE-Pferd 0,9 kg Kot an. Bei einem Aufenthalt von 2 Stunden fallen pro GVE-Pferd 169 g Stickstoff über den Kot pro Monat an, dieser verdoppelt und verdreifacht sich bei einem 4- und 6-stündigen Aufenthalt. Der anfallende Kot muss in den Koppeln täglich abgemeldet werden.

Der Harnabsatz ist abhängig von der Zeit, die das Pferd im Auslauf verbringt. Während in den ersten zwei Stunden lediglich 11 % der Pferde harnen, setzen innerhalb von vier Stunden bereits 20 % der Pferde Harn ab. Bei sechs Stunden Aufenthalt auf der externen Koppel harnen mehr als die Hälfte der Pferde, die Wahrscheinlichkeit des Harnabsatzes steigt auf 54 %. Mit der kürzeren Aufenthaltsdauer in der Koppel kann die Stickstoffausscheidung reduziert werden.

Tab. 2: Stickstoffanfall gesamt und über Kot pro GVE-Pferd in Abhängigkeit von der Aufenthaltsdauer auf der externen Koppel unter Berücksichtigung der Ammoniakabgasung

	N _{ges.} pro GVE/Tag	N aus Kot pro GVE/Tag	N aus Kot pro GVE/Monat
2h	7,2 g	5,5 g	169 g
4h	14,4 g	11,1 g	338 g
6h	24,0 g	16,6 g	506 g

Maßnahmen und Erfordernisse bei der Bewirtschaftung der Koppeln

Der Pferdewirt kennt nach der Bewertung des Stickstoffanfalls die Stickstoffmenge pro ha und Jahr. Damit dieser Stickstoff, insbesondere Nitratstickstoff, nicht belastend für das Grundwasser werden kann, sollte nun jeder Pferdehalter darauf achten, die Stickstoffmengen durch geeignete Bewirtschaftungsmaßnahmen zu reduzieren.

Nach den Vorgaben des Wasserrechtsgesetzes in Österreich ist bei mehr als geringfügigen Auswirkungen auf das Grundwasser oder auf ein Oberflächengewässer eine wasserrechtliche Bewilligung für die Flächennutzung als Gatschkoppel einzuholen, oder es ist diese Beeinträchtigung abzustellen. Eine solche Beeinträchtigung ist bei Pferdekoppeln nach den Vorgaben des Merkblattes des Amtes der NÖ Landesregierung und der NÖ Landes-Landwirtschaftskammer dann anzunehmen, wenn ein Stickstoffsaldo von 20 kg/ha und Jahr auf der genutzten Fläche langfristig überschritten wird oder eine Ableitung von belasteten Abwässern erfolgt. Dies bedeutet daher, dass bei einem Stickstoffsaldo von weniger als 20 kg/ha und Jahr kein Einschreiten der Behörde und auch keine wasserrechtliche Bewilligung erforderlich sind, da es sich nur um geringfügige Auswirkungen handelt.

Bei einem vorhandenen Stickstoffsaldo über 20 kg/ha und Jahr wird von einer mehr als geringfügigen Beeinträchtigung auf das Grundwasser ausgegangen. In diesen Fällen können jedoch oft schon einige wenige Maßnahmen auf dem Betrieb eine deutliche Stickstoffreduktion bewirken, sodass ein Einschreiten der Wasserrechtsbehörde nicht erforderlich ist. Solche Maßnahmen sind z.B.:

- Kot absammeln
- Befestigten Bereich der Tränke und Heuraufe vergrößern und an Tierzahl anpassen
- Zeitliche Begrenzungen für den Auslauf der Pferde
- Reduktion der Besatzdichte (Tiere reduzieren oder Fläche erweitern)
- Begrünung der Gatschkoppel

Erst bei einem Stickstoffsaldo über 40 kg/ha und Jahr sind der Wasserrechtsbehörde gezielte Maßnahmen zur Stickstoffreduktion darzulegen. Diese können dann von der Behörde mittels Bescheid aufgetragen bzw. bewilligt werden. In diesen Fällen ist auch ein eigener Bewirtschaftungsplan vorzulegen. Bei einem Stickstoffsaldo von mehr als 60 kg/ha und Jahr ist zusätzlich eine Abfuhr des Stickstoffüberhanges erforderlich.

Unabhängig von obigen Anforderungen kann eine Befassung durch die Wasserrechtsbehörde auch bei nachfolgenden Gegebenheiten erforderlich werden:

- Anlage befindet sich in einem Wasserschutzgebiet oder es werden Mindestabstände zu Trinkwasserbrunnen nicht eingehalten
- ein Mindestabstand zum Grundwasserspiegel und zu anderen Gewässern wird nicht eingehalten
- Anlage befindet sich im Hochwasserabflussbereich
- eine Ableitung von belasteten Regenwässern in Gewässer, Kanäle oder in Sickerschächte ist vorhanden

Das Merkblatt „Gewässerverträgliche Koppelhaltung von Pferden“ des Amtes der NÖ Landesregierung und der NÖ Landes-Landwirtschaftskammer, in dem viele Details zu diesem Thema und zur Bauordnung, Raumplanung und zum Tierschutzrecht enthalten sind, steht unter

http://www.netteam.at/opmodule/user/pferdeland/dokumente/Merkblatt_Pferdehaltung.pdf

zum Download zur Verfügung. Die ÖAG-Sonderbeilage zum Thema „Pferde auf Gatschkoppeln“ ist unter <http://www.oeag-gruenland.at> verfügbar.

Literatur

- BRAACH, J., 2010: Stickstoffanfall bei der Offenstallhaltung von Pferden und dessen Auswirkungen auf unbefestigte Koppeln. Veterinärmedizinische Universität Wien, Universität für Bodenkultur, Wien
- BUCHGRABER, K., J. BRAACH; C. MÜNSCH; L. ERASIMUS, F. FEICHTINGER, J. DORNER UND G. KONHEISNER, 2010: Pferde auf Gatschkoppeln. ÖAG-Sonderbeilage 5/2011, Pferdplus, Landwirt Agrarmedien GmbH, Hofgasse 5, 8010 Graz, 1-12.
- BUCHGRABER, K., J. BRAACH, C. MÜNSCH, L. ERASIMUS, F. FEICHTINGER, J. DORNER UND G. KONHEISNER, 2011: Richtig gerechnet – Erfolgreiches Koppelmanagement mindert die Nitratbelastung und schützt das Grundwasser. Pferdefocus, Jg. 3, Nr. 4, 30-34.
- KONHEISNER, G. UND ERASIMUS, L. 2011: Merkblatt Pferdehaltung – Wasserrechtliche, baurechtliche und tierschutzrechtliche Anforderungen. Amt der NÖ Landesregierung, Gruppe Wasser, 15 S.
- MÜNSCH, C., 2010: Stickstoffanfall bei der Pferdehaltung auf Matschkoppeln und dessen Einfluss auf die Ökologie. Veterinärmedizinische Universität, Wien, Universität für Bodenkultur, Wien.

Phosphor-Austräge aus güllebewirtschafteten Grünlandflächen des Alpenvorlands und Potenziale zu deren Senkung - Erfahrungen aus dem Aktionsprogramm zur Sanierung oberschwäbischer Seen und Weiher

Güde, H.¹ und Trautmann, A.²

¹Institut für Seenforschung, Langenargen,

²PRO REGIO Oberschwaben GmbH Ravensburg

albrecht.trautmann@landkeis-ravensburg.de

Die Eutrophierungsentwicklung oberschwäbischer Seen und Weiher

Die oberschwäbischen Seen und Weiher erfuhren vor allem seit den 1950er Jahren steigende Einträge von Pflanzennährstoffen, wobei sich die daraus resultierende Nährstoffanreicherung der Seen insbesondere beim Phosphorgehalt deutlich abzeichnete. Da in Seen Phosphor allgemein als begrenzender Faktor für das Algenwachstum gilt, schritt im Zuge dieser Entwicklung auch deren Eutrophierung mit allen negativen Folgeerscheinungen (Algenblüten, Verschlechterung der Sauerstoffbedingungen; Verlandung) unnatürlich rasch voran. Hauptursache für diese Entwicklung war neben Belastungen durch häusliche Abwässer die großflächig im grünlanddominierten Alpenvorland vollzogene Intensivierung der Landwirtschaft (Erhöhung des Bestandes und der Produktivität von Großvieh, Umstellung von Fest- auf Flüssigmist, intensivierte Nutzung von Flächen).

Mit dem Aktionsprogramm zur Sanierung oberschwäbischer Seen wurde 1989 ein Projekt begonnen, das an ausgewählten Stehgewässern Untersuchungen durchführte, Sanierungskonzepte entwickelte und auf freiwilliger Basis erfolgreich umsetzte. Da an den Seen inzwischen eine weitgehende Fernhaltung von Einträgen aus häuslichen Abwässern erreicht wurde, stammt die heutige Phosphor-Belastung der oberschwäbischen Seen und Weiher zum überwiegenden Teil von diffusen Einträgen aus landwirtschaftlich genutzten Flächen. Von Anfang an waren daher die Maßnahmen im landwirtschaftlichen Bereich zur Reduktion der diffusen Einträge wichtiger Bestandteil des Seenprogramms. Der Schwerpunkt lag hier auf der Beratung der Landwirte hinsichtlich einer die Gewässer schonenden Düngung und Anbauweise sowie dem Abschluss von Extensivierungsverträgen auf den besonders austragsgefährdeten („kritischen“) Flächen. In vielen vom Aktionsprogramm betreuten Seen war diese Wirkung zu sehen, wenn auch die Abnahmen der P-Gehalte nicht dem am Bodensee erreichten Ausmaß vergleichbar waren und auch inzwischen im Vergleich zum Zustand vor Einsetzen der Entwicklung eher zu stagnieren scheinen.

Diese Erfahrungen zeigen einerseits, dass P-Einträge aus überwiegend mit Gülle gedüngten Grünlandflächen erfolgreich verringert werden können (TRAUTMANN *et al.* 2002). Da andererseits in den Seen das gewünschte Ausmaß der Reduktion oft nicht - oder zumindest nicht in absehbarer Zeitspanne - erreicht wird, erscheint es sinnvoll, die Wirksamkeit von Maßnahmen im Bereich der Güllebewirtschaftung anhand des inzwischen erreichten Kenntnisstands über Bioverfügbarkeit, Ausbringungsmenge und -art sowie Austragswege neu zu überprüfen.

N- und P-Gehalte, Bioverfügbarkeit und P-Austragswege von Gülleenährstoffen

Bei Diskussionen über Umweltbelastungen durch Gülle steht meist Stickstoff im Vordergrund. Bezüglich der hier im Mittelpunkt stehenden Eutrophierungswirksamkeit in Oberflächengewässern ist aber wegen seiner Rolle als Minimumfaktor für die pflanzliche Produktion in Gewässern die Belastung mit Phosphor entscheidend, während die Stickstoffeinträge dort zunächst weitgehend wirkungslos bleiben. Sie können im Gewässer allerdings sekundär zum limitierenden Faktor werden, weil mit der Eutrophierung auch erhöhte Denitrifikation im Gewässer stattfindet und dann P im Verhältnis zu N sogar im Überschuss vorhanden ist. Unter solchen Randbedingungen wird dann auch die in Seen besonders gefürchtete Blüte von toxinbildenden Blaualgen begünstigt.

Für die Bedeutung von Gülleaufbringung als eutrophierungsrelevanter Faktor ist weiterhin ausschlaggebend, dass der darin enthaltene Phosphor nahezu 100% bioverfügbar ist, da ein hoher Anteil gelöst bzw. leicht mobilisierbar in organischen Partikeln gebunden ist. Zwar haben nach bundesweiten Bilanzen gelöste Einträge aus Dränagen und Abschwemmung nur vergleichsweise geringen Anteil an den Gesamt P-Einträgen, aus diffusen Quellen (BEHRENDT *et al.* 2009), da insgesamt partikuläre Einträge aus erosiven Abtragungen überwiegen. Für diese wird aber wegen ihrer überwiegend mineralischen Bindungsform eine sehr geringe Bioverfügbarkeit angenommen. Demgegenüber dominiert der Anteil der aus Gülle stammenden P-Einträge, wenn nur die bioverfügbaren Fraktionen betrachtet werden (BACH 2009).

Damit ändert sich aber auch die Einschätzung von für die Eutrophierung relevanten P-Eintragswegen. Während Stickstoffverbindungen überwiegend über Auswaschung ins Gewässer gelangen, wird für diffuse Phosphorausträge insgesamt die Abschwemmung der erosiv ausgetragenen Bodenpartikel als Haupteintragspfad angesehen. Die in der Gülle überwiegend gelösten oder leicht mobilisierbaren P-Verbindungen gelangen aber, wie in Abb. 1 zu sehen, in nicht geringem Ausmaß über den Zwischenabfluss und über Makroporen-Kurzschlüsse zu Dränagen, teilweise auch über Oberflächenabfluss direkt ins Gewässer (STAMM *et al.* 2003).

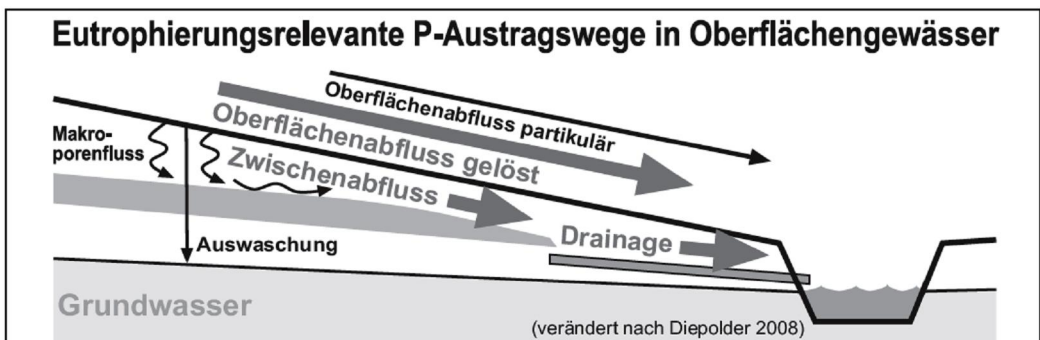


Abb. 1: Eutrophierungsrelevante P-Eintragswege in Oberflächengewässern, verändert nach DIEPOLDER 2008.

Spitzen- und Grundlasten in Abhängigkeit von Ausbringungsart, -menge und -zeit

Aus dieser Erkenntnis lässt sich auch verstehen, dass das Risiko von erhöhten P-Austrägen besonders von Menge, Zeitpunkt und Aufbringungsart der Gülle abhängt. Auch bei Einhaltung „guter landwirtschaftlicher Praxis“ (GLP) mit bedarfsgerechter Düngung können sich die P-Austräge stark erhöhen, wenn die Aufbringung zeitnah zu einem Starkregenereignis erfolgt und dann dem Boden über Zwischenabfluss und Makro-

poren erhöhte P-Mengen verloren gehen. Tatsächlich kann man zu solchen Zeitpunkten auch Spitzenwerte in Dränagen beobachten. Wie in Beregnungsversuchen gezeigt werden konnte, können diese Verluste deutlich abgesenkt werden, wenn die Gülle nicht über Prallteller, sondern im Schleppschlauchverfahren ausgebracht wird (DIEPOLDER 2008). In jedem Fall zeigen diese Beobachtungen, dass sich gerade für die witterungs- und ausbringungsbedingten Spitzenlasten auch die aussichtsreichsten Möglichkeiten zu deren Vermeidung ergeben. Daraus resultieren auch die bisherigen zwei Hauptsäulen für Maßnahmen innerhalb des Aktionsprogramms, nämlich die landwirtschaftliche Beratung und die Extensivierung kritischer Flächen (z.B. Gewässernähe, Steillagen, Niedermoorflächen mit geringer P-Rückhaltekapazität).

Aus der nunmehr seit Jahrzehnten gängigen Praxis der Grünlanddüngung durch Gülle resultiert allerdings auch eine Anhebung der Grundlasten des Flächenausstrags. Aufgrund der gegebenen N:P Verhältnisse der Gülle und der überwiegend auf den N-Bedarf von Futtergras ausgerichteten Güllegaben steigt die Wahrscheinlichkeit, dass Phosphor im Überschuss zum Bedarf der Pflanzen aufgebracht wird (LINDENTHAL 2000). Zusammen mit der ausgeprägten Tendenz von P-Verbindungen zur Adsorption an Bodenpartikel ergibt sich ein Risiko zu einer langfristigen Phosphor-Anreicherung der Oberböden, die im Alpenvorland tatsächlich bei vielen Grünlandflächen beobachtet wird (PRASUHN 2008). Da Porenwassergehalte im Gleichgewicht mit den P-Gehalten des Bodens stehen, kommt es bei jedem Regen – unabhängig von vorangehender Gülleaufbringung – zu erhöhten Austrägen von gelösten und daher unmittelbar bioverfügbaren P-Verbindungen (LAZAROTTO *et al.* 2005). Diese so durch langjährige Güllepraxis bedingten Grundlasten sind demnach auch nur langfristig zu reduzieren. Tatsächlich haben umfangreiche Untersuchungen in der Schweiz gezeigt, dass die Absenkung der P-Austräge nach Reduktion der Aufbringung nur sehr langsam verläuft und aus Flächen mit erhöhten P-Gehalten von Oberböden auch ohne vorangehende Gülleaufbringung deutlich höhere Austräge beobachtet werden, als aus Vergleichsflächen mit geringen P-Gehalten der Oberböden (PRASUHN 2008). Gleichzeitig belegen diese Untersuchungen auch, dass selbst für diese Eintragsschiene grundsätzlich Potenziale zur langfristigen Verringerung vorhanden sind.

Bedeutung von P-Rücklösungen aus Sedimenten für die Trophieentwicklung

Neben der aufgrund der P-Anreicherung der Oberböden verzögerten Wirkung von externen Maßnahmen müssen bei Sanierungskonzeptionen auch seeeigene Reaktionen mit bedacht werden. So ist bekannt, dass viele Seen auch nach erfolgreicher Reduktion von externen Einträgen durch Rücklösung von „P-Altlasten“ aus Seesedimenten noch langjährig intern gedüngt werden und damit eine ungemindert hohe Algenproduktion aufweisen. Besonders wirksam ist dieser interne Belastungspfad in flacheren Seen, wo der rückgelöste Phosphor direkt in die darüber liegende durchlichtete Wasserschicht gelangt und damit unmittelbar für die Algenproduktion zur Verfügung steht. Tatsächlich zeigten auch im Seenprogramm viele Flachseen (dazu zählen z.B. die unteren acht Seen in Abb. 1) teilweise keine oder nur schwach ausgeprägte Tendenzen zur Besserung des Trophiezustandes in den letzten 2 Jahrzehnten.

Dass aber dennoch langfristig auch diese Eintragsschiene verringert werden kann belegt das Fallbeispiel Federsee. Dieser allerdings überwiegend durch Abwassereinleitungen hochgradig eutrophierte Flachsee zeigte noch lange Jahre nach dem Bau einer Ringleitung und der damit verbundenen deutlichen Reduktion der externen Phosphorzufuhr übermäßige Algenentwicklungen (darunter vor allem Blaualgen). Hauptursache

dafür war die sommerliche Freisetzung von Phosphor aus den Sedimenten. Dieser Zustand hielt im Wesentlichen bis 2004 an, obwohl schon zuvor graduelle Verbesserungen feststellbar waren. Ab 2005 wurde der Besserungsprozess erheblich beschleunigt, was von einem Umschwung vom Algen- zum Makrophytensee begleitet war. Gleichzeitig nahm die Phosphor-Freisetzung aus dem Sediment ab und war ab 2008 kaum noch feststellbar. Die Belastungsgeschichte des Federsees liefert somit ein eindrucksvolles Fallbeispiel dafür, wie lange ein See unter ungünstigen Randbedingungen auch nach Beseitigung der Belastungsquelle noch in einem unbefriedigenden Zustand verharren kann. Sie belegt gleichzeitig aber auch die grundsätzliche Richtigkeit der Priorität externer vor internen Maßnahmen, da trotz dieser langen Reaktionszeit der See in den letzten Jahren auf die Reinhaltemaßnahmen doch deutlich reagierte (GÜDE *et al.* 2009).

Ausblick: Potenziale zur weiteren Absenkung der P-Einträge aus Grünlandflächen

Die geschilderte Entwicklung zeigt, dass die Einhaltung der GLP zwar notwendige, aber nicht hinreichende Voraussetzung für die Erreichung eines befriedigenden Trophie-zustandes ist. Obwohl bei Einhaltung der GLP nur sehr geringe Mengen des aufgebracht P ins Gewässer gelangen, sind diese - bezogen auf die Düngewirkung - für die Seen noch zu hoch. Somit ergibt sich die Frage nach weitergehenden Möglichkeiten zur Absenkung der durch Gülleaufbringung verursachten diffusen P-Einträge. Dabei wird vorausgesetzt, dass die gegenwärtigen ökonomischen und technologischen Randbedingungen unverändert bleiben.

Über die GLP hinaus ist daher auch eine Fortsetzung der Extensivierung kritischer Flächen anzustreben, wobei diese neben der Vermeidung von Spitzenlasten auch auf eine langfristige Senkung des P-Gehalts der Böden abzielen sollte. Diese könnte z.B. über erhöhten Entzug durch optimiertes Pflanzenwachstum erreicht werden. Auf die von Seite des Naturschutzes mit Extensivierungsmaßnahmen angestrebte Reduktion der Schnitthäufigkeit auf einen Schnitt pro Jahr sollte allerdings verzichtet werden, da dadurch der Entzug von Boden-P durch Pflanzenbiomasse netto verringert und so das Austragsrisiko u. U. sogar noch vorübergehend erhöht wird. Deshalb ist aus wasserwirtschaftlicher Sicht sogar eine Erhöhung der Schnitthäufigkeit und damit ein erhöhter Netto-Entzug von P im Boden wünschenswert.

Erschwerend für die Sanierungsbemühungen erweist sich aber auch in mehrerer Hinsicht die aktuelle energiepolitische Entwicklung:

- 1) Es kommt zur Umwidmung von Grünland- in Ackerflächen und damit zu einem potenziell erhöhten Risiko von P-Austrägen.
- 2) Durch den fortschreitenden Ausbau von Biogasanlagen mit hohen Nährstoffkonzentrationen im Sickerwasser entstehen potenziell auch neue Punktquellen mit erhöhtem Risiko zur Gewässerbelastung.
- 3) Die finanziellen Voraussetzungen zum Abschluss von Extensivierungsverträgen werden verschlechtert, da die staatlichen Ausgleichszahlungen wegen der Verteuerung der Pachtpreise nicht mehr im Verhältnis stehen. Bei vielen Seen und Weihern könnten in Zusammenarbeit mit den Landwirten relativ rasch Sanierungsmaßnahmen realisiert werden, wenn diese Ausgleichssätze angehoben oder wenn zusätzliche Fördermittel zur Verfügung stehen würden.

Wenn es richtig ist, dass die N:P Verhältnisse in der Gülle tendenziell eine P-Überversorgung der Böden bewirken, sollten schließlich auch bisher noch nicht erprobte, aber technologisch machbare Möglichkeiten zur Konditionierung der Gülle durch P-Fällungs-

maßnahmen ernsthaft mit bedacht werden. Zumindest dabei wären die beim Bau von Biogasanlagen oft empfohlenen zentralen Verbundlösungen mit Zusammenschluss mehrerer Gülle-Produzenten förderlich, da sie einfacher und billiger umzusetzen wären.

LITERATUR

- BACH, M. 2009: Landwirtschaft und Gewässerschutz- Anmerkungen aus 'wissenschaftlicher' Sicht dvs-Tagung "Landwirtschaft und WRRL", 25./26.03.2009, Bad Kissingen.
- BEHRENDT, H., HUBER, P., KORNMILCH, M., OPITZ, D., SCHMOLL, O., SCHOLZ, G. und UEBE R., 1999: Nährstoffbilanzierung der Flussgebiete Deutschlands; Umweltbundesamt, Forschungsvorhaben Wasser, Forschungsbericht, UBA Texte 75/99.
- DIEPOLDER, M. 2008: P-Austrag aus Drainagen unter Wirtschaftsgrünland: 2. Internationale Seenfachtagung, Bad Schussenried, 8.-9.10.2008
- GÜDE, H., HETZENAUER, H., KÜMMERLIN, R., LÖFFLER, H., ROSSKNECHT, H., STICH, H.B., WESSELS, M. und T. WOLF 2010: Ökologischer Zustand des Federsees 2004 – 2008, Bericht des Instituts für Seenforschung, LUBW Karlsruhe, 35 S.
- LAZZAROTTO, P., PRASUHN, V., BUTSCHER, E., CRESPI, C., FLÜHLER, H. AND STAMM C., 2005: Phosphorus export dynamics from two Swiss grassland catchments. *Journal of Hydrology* 304 139–150.
- LINDENTHAL, T. 2000: Phosphorvorräte in Böden, betriebliche Phosphorbilanzen und Phosphorversorgung im Biologischen Landbau. Dissertation Universität für Bodenkultur, Wien, 290 S.
- PRASUHN, V. 2008: Phosphorabschwemmung von Graslandflächen in der Schweiz - Eintragspfade und Maßnahmen zur Reduzierung. 2. Internationale Seenfachtagung, Bad Schussenried, 8.-9.10.2008
- STAMM, C., FLÜHLER, H., GÄCHTER, R., LEUENBERGER, J. AND WUNDERLI, H., 1998: Preferential transport of phosphorus in drained grassland soils. *Journal of Environmental Quality* 27, 515–522.
- TRAUTMANN, A., GELBRECHT, J., BEHRENDT, H., GÜDE, H. UND LENGSFELD, H., 2002: Möglichkeiten der Senkung von Phosphoreinträgen aus Einzugsgebieten von Seen; *Wasser und Boden* 54: 32-37.

Auswirkungen der Vergärung von Biomasse und Gülle in Biogasanlagen auf Nährstoffflüsse, Flächenproduktivität und Umweltverträglichkeit im Rahmen konventioneller und ökologischer Anbausysteme

Möller, K.

Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Fachgebiet Düngung mit Bodenchemie, Universität Hohenheim, Fruhwirtstr. 20, 70593 Stuttgart

kurt.moeller@alumni.tum.de

Einleitung

Die bisher vorliegenden Untersuchungen über die Auswirkungen des Einsatzes von Gärresten aus Biogasanlagen beschränken sich im Wesentlichen auf die Analyse der durch die Vergärung bewirkten stofflichen Veränderungen der Biogasgülle gegenüber einer herkömmlichen Gülle sowie auf die Beschreibung der direkten Auswirkungen auf die Kulturpflanzen, wobei viele dieser Experimente in Topfversuchen durchgeführt wurden. Erwiesen ist, dass in der Biogasgülle infolge des mikrobiellen Abbaus von C-Gerüsten im Fermenter die Nährstoffkonzentration bezogen auf die Trockensubstanz steigt, der Anteil des organisch gebundenen N abnimmt und der Anteil des mineralischen N (Ammonium) am Gesamt-N-Gehalt im Vergleich zum Gehalt in herkömmlicher Gülle zunimmt. Dies bewirkt, dass der N in der Biogasgülle im Vergleich zum N im Stallmist bzw. in einer „normal“ gelagerten Gülle für die Pflanzen – zumindest unter den kontrollierten Bedingungen eines Topfversuches – schneller verfügbar ist und somit stärker zur direkten N-Ernährung der Pflanze beitragen soll. Dagegen liegen nur wenige Versuche über die Wirkung der Biogasgärung auf im Rahmen eines gesamten Fruchtfolgesystems auf Nährstoffflüsse, auf die Nährstoffwirksamkeit, auf Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit vor.

Keywords: Biogasgärung, Nährstoffkreisläufe, Stickstoff, Phosphor, Klimagasemissionen

Material und Methoden

Die in der vorliegenden Arbeit vorgestellten Ergebnisse beruhen auf Feldversuchen sowie auf Erhebungen an zwei großen, nicht-landwirtschaftlichen, überbetrieblich geführten Biogasanlagen. Die Feldversuche auf dem Lehr- und Versuchsbetrieb Gladbacherhof in den Jahren 2002 bis 2005 umfassten jeweils eine vollständige Öko-Fruchtfolge. In den Feldversuchen wurden die Auswirkungen der Düngungssysteme auf die innerbetrieblichen Stoffkreisläufe (N, P, K, Mg und oTS), auf die Flächenproduktivität (Erträge einschließlich Energieerträge) sowie auf umweltrelevante Parameter (u.a. Gefahr der Nitratverlagerung, Höhe der Ammoniakverluste, Emission bodenbürtiger klimarelevanter Spurengase) gemessen. Außerdem erfolgte eine ökologische Bilanzierung der verschiedenen Bewirtschaftungssysteme.

Ergebnisse und Diskussion

Die wichtigsten Ergebnisse der hier vorgelegten Studien lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Im viehhaltenden Betriebstyp wurden im untersuchten Stallmistsystem im Vergleich zum System mit unvergorener Gülle sowohl hinsichtlich der Erträge (- 5%) als auch im Hinblick auf die Freisetzung klimarelevanter Gase (+ 20%) ungünstigere Ergebnisse ermittelt. Die Vergärung von Gülle wirkte sich gegenüber unvergorener Gülle kaum auf die Erträge und den N-Haushalt der landwirtschaftlichen Fläche aus. Bemerkenswert ist der positive Effekt der Güllevergärung auf die Klimagasbilanz (- 32%) sowie den Verbrauch an fossiler Energie (- 68%).
2. Die Vergärung hatte v.a. dann signifikante Auswirkungen auf die Erträge der Feldfrüchte, wenn betriebseigene und/oder betriebsfremde Kosubstrate vergoren wurden.
3. Im viehlosen Betriebssystem konnte durch die Vergärung von Klee gras, Zwischenfruchtaufwüchsen und Nebenernteprodukten N gezielt zu den Ackerfrüchten mit dem höchsten N-Bedarf verteilt werden. Durch die Vergärung wurden gegenüber der üblichen viehlosen Bewirtschaftung folgende Effekte erzielt: höhere Erträge (+ 9%), höhere N-Aufnahmen (+ 14%), Senkung des Nitrat auswaschungsrisikos (- 17%) und Reduktion der Emission von Klimagasen (- 60%).
4. Die berechneten N-Bilanzsalden (viehhaltend: 56 – 93 kg N ha⁻¹; viehlos: 45 – 85 kg N ha⁻¹) bewegten sich im unteren Bereich der in der Literatur publizierten Angaben für den ökologischen Landbau (60 - 143 kg N ha⁻¹). Die wichtigste N-Inputquelle stellte in beiden Betriebstypen das Klee gras dar. Legumer Zwischenfruchtba u erwies sich gegenüber dem Körnerleguminosenanbau als die bedeutendere N-Quelle.
5. Die N-Verwertungseffizienz des jeweiligen Gesamt-Betriebes (Hoftorbilanz) war in reinen Ackerbausystemen (42 - 62%) deutlich höher als in Gemischtsystemen mit Ackerbau und Tierhaltung (28 - 35 %). Gasförmige N-Verluste stellten vor allem im Gemischtsystem eine erhebliche N-Verlustquelle (28 - 37 kg N ha⁻¹) dar, die fast an die Höhe des N-Outputs über Verkaufsprodukte (44 - 50 kg N ha⁻¹) heranreichte.
6. In den untersuchten Systemen war eine Reihe von Rückkopplungseffekten zu beobachten. Höhere Düngermengen bedeuteten bei gleichbleibenden Güllelagerkapazitäten, dass mehr Wirtschaftsdünger zu Zeitpunkten ausgebracht werden mussten, die nur eine geringe Nährstoffverwertung gestatteten (z.B. zur Zwischenfruchtaussaat) – mit der Folge einer geringeren N₂-Fixierungsleistung. Eine Strohdüngung nach der Ernte von Getreide kann umgekehrt, so wie im Versuch bei der Güllevariante festgestellt, zur N-Immobilisierung und damit zu einer Steigerung der N₂-Fixierungsleistung des legumen Zwischenfruchtanbaus führen.
7. Die Vergärung von Gülle hatte keinen Einfluss auf die Verfügbarkeit der Mineralstoffe Phosphor, Kalium und Magnesium. Unterschiede in der Konzentration dieser Hauptnährstoffe in den beprobten Pflanzenorganen waren nicht feststellbar, und Unterschiede in der Aufnahme korrelierten meistens mit den Erträgen.
8. In einem Betriebssystem mit Acker- und Grünland sind Nährstofftransfers zwischen Grünland und Ackerland zu beachten. Das Grünland trug unter den gegebenen Bedingungen überproportional zur N- und K-Versorgung der Tiere bei. Bei der Rückführung der Dünger aus dem Stall auf die landwirtschaftlichen Nutzflächen, wurde das Grünland im Vergleich zu dessen Nährstoffanlieferung über das Futter unterproportional mit N und K und überproportional mit P und organischer Trockensubstanz versorgt.
9. Die Nitrat auswaschungsgefahr war im untersuchten Stallmistsystem etwa um 6% höher als in den Güllesystemen. Die alleinige Vergärung von Gülle hatte keine

Wirkung auf die Nitratverlagerungsgefahr im Vergleich zu unvergorener Gülle. Die Abfuhr der Nebenernteprodukte senkte die Gefahr der Nitratauswaschung um ca. 20%.

10. Die Jahresemissionen an bodenbürtigem Lachgas hingen von der angebauten Kultur, von Art und Menge der organischen Dünger und von den Witterungsbedingungen (v.a. Niederschläge) ab. Die Ernte der Klee grasbrache sowie der Zwischenfrucht senkte die bodenbürtigen Lachgasemissionen erheblich. Allerdings führte die Rückführung der Gärreste auf die Ackerflächen zu Emissionspeaks an anderer Stelle und zu anderen Zeitpunkten innerhalb der Rotation, die allerdings in der Regel deutlich niedriger waren als bei einer Einarbeitung als Gründüngung.
11. Steigende Humusbilanzsalden sind nicht zwingend mit einem Anstieg der Nitrat- auswaschungsgefahr verbunden. Aus der Bewertung der vorliegenden Untersuchungen lässt sich abschätzen, dass unter vergleichbaren Bedingungen die Vergärung von Gülle langfristig keine bzw. nur geringe Auswirkungen auf den Humushaushalt des Bodens haben dürfte.
12. Bei Einbeziehung betriebsfremder Kosubstrate in der für den ökologischen Landbau maximal erlaubten Menge können die Auswirkungen auf die gesamt- betrieblichen Nährstoffbilanzen je nach eingesetztem Substrat sowie der jeweils zugrunde liegenden Betriebsstruktur sehr unterschiedlich sein. Dies liegt zum einen am Verhältnis der Hauptnährstoffe zueinander, zum anderen am Verhältnis des Stickstoffgehaltes im Gärsubstrat zur daraus erzielbaren Energiemenge. Z.B. führt der Zukauf von Grünlandaufwüchsen zu einem überproportionalen K-Import ins System und zu geringeren Zusatzenergieerträgen im Vergleich zu einem Silomais als Gärsubstrat.

Literatur

- MÖLLER, K., STINNER, W., DEUKER, A. AND LEITHOLD, G., 2008a: Effects of different manuring systems with and without biogas digestion on nitrogen cycle and crop yield in mixed organic dairy farming systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 82, 209-232.
- MÖLLER, K., STINNER, W. AND LEITHOLD, G., 2008b: Growth, composition, biological N₂ fixation and nutrient uptake of a leguminous cover crop mixture and the effect of their removal on field nitrogen balances and nitrate leaching risk. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 82, 233-249.
- MÖLLER, K. AND STINNER, W., 2009: Effects of different manuring systems with and without biogas digestion on soil mineral nitrogen content and on gaseous nitrogen losses (ammonia, nitrous oxides). *European Journal of Agronomy* 30, 1-16.
- MÖLLER, K., 2009: Influence of different manuring systems with and without biogas digestion on soil organic matter and nitrogen inputs, flows and budgets in organic cropping systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 84, 179-202.
- MÖLLER, K., 2009: Inner farm nutrient flows between arable land and permanent grassland via the stable in organic cropping systems. *European Journal of Agronomy* 31, 204-212.
- MÖLLER, K. AND STINNER, W., 2010: Effects of organic wastes digestion for biogas production on mineral nutrient availability of biogas effluents. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 87, 307-325.
- MICHEL, J., WEISKE, A. AND MÖLLER, K., 2010: The effect of biogas digestion on the environmental impact and energy balances in organic cropping systems using the life-cycle assessment methodology. *Renewable Agriculture and Food Systems* 25, 204-218.
- MÖLLER, K., SCHULZ, R. AND MÜLLER, T., 2010: Substrate inputs, nutrient flows and nitrogen loss of two centralized biogas plants in southern Germany. *Nutrient Cycling in Agroeco-systems* 87, 307-325.
- MÖLLER, K., SCHULZ, R. AND MÜLLER, T., 2011: Effects of setup of centralized biogas plants on crop acreage, balances of nutrients and soil humus. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 89, 303-312.
- STINNER, W., MÖLLER, K. AND LEITHOLD, G., 2008: Effects of biogas digestion of clover/grass-leys, cover crops and crop residues on nitrogen cycle and crop yield in organic stockless farming systems. *European Journal of Agronomy* 29, 125-134.

Entwicklung eines rechnergesteuerten Applikationsgerätes für Gülle in randomisierten Parzellenversuchen

Hötte, S., Stemann, G. und Laser, H.

Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Soest

hoette@fh-swf.de

Abstract

Um hinreichend genaue Dosierungen von Gülle in mehrfaktoriellen, randomisierten Parzellenversuchen zu ermöglichen, wurde ein Prototyp entwickelt, der die mengenmäßig und räumlich präzise Applikation nach Versuchsplan sicherstellt.

Keywords: Parzellenversuche, Versuchstechnik, Gülleapplikation, automatisierte Gülemengenregulierung, Exaktdosierung

Einleitung

In Versuchsanlagen zur Klärung von Fragen zum Gülleinsatz, in denen aufgrund fehlender geeigneter Parzellenapplikationstechnik praxisübliche Großtechnik eingesetzt werden muss, kann wissenschaftlichen Anforderungen hinsichtlich Randomisierung, kleinmaßstäblicher Verteilgenauigkeit und Reproduzierbarkeit meist nicht angemessen Rechnung getragen werden. Komplexe mehrfaktorielle Ansätze können auch aufgrund fehlender Dosiergenauigkeit teils nicht mit der notwendigen Exaktheit bearbeitet werden. Oft werden Gülleversuche mit Großtechnik in Form von Langparzellen bzw. Streifenanlagen angelegt. Je nach Anlageform des Versuchs kann die statistische Auswertbarkeit beeinträchtigt sein. Bei den technischen Anforderungen an die Verteiltechnik wird eine hohe Präzision in der Quer- und Längsverteilung gefordert. Dabei muss gewährleistet sein, dass die Detailgenauigkeit über alle Wiederholungen repräsentativ behalten werden kann. Bei der Ausbringung können unterschiedliche Stickstoffverluste entstehen die einerseits von der Witterung abhängig sind, andererseits aber auch durch die Ausbringtechnik stark variiert werden. Daraus resultiert die Notwendigkeit einer praxisüblichen bzw. mit der Praxis vergleichbaren Ausbringungstechnik. Die in Kleinparzellen häufig verwendete Dosierung per Hand mittels Gießkannen ist in diesem Zusammenhang ungeeignet.

Material und Methoden

Bei der Konzeption wurde für die eigentliche Applikationstechnik eine möglichst praxisnahe Technik mit bewährten Komponenten aus der Großtechnik gesetzt. Das entwickelte Gerät besteht aus einem sehr stabilen großvolumigen Behälter (1700 l) mit Tragrahmen für das Anflanschen von Rohrleitungen und den weiteren notwendigen Baugruppen. Als leistungsfähige Pumpe dient eine Drehkolbenpumpe der Fa. Vogelsang mit einem Schluckvolumen von 1,9 l je Umdrehung, welche hydraulisch angetrieben wird. Das bordeigene Hydrauliksystem mit einer Schrägachsenpumpe kann einen Volumenstrom von 80-110 l je Minute erzeugen und wird über die Traktorzapfwelle angetrieben. Ein großvolumiger Hydraulikbehälter (250 l Ölvorrat) sorgt für die ausreichende Kühlung. Das Verteileraggregat besteht aus einem hydraulisch angetriebenen Vogelsang-Verteiler vom Typ „DosiCut“ mit zusätzlichem Schneidmechanismus und 30 Abgängen. Dieser „Zwangs-Verteiler“ zeichnet sich nach DLG-Test durch einen Variationskoeffi-

zienten für die Querverteilung von unter 10 % aus. Hinter dem Verteiler wird das Substrat auf einen praxisüblichen Schleppschlauchverband mit 20 cm Schlauchabstand geleitet. Die Ausführung in der für die Versuchsdurchführung erforderlichen kompakten Bauweise erfolgte über die Firma Kotte-Landtechnik, Rieste. Die für die Versuchsdurchführung notwendige Exaktheit und Flexibilität der Dosiertechnik erforderte eine Neuentwicklung der Hardware und Software. Die aufwändige Steuer- und Regeltechnik wurde in Zusammenarbeit mit der Firma „Eco-Line Recycling Technik GmbH“, Knittlingen, ausgearbeitet.

Ergebnisse und Diskussion

Für die Anforderungen der Ausbringung an die im jeweiligen Versuchsplan festgelegten Parzellengrößen wurde die Regeltechnik sukzessive angepasst. Teilbreitenschaltungen und Abschaltung des Fahrspurbereiches sind durch „CFC“-Technologie (Comfort-Flow-Control) möglich. Mittels eines Tastrades werden die Wegstrecke und die Geschwindigkeit über einen Induktivgeber mit einer sehr hohen Auflösung ermittelt. Auf Basis dieser Daten wird die Ausbringungsmenge der Güllepumpe gesteuert. Im Bereich der Zwischenwege in der Versuchsanlage erfolgt auf nur 3 m Streckenlänge im Non-Stop-Betrieb die Mengenanpassung für die nächste Variante. Für die Ermittlung der Ausbringungsmenge an Substraten mit unterschiedlicher Viskosität über die Pumpenumdrehung ist es erforderlich, dass eine Kalibration der Pumpe erfolgt. Ebenso muss das Tastrad auf die jeweils spezifischen Bodenbedingungen kalibriert werden, um präzise Daten zu liefern. In der Steuersoftware ist der Ausbringungsplan hinterlegt, der in einer frei wählbaren Reihenfolge abgefahren werden kann. Des Weiteren können verschiedene Parameter eingestellt werden, wie zum Beispiel Parzellenmenge, Parzellenbreite, Durchführung der Kalibration von Güllepumpe und Wegstreckenrad oder das Eingeben der Wechsellpunkte für die Mengenänderung. Das Programm übernimmt gleichzeitig die Dokumentation der tatsächlich ausgebrachten Mengen in jeder einzelnen Parzelle. Bei der beschriebenen Technik handelt es sich um einen Prototypen. Zum Zeitpunkt dieser Berichtserstellung lagen bislang lediglich Testläufe mit Wasser vor, die eine hohe Verteilgenauigkeit und exakte Auslösung zum Parzellenanfang belegen. Derzeit erfolgt noch eine umfangreiche Prüfung der beschriebenen Funktionen mit verschiedenartiger Gülle bzw. Gärsubstraten und die Feinabstimmung der im Grundsatz funktionierenden Software- und Regelungsintensitäten.

Mit der Technologie sind komplexe Versuchsanlagen auch mit dem schwierigen Medium „Gülle“ mit der allgemein üblichen Exaktheit durchführbar. Die derzeitige technische Ausstattung des Parzellen-Gülle-Applikationsgerätes (PGA) lässt es zukünftig auch zu, neue Technologien (z. B. GPS an der Stelle der mechanischen Wegstreckenmessung, Inhaltsstoffbestimmungen über Schnellverfahren) zu integrieren.

Schlussfolgerungen und Fazit

Mit der Technologie sind komplexe Versuchsanlagen auch mit dem schwierigen Medium „Gülle“ in der mit der allgemein üblichen Exaktheit durchführbar. Die derzeitige technische Ausstattung des Parzellen-Gülle-Applikationsgerätes (PGA) lässt es zukünftig auch zu, neue Technologien (z. B. GPS an der Stelle der mechanischen Wegstreckenmessung, Inhaltsstoffbestimmungen über Schnellverfahren) zu integrieren

Literatur

HÖTTE, S. UND STEMANN, G., 2011: Neues rechengesteuertes Applikationsgerät für Gülle in randomisierten Parzellenversuchen, 42. DLG Technikertagung, Soest, 26.-27. Januar 2011

Ammoniak-Emissionen bei der Ausbringung unterschiedlich behandelter Rindergülle im Laborexperiment

Einfluss physikalischer Bodeneigenschaften wie Oberfläche und Tongehalt

Mokry, M.

LTZ Augustenberg, Neßlerstraße 23-31, D-76227 Karlsruhe

markus.mokry@ltz.bwl.de

Einleitung

In den Jahren 1995 bis 2007 wurde an der LUFA Augustenberg in zahlreichen Versuchen und Untersuchungen ein Güllezusatzstoff (*Glenor KR⁺* als Güllefermenter bzw. *Glenor KR⁺ plus Se Zn* als Mineralfutterzusatz) getestet.

Die Inhaltsstoffe von *Glenor KR⁺* sowie *Glenor KR⁺ Se Zn* sind, neben Kräutern, biologisch dynamischen Aktivatoren und Spurenelementen nach Angaben des Herstellers:

- Kohlensaurer Algenkalk als Hauptbestandteil, der aus dem Skelett der Rotalge *Lithothamnium clacareum* gewonnen wird
- und zu 34 % aus Bentonit, das aus der Verwitterung vulkanischer Asche entstanden ist und zu über 80 % aus dem Montmorillonit besteht.

Die aufgeführten Hauptinhaltsstoffe sind geeignet Ammoniak-Verluste aus Gülle zu vermindern. Kalk-Ton-Suspensionen und Bentonit-Suspensionen werden unter verschiedenen Produktnamen als Güllezusätze angeboten. Deren Wirkung, insbesondere die von Bentonit, auf die Ammoniak-Emissionen aus Gülle wurde bereits wissenschaftlich überprüft. Mit einem Windtunnelversuch auf vegetationsfreiem Ackerboden konnte HUBER (1994) zeigen, dass durch Bentonit-Zusatz die Ammoniak-Emissionen aus Biogasgülle um 28 bis 42 % reduziert werden konnten. In einem Feldversuch auf Dauergrünland konnten PAAß UND KÜHBAUCH (1992) zeigen, dass durch die Zugabe von 5 % Bentonit zu einer Rindergülle die Ammoniak-Emissionen um ca. 50 % reduziert werden konnten.

In beiden Versuchen war die erreichte Reduzierung der Ammoniak-Emissionen größer als die theoretische Sorptionskapazität des Bentonits. Neben der Sorption des Kations Ammonium durch Bentonit, ist die Verbesserung der Fließfähigkeit hochviskoser Gülleinhaltsstoffe durch die Bindung an Bentonit Ursache für die Reduzierung der Ammoniak-Verluste. Die Gülle kann damit durch die verbesserte Fließfähigkeit besser in den Boden infiltrieren. Eine Verbesserung des Fließverhaltens von Gülle nach Zusatz von *Glenor KR⁺* wurde auch von der LVVG Aulendorf festgestellt (LVVG, 2004).

Ziel vorliegender Untersuchung war es zu überprüfen, ob das Produkt *Glenor KR⁺* geeignet ist, die Ammoniak-Emissionen aus Gülle zu reduzieren, wie es die aufgeführten Eigenschaften der Hauptinhaltsstoffe vermuten lassen.

Nachfolgende konkretisierte Fragestellungen wurden bearbeitet:

- Kann mit dem Gülle-Zusatzstoff *Glenor KR⁺* eine Reduktion der Ammoniak-Emissionen aus Gülle erzielt werden?

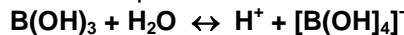
- Kann eine Reduktion der Ammoniak-Emissionen aus Gülle durch die Verfütterung des Futtermittelzusatzes *Glenor KR⁺* in der Rinderhaltung erzielt werden, ohne dass eine zusätzliche Güllebehandlung erfolgt?

Material und Methoden

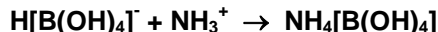
Die Ammoniak-Freisetzung aus Gülle wurde u.a. in Laborversuchen mit einem Dynamischen-Kammer-System gemessen, welches nach PACHOLSKI (2003) gut für den Vergleich unterschiedlicher Behandlung geeignet ist. Als Probenkammern wurden PVC-Rohre (Innen-Ø:150 mm, Innen-Länge: 500 mm) verwendet, in welche Einsätze zur Reduzierung des durchströmten Luftraums (auf 30 mm Höhe über den Probenbehälter) eingebaut wurden. Als Probenbehälter dienen PVC-Halbschalen (Innen-Ø:120 mm, Innen-Länge: 465 mm), die in die Probenkammern eingeführt werden. Die insgesamt 10 Probenkammern (= 4 Wiederholungen je Versuchsansatz) wurden für die Versuche je mit einem Deckel mit Lufteinlass-Öffnung (Innen-Ø: 5 mm) verschlossen. Auf der Rückseite der Probenkammern wurde die Luft über eine Pumpe abgesaugt und durch Waschflaschen mit Fritten (Fa. Schott, 250 ml, Porosität 1) geleitet.

Die Waschflaschen wurden jeweils mit 100 ml 2 % iger Borsäure, die mit NaOH genau auf den Umschlagpunkt des eingesetzten Indikators (pH 5,2) eingestellt wurde, als sog. Vorlage gefüllt. Das mit der Probenluft durch die Borsäure geleitete Ammoniak wird quantitativ gemäß Gleichung 2 in der Borsäure gelöst. Mit 0,1 M HCl als Maßlösung wurde die Menge des in Lösung gegangenen NH₃ durch Rücktitration bis zum Umschlagpunkt des zugegebenen Tashiro-Indikators (siehe Gleichung 3) ermittelt. Der eingesetzte Indikator weist im Bereich des Umschlagpunktes eine graue Färbung auf, die mit sinkendem pH-Wert nach Rosa umschlägt. Nach Lösung des NH₃ färbt der Indikator die Borsäure grün.

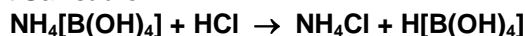
- (1) Lösung von Borsäure in aqua dest.:



- (2) Lösung von Ammoniak in Borsäure:



- (3) Rücktitration mit Salzsäure:



Dieses Ammoniak-Nachweisverfahren wurde analog der Verfahrensschritte „Auffangen des NH₃ und dessen maßanalytische Bestimmung“ der Methode zur Bestimmung von Gesamt-Stickstoff nach KJELDAHL (VDLUFA 1997) durchgeführt.

Für die Versuche wurden die Probenbehälter mit unterschiedlichen Böden (Tab. 1) gefüllt bzw. unterschiedlich präpariert, um die Ammoniak-Emissionen von unterschiedlichen Oberflächen und unterschiedliche Wechselwirkungen der Gülle mit dem Untergrund zu simulieren:

- Versiegelte Oberfläche (kein Einsickern der Gülle, keine Sorption des NH₃): Probenbehälter wurde mit Quarzsand gefüllt, der mit einer PE-Folie abgedeckt wurde. Die Gülle wurde auf die Folie appliziert.
- Grassoden (Simulation von Grünlandverhältnissen): Die Grassoden wurden so in den Probenbehälter eingepasst, dass die Bodenoberfläche mit dem Gefäßrand abschloss. Das Gras wurde auf max. 3 cm Länge geschnitten.

- Sandiger Boden ohne Vegetation (Einsickern der Gülle in den Boden): Der Boden (auf 2 mm gesiebt, eingestellt auf 40 % der maximalen Wasserhaltekapazität) wurde mit einer Schüttdichte von ca. 1 g/cm³ bis auf Höhe des Gefäßrandes in den Probenbehälter eingefüllt
- Bindiger Boden ohne Vegetation (Sorptions an Austauschplätze des Bodens): Der Boden (auf 2 mm gesiebt, eingestellt auf 40 % der maximalen Wasserhaltekapazität) wurde mit einer Schüttdichte von ca. 1 g/cm³ bis auf Höhe des Gefäßrandes in den Probenbehälter eingefüllt

Tab. 1: Relevante Kenndaten der Versuchsböden

Boden	Bodenart	Ton [%]	Schluff [%]	Sand [%]	pH	Humus [%]	WHK _{max} [%]
sandiger Boden	lehmgiger Sand	8,3	9,4	82,3	5,5	1,1	20,8
bindiger Boden	lehmgiger Schluff	16,9	73,6	9,5	6,9	4,9	43,3

Die für die Gülle-Applikation präparierte Oberfläche in den Probenbehältern entspricht einer Fläche von 0,0558 m². Auf diese Fläche wurden jeweils 150 g Frischmasse (FM) der Versuchsgüllen (Entnahme nach gründlichem Mischen der Gülle im Lagerbehälter) durch gleichmäßiges Verstreichen mit einem Löffel appliziert. Das entspricht einer praxisüblichen, einheitlichen Güllegabe von ca. 27 m³ Gülle-FM/ha für alle Versuchsglieder. Es wurden über den gesamten Versuchszeitraum bei einer konstanten Raumtemperatur von 20 °C ± 1 °C gearbeitet. Die Versuchsgüllen und Böden wurden bei Raumtemperatur gelagert. Die Temperatur der Güllen lag jeweils zu Versuchbeginn bei 18 °C ± 1 °C. Die Untersuchungsergebnisse wurden je Variante (Gülle) mit vier Parallelmessungen erzielt.

Für den Versuch wurden die im folgenden beschriebenen Rindergüllen (Tab. 2) eingesetzt:

- Gülle 1: ohne Zusatz; Jungviehgülle; ca. 4 Monate gelagert; Vergleichsgülle für Gülle 2 und 3, da alle Güllen aus dem gleichen Betrieb stammten
- Gülle 2: Gülle 1 mit 1,5 kg Glenor KR+/t Gülle wenige Tage vor Versuchsbeginn gemäß Herstellerangaben behandelt
- Gülle 3: Milchviehgülle; *Glenor KR⁺* als Mineralfutterzusatzstoff nach Herstellerangaben verfüttert; ca. 4 Wochen gelagert

Tab. 2: relevante Eigenschaften der Versuchsgüllen

Gülle	Trocken-substanz [% FM]	Gesamt-N [% TM]	NH ₄ -N [% TM]	Gesamt-N [% FM]	NH ₄ -N [% FM]	pH
Gülle 1	10,67	4,03	1,41	0,43	0,15	7,51
Gülle 2	entspricht Gülle 1					
Gülle 3	11,39	3,25	1,76	0,37	0,20	7,07

Aus versuchstechnischen Gründen konnte nur mit geringen Windgeschwindigkeiten von 0,004 m/s in der Probenkammer gearbeitet werden. Es wurde jedoch mit der eingestellten Windgeschwindigkeit ein kontinuierlicher Luftaustausch von 50 % des Luftraums pro Minute über der Probe erreicht. Austauschraten von über 20 % des Luftvolumens pro Minute können bereits zu einer Überschätzung der natürlichen, potentiellen NH_3 -Volatilisations-Rate führen (ROELCKE *et al.* 2002). Da in vorliegender Untersuchung vorrangig der relative Vergleich der Gülle-Behandlungen durchgeführt werden sollte, wurde eine mögliche Überschätzung der Werte in Kauf genommen.

Die Messung erfolgte über 23 h, da der größte Teil des NH_3 innerhalb des ersten Tages aus der Gülle emittiert (vergleiche SML 1997, THOMPSON & MEISINGER 2002, LfL 2003). Mit einer Messung über 71 h konnte bestätigt werden, dass ca. 80 % der NH_3 -Emissionen in den ersten 23 h erfolgen. Um die höheren Emissionsraten in den ersten Stunden gut erfassen zu können wurden die NH_3 -Freisetzung nach 2, 4, 8 und 23 h gemessen.

Ein Vorversuch zur Leistungsfähigkeit des Messverfahrens, in welchem die Probenluft zusätzlich durch eine nachgeschaltete, zweite Waschflasche geleitet wurde, zeigte, dass unter den beschriebenen Messbedingungen mit den im Versuch eingesetzten Güllen innerhalb von 4 h das emittierte NH_3 quantitativ in einer Waschflasche aufgefangen werden kann. Bei einer Versuchslaufzeit von 16 h (ohne Austausch der Waschflaschen) konnten mindestens 90 % des NH_3 in der 1. Waschflasche gebunden werden.

Ergebnisse

Auf allen Bodenoberflächen betrug der relative NH_3 -Verlust der Gülle 3 (Glenor KR^+ verfüttert) nur etwa die Hälfte der Verluste, die bei unbehandelter Vergleichsgülle (Gülle 1) gemessen wurden. Gülle 2, der Glenor KR^+ beigemischt wurde, lag meist dazwischen.

Die höchsten Ammoniak-Emissionen wurden im vorliegenden Versuch auf versiegelter Bodenoberfläche gemessen. Die unbehandelte Gülle 1 verliert innerhalb von 23 h 50 % ihres NH_4 -N. Auf dieser Oberfläche wurden die maximal möglichen Verluste unter den gegebenen Versuchsbedingungen ermittelt. Die NH_3 -Emissionen auf Grünland (Abb. 1) sind nur etwa halb so hoch, wie auf der versiegelten Bodenoberfläche, da die Gülle in Wechselwirkung mit der Oberfläche treten und infiltrieren kann. Durch die Verteilung der Gülle auf der Vegetation ist ihre Oberfläche größer als in den Varianten mit vegetationsfreier Bodenoberfläche. Folglich liegen auch die Verlustraten höher.

Die Messungen auf lockerem, sandigem Boden (Abb. 2) bestätigen wieder einen deutlich geringeren relativen NH_3 -Verlust aus der Gülle, in welcher Glenor KR^+ verfüttert wurde (Gülle 3). Ein Unterschied zwischen Gülle 2 und der unbehandelten Gülle 1 konnte jedoch nicht mehr abgesichert werden. In diesem Fall überlagerte die Reduzierung der Ammoniak-Emissionen durch Einsickern der Gülle in den Boden die Wirkung des Güllezusatzstoffes. Applikation der Gülle auf bindigen Boden (Abb. 3) lieferte die geringsten NH_3 -Verlustraten, da durch die Bodenbestandteile (Tonminerale und Humus) Ammonium (NH_4) aus der Gülle zum großen Teil adsorbiert wird.

Schlussfolgerungen

Bei der Bewertung der Ergebnisse ist einschränkend festzustellen, dass die Datenbasis dieser Untersuchung nur klein ist und die vorliegenden Ergebnisse aus Laborversuchen nicht auf Feldverhältnisse übertragbar sind (vergleiche PACHOLSKI 2003). Im Feld sind die Windgeschwindigkeiten i.d.R. höher, der Einfluss der Niederschläge kommt hinzu und die applizierten Flächen weisen große Heterogenität hinsichtlich ihrer Bodeneigen-

schaften auf. Hochrechnungen über die Auswirkungen des Einsatzes von Glenor KR⁺ auf der Basis vorliegender Untersuchung sind deswegen nicht zulässig.

Die Messergebnisse zeigen, dass das Produkt Glenor KR⁺ einen Beitrag zur Reduzierung der Ammoniak-Emissionen aus Rindergülle leisten kann. Beide Ausgangs-Fragestellungen dieser Untersuchung können positiv beantwortet werden. Sowohl durch Verwendung des Produktes Glenor KR⁺ als Futtermittelzusatz als auch als reines Güllebehandlungsmittel kann die Ammoniak-Emission aus Rindergülle eindeutig nachweisbar reduziert werden. Unter Berücksichtigung der im vorhergehenden genannten theoretischen Überlegungen zur Wirkung der Produktinhaltsstoffe kann angenommen werden, dass die Reduktionswirkung durch Glenor KR⁺ auch im Feld nachzuweisen ist. Die im vorliegenden Laborversuch erreichten Reduktionsraten konnten in eigenen Feldexperimenten unter den jeweiligen Rahmenbedingungen ebenfalls erzielt werden. Es ist daher davon auszugehen, dass Glenor KR⁺ einen sinnvollen Beitrag zur Reduzierung der Ammoniakverluste insbesondere dort leisten kann, wo andere Maßnahmen, wie sie nach guter fachlicher Praxis empfohlen werden, nicht durchgeführt werden oder werden können. Beispielsweise bei der Gülleausbringung auf Grünland, wo keine Einarbeitung möglich ist oder wenn aufgrund der hohen Kosten auf emissionsarme Applikationstechniken verzichtet wird.

Es ist anzunehmen, dass der Einsatz von Glenor KR⁺ als Futtermittelzusatzstoff einen zusätzlichen Vorteil gegenüber anderen Reduktionsmaßnahmen bietet. Die Reduzierung der Ammoniakverluste erfolgt nicht nur bei Ausbringung der Rindergülle, sondern die Wirkung des Glenor-Zusatzes dürfte bereits bei der Lagerung der Gülle zu reduzierten Ammoniak-Emissionen führen. Einen Hinweis auf diese Annahme liefern die erhöhten relativen Ammoniumgehalte, wie sie in der Gülle 3 „Glenor KR⁺ verfüttert“ gemessen wurden (s. Tab. 3).

Als **Fazit** dieser Untersuchung kann davon ausgegangen werden, dass in Folge des Einsatzes von Glenor KR⁺ die Umweltbelastung durch Ammoniak-Emissionen und die Nährstoffverluste aus dem Wirtschaftsdünger Gülle reduziert werden können.

Literatur

- HUBER, J., 1994: Untersuchung zur Ammoniakverflüchtigung nach Gülledüngung im Windtunnelverfahren. Dissertation Technische Universität München.
(zitiert in: <http://agrimont.de/agriben/Artikel.htm>)
- LfL (BAYRISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT) (Hrsg.), 2003: Verminderung gasförmiger Emissionen in der Tierhaltung - Ammoniak, Methan, Lachgas. Merkblatt
- LVVG (STAATLICHE LEHR- UND VERSUCHSANSTALT FÜR VIEHALTUNG UND GRÜNLANDWIRTSCHAFT AULENDORF), 2004: Prüfung von Gülle-Zusatzmitteln im „Gülle Keller“ der LVVG. In: Tätigkeitsbericht für den Zeitraum 2003 bis 2004 der LVVG. S. 65 - 67, Aulendorf
- PAAR, F. UND KÜHBAUCH, W. 1992: Ammoniakverluste nach Gülledüngung auf Grünland. In: Tagungsband der 35. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenwissenschaften. S: 144-159, Bad Hersfeld
- PACHOLSKI, A.J., 2003: Calibration of a simple Method for determining ammonia volatilization in the field „Experiments in Henan Province, China, and modelling results“. 215 S. Landbauforschung Völknerode. Sonderheft 249, Braunschweig
- ROELCKE, M., S.X.LI, X.H.TIAN, Y.J.GAO AND RICHTER, J., 2002: In situ comparison of ammonia volatilization from N fertilizers in Chinese loess soils. In: Nutr. Cycl. Agroecosys., 62 (1), S. 73-88
- SML (SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, ERNÄHRUNG UND FORSTEN) (Hrsg.), 1997: Ordnungsgemäßer Einsatz von Düngern entsprechend der DüVO. 143 S. Dresden
- THOMPSON, R. AND MEISINGER, J., 2002: Management factors affecting Ammonia Volatilization from Land-Applied Cattle Slurry in the Mid-Atlantic USA. In: Journal of Environmental Quality. 31, S. 1329 - 1338

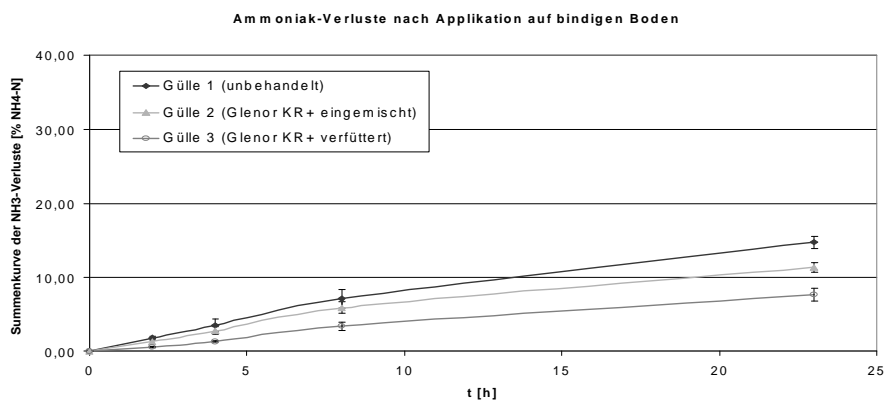
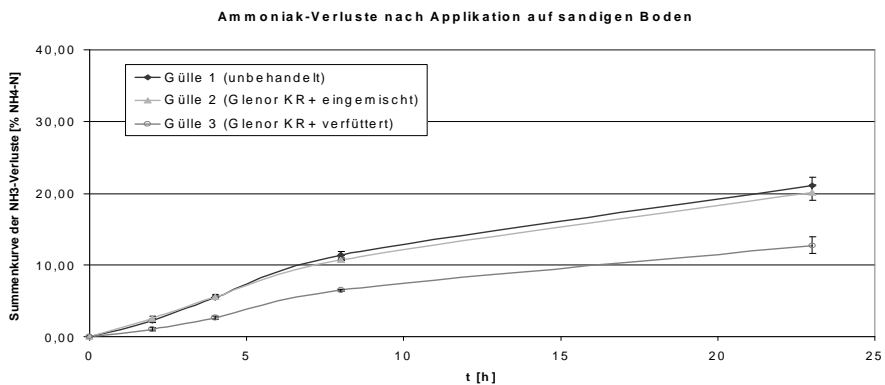
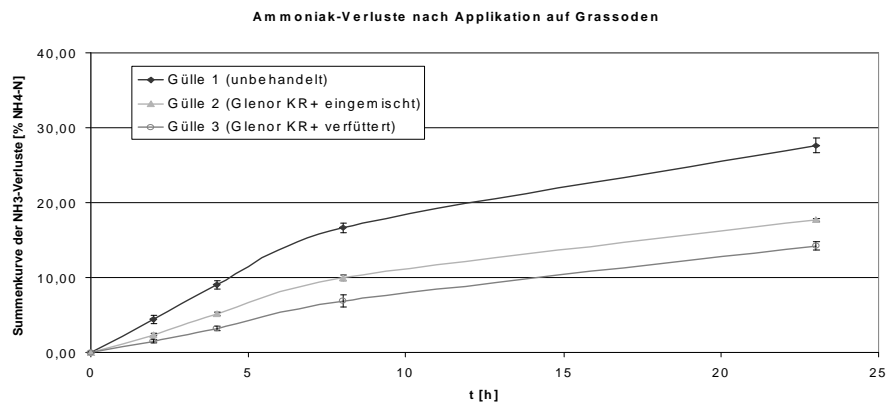


Abb. 1, 2 u. 3: Summenkurven der relativen NH_3 -Verluste nach Applikation auf Grassoden, sandigen und bindigen Boden

Kurzbeiträge

Abschwemmung von gelöstem Phosphor auf Ackerland und Grasland während den Wintermonaten

Braun, M.

Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Reckenholzstr. 191, CH-8046 Zürich

volker.prasuhn@art.admin.ch

Versuchsfragen

Feldversuch zur Messung von Oberflächenabfluss und gelöstem Phosphor nach Gülleapplikation auf Grasland und Ackerland im Winter.

Material und Methodik

Versuchsort Bern 1985-1989, 3 Winter gemessen, 01.12.-31.3., natürliche Niederschläge

3 Testparzellen mit je 3 Messstreifen = 9 Plots, je 2 m breit, 30 m lang, mit Kunststoffwänden abgegrenzt. 2 Testparzellen pro Messperiode je 2 mal Gülleapplikation (40-65 m³/ha = 10-43 kg/ha P), 1 Testparzelle keine Gülle

Böden: Braunerde, sandiger Lehm, 12% Neigung

Wichtigste Ergebnisse

Insgesamt 17 Abflussereignisse mit Oberflächenabfluss auf mindestens einem Streifen, P-Frachten zwischen 0,3 und 393 g/ha P pro Ereignis. Tabellen mit Abfluss und P-Fracht pro Ereignis und Messstreifen vorhanden

Oberflächenabfluss auf Grasland: 4,8% und 1,7% und 1,1% vom Niederschlag

Oberflächenabfluss auf Ackerland: 2,2% und 1,9% und 1,9% vom Niederschlag

P-Konzentration war maximal 15 mg/l = 393 g/ha P gelöst-Abschwemmung

Einzelereignisse trugen massgeblich zur totalen P-Fracht bei.

Schlussfolgerungen und Fazit

Abschwemmung von P auf gegüllten Parzellen war höher als auf ungegüllten.

P-Abschwemmung bei Schneeschmelze auf gefrorenem Boden war höher als bei Regen auf gefrorenem Boden.

P-Abschwemmung nach Gülleaustrag ist auf Grasland höher als auf Ackerland.

Literatur

BRAUN, M. UND LEUENBERGER, J., 1991: Abschwemmung von gelöstem Phosphor auf Ackerland und Grasland während den Wintermonaten. Landw. Schweiz 4, 555-560.

BRAUN, M., 1990: Zusammenhänge zwischen Schneedecke, gefrorenem Boden und Gülleabschwemmung. Diss. ETH Nr. 9170, Zürich. 220 pp.

Auswirkungen mechanischer Bodenbelastung auf Dauergrünland - Neue Versuchsergebnisse

Diepolder, M.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Lange Point 12, 85354 Freising

michael.diepolder@lfl.bayern.de

Versuchsfragen

Prüfung der Auswirkungen mechanischer Bodenbelastung auf Dauergrünland hinsichtlich:

- Ertrag und Futterqualität,
- Zusammensetzung des Pflanzenbestandes,
- N-Aufnahme,
- Bodenphysik,
- Regenwurm-Zönosen,
- Nährstoffkonzentrationen im Sickerwasser unter dem Wurzelraum

Material und Methodik

Versuchsstandort: Puch im oberbayerischen Altmoränen-Hügelland (550 m ü.NN, 920 mm durchschnittlichen Jahresniederschlag, 8,0° C Jahresdurchschnittstemperatur, Parabraunerde aus tonigem Schluff), grasreicher Bestand (87% Gräser), Leitgras Deutsches Weidelgras, niedriger Humusgehalt (3,5% Humus, C/N-Verhältnis 12:1).

Exaktversuch mit 2 Varianten (unbelastet/belastet) in vierfacher Wiederholung über einem Saugkerzenfeld.

Bodenbelastung durch Befahren mit Schlepper "Rad an Rad" bei 62% aller in den Versuchsjahren 2003-2007 genommenen Aufwüchsen. Kein Befahren bei wassergesättigtem Boden.

Düngung: 3x 25 m³/ha Rindergülle (7,7% TS) plus 1x 60 kg N/ha (KAS), damit pro Jahr 392 kg Gesamt-N/ha ausgebracht, davon 232 kg anrechenbarer Gesamt-N über Gülle.

Wichtigste Ergebnisse

Auf den befahrenen Parzellen sank der TM-Ertrag im Mittel um ca. 12%, der Rohprotein-Ertrag bzw. die N-Aufnahme um 17%. Eine gerichtete Zunahme der Gemeinen Rispe (*Poa trivialis*) war nicht ersichtlich.

Die mittlere Nitratkonzentration im Sickerwasser lag bei beiden Varianten trotz stark positiver N-Salden auf sehr niedrigem Niveau und ergab bei der befahrenen Varianten mit 5 mg Nitrat/l sogar etwas niedrigere Werte als bei der unbefahrenen Variante mit 8 mg Nitrat/l, während die Nmin-Gehalte in der Krume auf gleichem Niveau lagen. Die Ursachen könnten - wenngleich nicht aus den nach Versuche erhobenen bodenphysikalischen Daten ersichtlich - entweder in einer durchgängigeren Makroporenkontinuität bei fehlender Befahrung oder in einer zeitweise höheren Denitrifikationsrate in der befahrenen Variante zu suchen sein.

Nach Versuchsende war im darauffolgenden Frühjahr bei den bodenphysikalischen Parametern im Krumenraum kein Unterschied zwischen beiden Varianten feststellbar. Allerdings lagen Zahl und Biomasse der Regenwürmer bei der befahrenen Variante auf

deutlich niedrigerem Niveau. Die Ergebnisse unterstreichen im Einklang mit sächsischen Forschungsergebnissen, dass noch weiterer Forschungsbedarf zur Klärung der Wirkungsmechanismen bei zunehmender Bodenbelastung im Grünland besteht.

Literatur

DIEPOLDER, M UND RASCHBACHER, S., 2009: Auswirkungen mechanischer Bodenbelastung auf Dauergrünland - Neue Versuchsergebnisse. In: Schule und Beratung, Heft 8-9/09, Seite III-27 bis III-33, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München. Siehe auch unter www.lfl.bayern.de/iab/gruenland unter der Rubrik "Versuchsergebnisse zur Auswirkung von mechanischer Belastung auf Dauergrünland" oder unter www.versuchsberichte.de.

Reduzierung des P-Austrags nach Starkniederschlägen durch ungedüngte Randstreifen bei hängigen Grünlandflächen

Diepolder, M.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Lange Point 12, 85354 Freising

michael.diepolder@lfl.bayern.de

Versuchsfragen

Inwieweit lässt sich bei hängigen und an Oberflächengewässer angrenzende Grünlandflächen durch ungedüngte Randstreifen eine Minderung des P-Austrags erreichen. Dies speziell bei Starkregenereignissen, welche kurz auf eine Gülledüngung erfolgen (worst case).

Material und Methodik

Drei Versuchsglieder: Kontrollvariante ohne Gülle, Variante mit Gülledüngung ohne Randstreifen, Variante mit Gülledüngung und 5 m breiten Randstreifen zwischen begüllter Fläche und Abflusserfassung.

Praxisschlag mit ca. 3 ha und 14% Gefälle, Versuchszeitraum Frühjahr bis Herbst 2004, räumlich-zeitliche Randomisierung.

Künstliche Beregnung mittels Beregnungsanlage, Beregnung bis Abflussbeginn, dann stufenweise Erhöhung der Beregnungsmenge.

Automatische Erfassung des Wasserabflusses und Probenahme für Analyse auf Gesamt-P (TP) und löslichen P (nach Mikrofilter, DTP).

Wichtigste Ergebnisse

Bei allen Varianten Anstieg des ausgetragenen Gesamt-P mit zunehmendem Wasserabfluss. TP-Fracht bei der begüllten Variante ohne Randstreifen am höchsten.

Bezogen auf die über die Gülle ausgebrachte TP-Menge von ca. 12 kg/ha ließen sich die mit dem Oberflächenabfluss ausgetragenen "scheinbaren", d.h. mittleren TP-Verluste ohne Randstreifen auf 1,2% bei der niedrigsten und 4,2% bei der höchsten Beregnungsstufe quantifizieren. Bei Gülledüngung wurden ohne Randstreifen in Abhängigkeit von der Niederschlagsintensität 0,15 bis 0,55 kg P/ha, bzw. 0,34 bis 1,27 kg P₂O₅/ha ausgetragen.

Die Anlage eines 5 m breiten Randstreifens zwischen der begüllten Fläche und der Auffangvorrichtung bewirkte bei allen Beregnungsstufen eine signifikante Minderung der Konzentration an TP und DTP des abgeflossenen Wassers. Dadurch konnte eine erhebliche Reduzierung der ausgetragenen P-Frachten erreicht werden. Es wurde zudem umso mehr TP/DTP auf dem Grünland zurückgehalten, je intensiver beregnet wurde. Die Differenzen der mittleren P-Frachten zwischen den Varianten ließen sich fast ausschließlich auf Unterschiede in der P-Konzentration und nicht auf unterschiedliche Wasserabläufe zwischen den Varianten zurückführen, was als ein Indiz für die Güte der gewählten Versuchsdurchführung zu werten ist.

Der ausgetragene P bestand bei allen Beregnungsintensitäten vorwiegend (meist zu ca. 60-70%) aus löslichem P (DTP), während der Gülle-P vorwiegend (ca. 65-75%) aus partikulärem P besteht. These des "Auskämmeffektes" durch die Grasstopeln.

Schlussfolgerungen und Fazit

Mittels Beregnungsversuchen auf Praxisflächen konnte nachgewiesen werden, dass ungedüngte 5m breite Randstreifen eine signifikante Reduktion der P-Konzentration im abfließenden Wasser und damit eine wesentliche Minderung des P-Austrags durch Oberflächenabfluss bei Hanglagen mit Grünlandnutzung bewirken können.

Ungedüngte Randstreifen leisten damit einen wertvollen Beitrag zum Gewässerschutz, dies gerade in Gebieten, die durch hängige Flächen und eine hohe Gewässerdichte geprägt sind.

Literatur

DIEPOLDER, M UND RASCHBACHER, S., 2009: Untersuchungen zum Oberflächengewässerschutz - Reduzierung des P-Austrags nach Starkniederschlägen durch ungedüngte Randstreifen bei hängigen Grünlandflächen. In: Schule und Beratung, Heft 1/09, Seite III-22 bis III-26, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München siehe auch www.lfl.bayern.de/iab/gruenland unter Rubrik Versuchsergebnisse zu Düngung und Umwelt.

DIEPOLDER, M.UND RASCHBACHER, S., 2009: Projekt Saubere Seen - Phosphoraustrag aus Grünlandflächen nach Starkregen. In: 7. Kulturlandschaftstag der LfL "Landwirtschaft und Gewässerschutz - Möglichkeiten, Grenzen, Kosten"; LfL-Schriftenreihe 1/2009, Seite 31-48, Freising-Weihenstephan.

Nmin-Vorrat während des Winters bei gestaffelten Güllegaben im Herbst

Rieder, J. zusammengefasst von Diepolder, M.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Lange Point 12; 85354 Freising

michael.diepolder@lfl.bayern.de

Versuchsfragen

Im Gegensatz zum Ackerbau ist ein im Sinne des Grundwasserschutzes problematischer Zusammenhang zwischen Gülledüngung im Spätherbst und einem Anstieg des Nitratgehaltes im Bodenwasser bislang nicht nachgewiesen. Dauergrünland nimmt über die letzte Nutzung hinaus noch Stickstoff in den Wurzelapparat auf und lagert ihn als "Reserve" für die Wurzelneubildung im folgenden Frühjahr ein.

Offen ist hierbei die Frage, wann diese Reservestoffbildung eingestellt wird. Um dem nachzugehen, wurde im Jahr 1986 am Spitalhof/Kempton ein Versuch eingerichtet.

Material und Methodik

Pflanzenbestand: Voralpine Weidelgrasweide

Versuch mit zeitlich gestaffelten Herbstgüllegaben (Variante ohne Herbstgülle nach letztem Schnitt, jedoch Frühjahrsgülle, 5 Varianten ohne Frühjahrsgülle, jedoch Herbstgülle zu 10. 10.; 20.10.; 02.11.; 10.11.; 20.11 - alle 6 Güllevarianten bekamen 50 N/ha nach dem 2. Schnitt); Mineraldüngervariante 4x55 N/ha (KAS) mit Frühjahrsdüngung, Variante ohne N-Düngung. Jahresgüllegaben 3x25 cbm = 170 N/ha pflanzenwirksamer N.

Nmin-Vorrat in 0-30 cm im 2-wöchigen Turnus.

Dauer 42. Woche 1986 - 12. Woche 1989;

Wichtigste Ergebnisse

Die dreijährigen Untersuchungen zeigen, dass zeitlich gestaffelte Güllegaben nach der letzten Nutzung den Nmin-Vorrat im Boden am Versuchsstandort Spitalhof/Kempton nicht beeinflusst haben. Unabhängig vom Zeitpunkt der Gülledüngung im Herbst kam es jedoch in der 44. bis 48. Jahreswoche (November) zu einem deutlichen Absinken der Nmin-Werte. Dieses Absinken wurde auch auf der mit mineralischem Stickstoff gedüngten Parzelle und auf der Parzelle ohne jegliche Düngung festgestellt, wobei die Minimumwerte im November in jedem Jahr sehr nahe beieinander lagen. Der Einfluss später Güllegaben wurde durch den jahreszeitlichen Einfluss weit überdeckt.

Schlussfolgerungen und Fazit

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen lassen den Schluss zu, dass der Nmin-Wert für intensiv genutztes Dauergrünland weder als Bemessungsgrundlage der erforderlichen N-Düngung noch als Kontrollinstrument in Wasserschutzgebieten geeignet ist.

Der Effekt einer späten Güllegabe wird durch den Einfluss der jahreszeitlich bedingten Mineralisierung und Fixierung weit überdeckt.

Literatur

RIEDER, J.B., 1990: Nmin-Vorrat während des Winters bei gestaffelten Güllegaben im Herbst; in: Schule und Beratung, Heft 3-4/90, Seite III-1 bis III-3; Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten, München.

Wie verändert langjährige Gülledüngung den pH-Wert im Grünland? - Ergebnisse aus Langzeitversuchen

Diepolder, M.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Lange Point 12, 85354 Freising

michael.diepolder@lfl.bayern.de

Versuchsfragen

Bekannt ist, dass bestimmte mineralische Dünger den pH-Wert des Bodens heben oder senken können. In der Praxis wird jedoch auch manchmal darauf hingewiesen, dass pH-Werte im Grünland auch ohne Kalkung ansteigen und dies möglicherweise auf hohe Güllegaben zurückzuführen ist, so dass der pH-Wert nach Standardbodenuntersuchung in solchen Fällen kein geeigneter Maßstab zur Ableitung des Kalkbedarfs ist.

Daher sollte anhand von langjährigen Grünlandexaktversuchen an der LfL mit Schwerpunkt Gülledüngung überprüft werden, ob - langfristig gesehen - Effekte auf den Säurezustand bzw. Kalkbedarf von Grünlandböden ableitbar sind bzw. ob sich Hinweise auf die o.g. Vermutung ergeben.

Ebenfalls sollte überprüft werden, mit welchem Grad an "Unsicherheit" man bei der pH-Bestimmung (Witterung, Probenahme, Analytik) im Mittel rechnen muss.

Material und Methodik

Grundlage der Auswertung bildeten 6 Düngungsversuche (Exaktversuche) auf vier unterschiedlichen Standorten in Bayern mit einer Laufzeit von mindestens 9 Jahren. Von den insgesamt 11 untersuchten Datensätzen stammten 4 von Varianten mit ausschließlicher Gülledüngung und weitere 4 von Parzellen, welche organisch/mineralisch gedüngt wurden, wobei jedoch der Anteil der Güllegaben im gesamten Düngungssystem mindestens 50% betrug. Drei weitere Variante waren völlig ohne Düngung und dienten zum Vergleich einer extremen "Nicht-Düngung". Die Datensätze wurden mit einer einfachen linearen Regressionsanalyse ausgewertet. Ebenfalls wurde das Ertragsverhalten im zeitlichen Verlauf nach dem gleichen Verfahren ausgewertet. Zusätzlich wurden bei den einzelnen Datensätzen die jährlichen Schwankungen der pH-Werte und Erträge bestimmt. Dadurch sollten Aussagen über die Verlässlichkeit von Messwerten, die durch Probenahme, Analytik und Jahrgangseffekte beeinflusst werden, gewonnen werden.

Wichtigste Ergebnisse

Im Gegensatz zu saurer oder alkalischer Mineraldüngung zeigten Grünlandversuche mit langjähriger Gülledüngung keine eindeutige Reaktion der Entwicklung der pH-Werte in 0-10 cm Tiefe. In keinem Fall führte in den untersuchten Varianten die Gülledüngung tendenziell zu einer fortschreitenden Anhebung des pH-Wertes. Im Trend konnte zwar mitunter ein geringfügiger Rückgang des pH-Wertes abgeleitet werden, welcher jedoch in der überwiegenden Zahl der Einzelfälle nicht signifikant war. Bei völlig fehlender Düngung nahm der Grad der Bodenversauerung jedoch signifikant zu. Die jährlichen Schwankungen des pH-Wertes betragen durchschnittlich knapp 0,2 Einheiten, was etwa 3% des langjährigen Mittels entsprach. Dem gegenüber fielen beim Ertrag die Jahrgangsunterschiede mit ca. 10 dt/ha bzw. 9% vergleichsweise hoch aus und unterstreichen die bekannte Aussage, dass Grünlandversuche langfristig angelegt werden müssen.

Schlussfolgerungen und Fazit

Für genaue Aussagen sind mehrortige Versuche und oft lange Versuchszeiträume erforderlich. Interpretationen, welche nur auf Einzelergebnissen oder Kurzzeitversuchen basieren, bergen gerade im Grünland die Gefahr ungenauer oder falscher Schlüsse.

Literatur

DIEPOLDER, M., 2005: Wie verändert langjährige Gülledüngung den pH-Wert im Grünland? - Ergebnisse aus Langzeitversuchen. In: Schule und Beratung, Heft 1/05, Seite III-12 bis III-15, Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten (Hsg.), München.

P-Austrag aus Drainagen unter Wirtschaftsgrünland

Diepolder, M.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Lange Point 12, 85354 Freising

michael.diepolder@lfl.bayern.de

Versuchsfragen

Innerhalb eines Forschungsprojektes zur Quantifizierung von P-Eintragspfaden in einen eutrophierten Stausee in der Oberpfalz/Bayern wurde untersucht, wie viel P nach auf Gölledüngung folgenden Starkregenerien (worst case) über Drainagen ausgetragen wird.

Material und Methodik

Künstliche Beregnungsversuche auf Grünland, Boden Pseudogley mit P-Versorgung in Gehaltsklasse C, Plots von 30x5 m über vorhandenem Drainagesystem. Beregnungsmenge 30 l/qm, Beregnungsintensität 15-20 l/ha. Beregnungen zu Vegetationsbeginn und bei geeignetem Wetter nach jedem Schnitt. Dreijähriger Versuchszeitraum.

3 Varianten (ohne Gölle, Gölle mit Pralltellerverfahren, Gölle mit flacher Injektion) in räumlich-zeitlicher Wiederholung mit n=9-10 pro Variante.

Wichtigste Ergebnisse

Es konnte für drainierte Grünlandflächen bestätigt werden, dass einzelne Starkregenerien direkt nach der Düngung 50% des durchschnittlichen jährlichen P-Austrags aus landwirtschaftlichen Flächen bewirken können und damit als Belastungsspitzen zu werten sind.

In den Versuchen ging über Zwischenabfluss, d.h. über Makroporenfluss bis zu 5% der über Gölle gedüngten P-Menge verloren. Bemerkenswert war, dass auch im Falle fehlender Düngung, jedoch aus produktionstechnischer Sicht optimaler pflanzenverfügbarer P-Versorgung des Bodens, P mit dem Drainwasser ausgetragen wurde. In seiner Größenordnung lag dieser Anteil bei etwas 10% des durchschnittlichen jährlichen P-Austrags aus den landwirtschaftlich genutzten Flächen im Untersuchungsgebiet.

Vor allem zeigten die Untersuchungen, dass die Art der Gölleausbringtechnik einen signifikanten Einfluss auf den P-Austrag haben kann.

So wurde in Fällen, in denen statt der konventionellen Ausbringtechnik mit dem Prallteller die Gölle mit einem Injektionsgerät flach (ca. 1-2 cm) in die Grasnarbe eingeschleift wurde, ein im Mittel um 60% reduzierter P-Austrag aus den drainierten Flächen erzielt.

Schlussfolgerungen und Fazit

Starkregen nach (organischer) Düngung bei Grünland können über den Pfad Makroporen und Drainagen (Zwischenabfluss) erhebliche Belastungsspitzen für den P-Eintrag in Oberflächengewässer bedeuten. Das Verfahren der Gölletechnik beeinflusst die Höhe des P-Austrags. Beim über die Drainage ablaufenden Wasser wurden in den Untersuchungsreihen bei Gölleinjektion niedrigere P-Konzentrationen, P-Frachten und ein geringerer Anteil an partikulärem Phosphor gegenüber oberflächlicher Ausbringung (Prallteller) gefunden.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die flache Gülleinjektion gerade bei ökologisch sensiblen Gewässern mit einem hohen Anteil an drainierten Flächen im Einzugsbereich eine Möglichkeit sein kann, hohe P-Einträge und P-Konzentrationsspitzen zu senken.

Literatur

- DIEPOLDER, M. UND RASCHBACHER, S. UND EBERTSEDER, T., 2005: P-Austrag aus Drainagen unter Wirtschaftsgrünland. In: Schule und Beratung, Heft 12/05, Seite III-6 bis III-11, Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten, München. Siehe auch unter www.lfl.bayern.de/iab/gruenland unter der Rubrik "Versuchsergebnisse zu Düngung und Gewässerschutz"
- DIEPOLDER, M. UND RASCHBACHER, S., 2009: Projekt "Saubere Seen" - Phosphoraustrag aus Grünlandflächen nach Starkregen. In: Landwirtschaft und Gewässerschutz, Tagungsband des 7. Kulturlandschaftstages der LfL, LfL-Schriftenreihe 1, S. 31-48; Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hsg.), Freising-Weihenstephan.
- DIEPOLDER, M. UND RASCHBACHER, S., 2010: Projekt "Saubere Seen" - Untersuchungen zu P-Austrägen aus landwirtschaftlich genutzten Flächen. In: Boden- und Gewässerschutz in der Landwirtschaft, 2. Umweltökologisches Symposium. Tagungsband, Seite 79-87; LFZ Raumberg-Gumpenstein.

Vergleichende Untersuchungen zum Nitratgehalt unter Dauergrünland

Diepolder, M.

Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Lange Point 12, 85354 Freising

michael.diepolder@lfl.bayern.de

Versuchsfragen

Ausgehend von einer bestehenden Grasnarbe wurde nach erfolgter Neuansaat mit einer weidelgrasorientierten Mischung untersucht, welche Effekte bei reduzierter mineralischer und organischer N-Düngung auf die Nitratbelastung des langsam versickernden Bodenwassers auftreten können.

Material und Methodik

Standort Puch/Fürstenfeldbruck, Bayern

Grünlandparzellen über Saugkerzenanlage

Insgesamt ca. 3700 Wasserproben im Untersuchungszeitraum von 1995 - 2001

4 Varianten mit 4 Wiederholungen; 1: ungedüngt, 2-3 Schnitte; 2: vier Schnitte, 35 kg N/ha zu jedem Aufwuchs sowie 100 P₂O₅/200 K₂O; 3: vier Schnitte, 3x10 cbm/ha Gülle sowie 40 P₂O₅/80 K₂O, 4: vier Schnitte, 150 dt/ha Stallmist im Herbst) mit je 4 Wiederholungen.

Wichtigste Ergebnisse

Infolge nicht optimaler Witterungsverhältnisse und starken Mäusebefalls entwickelte sich in den 6 Jahren nach der Neuansaat nur ein relativ lückiger Bestand mit starkem Moosbewuchs im Frühjahr. Der mittlere Jahresertrag von nur rund 65 dt TM/ha lag dementsprechend weit unter dem potenziellen Ertragsniveau dieses Standortes. Aufgrund starker Streuungen ließen sich Unterschiede bei den Düngungsvarianten nicht absichern. In der Tendenz lag die ungedüngte Variante im Ertrag etwa 10-15 dt TM/ha unter den gedüngten Varianten.

Trotz des suboptimalen oberirdischen Bewuchses bewegte sich die mittlere Nitratbelastung des mittels Saugkerzen aufgefangenen Bodenwasser in 60-130 cm Tiefe mit durchschnittlich 5 Milligramm Nitrat pro Liter auf sehr niedrigem Niveau. Signifikante Unterschiede in den Nitratkonzentrationen zwischen den einzelnen Düngungsvarianten (4,0-6,5 mg NO₃/l) bestanden nicht. Der Jahreseinfluss war hinsichtlich der Nitratkonzentration wesentlich bedeutender als die Düngung, hier war Signifikanz gegeben. Die vergleichsweise höchsten mittleren Nitratgehalte in Höhe knapp 11 Milligramm Nitrat pro Liter wurden im Ansaatjahr gemessen.

Schlussfolgerungen und Fazit

Jahrgangeffekte üben einen wesentlich höheren Einfluss auf den Nitratgehalt des Sickerwassers aus als Düngungseffekte. Bei etablierten Grünlandnarben liegt der Nitratgehalt im Sickerwasser unter den Standortverhältnissen Südbayerns sehr niedrig. Im Jahr einer Neuansaat muss mit erhöhten Nitratwerten des Sickerwassers gerechnet werden.

Literatur

DIEPOLDER, M., 2001: Vergleichende Untersuchungen zum Nitratgehalt unter Dauergrünland. In: Informationen aus den laufenden Arbeiten der LBP Oktober-Dezember 2001, S. 24-25; Bayerische Landesanstalt für Pflanzenbau.

Wirkung belüfteter und unbelüfteter Gülle auf die Regenwurmfauna

Bauchhenß, J., zusammengefasst von Walter, R.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökologie, Ökologischen
Landbau und Bodenschutz, IAB 4b, Lange Point 6, 85354 Freising

roswitha.walter@lfl.bayern.de

Versuchsfragen

Welche Wirkung zeigen verschieden behandelte Güllen – unbelüftet gelagerte, oberflächenbelüftete und tiefenbelüftete Güllen auf den Regenwurmbesatz im Grünland im Vergleich zu einer nährstoffgleich mit Mineraldünger und einer seit 30 Jahren nicht gedüngten Grünlandfläche?

In einem weiteren Untersuchungsansatz ging es darum, in welchem Umfang Gülle beim Ausbringen Regenwürmer aus dem Boden austreibt.

Material und Methodik

Der dreijährige Versuch wurde auf dem Spitalhof bei Kempten auf altem Dauergrünland einer Weidelgras-Weißklee-Weide mit 5 Nutzungen durchgeführt. Die Größe der Einzelparzelle betrug 320 m².

Auf allen Flächen wurde nährstoffgleich mit 352 kg N₂, 208 kg P₂O₅ und 620 kg K₂O gedüngt. Die Dosis wurde jeweils zum 1., 3. und 5. Schnitt in Form von ca. 25 m³/ha Gülle oder in Form von Kalkammonsalpeter, Superphosphat und 40%igem Kali gegeben. Die ungedüngte Parzelle lag außerhalb aber in unmittelbarer Nähe der Versuchsanlage.

Von 1978 bis 1980 wurden jeweils nach dem 1. und 5. Schnitt pro Variante und Untersuchungstermin 8 Regenwurm-Einzelproben von je ¼ m² genommen. Die Regenwürmer wurden dabei mit einer 0,5 %igen Formalinlösung ausgetrieben. Im Labor erfolgte die Bestimmung der Arten, der Abundanz (Individuen/m²) und der Biomasse (g/m²) der Regenwürmer.

Zur Ermittlung der Regenwurmaustreibungsquote durch Gülle wurde pro Güllebehandlung und Aufwandmenge 10 Probestellen von je ¼ m² beobachtet und die innerhalb einer halben Stunde durch die Gülle allein ausgetriebenen Regenwürmer registriert. Danach wurde die Gülle mit 10 Liter Wasser pro ¼ m³ in den Boden eingeschwenkt und wieder eine halbe Stunde beobachtet. Anschließend wurde der Regenwurmrestbesatz der Flächen mit Hilfe der Formalinmethode ermittelt.

Wichtigste Ergebnisse

Einfluss der Düngung auf die Abundanz (Individuen/m²) und Biomasse (g/m²) der Regenwürmer

Auf der ungedüngten Parzelle wurde mit 88 Individuen/m² und 71 g Biomasse/m² der niedrigste Regenwurmbesatz ermittelt. Dieser unterschied sich signifikant von den Werten aller gedüngten Parzellen.

Durchschnittlich 147 Individuen/m² mit einer Biomasse von 134 g/m² wurden auf der Mineraldüngerparzelle ausgezählt. Diese Regenwurmbiomasse ist signifikant niedriger als die der Güllevarianten. Die Individuenanzahl unterschied sich nur von der mit tiefenbelüfteter Gülle beschickten Parzelle.

Auf der mit oberflächenbelüfteter Gülle gedüngten Parzelle betrug die durchschnittliche Individuenanzahl 179 Tiere/m² mit einer Biomasse von 168 g/m². Die mit tiefenbelüfteter Gülle gedüngten Parzelle hatte mit durchschnittlich 188 Individuen/m² und einer Biomasse von 177 g/m² den stärksten Regenwurbesatz. Durchschnittlich 178 Individuen/m² mit 155 g Biomasse/m² waren auf der mit unbelüfteter Gülle gedüngten Parzelle zu finden. Statistisch abzusichern sind die Biomasseunterschiede der unbelüfteten Gülle-Variante zur tiefenbelüfteten Gülle-Variante.

Austreibungswirkung

Bei einer Gülleaufwandmenge von 25 m³/ha ist die Austreibungswirkung von unbelüfteter und tiefenbelüfteter Gülle nahezu gleich. Durchschnittlich werden 5,7 % bzw. 6,2 % der Individuen/m² und 1,3 % bzw. 1,4 % der Biomasse/m² ausgetrieben. Die Wirkung der oberflächenbelüfteter Gülle ist mit durchschnittlich 1% ausgetriebener Individuen/m² und 0,5 % ausgetriebener Biomasse/m² signifikant geringer. Bei höheren Gülleaufwandmengen von 50 m³/ha und 75 m³/ha stieg die Austreibungswirkung deutlich an, wobei die unbelüftete Gülle die höchste Austreibungswirkung zeigte. Die geringste Austreibung bewirkte die oberflächenbelüftete Gülle. Hier wurden selbst bei Aufwandmengen von 75 m³/ha nur 10,5 % der Individuen/m² und 2,9 % der Biomasse ausgetrieben. Durch Gülle ausgetrieben wurden vor allem Arten die nahe der Bodenoberfläche leben (*A. chlorotica*, *L. castaneus*, *L. rubellus*, *A. rosea*).

Schlussfolgerungen und Fazit

In der dreijährigen Untersuchung wurden auf den Gülle gedüngten Grünlandflächen höhere Regenwurmpopulationsdichten als auf der Mineraldünger- bzw. auf der nicht gedüngten Fläche erfasst. Bei den güllegedüngten Flächen wirkt die Güllebelüftung positiv auf die Regenwurmfauna. Die höchste Regenwurmdichte zeigte die tiefenbelüftete Gülle.

Bei Güllegaben von dreimal jährlich 25 m³/ha war die Abundanz (Individuen/m²) und Biomasse (g/m²) der Regenwürmer auf den Gülleflächen trotz der Austreibungswirkung signifikant höher als auf der Mineraldüngerfläche. Bei häufig deutlich höheren Güllegaben kann allerdings die Austreibungswirkung die Diversität und Stabilität der Regenwurmfauna mindern.

Literatur

BAUCHHENSS, J., 1981: Wirkung belüfteter und unbelüfteter Gülle auf die Regenwurmfauna. - Sonderdruck aus: Bericht über die 7. Arbeitstagung „Fragen der Güllerei“ gehalten vom 29. September bis 2. Oktober 1981 in Gumpenstein, Bundesversuchsanstalt für alpenländische Landwirtschaft, 739-748.

Wirkung von Güllezusätzen auf die Regenwurmpopulationen von Grünlandflächen

Bauchhenß, J. und Herr, S., zusammengefasst von Walter, R.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökologie, Ökologischen
Landbau und Bodenschutz, IAB 4b, Lange Point 6, 85354 Freising

roswitha.walter@lfl.bayern.de

Versuchsfragen

Welche Wirkung haben verschiedene Güllezusatzstoffe (Agriben, Alzogur, ExGü, Güllobac und Terrasolin) auf die Siedlungsdichte und Biomasse von Regenwürmern? Zum Vergleich wurde die Wirkung von gelagerter Gülle ohne Zusätze und eine nährstoffgleiche Mineraldüngung untersucht.

Ergänzend wurde die Austreibungswirkung der Güllen mit unterschiedlichen Zusätzen bei verschiedenen Aufwandmengen getestet.

Material und Methodik

Die Untersuchungen erfolgten 1982 – 1984 auf Dauergrünlandflächen des Spitalhofs/Kempten. Dabei wurde die Wirkung der Güllezusätze auf die Regenwurmpopulation auf Flächen geprüft, die drei Jahre lang zum 1., 3. und 5. Aufwuchs mit je 25 m³/ha Gülle mit verschiedenen Zusätzen (Agriben, Alzogur, ExGü, Güllobac und Terrasolin) gedüngt wurden. Zusätzlich wurde der Einfluss von Biolith getestet, der vor der Begüllung auf die Grasnarbe gestreut wurde. Die Regenwurm-Probenahme (Methanal-Austreibungsmethode) fand in jährlich zwei Probenserien nach der 1. und 5. Nutzung je Parzelle mit acht Stichproben von jeweils 0,25 m² Fläche statt.

Auf unmittelbar benachbarten Flächen erfolgten Tests zur Austreibungswirkung für jeden Güllezusatz bei Aufwandmengen von 25, 50 und 75 m³/ha. Pro Aufwandmenge wurden acht Stichproben von je 0,25 m² genommen. Insgesamt fanden fünf Stichprobenserien statt. Nach Ausbringen der verschiedenen Gülleaufwandmengen wurden die durch die Güllen ausgetriebenen Regenwürmer gezählt. Danach wurde die Gülle mit je 10 Liter Wasser/0,25 m² in den Boden geschwemmt und die erneut ausgetriebenen Tiere erfasst. Die Ermittlung des restlichen Regenwurmbesatzes auf den Testflächen fand anschließend quantitativ mit der Methanal-Methode statt.

Wichtigste Ergebnisse

Wirkung der Güllen mit verschiedenen Zusätzen auf die Abundanz und Biomasse von Regenwürmern

Die durchschnittliche Regenwurm-Individuendichte betrug bei den gegüllten Grünlandflächen mit den Zusatzstoffen Agriben 168 Individuen/m², Alzogur 176 Individuen/m² und mit gestreutem Biolith 176 Individuen/m². Damit wiesen diese drei Zusatzstoffe als auch die Mineraldüngerfläche (mit 170 Individuen/m²) signifikant ($\alpha=0,5$) geringere Individuendichten auf als die mit unbehandelter Gülle gedüngte Fläche (181 Individuen/m²). Die Regenwurm-Individuendichte-Werte der anderen Zusatzmittel (ExGü, Güllobac und Terrasolin) waren mit 181 bzw. 182 Individuen/m² nicht von der Gülle ohne Zusätze zu trennen.

Auf den Flächen, die mit zugesetztem Agriben begüllt oder mit Mineraldünger gedüngt wurden war die Biomasse der Regenwürmer (mit 172 g/m² und 163 g/m²) signifikant geringer als auf der Vergleichsfläche mit unbehandelter Gülle (196 g/m²). Die anderen Zusatzmittel (Alzogur, ExGü, Güllobac, Terrasolin und Biolith) lassen sich mit Biomassewerten zwischen 191-197 g/m² statistisch nicht von der Gülle ohne Zusatzstoffe trennen.

Austreibungswirkung von GülLEN mit verschiedenen Zusätzen

Bei Aufwandmengen von 25 m³/ha wiesen GülLEN, die mit ExGü und Güllobac versetzt waren signifikant geringere Austreibungswerte sowohl in der Regenwurmbiomassee (mit 1,46 % und 3,22 %) als auch bei der Regenwurmbiomasse (mit 0,24 % und 0,63 %) auf, als die Gülle ohne Zusätze (Abundanz: 4,2 %, Biomasse: 0,89 %). Alle anderen Werte waren statistisch nicht zu trennen.

Höhere Aufwandmengen von 50 m³/ha und 75 m³/ha ließen die Austreibungswirkung deutlich ansteigen. Bei Aufwandmengen von 75 m³/ha (ökologisch nicht vertretbar und empfohlen) zeigten alle Güllezusätze außer Agriben in der Regenwurmbiomasse statistisch signifikant geringere Austreibungsraten (mit 3,1 % bis 5,98 %) als die Gülle ohne Zusätze (mit 11,36 %).

Schlussfolgerungen und Fazit

Die Untersuchungen erbrachten im Vergleich zu unbehandelter Gülle bei keinem Güllezusatzstoff eine signifikante Steigerung der Regenwurm - Individuendichte und - Biomasse. Bei drei getesteten Zusatzstoffen (Agriben, Alzogur und Biolith - gestreut) war die Individuendichte, bei Abgriben auch die Biomasse signifikant geringer als bei Gülle ohne Zusatzstoffe.

Zwei Zusatzstoffe (ExGü und Güllobac) zeigten bei einer Aufwandmenge von 25 m³/ha signifikant geringere Austreibungswirkung als Gülle ohne Zusatzstoffe.

Bedeutsam ist, dass die Abundanz und Biomasse von Regenwürmern nach dreijähriger Anwendung von jährlich 3 x 25 m³ Gülle pro Hektar trotz der Austreibungswirkung höher ist, als bei Anwendung nährstoffgleicher Mineraldüngermengen. Somit ist bei geringen Gülleaufwandmengen (25 m³/ha) die positive Wirkung für die Regenwurmpopulation durch Zuführung organischer Substanz höher als die Austreibungswirkung durch die Gülle.

Literatur

BAUCHHENSS, J. UND HERR, S., 1986: Wirkung von Güllezusätzen auf die Regenwurmpopulationen von Grünlandflächen. - Schule und Beratung, Heft 11, S. III-6 bis III-9.

Einfluss unterschiedlicher Nutzung und Düngung auf Sickerwassermenge und Nitratauswaschung

Stauffer, W. und Spiess, E.

Agroscope Reckenholz-Tänikon, Reckenholzstrasse 191, CH-8046 Zürich

ernst.spiess@art.admin.ch

Versuchsfragen

Untersuchung des Einflusses der Bodenbedeckung und der Düngung auf die Sickerwassermenge, den Nitratgehalt des Sickerwassers und die ausgewaschene Nitratmenge.

Material und Methodik

Lysimeteranlage Bern-Liebefeld (mit insgesamt 64 glasfaserverstärkten Polyestergefässen)

1983-1989; 1. Versuchsjahr 1983 wurde infolge der durch die Einfüllung des Bodens ausgelösten Mineralisationsschubs nicht einbezogen

Lysimeter: 1 m² Oberfläche und 1,4 m nutzbarer Tiefe; monatliche Messung von Sickerwassermenge und Nitratgehalt

Boden: 1982 eingefüllt; schwach humoser, lehmiger Sand (15% Ton, 26% Schluff, 3% Humus)

Verfahren:

Kulturen und Düngung

1. Klee graswiese ungedüngt (1 Gefäss)
 2. Klee graswiese mit 256 kg N/ha Mineraldünger pro Jahr (2 Gefässe)
 3. Klee graswiese mit Rindergülle (219 kg Gesamt-N/ha bzw. 116 kg NH₄-N/ha pro Jahr) (2 Gefässe)
- Niederschlag: 1039 mm im Mittel (762-1235 mm)

Wichtigste Ergebnisse

Alle Angaben als Mittel von 6 Jahren

N-Entzug:

- 148 kg N/ha - ungedüngt
- 329 kg N/ha - Mineraldünger
- 237 kg N/ha - Rindergülle

Sickerwassermenge:

- 682 mm - ungedüngt
- 593 mm - Mineraldünger
- 611 mm - Rindergülle

Nitratgehalt (mg NO₃/l)

- 9 - ungedüngt
- 19 - Mineraldünger
- 10 - Rindergülle

Ausgewaschene Nitratmenge (kg N/ha)

- 14 - ungedüngt
- 26 - Mineraldünger
- 13 - Rindergülle

Schlussfolgerungen und Fazit

- Reduktion der Sickerwassermenge durch die N-Düngung dank höherem TS-Ertrag
- Ausgewaschene Nitratmenge bei Rindergülle gleich hoch wie bei ungedüngt, aber niedriger als bei Mineraldüngung (allerdings wurde mit Mineraldünger doppelt so viel pflanzenverfügbarer N ausgebracht wie mit Rindergülle)

Literatur

STAUFFER W. UND SPIESS E., 2005: Einfluss unterschiedlicher Nutzung und Düngung auf Sickerwassermenge und Nitratauswaschung. In: Gebietsbilanzen bei unterschiedlicher Landnutzung. Bericht über die 11. Gumpensteiner Lysimetertagung, Irnding, 5.-6.4.05. Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, Irnding, 213-215.

Zusammenhänge zwischen Schneedecke, gefrorenem Boden und Gülleabschwemmung

Braun, M.

Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Reckenholzstr. 191, CH-8046 Zürich

volker.prasuhn@art.admin.ch

Versuchsfragen

Feldversuch zur Messung von Oberflächenabfluss und gelöstem Phosphor nach Gülleapplikation auf Grasland und Ackerland im Winter

Material und Methodik

Versuchsort Bern 1985/86 bis 1988/89 = 4 Messjahre, 1.12.-31.3., natürliche Niederschläge, 3 Parzellen mit je 3 Messstreifen = 9 Testplots, je 2 m breit, 30 m lang, mit Kunststoffwänden abgegrenzt, mit Wasserauffangvorrichtung. 2 Parzellen Ackerkulturen, 1 Parzelle Klee graswiese, 2 Parzellen pro Messperiode je 2 mal Gülleapplikation ($40-65 \text{ m}^3 / \text{ha} = 10-43 \text{ kg/ha P}$), 1 Parzelle keine Gülle

Böden: Braunerde, sandiger Lehm, 12% Neigung

Wichtigste Ergebnisse

Der Wasser- und Wärmehaushalt der Schneedecke sowie des Oberbodens sind entscheidend dafür, ob die Gülle unmittelbar nach dem Austrag oder zu einem späteren Zeitpunkt mit der Schneeschmelze abgeschwemmt wird.

Durch den Gülleaustrag auf eine schmelzende Schneedecke verstärkt sich die Schmelze. Der Wasserausfluss aus der Schneedecke vervielfacht sich. Mit dem oberflächlich abfließenden Wasser wird ein Teil der Gülle unmittelbar abgeschwemmt. Es ist jedoch auch möglich, dass die Gülle wochenlang in einer unterkühlten Schneedecke gespeichert bleibt und zu einem späteren Zeitpunkt bei der Schmelze abgeschwemmt wird.

Schlussfolgerungen und Fazit

Auf Grasland sind die P-Adsorptionsmöglichkeiten gegenüber Ackerland eingeschränkt. Das gleiche gilt bei gefrorenem Boden, insbesondere bei einer Eisschicht auf der Oberfläche. Deshalb ist die Gefahr einer P-Abschwemmung bei der Schneeschmelze auf gefrorenem Boden einer Graslandparzelle am höchsten.

Literatur

BRAUN M., 1990: Zusammenhänge zwischen Schneedecke gefrorenem Boden und Gülleabschwemmung. Diss. ETH Nr. 9170, Zürich. 220 S. Broschüre: Güllen im Winter? Begleitheft zur Diaserie, Bundesamt für Umweltschutz Bern, 1988, 19 S.

Einfluss von Gülleausbringtermin, Kultur und Wiesenumbbruch auf die Nitratauswaschung in einem Lysimeterversuch.

Stauffer W. und Spiess, E.

Agroscope Reckenholz-Tänikon, Reckenholzstrasse 191, CH-8046 Zürich

ernst.spiess@art.admin.ch

Versuchsfragen

Einfluss von Gülleausbringungstermin auf einer Kunstwiese (Klee gras) auf die Nitrat-
auswaschung

Material und Methodik

Lysimeteranlage Bern-Liebefeld mit insgesamt 23 glasfaserverstärkten Polyestergefä-
sen.

Versuchszeitraum: 1986-1988; Gülle wurde während 2 Winter ausgebracht

Lysimeter:

0,5 m² Oberfläche und 0,9 m Tiefe

monatliche Messung von Sickerwassermenge und Nitratgehalt

Boden:

1985 eingefüllt

Oberboden 0-30 cm: sandiger Lehm (17% Ton, 27% Schluff, 1,7% organ. C)

Verfahren, Kultur und Düngung: (je 1 Gefäss)

Kunstwiese (Klee gras, Standardmischung 330, im Juli 1985 angesät)

1. nur mineralisch gedüngt
2. 40 m³ Gülle / ha Ende September
3. 40 m³ Gülle / ha Ende Oktober
4. 40 m³ Gülle / ha Ende November
5. 40 m³ Gülle / ha Ende Dezember
6. 40 m³ Gülle / ha Ende Januar
7. 40 m³ Gülle / ha Ende Februar
8. 40 m³ Gülle / ha Ende März

40 m³ Gülle enthalten 70 kg Gesamt-N, 35 kg NH₄-N, 12 kg P, 80 kg K

Die Düngung wurde mit Mineraldünger auf 260 kg N/ha, 50 kg P/ha und 250 kg K/ha
ergänzt.

Niederschlag: 1210 mm / Jahr im Mittel

Wichtigste Ergebnisse

Ertrag: 135 dt TS/ha/Jahr (leicht höhere Erträge bei späterem Gülleausbringungstermin)

Sickerwassermenge:

489 mm / Jahr bei mineralischer Düngung

542 mm / Jahr bei Gölledüngung (keine Verfahrensunterschiede zwischen Gölle-
Varianten)

Ausgewaschene Nitratmenge (kg N/ha)

2 kg N/ha / Jahr bei mineralischer Düngung

4 kg N/ha / Jahr bei Gülledüngung

(ca. 5 kg N/ha / Jahr bei September - Dezember und 3 kg N/ha / Jahr bei Januar bis März)

Schlussfolgerungen und Fazit

- allgemein sehr geringe Nitratauswaschung
- leicht höhere Nitratauswaschung bei Gülledüngung als bei mineralischer Düngung
- leicht höhere Nitratauswaschung bei Gülleausbringung vor dem Winter als Ende Winter

Literatur

STAUFFER, W. UND ENGGIST, A., 1990: Einfluss von Gülleausbringtermin, Kultur und Wiesenumbbruch auf die Nitratauswaschung in einem Lysimeterversuch. Landw. Schweiz 3, 373-379.

FURRER, O.J. AND STAUFFER, W., 1988: Influence of slurry application in autumn and winter on nitrate leaching. In: Vetter H., Steffens G. und L'Hermite P. (Eds.): Safe and efficient slurry utilization. Minutes of a Joint Meeting of the FAO- European Network on 'Animal Waste Utilization' and COST Project 681, Liebfeld-Bern, 20-21 June 1988. Commission of the European Communities, 33-43.

Einfluss von Schweinegülle und Hühnermist auf Pflanzen, Boden und Sickerwasser in Lysimeterversuchen

Furrer, O. und Spiess, E.

Agroscope Reckenholz-Tänikon, Reckenholzstrasse 191, CH-8046 Zürich

ernst.spiess@art.admin.ch

Versuchsfragen

Einfluss von unterschiedlichen Gaben an Schweinegülle, Hühnermist und Klärschlamm auf die Auswaschung unter Kunstwiese

Material und Methodik

Lysimeteranlage Bern-Liebefeld mit insgesamt 23 glasfaserverstärkten Polyestergefässen

Versuchszeitraum: 1974-76; Resultate von 1974-75 werden nachfolgend präsentiert.

Lysimeter:

0,5 m² Oberfläche und 0,9 m Tiefe

monatliche Messung von Sickerwassermenge und Nitratgehalt

Boden:

Oberboden 0-25 cm: sandiger Lehm (18% Ton, 43% Schluff, 4,1% organ. Substanz)

Verfahren und Düngung (in kg/ha):

1. 0 Nullverfahren (0 / 0 / 0)
 2. MD mineralische Düngung (250 Gesamt-N / 50 P / 300 K)
 3. SG4 Schweinegülle 4 t Trockensubstanz / ha / Jahr (456 N / 90 P / 115 K)
 4. SG8 Schweinegülle 8 t Trockensubstanz / ha / Jahr (912 N / 180 P / 230 K)
 5. SG12 Schweinegülle 12 t Trockensubstanz / ha / Jahr (1368 N / 270 P / 345 K)
 6. HM4 Hühnermist 4 t Trockensubstanz / ha / Jahr (157 N / 110 P / 103 K)
 7. HM8 Hühnermist 8 t Trockensubstanz / ha / Jahr (314 N / 220 P / 206 K)
 8. HM12 Hühnermist 12 t Trockensubstanz / ha / Jahr (471 N / 330 P / 309 K)
6. KS4 Klärschlamm 4 t Trockensubstanz / ha / Jahr
7. KS8 Klärschlamm 8 t Trockensubstanz / ha / Jahr
8. KS12 Klärschlamm 12 t Trockensubstanz / ha / Jahr
- auf die Klärschlammverfahren wird nachfolgend nicht eingegangen

Kultur: Kunstwiese (evtl. Gräsermischung)

Niederschlag:

986 mm/Jahr im Mittel von 1974 und 1975

Wichtigste Ergebnisse

Erträge:

z.T. sehr hohe Erträge der Kunstwiese (in dt TS/ha): 64 in der Kontrolle; 153 MD; 260 SG12; 187 HM12

Die Höhe der TS-Erträge verläuft parallel zur Menge an verfügbarem Stickstoff in den verschiedenen Düngungsverfahren.

Sickerwassermengen:

Je mehr Stickstoff gedüngt wurde, desto niedriger fielen die Sickerwassermengen aus: (459 mm / Jahr beim Nullverfahren, 313 mm bei MD, 281 mm bei SG4 und 235 mm bei SG12.

Ausgewaschene N-Menge:

1 kg N/ha / Jahr in allen Verfahren ausser SG8 und SG12; 2 kg N/ha bei SG8 und 66 kg N/ha in SG12

N-Gaben bis ca. 500 kg Gesamt-N/ha zu Gras bewirkten keine Erhöhung der Nitratauswaschung. Die mittlere Gabe Schweinegülle (SG8) hatte eine nur geringfügige Zunahme an Nitrat im Sickerwasser zur Folge. Die höchste Gabe Schweinegülle (SG12) mit einer jährlichen N-Düngung von 1368 kg Gesamt-N/ha verursachte jedoch einen sehr markanten Anstieg der Nitratauswaschung.

P-Auswaschung in allen Verfahren unter 0,4 kg P/ha

Schlussfolgerungen und Fazit

Bei Düngung nach der empfohlenen Norm wird auf Grasland sehr wenig N und P ausgewaschen.

Literatur

- FURRER, O.J. UND STAUFFER, W., 1981: Einfluss von Schweinegülle und Hühnermist auf Pflanzen, Boden und Sickerwasser in Lysimeterversuchen. In: Bundesversuchsanstalt Gumpenstein: Bericht über die 7. Arbeitstagung "Fragen der Güllerei". Gumpenstein, 29.9.-2.10.81. Verlag und Druck der Bundesversuchsanstalt für alpenländische Landwirtschaft, Gumpenstein, Irdning, Nr. 3, 659-675.
- FURRER, O.J. AND STAUFFER, W., 1986: Influence of sewage sludge and slurry application on nutrient leaching losses. In: Dam Kofoed A., Williams J.H. und L'Hermite P. (Eds.): Efficient land use of sludge and manure. Proc. of a CEC Seminar, Askov (DK), 25- 27 June 1985. Elsevier Applied Science Publishers, London and New York, 108-115.

Einfluss von Rinderausscheidungen auf die auswaschungsbedingten Verluste unter einem Gräserrasen

Troxler J. und Spiess, E.

Agroscope Reckenholz-Tänikon Reckenholzstrasse 191, CH-8046 Zürich

ernst.spiess@art.admin.ch

Versuchsfragen

Einfluss von Kot- und Harnausscheidungen auf die Auswaschung unter einer Weide

Material und Methodik

Lysimeteranlage Nyon-Changins (mit insgesamt 19 Gefässen)

Lysimeter: 1 m² Oberfläche und 1 m Tiefe (quadratische Beton-Gefässe); monatliche Messung von Sickerwassermenge und Nitratgehalt

Versuchszeitraum: 1997-2000 (1999-2000: Nachwirkung wurde gemessen)

Boden:

27% Ton, 51% Schluff, 22% Sand, 1,4% organ. Substanz

Tab. 1: Ausgewählte Verfahren, Nährstoffzufuhr (in kg Gesamt-N/ha/Jahr), Ertrag (in dt TM/ha) und Nitratauswaschung (in kg N/ha):

Verfahren	MD	Kot	Harn	Ertrag	Auswaschung
Kontrolle	120			46	18
1Kh	120	71		39	20
2Kh	120	142		49	26
2Kfh	120	130		46	26
4Kfh	120	260		48	46
1Hh	120		144	51	91
2Hh	120		288	57	144
2Hfh	120		268	77	87
4Hfh	120		536	90	226

MD = Mineraldünger

Zahl: Anzahl Kot- bzw. Harngaben (immer 2 kg pro m²);

K=Kot, H=Harn; f=Frühling, h=Herbst

Auswaschung: Werte von Mai 1997 - April 1999

Kultur: Grasreinbestand (ca. 95% Lolium perenne, 5% Poa pratensis)

Niederschlag: 973-1247 mm/Jahr

Wichtigste Ergebnisse

Resultate siehe Tab. 1

Erträge

allgemein niedriges Ertragsniveau des Grasreinbestands; schlechte, zum Teil sogar negative Wirkung der Kotgaben; gute Wirkung der Harngaben

Auswaschung

- steigende Nitratverluste mit steigender N-Zufuhr;
- beim Kot wurden maximal 46 kg N/ha ausgewaschen (4Kfh);
- hohe Auswaschungsverluste bei Harnausscheidung (bis 226 kg N/ha bei 4Hfh)
- geringe P-Auswaschung (0,14-0,33 kg P/ha)
- mittlere K-Auswaschung (23-49 kg K/ha)

Schlussfolgerungen und Fazit

Die Ausscheidung von Kot erhöht die Nitratauswaschung nur mässig; Harnausscheidung, vor allem im Herbst führt dagegen zu hohen Nitratverlusten.

Eine gute Weideführung ist sehr wichtig, um eine gleichmässige Verteilung der Ausscheidungen auf der gesamten Weidefläche zu ermöglichen:

- gezielte Anordnung und Anzahl der Koppeln,
- kurze Verweildauer in den einzelnen Koppeln
- regelmässiger Weidegang während der ganzen Saison
- keine Vollweide im Herbst

Literatur

TROXLER, J., RYSER, J.-P., PITTET, J.-P., JACCARD, H. UND JEANGROS, B., 2010: Einfluss von Rinderausscheidungen auf die auswaschungsbedingten Verluste unter einem Gräserrasen. Agrarforschung Schweiz 1, 384-391.

Influence of sewage sludge and slurry application on nutrient leaching losses

Furrer, O. und Spiess, E.

Agroscope Reckenholz-Tänikon, Reckenholzstrasse 191, CH-8046 Zürich

ernst.spiess@art.admin.ch

Versuchsfragen

Einfluss hoher N-Gaben in Form von Mineraldünger, Schweinegülle und Klärschlamm zu Gras auf die Auswaschung in zwei Böden.

Material und Methodik

Lysimeteranlage Bern-Liebefeld mit insg. 23 glasfaserverstärkten Polyestergefässen
Versuchszeitraum: 1979-84

Lysimeter:

0,5 m² Oberfläche und 0,9 m Tiefe

monatliche Messung von Sickerwassermenge und Nitratgehalt

Böden:

a) Oberboden 0-25 cm: sandiger Lehm (14.5% Ton, 17.9% Schluff, 3,1% organ. Substanz)

b) Oberboden 0-30 cm: lehmiger Sand (5.8% Ton, 9.5% Schluff, 0.5% organ. Substanz)
ausgewählte Verfahren und Düngung (in kg/ha):

0 Nullverfahren (0 N/ 0 P/ 0 K)

MD mineralische Düngung (250 N / 50 P / 250 K)

KS Klärschlamm (5 t organ. Substanz pro ha und Jahr; 420 Gesamt-N)

SG Schweinegülle (5 t organ. Substanz pro ha und Jahr; 690 Gesamt-N)

Kultur: Kunstwiese oder Gräsermischung

Niederschlag: 1.028 mm/Jahr im langjährigen Mittel 1961-90

Wichtigste Ergebnisse

Beim ungedüngten Verfahren fiel in den beiden Böden mit 692 bzw. 584 mm/Jahr am meisten Sickerwasser an, im Verfahren mit Schweinegülle mit 442 bzw. 361 mm/Jahr am wenigsten.

Auf beiden Böden und in allen Verfahren lag die durchschnittliche Nitrat auswaschung zwischen 3 und 8 kg N/ha/Jahr. Bei exzessiven N-Gaben wurde nicht mehr Nitrat ausgewaschen.

Schlussfolgerungen und Fazit

Auf Grasland wird nur wenig Nitrat-N ausgewaschen.

Literatur

FURRER, O.J. AND STAUFFER, W., 1986: Influence of sewage sludge and slurry application on nutrient leaching losses. In: Dam Kofoed A., Williams J.H. und L'Hermite P. (Eds.): Efficient land use of sludge and manure. Proc. of a CEC Seminar, Askov (DK), 25- 27 June 1985. Elsevier Applied Science Publishers, London and New York, 108-115.

Oberflächenabfluss und Phosphorabschwemmung von Grasland

Albertini N. und Prasuhn, V.

Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Reckenholzstr. 191, CH-8046 Zürich

volker.prasuhn@art.admin.ch

Versuchsfragen

Feldversuch zur Messung von Oberflächenabfluss und Phosphor nach Gülleapplikation auf Grasland

Material und Methodik

Schweiz, Luzern, Sempachersee, 600 m.ü.M., 1049 mm mittlerer Jahresniederschlag, natürlicher Regen, 2 Jahre, 1990/91, 2 Standorte, je Standort 2 Testplots mit 2x30m
Standort 1: saure Braunerde, schluffig-sandiger Lehm, Dauergrünland, 160-180 m³ Gülle pro ha/Jahr, 4 Schnitte und Herbstweide.

Standort 2: stark pseudovergleyte saure Braunerde, schluffig-sandiger Lehm, Klee-gras-wiesenansaat, 4 Schnitte, Gülleapplikation: 250m³ ha/Jahr

Wichtigste Ergebnisse

Sechs Starkregenereignisse wurden detailliert analysiert. Abschwemmung: 1-100 mg/m² P_{total}, 0,5-13mm Oberflächenabfluss.

Einflussfaktoren der P-Abschwemmung: Bodenfeuchte, Bodenstruktur. P-Abschwemmung auf wassergesättigten Böden sehr gross. Stauschicht wie Pflugsohle unter Klee-gras-wiese erhöht Risiko für P-Abschwemmung massiv.

Schlussfolgerungen und Fazit

Höhe der P-Abschwemmung abhängig von:

- Menge und Konzentration der ausgebrachten P-Menge
- Menge und Intensität des Oberflächenabflusses
- zeitlichem Abstand von Gülledüngung und Niederschlagsereignis

Literatur

VON ALBERTINI, N., BRAUN, M. UND HURNI, P., 1993: Oberflächenabfluss und Phosphorabschwemmung von Grasland. Landw. Schweiz 6, 575-582.

Abschwemmung von Phosphor auf Grasland an zwei verschiedenen Standorten im Einzugsgebiet des Sempachersees

Braun M. und Prasuhn, V.

Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Reckenholzstr. 191, CH-8046 Zürich

volker.prasuhn@art.admin.ch

Versuchsfragen

Feldversuch zur Messung von Oberflächenabfluss und Phosphor nach Gülleapplikation auf Grasland

Material und Methodik

Schweiz, Luzern, Sempachersee, 600 m.ü.M., 1049 mm mittlerer Jahresniederschlag, natürlicher Regen, 2 Jahre, Juni 1990 bis Juni 1992, 2 Standorte, je Standort 2 Testplots mit 2x30m (insgesamt 4 Testplots), praxisüblicher Schnitt- und Gülleausbringungszeitpunkt, 10-11 Gülleapplikationen in 2 Jahren mit je ca. 50m³/ha. Niederschlag 1.160mm und 930mm. P total und P gelöst analysiert.

Standort 1: saure braunerde, schluffig-sandiger Lehm, Dauergrünland, 18% Neigung,

Standort 2: stark pseudovergleyte saure Braunerde, schluffig-sandiger Lehm, Klee-graswiesenansaat, 10% Neigung

Wichtigste Ergebnisse

Standort 1: 26 Ereignisse, 31 mm Abfluss = 1,5% vom Niederschlag, maximal 20% vom Niederschlag, durchschnittlich 3,5 mg/l P_{total}, max. 26,5 mg/l P_{total}, max. 14,7 mg/l P gelöst.

Standort 2: 30 Ereignisse, 65 mm Abfluss = 3% vom Niederschlag, maximal 37% vom Niederschlag, durchschnittlich 2,8 mg/l P_{total}, max. 12,3 mg/l P_{total}, max. 8,0 mg/l P gelöst
Grosse Bedeutung von Spitzenereignissen und grosse Variabilität: 1. Jahr: 1 Ereignis = 60-70% der P-Jahresfracht, 0,9 und 1,5 kg/ha P_{total}; 2.Jahr 1 Ereignis = 18-27% der P-Jahresfracht, 0,2 und 0,3 kg/ha P_{total} bei Naturwiese 75% von P_{total} war P gelöst, bei Kunstweise Anteil P partikulär höher, ca. 1% der ausgebrachten P-Güllemenge wurde abgeschwemmt.

Schlussfolgerungen und Fazit

- Zeitdauer zwischen Gülleaustrag und Ereignis ist entscheidend. Innerhalb von 10 Tagen ist grösstes Risiko.
- Könnten Spitzenabschwemmereignisse vermieden werden, wäre Reduktion von 20-60% der jährlichen P-Verluste auf einer Parzelle möglich.
- Düngungszeitpunkt ist dem Zustand des Bodens und den Witterungsverhältnissen anzupassen
- Spitzenabschwemmereignisse bestimmen massgeblich die P-Jahresfracht in einem Gewässer

Literatur

BRAUN, M., HURNI, P. UND VON ALBERTINI, N., 1993: Abschwemmung von Phosphor auf Grasland an zwei verschiedenen Standorten im Einzugsgebiet des Sempachersees. Landw. Schweiz 6, 615-620.

Runoff type and soil-P control P losses in runoff from manured grassland

Hahn C. und Prasuhn, V.

Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Reckenholzstr. 191, CH-8046 Zürich

volker.prasuhn@art.admin.ch

Versuchsfragen

Feldversuch zur Messung von Oberflächenabfluss und gelöstem Phosphor nach Gülleapplikation auf Grasland

Material und Methodik

Schweiz, Einzugsgebiet Baldeggersee, 2 Standorte, je 9 Testplots mit 1 m² Oberfläche pro Standort (insgesamt 16 Plots)

Standort 1: mittelhoch versorgter Boden: 10,4 mg/kg P wasserlöslich und 935 mg/kg P total;

Standort 2: hoch versorgter Boden: 26,1 mg/kg P wasserlöslich und 1.517 mg/kg P total
Beregnungsexperimente: Pro Standort 4 Plots gegüllt (Streifenapplikation von Hand, 30 m³/ha = 0,57 g/l P) und 4 Plots ungegüllt. Beregnung jeweils 1 Tag nach Gülleapplikation und 8 Tage nach Gülleapplikation, vorher Grasschnitt und einheitliche Bodenvorbefeuchtung. Beregnung jeweils 90 Minuten mit 46 mm/h mit Schwenkdüsenregner (demineralisiertes Wasser) zur Erzeugung von wassergesättigten Oberflächenabfluss und im Anschluss daran mit Giesskanne (11 Liter) zur Erzeugung von Oberflächenabfluss durch Infiltrationsüberschuss.

Wichtigste Ergebnisse

Oberflächenabflusskoeffizient bei Beregnung zwischen 0,4 und 30% und bei Giesskanne 17-66%. Die P gelöst-Konzentrationen im Oberflächenabfluss waren bei den ungegüllten Plots sowohl bei der Beregnung als auch bei der Giesskanne auf dem Standort mit hochversorgten P-Boden signifikant höher. Dabei lagen die Konzentrationen beim Beregnungsexperiment mit bis zu über 2,5 mg/l deutlich höher als beim Giesskannenexperiment mit 0,5 mg/l.

Schlussfolgerungen und Fazit

Die Gülleapplikation hatte keinen Einfluss auf die Höhe des Oberflächenabflusses. Auf den ungegüllten Plots mit hoher P-Versorgung wurden sehr hohe P-Konzentrationen gemessen. Die gegüllten Plots hatten zwar höhere Verluste als die ungegüllten. Der Einfluss des P-Status der Böden war aber grösser als der Einfluss der Gülleapplikation.

Literatur

HAHN, C., PRASUHN, V., STAMM, C. UND SCHULIN, R. (SUBMITTED): Runoff type and soil-P control P losses in runoff from manured grassland. J. Environ. Quality.

Zusammenhänge zwischen Schneedecke, gefrorenem Boden und Gülleabschwemmung

Braun, M.

Agroscope Reckenholz-Tänikon ART Reckenholzstr. 191, CH-8046 Zürich

volker.prasuhn@art.admin.ch

Versuchsfragen

Feldversuch zur Messung von Oberflächenabfluss und gelöstem Phosphor nach Gülleapplikation auf Grasland und Ackerland im Winter

Material und Methodik

Schweiz, Bern 1985/86 bis 1988/89 = 4 Messjahre, 01.12.-31.3., natürliche Niederschläge, 3 Parzellen mit je 3 Messstreifen = 9 Testplots, je 2 m breit, 30 m lang, mit Kunststoffwänden abgegrenzt, mit Wasserauffangvorrichtung. 2 Parzellen Ackerkulturen, 1 Parzelle Klee graswiese, 2 Parzellen pro Messperiode je 2 mal Gülleapplikation ($40-65 \text{ m}^3/\text{ha} = 10-43 \text{ kg}/\text{ha P}$), 1 Parzelle keine Gülle
Böden: Braunerde, sandiger Lehm, 12% Neigung

Wichtigste Ergebnisse

Der Wasser- und Wärmehaushalt der Schneedecke sowie des Oberbodens sind entscheidend dafür, ob die Gülle unmittelbar nach dem Austrag oder zu einem späteren Zeitpunkt mit der Schneeschmelze abgeschwemmt wird.

Durch den Gülleaustrag auf eine schmelzende Schneedecke verstärkt sich die Schmelze. Der Wasserausfluss aus der Schneedecke vervielfacht sich. Mit dem oberflächlich abfließenden Wasser wird ein Teil der Gülle unmittelbar abgeschwemmt. Es ist jedoch auch möglich, dass die Gülle wochenlang in einer unterkühlten Schneedecke gespeichert bleibt und zu einem späteren Zeitpunkt bei der Schmelze abgeschwemmt wird.

Schlussfolgerungen und Fazit

Auf Grasland sind die P-Adsorptionsmöglichkeiten gegenüber Ackerland eingeschränkt. Das gleiche gilt bei gefrorenem Boden, insbesondere bei einer Eisschicht auf der Oberfläche. Deshalb ist die Gefahr einer P-Abschwemmung bei der Schneeschmelze auf gefrorenem Boden einer Graslandparzelle am höchsten.

Literatur

BRAUN M., 1990: Zusammenhänge zwischen Schneedecke gefrorenem Boden und Gülleabschwemmung. Diss. ETH Nr. 9170, Zürich. 220 S.
BROSCHÜRE: GÜLLEN IM WINTER? Begleitheft zur Diaserie, Bundesamt für Umweltschutz Bern, 1988, 19 S.

Abschwemmung von gelöstem Phosphor auf Ackerland und Grasland während der Wintermonate

Braun, M.

Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Reckenholzstr. 191, CH-8046 Zürich

volker.prasuhn@art.admin.ch

Versuchsfragen

Feldversuch zur Messung von Oberflächenabfluss und gelöstem Phosphor nach Gülleapplikation auf Grasland und Ackerland im Winter

Material und Methodik

Schweiz, Bern 1985-1989, 3 Winter gemessen, 01.12.-31.3., natürliche Niederschläge, 3 Parzellen mit je 3 Messstreifen = 9 Testplots, je 2 m breit, 30 m lang, mit Kunststoffwänden abgegrenzt, mit Wasserauffangvorrichtung. 2 Parzellen pro Messperiode je 2 mal Gülleapplikation ($40-65 \text{ m}^3/\text{ha} = 10-43 \text{ kg}/\text{ha P}$), 1 Parzelle keine Gülle
Böden: Braunerde, sandiger Lehm, 12% Neigung

Wichtigste Ergebnisse

Insgesamt 17 Abflussereignisse mit Oberflächenabfluss auf mindestens einem Streifen, P-Frachten zwischen 0,3 und 393 g/ha P pro Ereignis. Tabellen mit Abfluss und P-Fracht pro Ereignis und Messstreifen vorhanden

Oberflächenabfluss auf Grasland: 4,8% und 1,7% und 1,1% vom Niederschlag

Oberflächenabfluss auf Ackerland: 2,2% und 1,9% und 1,9% vom Niederschlag

P-Konzentration war maximal 15 mg/l = 393 g/ha P gelöst- Einzelereignisse trugen massgeblich zur totalen P-Fracht bei.

Schlussfolgerungen und Fazit

Abschwemmung von P auf gegüllten Parzellen war höher als auf ungegüllten.

P-Abschwemmung bei Schneeschmelze auf gefrorenem Boden war höher als bei Regen auf gefrorenem Boden

P-Abschwemmung nach Gülleaustrag ist auf Grasland höher als auf Ackerland

Literatur

BRAUN M. UND LEUENBERGER J., 1991: Abschwemmung von gelöstem Phosphor auf Ackerland und Grasland während den Wintermonaten. Landw. Schweiz 4 555-560.

BRAUN M., 1990: Zusammenhänge zwischen Schneedecke gefrorenem Boden und Gülleabschwemmung. Diss. ETH Nr. 9170, Zürich. 220 S.

Session 3: Hygiene und Rechtsvorschriften.

Vorträge

Vergärung zur Hygienisierung

Riehl, G.

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Christgrün (D)

gerhard.riehl@smul.sachsen.de

Rechtliche Einordnung von Biogasgülle und Gärresten

Eine Vielzahl rechtlicher Rahmenbedingungen beeinflusst den Betrieb landwirtschaftlicher Biogasanlagen. Durch die Vielfalt der eingesetzten Stoffe (Wirtschaftsdünger, landwirtschaftlich erzeugte Biomasse und Bioabfälle pflanzlicher und tierischer Herkunft) unterliegen Biogasanlagen dem Geltungsbereich des Abfall- und Düngerechts. Die rechtliche Einordnung von Biogasgülle und Gärresten aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen beruht auf den in Tabelle 1 aufgeführten Kriterien.

Tab 1: Rechtliche Rahmenbedingungen für Biogasgülle und Gärreste (TLL, 2010)

Nr.	1	2	3	
Vergärung von Einzelstoffen oder deren Gemischen aus	Festmist, Gülle, landwirtschaftlich erzeugter pflanzlicher Biomasse (NAWARO)	Stoffen nach Nr. 1 und sonstig erzeugter pflanzlicher Biomasse*, Bioabfällen pflanzlicher Herkunft	Stoffen nach Nr. 2 und Bioabfällen tierischer Herkunft (tierische Nebenprodukte Kategorie 2 und 3 nach Verordnung (EG) 1079/2009)	
Beispiele	Rinder- u. Schweinegülle, Pferdemist, Hühnertrockenkot, Maissilage, Getreide, ...	Stoffe nach Nr. 1 und Kartoffelschalen, Melasse, Obsttrester, Zuckerrübenschnitzel, Schnittblumen, ...	Stoffe nach Nr. 2 und Tierkörperteile, Darminhalt, Blut, Schwarten, Rohmilch, Küchen- und Speiseabfälle, Schlachtabfälle, ...	
Düngemittelrechtliche Einstufung	<u>Wirtschaftsdünger/</u> Organischer NPK-Dünger	Organischer NPK-Dünger		
Bezeichnung	Biogasgülle	Gärrest		
Zutreffender Rechtsrahmen	DüMV	x	Anlage 2 Tab. 7	
	BioAbfV	-	X	X
	EG-VO 1069/2009	Art. 15**	Art. 15**	Artikel 5 (1) Artikel 6 (1)

* einschließlich rein pflanzliche Nebenprodukte nach EEG (2009) Anlage 2 Nr. V

** Zulassung durch Thüringer Landesverwaltungsamt (TLVwA)

Werden in Biogasanlagen nur Wirtschaftsdünger und NawaRo's verarbeitet, so wird diese Biogasgülle als Wirtschaftsdünger eingestuft. Werden auch Bioabfälle pflanzlicher und/oder tierischer Herkunft vergoren, so wird der Gärrest als organischer NPK-Dünger eingestuft und gilt als Bioabfall. Er muss daher neben düngemittelrechtlichen auch abfallrechtliche Auflagen erfüllen, unter anderem in Bezug auf die seuchenhygienische Unbedenklichkeit. In diesem Fall muss der Gärrest häufig vor der Ausbringung hygieni-

sirt werden. Die Hygienisierung erfolgt i.d.R. vor der Vergärung durch einstündiges Erhitzen auf 70 °C oder durch eine thermophile Vergärung, bei der für mindestens 24 Stunden 55 °C erreicht werden müssen. Für Bioabfälle wird dies durch die Bioabfallverordnung (BioAbfVO) vorgeschrieben.

Vergärung und Phytopathogene

Weit über 80 % der Biogasanlagen arbeiten im mesophilen Bereich, d. h. im Temperaturbereich zwischen 32°C und 38°C.

Betriebstemperaturen zwischen 35 und 45° C werden wahrscheinlich auch in Praxisanlagen ausreichen, um die meisten der relevanten Phytopathogene abzutöten. Und das dürfte sogar auch noch der Fall sein, wenn das Material kürzer als geplant im Fermenter bleibt. Denn bis auf wenige Ausnahmen überleben die meisten Erreger weniger als sieben Tage (KAEMMERER UND FRIEDRICH, 2008).

Diese Ergebnisse werden auch durch Untersuchungen des LANDWIRTSCHAFTLICHEN TECHNOLOGIEZENTRUM AUGUSTENBERG (2008) bestätigt. Deren phytohygienischen Untersuchungen konzentrierten sich auf ausgewählte Pathogene von typischen Inputpflanzen von NawaRo-Anlagen, wie Mais und andere Getreidarten. Dabei erwiesen sich die Gärprodukte frei von den ausgewählten Indikatororganismen (Pilze) *Helminthosporium*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Pythium intermedium* und *Fusarium oxysporum*, sowie *Rhizoctonia solani*. Es wird eingeschätzt, dass die Hygienisierung im Bereich der Phytopathogene als gegeben angesehen werden kann (LANDWIRTSCHAFTLICHES TECHNOLOGIEZENTRUM AUGUSTENBERG, 2008).

Vergärung und Verbreitung von Ampfersamen

GAMS *et al.* (2006) untersuchten mit einer einstufigen Durchflussfermenteranlage, die der Praxis sehr nahe kommt, die Frage, ob der Biogasprozess Einfluss auf die Lebensfähigkeit der Ampfersamen in Abhängigkeit von der Verweildauer im Fermenter hat (Tabelle 2).

Tab 2: Einfluss des Biogasprozesses auf die Lebensfähigkeit von Ampfersamen - Lebensfähige Ampfersamen in Prozent (Mittelwerte, ± Standardabweichung) (GAMS *et al.*, 2006)

Lebensfähigkeit in %	Nullprobe	2 Tage	3 Tage	7 Tage	40 Tage
unreife Samen	2,67 ^{Aa} ± 0,9	11,78 ^{Aa} ± 6,5	10,89 ^{Aa} ± 4,0	1,11 ^{Ba} ± 0,4	0,22 ^{Ba} ± 0,4
reife Samen	75,33 ^{Ab} ± 0,5	61,11 ^{Bb} ± 7,7	67,78 ^{Bb} ± 1,0	7,78 ^{Cb} ± 1,9	0,0 ^{Da} ± 0,0
alte reife Samen	70,67 ^{Ab} ± 0,0	63,11 ^{Bb} ± 7,3	60,0 ^{Bc} ± 3,1	4,89 ^{Cab} ± 3,8	0,44 ^{Ca} ± 0,8

A, B, C, D: in der selben Zeile zeigen signifikante Differenzen (p < 0,05)

a, b, c: in der selben Spalte zeigen signifikante Differenzen (p < 0,05)

Zwischen dem dritten und siebten Tag sank der Anteil der lebensfähigen Ampfersamen bei allen Reifegraden auf unter 10 %. Nach 40 Tagen Verweilzeit im Fermenter waren die Ampfersamen aller Reifegruppen nicht mehr lebensfähig.

Beim Ausbringen von Gärresten aus Biogasanlagen kann also eine großflächige Ausbreitung von Ampfersamen ausgeschlossen werden.

Vergärung und seuchenhygienischer Status

Daten zum seuchenhygienischen Status von Gärprodukten wurden vom LANDWIRTSCHAFTLICHEN TECHNOLOGIEZENTRUM AUGUSTENBERG (2008) im Gesamtzeitraum 2005 bis 2008 erhoben. Insgesamt 245 Gärprodukte, Gülle und Sonderproben

wurden dabei auf Salmonellen und Clostridien untersucht. Mit einem Anteil von 3,2 % Salmonella-belasteter Proben hatten die NawaRo-Anlagen einen geringeren Durchseuchungsgrad als Anlagen nach BioAbfV (11,1 %).

Die ermittelten Keimzahlen von Clostridien stellen erstmalig belastbare Ergebnisse dar. Die Untersuchungen zeigten, dass keine gesicherten Unterschiede zwischen Gärprodukten und GülLEN bestanden. Unterschiede hinsichtlich Anlagentyp, Zeitverlauf und der Probenahmeregion wurden nicht festgestellt.

Insgesamt wird empfohlen, dass der Gewährleistung einer zuverlässigen Seuchenhygiene in den Biogasanlagen künftig noch mehr Aufmerksamkeit zu schenken ist.

Mit der Novellierung der Düngemittelverordnung (DüMV) wurden die Anforderungen an die Seuchen- und Phytohygiene (§ 5 DüMV) auch für Wirtschaftsdünger konkretisiert. Regelungsziel ist das Erreichen einer hinreichenden Unbedenklichkeit bei sachgerechter Anwendung der Stoffe. Gärrückstände unterliegen beim Inverkehrbringen als Wirtschaftsdünger den Anforderungen der DüMV hinsichtlich stofflicher Zusammensetzung und Kennzeichnung. Die DüMV sieht aber Ausnahmen von der Kennzeichnungspflicht (§ 6 Abs. 9) vor: bei der Abgabe an Dritte (bis zu 1 Tonne Frischmasse) und bei der Abgabe von im eigenen Betrieb angefallenen Wirtschaftsdünger an einen landwirtschaftlichen Betrieb zur Verwertung als Düngemittel auf dessen Flächen (bis 200 t Frischmasse). Dies dürfte für viele landwirtschaftliche Betriebe zutreffen.

Vergärung, Clostridien und die Botulismus-Diskussion

Botulismus ist eine Erkrankung, die durch die Neurotoxine der *Clostridium botulinum*-Toxovare A bis G hervorgerufen wird. Diese verschiedenen Neurotoxine gelten als die stärksten biologischen Gifte. Bei Rindern kann das Verfüttern von mit Kadavern (z.B. gefallenes Wild, Nager) verunreinigtem Futter zu schweren Vergiftungen führen. Das Vorkommen von Botulinumneurotoxinen im Futter setzt das Einarbeiten von *C. botulinum*-sporenhaltigem Material während des Herstellungsprozesses oder Lagerung des Futtermittels voraus.

Neben dieser typischen Form wird seit 2001 ein Krankheitsbild, das als viszeraler oder chronischer Botulismus bezeichnet wird, diskutiert (BÖHNEL *et al.*, 2001). Hier soll eine Besiedelung von unteren Darmabschnitten mit *C. botulinum* beim Rind möglich sein. Durch kontinuierliche Toxinresorption in geringen Mengen soll sich das Krankheitsbild eines chronischen Botulismus ausprägen, das vor allem durch unspezifische Symptome und Leistungseinbußen gekennzeichnet ist.

Unter dem Begriff „Faktorenerkrankung Milchviehherde“ wird von anderen Wissenschaftlern eine alternative Hypothese zur Entstehung dieses Krankheitsbildes diskutiert. Diese Hypothese stützt sich auf hochgradige Störungen von Verdauung und intermediären Stoffwechselabläufen mit vielfältigen Erkrankungsbildern durch einen verstärkten Reineiweißabbau insbesondere in den proteinreichen Grassilagen. In der Folge soll es bei Milchkühen zu hochgradigen Verdauungsstörungen und schweren negativen Einflüssen auf den „intermediären Stoffwechsel“ mit vielfältigen Erkrankungsbildern kommen. (EICKEN, 2005). Bisher wird jedoch ausschließlich empirisch argumentiert.

Zu den hygienischen Risiken durch Sporen bildende Clostridien bei der Ausbringung von BiogasgülLEN und Gärresten aus Biogasanlagen werden derzeit in der Literatur noch sehr gegensätzliche Meinungen vertreten.

Wissenschaftler der Universität Leipzig (Prof. Krüger) und der Universität Göttingen (Prof. Böhnel) vertreten die Ansicht, dass von Gärresten aus Biogasanlagen ein erhebliches Gefährdungspotential für Mensch und Tier ausgeht (AGRAR- UND VETERINÄR-AKADEMIE, 2010). Sie führen Beobachtungen an, dass unspezifische Erkrankungen bei Rindern (v. a. Rückgang der Milchleistung) im Untersuchungszeitraum April 2004 bis

März 2006 in Betrieben mit Biogasanlagen (Sachsen, Thüringen, Schleswig-Holstein und Hessen) festzustellen waren. Als entscheidendes Ergebnis konnte eine Zunahme des Nachweises von Kotproben mit *C. botulinum*-Toxinen auf bis zu 37% in Tierbeständen mit Biogasanlagen im Vergleich zu Kotproben aus Beständen ohne Biogasanlagen gewertet werden.

Andererseits gibt es zahlreiche Anmerkungen zum Gefährdungspotenzial, die nicht auf eine Erhöhung der pathogenen Keimbelastung in Gärresten hinweisen (LANDWIRTSCHAFTLICHES TECHNOLOGIEZENTRUM AUGUSTENBERG, 2008; PHILIPP UND BÖHM, 2006; ZETHNER *et al.*, 2002).

Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass aus mikrobiologischer Sicht eine Anreicherung von *Clostridium botulinum* in Biogasanlagen nicht auszuschließen ist. Fundiertere Aussagen sind jedoch nicht möglich, da dazu bisher zu wenig Ergebnisse auf Grund unterschiedlicher diagnostischer Herangehensweise vorliegen. Sollte der begründete Verdacht bestehen, dann können akkreditierte Labore diese Untersuchungen gezielt durchführen (Kosten z. Zt. ca. 50 Euro je Probe, 3 – 4 Gärrückstandsproben sind dazu notwendig).

Fazit

Grundsätzlich können Landwirte das Risiko für ihre Grundfuttermittel minimieren, wenn sie bei der Biogasgülle- oder Gärrestausbringung auf Grünland- und Futterflächen folgende Regeln beachten: Ausbringung vor Regen, in richtiger Menge, auf eine kurze Stoppel und auf eine dichte Grasnarbe, verbunden mit sauberer Futterwerbung und sachgerechter Silierung. Darüber hinaus sollte bedarfs- und wiederkäuergerecht gefüttert werden unter Einhaltung futtermittelhygienischer Standards.

Literatur:

- AGRAR- UND VETERINÄR-AKADEMIE (AVA), 2010: Göttinger Erklärung anlässlich der 9. AVA Haupttagung vom 17. bis 21. März 2010 in Göttingen Botulinumtoxikosen - Chronischer Botulismus.
http://www.ava1.de/pdf/ava_goettinger_erklaerung.pdf
- ANONYMUS, 2009a: Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen – Düngeverordnung (DüV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I S. 221), die zuletzt durch Artikel 18 des Gesetzes vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585) geändert worden ist.
- ANONYMUS, 2009b: Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Düngemittelverordnung - DüMV) vom 16. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2524), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 14. Dezember 2009 (BGBl. I S. 3905) geändert worden ist
- ANONYMUS, 2009c: Verordnung (EG) Nr. 1069/2009 des europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 mit Hygienevorschriften für nicht für den menschlichen Verzehr bestimmte tierische Nebenprodukte und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1774/2002 (Verordnung über tierische Nebenprodukte)
- ANONYMUS, 2010: Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (Bioabfallverordnung - BioAbfV) vom 21. September 1998 (BGBl. I S. 2955), die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 9. November 2010 (BGBl. I S. 1504) geändert worden ist
- BÖHNEL, H., SCHWAGERICK, B. UND GESSLER, F.: Visceral botulism - a new form of bovine *Clostridium botulinum* toxication. *J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med.* 2001 Aug; 48₍₆₎:373-83
- EICKEN, K., 2005: Nutztierpraxis Aktuell, Ausg.13-05
- GAMS, U., KAISER, F., GRONAUER, A., POMMER, G., FUCHS, R., MOSCH, S., VOIT, B. UND KILLERMANN, B., 2006: Laboruntersuchungen über den Einfluss des Biogasprozesses auf die Lebensfähigkeit von Ampfer-samen in einer einstufigen Versuchsfermentieranlage. Poster zur 50. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V. in Straubing vom 31. August – 2. September 2006,
http://www.lfl.bayern.de/ipz/gruenland/22417/aggf_2006_gams_et_al_p.pdf

- KAEMMERER, D. UND FRIEDRICH, R., 2008: Infektionen aus dem Fermenter? DLG-Mitteilungen, Heft 10, S: 50-52
- LANDWIRTSCHAFTLICHES TECHNOLOGIEZENTRUM AUGUSTENBERG (LTZ) (Hrsg.), 2008: Inhaltsstoffe von Gärprodukten und Möglichkeiten zu ihrer geordneten landwirtschaftlichen Verwertung.
- PHILIPP, W. UND BÖHM, R., 2006: Hygienisches Risiko bei anaerober Verwertung von Reststoffen – Risikoverminderung durch Behandlungs- und Überwachungsstrategien. In: Verwertung von Wirtschafts- und Sekundärrohstoffen in der Landwirtschaft. KTBL-Schrift 444, Darmstadt, 213-228.
- THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (TLL), 2010: Rechtsgrundlagen für den Einsatz von Biogasgülle und Gärresten aus der Biogaserzeugung in der Landwirtschaft.
<http://www.tll.de/ainfo/pdf/biog0910.pdf>
- ZETHNER, G., PFUNDTNER, E. UND HUMERR, J., 2002: Qualität von Abfällen aus Biogasanlagen, Umweltbundesamt GmbH Wien (Hrsg.): MONOGRAPHIEN Band 160

Länderspezifische Sicht der Problematik: Schweiz Plädoyer für die Gülleausbringung auf Grünland während der Wintermonate

Thomet, P.

Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft (SHL), 3052 Bern-Zollikofen

peter.thomet@bfh.ch

Die internationale Gülletagung in Aulendorf „Gülle“ soll unter anderem dazu dienen, die Zeitpunktfrage der Gülle-Ausbringung auf Grünland vertieft zur Sprache zu bringen und einen Konsens in dieser strittigen Thematik herbeizuführen.

Viele Punkte im Zusammenhang mit der Winterausbringung von Gülle auf Grünland sind heute noch unklar und unbeantwortet. Vor allem fehlt es an überzeugenden wissenschaftlichen Grundlagen, welche das Aussprechen und Durchsetzen von Sperrfristen begründen. Wahrscheinlich liegt das Problem zu einem grossen Teil in der zu wenig gründlichen Problemanalyse. Es ist unbestritten, dass im Zusammenhang mit der Hofdüngerwirtschaft und dem Umweltschutz grosse Probleme bestehen. Das wohl schwerwiegendste Problem ist die Belastung der Gewässer durch unsachgemässe Ausbringung von Gülle. Diese kommt am häufigsten zustande, wenn der Landwirt ein Gülle-Mengenproblem hat und die Ausbringung mehr der Entsorgung denn als Düngung dient.

Diese Problematik gilt es zu trennen von der Frage nach der optimalen pflanzenbaulichen Wirkung der Hofdünger. Hier treffen sich die Interessen des Landwirtes und des Umweltschützers. Beide streben möglichst geringe Verluste aus dem Stickstoffkreislauf in die Umwelt an. Für den Landwirt ist der Stickstoff einer der wichtigsten Produktionsfaktoren. Mit jedem Kilogramm Stickstoff, das er in seinem Kreislauf halten kann, generiert er einen Mehrertrag von ca. 15 kg TM bzw. 15 kg Milch.

Mit den Gewässerschutz- und Luftreinhalte-Massnahmen darf nicht Symptom-Bekämpfung betrieben und der Handlungsspielraum der Landwirte in den Grünlandgebieten unnötig eingeschränkt werden. Die Behörden sind vielmehr verpflichtet, die Ursache der Probleme direkt anzugehen. Das Gülle-Mengenproblem soll mit Vorschriften zur Gülle-Lagerkapazität, Tierbesatz bzw. Flächenausstattung, Futtermittelzukauf, Standortbezug usw. angegangen werden.

Die Einschränkungen bei der Düngung von Grünlandflächen mit Hofdüngern müssen jedoch mit wissenschaftlichen Daten und überzeugenden Risikoanalysen begründet werden können. Und dies ist bis heute nicht der Fall. Zumindest fehlt die Evidenz.

Unbestritten ist, dass ein Ausbringverbot von Gülle auf tief gefrorenen oder mit Wasser übersättigten Böden und auf Schnee gerechtfertigt ist.

Bestritten wird aber das generelle Gülleausbring-Verbot auf Grünland innerhalb von Sperrfristen. Es gibt im Verlauf der Wintermonate (November bis März) je nach Region und Höhenlage sehr wohl zahlreiche günstige Ausbringgelegenheiten von Gülle für die Düngung. Diese sollen genutzt werden können. Diese „guten“ Ausbringzeitpunkte können auch innerhalb der heute verordneten Sperrfristen liegen.

Sperrfristen von Gülle-Ausbringung auf Grünland sind abzulehnen, weil die Evidenz der naturwissenschaftlichen Begründungen fehlt bzw. falsche Annahmen den Gesetzgeber und die Behörden beeinflussen.

Falsche Annahmen:

- 1) **Geringe N-Wirkung der im Winter** während der Vegetationsruhe ausgebrachter Gülle im Vergleich zu anderen Zeitpunkten
Fast all die vielen Versuchsergebnisse zu diesem Thema zeigen ab Dezember eine sehr gute vergleichbare Wirkung im Vergleich zur Frühljahrsausbringung (12-20 kg TS/kg N; SIEGENTHALER, 2002; STETTLER, 2005; ZIMMERMANN *et al.*, 1997; SCHRÖPEL, 2008). Etwas geringere, aber immer noch gute Wirkungen bringt die Ausbringung im Herbst (Oktober, Beginn November). *Erklärung:* Der Pflanzenbestand nimmt den löslichen Stickstoff zum Teil noch auf; die gebildete Biomasse friert im Januar/Februar ab, und der dort gebundene N steht für den Frühljahrsaufwuchs nicht mehr zur Verfügung.
Die Sommerausbringung ergibt in der Regel die tiefsten Werte (ZIMMERMANN *et al.*, 1997; STETTLER, 2005; THOMET *et al.*, 2007).
- 2) Gedüngter **Stickstoff** geht durch **Nitrat-Auswaschung verloren**,
Klingt plausibel, müsste aber belegt werden. Die Nitratauswaschung unter Grünland ist mit Ausnahme von Harnstellen auf Weiden, die im September bis Oktober anfallen, kein Thema. Erst ab Mengen von 400 kg N/ha/Jahr kann eine signifikante Erhöhung der Nitratauswaschung nachgewiesen werden (FARRUGIA *et al.*, 1997; SIMON *et al.*, 1997; VERTES *et al.*, 1997). Die ordnungsgemässe Düngung von Grünland bewegt sich in einem viel tieferen Bereich.
Viele Versuche mit mineralischem Stickstoff zeigen, dass auch der lösliche Stickstoff über den Winter im Grünlandboden bleibt und im nächsten Frühjahr zur Wirkung kommt (VOIGTLÄNDER UND MÄDEL, 1974; CULLETON UND LEMAIRE, 1988; MEIER UND ZBINDEN, 2001; MEIER UND ZBINDEN, 2002; SIEGENTHALER, 2002; STETTLER, 2005; THOMET *et al.* 2007). Er wurde also nicht ausgewaschen.
- 3) Risiko einer überhöhten **Abschwemmung** von Güllestoffen im Vergleich zur Vegetationsperiode.
Das Risiko von Abschwemmungen von Gülleresten nach der Ausbringung besteht immer. Die entscheidende Frage ist jedoch, ob es bei ordnungsgemässer Ausbringung im Winter höher ist als im Sommer. Im alpenländischen Raum haben wir sommerbetonte Niederschläge mit zum Teil grosser Intensität von Gewitter- und Platzregen. Diese weisen ein sehr hohes Abschwemmungsrisiko auf (BRAUN UND HURNI, 1993) Wenn nun aufgrund der Wintersperrfrist grössere Güllemenge in einer risikoreicheren Zeit ausgebracht werden müssen, wird dadurch vermutlich das Abschwemmungsrisiko grösser. Zumindest müsste diese Hypothese mit Messresultaten widerlegt werden können.

Ein grosses Verlustrisiko im Kreislauf *Boden-Pflanzen-Nutztiere-Hofdünger-Düngung* liegt in der **Ammoniak-Abgasung**. Besonders während der Ausbringung können sehr hohe Verluste entstehen. Hier bietet die Winter- gegenüber der Sommerausbringung wegen den tieferen Temperaturen klare Vorteile.

Insgesamt kommt man zum Schluss, dass es auf Grünland richtig und vernünftig ist, alle günstigen Zeitpunkte während des Jahres für die Gülleausbringung zu nutzen. Insbesondere ist die Zeitperiode im Frühwinter (ab November bis zum Dauerschnee oder Dauerfrost) besonders sinnvoll. Die Begründung: Zu verzeichnen sind wenig Verluste, eine gute Ertragswirkung und ein erhöhter Handlungsspielraum, falls es später eine lange Periode mit Schnee oder gefrorenem Boden gibt. Zudem ist dieser Zeitraum arbeitswirtschaftlich für viele Betriebe günstig: Man kann mit dem Ausbringen warten, bis es von den äusseren Bedingungen her passt; das Gras wächst nicht davon.

Die Devise für die Gölledüngung auf Grünland (im Gegensatz zum Ackerbau):
Mässig aber regelmässig güllen, übers ganze Jahr verteilt (auch im Winterhalbjahr), wenn der Boden aufnahmebereit ist.

Forderungen

- Nur noch eine einzige gesetzliche Vorschrift zum Ausbringungszeitpunkt, nämlich: Flüssige Dünger dürfen nur ausgebracht werden, wenn der Boden saug- und aufnahmefähig ist. Sie dürfen vor allem dann nicht ausgebracht werden, wenn der Boden wassergesättigt, gefroren, schneebedeckt oder ausgetrocknet ist.
- Sperrfristen auf Grünland aufheben (eventuell auf definierte Ausnahmefälle beschränken); nur noch im Ackerbau beibehalten!
- Folgende Bestimmung aus dem (Schweizerischen) Gesetz kippen: „Stickstoffhaltige Dünger dürfen nur zu Zeiten ausgebracht werden, in denen die Pflanzen den Stickstoff aufnehmen können“. Diese gesetzliche Aussage geht von einem einseitigen und wissenschaftlich nicht mehr haltbaren Verständnis von Düngung und Nährstoffkreisläufen in Produktionssystemen aus.
- Die vorgeschriebene Gülle-Lagerkapazität nicht wie geplant in der Schweiz von 3 auf 5 Monate erhöhen bzw. differenziert dem Produktionssystem und der Wahrscheinlichkeit einer langen Schneebedeckung anpassen. Wenn auf einem Tierproduktionsbetrieb viel Futter auf Ackerflächen produziert wird, braucht es deutlich höhere Lagerkapazitäten, weil es nur wenige günstige Ausbringungs-Zeitfenster gibt (dies im Gegensatz zum reinen Grünlandbetrieb).
- Anstelle von Sperrfristen, ist das Mengenproblem („Entsorgung“ von Hofdüngern) gezielt und ursachenorientiert anzugehen.

Literatur:

- BRAUN, M. UND HURNI, P., 1993: Abschwemmung von Phosphor auf Grasland an zwei verschiedenen Standorten im Einzugsgebiet des Sempachersees. *Landwirtschaft Schweiz* **6** (10), 615-620.
- CULLETON, N. AND LEMAIRE, G., 1988: The efficiency of Autumn nitrogen for Grassland. In: Jenkins D.S. and Smith D.A. (eds) *Nitrogen Efficiency in Agriculture soils*. pp. 207-217. London : Elsevier.
- FARRUGIA, A., DECAU, M.L., VERTES, F. ET DALABY, L., 1997: En prairie, la balance azotée à l'échelle de la parcelle. *Fourrages* **151**, 281-296.
- FRICK, R., MENZI H. UND KATZ, P., 1996: Ammoniakverluste nach der Hofdüngeranwendung. *FAT-Bericht* Nr. 486, Tänikon, 12 S.
- MEIER, P. UND ZBINDEN, M., 2001: Gölledüngung von Grünland während der Vegetationsruhe. Diplomarbeit, Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft, Zollikofen. 107S.
- MEIER, P. UND ZBINDEN, M., 2002: Stickstoff wirkt auch im Winter. *Die Grüne* 4/2002, 10-13.
- SIMON, J.C., VERTES, F., DECAU, M.L. ET LE CORRE, L., 1997 : Les flux d'azote au pâturage. *Fourrages* **151**, 249-280.
- STETTLER, M., 2005: Taktische Stickstoffdüngung von Grünland. Schlussbericht des KTI-Forschungsprojektes, Schweiz. Hochschule für Landwirtschaft SHL, Zollikofen, 99 S.
- THOMET, P., STETTLER, M., HADORN, M. UND MOSIMANN, E., 2007: N-Düngung zur Lenkung des Futterangebotes von Weiden. *Agrarforschung* **14** (10), 464-469.

- SCHRÖPEL, R., 2008: Herbstgülle-Wintergülle-Frühjahrgülle. Abgerufen am 19.09.2011.
http://www.lfl.bayern.de/lvz/spitalhof/gruenland/25202/linkurl_0_2.pdf;
- SIEGENTHALER, T., 2002: Taktische Stickstoffdüngung von Grünland. Diplomarbeit, Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft, Zollikofen, 57 S.
- VERTES, F., SIMON, J.C., LE CORRE, L. ET DECAU, M.L., 1997: Les flux d'azote au pâturage. II- Etude des flux et de leurs effets sur le lessivage. *Fourrages* **151**, 263-280.
- VOIGTLÄNDER, G. UND MÄDEL, F., 1974: Verlängerung der Weideperiode durch rechtzeitige Nutzung und Stickstoffdüngung. *Das wirtschaftseigene Futter* **20** (2), 95-111.
- ZIMMERMANN, M., KOCH, B., KESSLER, W. UND BESSON, J.M., 1997: Gülle auf Wiesen ausbringen – wann? *Agrarforschung* 4 (2), 61-64).

Heile Bergwelt oder Vollzugsnotstand Gewässerschutz?

Bodenmann, M.

CH-7220 Schiers

marianne.bodenmann@bluewin.ch

Anmerkung der Herausgeber: *Der nachstehende Beitrag ist als Meinungsbild einer betroffenen Agronomin Teil der Betrachtung der Situation in der Schweiz.*

Im Kanton Graubünden, wo ich seit längerem wohne, setzen die Behörden auf Eigenverantwortung bei der Ausbringung von Hofdüngern. Eigenverantwortung funktioniert aber bei vielen Menschen nicht, Bauern sind auch Menschen... Vertrauen ist gut, Kontrolle besser! Wer Vorschriften nicht kennt, kann sie nicht befolgen. Ist das Gülle-Überschuss-Problem also morgen gelöst? In meinem Blog dokumentiere ich Missstände bei der Ausbringung und Lagerung von Hofdüngern, erzähle von nicht beachteten Gesetzen, untätigen Behörden und informiere. Zudem weise ich auf die Wirksamkeit bzw. Nichtwirksamkeit von Kontrollen hin. Erste Erfolge sind bei den Ämtern und einzelnen Bauern sichtbar. Die zitierten Beispiele sind Einzelfälle, sie haben aber meines Erachtens System. Das Wasser ist zu kostbar, als dass man es grobfahrlässig verschmutzt (HEIDI, 2010 und 2011). Mein Anliegen ist nicht das Anzeigen, sondern das Verhindern von Gewässer- und Grundwasserverschmutzungen. Ich plädiere für mehr Umsetzen, statt nur Forschen. Und Mut zum Handeln.

Meine Forderungen

- Klare, einheitliche Vorschriften für alle deutschsprachigen Länder, soweit sinnvoll, denn die Vielfalt der Schweizer Regelungen ist verwirrend, niemand hat den Überblick. Die Rechtssicherheit ist gering, die Gerechtigkeit ebenfalls, klagen Bauern.
- Differenzierung von Vorschriften aufgrund fachlich begründeter Unterschiede (Klima, Topografie, Böden usw.), nicht aufgrund von Landes- oder Kantonsgrenzen
- Sperrfristen für das Ausbringen von Hofdüngern im Winter, denn viele Bauern sind nicht in der Lage, die Gefahr der Gewässerverschmutzung richtig einzuschätzen und Eigenverantwortung wahrzunehmen. Auch wenn das Güllen im Winter an günstigen Orten in "günstigen" Perioden wissenschaftlich als ökologisch sinnvoll eingestuft würde, dann ist es unverantwortlich, dies allgemein zu propagieren.
- Klare Definition der Vegetationsruhe
- Anpassen der erlaubten Düngergrossvieheinheit an die natürlichen Gegebenheiten
- Erhöhen der erforderlichen Hofdüngerlagerkapazität auf minimal 6 Monate
- Erteilen von Kompetenzen an das BAFU für die Oberkontrolle, heute Einschreiten nur bei Missachtung klaren materiellen oder prozessualen Rechts möglich
- wirkungsvolle Integration der Gewässerschutzgesetzgebung und der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft in die Direktzahlungsverordnung
- Einführung wirksamer Betriebskontrollen
- Ein Internetportal mit allgemein verständlichen Inhalten für Deutschland, Österreich und die Schweiz, auf welchem alle wichtigen Informationen über Wirtschaftsdünger einfach zu finden sind.
- Fördern des Verantwortungsbewusstseins der Landwirte

Literatur

HEIDI, 2010 und 2011, Heidis Mist, Gülle und Mist wären Gold wert, wenn..., <http://heidismist.wordpress.com/>

Rechtsvorschriften und Gesetze, Sperrfrist - Deutschland

Neff, R.

Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH), Eichhof, Bad Hersfeld

neffr@llh.hessen.de

In Deutschland ist der Einsatz von stickstoff- und phosphathaltigen Düngemitteln und somit auch der von Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft auf Grünland durch die Düngerverordnung (Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen - DüV) geregelt. Sie setzt u.a. die „Nitratrichtlinie“, Richtlinie zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen (91/676/EWG) um und soll hierzu die durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen verursachte oder ausgelöste Gewässerverunreinigung verringern und weiterer Gewässerverunreinigung dieser Art vorbeugen. Sie ist ein Aktionsprogramm nach Anhang III der Nitratrichtlinie, wobei dieses in Deutschland im Gegensatz zu anderen Mitgliedsstaaten flächendeckend gilt.

Sie dient ferner der Konkretisierung der Anforderungen an die Anwendung von Düngemitteln nach der guten fachlichen Praxis im Sinne des § 3 Abs. 2 Düngegesetz (DüngG 2009).

Die DüV gilt für ganz Deutschland und soll durch den bedarfsgerechten Einsatz von Düngemitteln und die Verminderung von Nährstoffverlusten langfristig die Nährstoffeinträge in Gewässer und andere Ökosysteme verringern. Dabei soll sie den Landwirten Rechtssicherheit für ihre Düngungsmaßnahmen geben, durch sachgerechte Düngevorschriften die Ziele des Umwelt- und Gewässerschutzes unterstützen sowie Wettbewerbsverzerrungen vermeiden.

Die DüV regelt

- die gute fachliche Praxis bei der Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln auf landwirtschaftlich genutzten Flächen
- das Vermindern stofflicher Risiken durch die Anwendung dieser Stoffe auf landwirtschaftlich genutzten Flächen und auf anderen Flächen.

Elemente der DüV mit besonderer Grünlandrelevanz:

1. Bei der Ermittlung des Düngedarfs je Schlag oder Bewirtschaftungseinheit ist nach Grünlandumbruch die N-Nachlieferung im 1. Jahr von 40 kg/ha anzusetzen. In weiteren Jahren nach Maßgabe der zuständigen Beratungsbehörde (Dauergrünland im Sinne der Verordnung sind Gras- oder Grünfütterflächen, die mindestens 5 Jahre nicht Bestandteil der Fruchtfolge sind. Bezüglich der Nitratrichtlinie zählen hierzu auch Wiesen und Weiden, die noch kein Dauergrünland sind).

2. Vor der Aufbringung wesentlicher Nährstoffmengen sind vom Betrieb die im Boden unter Grünland verfügbaren Phosphat-, nicht aber Stickstoffmengen (nur bei Ackernutzung) zu ermitteln
3. Aus Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft dürfen Nährstoffe nur so ausgebracht werden, dass die aufgebrachte Menge an Gesamtstickstoff im Durchschnitt der landwirtschaftlich genutzten Flächen des Betriebes 170 Kilogramm Gesamtstickstoff je Hektar und Jahr nicht überschreitet.

Auf Grünland und auf Feldgras dürfen Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft so aufgebracht werden, dass die mit ihnen aufgebrachte Menge an Gesamtstickstoff im Durchschnitt dieser Flächen 230 Kilogramm Gesamtstickstoff je Hektar und Jahr nicht überschreitet, soweit

- a. bei Grünlandnutzung dieses Grünland jährlich mit mindestens vier Schnitten oder drei Schnitten und Weidehaltung intensiv genutzt wird,
- b. ausschließlich Schleppschlauch, Schleppschuh, Schlitzscheibe oder andere den Stickstoffverlust vermindernde Verfahren eingesetzt werden,
- c. der betriebliche Nährstoffüberschuss bei Stickstoff im Vorjahr 60 kg/ha nicht überschritten hat,
- d. durch die erhöhte Düngung der betriebliche Nährstoffüberschuss für Phosphat (P_2O_5) 20 kg/ha nicht überschreitet,
- e. der nach Landesrecht zuständigen Stelle für diese Flächen die Düngedarfsermittlung und für die drei Jahre vor Antragstellung die Nährstoffvergleiche vorliegen und die nach Landesrecht zuständige Stelle das Aufbringen in der vorgesehenen Höhe genehmigt; die nach Landesrecht zuständige Stelle hat bei ihrer Entscheidung die Bewirtschaftungsziele im Sinne des Wasserhaushaltsgesetzes einzubeziehen,
- f. die tatsächlichen Voraussetzungen nach a) sich im genehmigten Zeitraum nicht ändern.

Angesichts des großen administrativen Aufwandes wird diese Option in Deutschland nur von den Bundesländern Baden-Württemberg, Bayern, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen angeboten.

4. Düngemittel mit wesentlichem Gehalt an verfügbarem Stickstoff, ausgenommen Festmist ohne Geflügelkot, dürfen zu den nachfolgend genannten Zeiten nicht aufgebracht werden:
 - a. auf Ackerland vom 1. November bis 31. Januar,
 - b. auf Grünland vom 15. November bis 31. Januar.

Die nach Landesrecht zuständige Stelle kann mit entsprechender fachlicher Begründung für die zeitliche Begrenzung andere Zeiten genehmigen, soweit die Dauer des Zeitraumes ohne Unterbrechung bei Ackerland zwölf Wochen und bei Grünland zehn Wochen nicht unterschreitet. Für die Genehmigung sind regionaltypische Gegebenheiten, insbesondere Witterung oder Beginn und Ende des Pflanzenwachstums, sowie Ziele des Boden- und des Gewässerschutzes heranzuziehen. Die zuständige Stelle kann dazu weitere Auflagen zur Ausbringung treffen und die Dauer der Genehmigung zeitlich begrenzen

- (1) Die Verschiebung der Sperrfrist setzt eine einzelbetriebliche Antragsstellung und Genehmigung voraus. Der Antrag muss den Antragsteller deutlich erkennen lassen und eine Begründung enthalten.

- (2) Für Betriebe, die unter den gleichen regionaltypischen Gegebenheiten und Anbaubedingungen (regionaltypische Gegebenheiten) wirtschaften, kann ein gemeinschaftlicher Sammelantrag gestellt werden, sofern die einzelnen Betriebe eindeutig erkennbar sind und eine einheitliche Begründung vorliegt.
 - (3) Anträge können nur vor dem 1. bzw. 15. November gestellt und genehmigt werden.
 - (4) Die Dauer der Genehmigung (ein- oder mehrjährig) liegt im Ermessen der zuständigen Behörde.
5. Die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten oder Pflanzenhilfsmitteln, die unter Verwendung von Knochenmehl, Fleischknochenmehl oder Fleischmehl hergestellt wurden, oder zu deren Herstellung Kieselgur verwendet wurde, ist auf landwirtschaftlich genutztem Grünland und im Feldfutterbau verboten. Wer die Stoffe auf sonstigen landwirtschaftlich genutzten Flächen aufbringt, hat diese sofort einzuarbeiten.

Bis zum Ende des Jahres 2011 wird die DüV einer Evaluierung unterzogen. Diese ist alle vier Jahre zur Fortschreibung eines Aktionsprogramms zur Umsetzung der Nitratrichtlinie erforderlich. In diesem Zusammenhang ist auch eine Strategische Umweltprüfung (SUP) durchzuführen. Dabei wird ebenfalls überprüft, ob die Fortschreibung der 230 kg-Regelung für Grünland künftig notwendig ist.

Ergänzend zu den düngerechtlichen Vorschriften enthalten die „Wasserrahmenrichtlinie“, Richtlinie zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (WRRL - 2000/60/EG) und deren Tochterrichtlinie „Grundwasserrichtlinie“, Richtlinie zum Schutz des Wassers vor Verschmutzung und Verschlechterung (2006/118/EG) Qualitätsnormen für verschiedene Gewässer sowie definierte Umweltziele und Verfahren für die Bewertung des Wasserzustandes. Beide sind die Basis für mehr oder weniger individuell ausgehandelte Kooperationsvereinbarungen zwischen verschiedenen an der Flächen- und Wasserbewirtschaftung interessierten Partnern. Diese Vereinbarungen gelten regional und haben z.T. erhebliche Einschränkungen des Gülleeinsatzes auf Grünland zur Folge. Dies gilt auch für die Bestimmungen standortspezifischer Wasserschutzgebietsverordnungen.

Rechtsvorschriften, Verordnungen und Empfehlungen zur Ausbringung von Wirtschaftsdünger in Österreich

Buchgraber, K.

Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft des LFZ Raumberg-Gumpenstein,
A-8952 Irdning

karl.buchgraber@raumberg-gumpenstein.at

Abstract

During the last two decades the consciousness of the farmers in terms of the farm manure's value has clearly been improving. The utilization of the manure with estimated dispensations and a good distribution with respect to ecology are largely adopted in Austria. There are only 2 or 3 % of the farmers being outstanding and occasionally not going by the rules and recommendations for plant production. These are negatively noticed by the authorities and by society, and it is not rare that they shed a poor light on the whole rest of the farmers. These negative examples and the hot spots – like the outlet for cattle, free-range husbandry, capot paddocks, unqualified storing of the manure, etc. – are to get a grasp of in future.

The other farmers, who deal with a clean and successful management of manure, should be paid a large compliment. The legal rules and the recommending demands for agriculture (water rights, nitrate regulation of the European Union, action programme for nitrate and the guide lines for an appropriate fertilizing) are deployed in practice. There are some problems in certain regions, where intensive animal husbandry takes place and a meagre endowment concerning acreage worsens the situation. These problems could possibly even aggravate after the cessation of the milk contingents.

Keywords: Wirtschaftsdünger, Grünland, Düngung – Umwelt, Düngung - Landwirtschaft

Einleitung

Bis in die Jahre 1960 waren die Wirtschaftsdünger nahezu die alleinigen Dünger für das Grünland. Im Ackerbau hat man bei einzelnen Kulturen schon ab 1950 mäßig mit Mineraldünger die Nährstoffversorgung in Österreich betrieben. Ab dem Jahre 1970 bis 1985 wurde auch im Grünland stärker der Mineraldünger eingesetzt. Die Werbung für diese Dünger aus dem Sack war so angelegt, dass viele Bauern den Glauben an den hofeigenen Wirtschaftsdünger verloren. Diese wurden damals gerade noch ausgebracht, aber im Nährstoffgehalt hat man sie kaum berücksichtigt. Durch die doppelgleisige Düngung (Mineraldünger und Wirtschaftsdünger-entsorgung) entstanden, insbesondere in Veredlungsbetrieben, plötzlich Nitratprobleme im Wasser und die Pflanzenbestände zeigten auch vielfach Entartungen.

Ergebnisse und Diskussion

Ab 1990 wurde in Österreich die Wasserrechtsbehörde aktiv und setzte im Wasserrechtsgesetz (1959 idF BGBl.1990) die bewilligungsfreien Obergrenzen der Reinstickstoffzufuhr pro Hektar und Jahr bei landwirtschaftlichen Nutzflächen mit Gründeckung – und hier kommen alle Grünlandnutzungsformen hinzu – mit 210 kg fest. Die Landwirt-

schaft hat im Jahre 1990 pro GVE 60 kg Gesamtausscheidung/Jahr angenommen und man einigte sich auf eine Tierbesatzobergrenze von 3 GVE/ha.

Bei den Ackerkulturen ohne Winterbegrünung legte man sich auf 175 kg Stickstoff/ha als Obergrenze fest. Eine ordnungsgemäße land- und forstwirtschaftliche Bodennutzung ist bewilligungsfrei, wollte jemand über diese Obergrenze hinaus eine Nährstoffversorgung betreiben, so brauchte er eine Wasserrechtliche Bewilligung. In den letzten 20 Jahren hat niemand um eine solche in Österreich angesucht. Auf dieses Wasserrechtsgesetz im Jahre 1990 reagierte die Landwirtschaft mit den Richtlinien für die sachgerechte Düngung (BMLFUW 2006). Mit diesen Empfehlungen für die Grünland- und Ackerbauern entwickelte der Fachbeirat für Bodenschutz und Bodenfruchtbarkeit, dieser ist das Gremium des Ministeriums, ein sehr spezifisches Instrument zum gezielten Einsatz von Wirtschaftsdünger. Damit wurde der Wirtschaftsdünger als wichtigste Nährstoffquelle im Betrieb wieder ins positive Bewusstsein zurückgeholt. Das gleichzeitige Ansteigen um die Bedeutung der Grundsätze des Biologischen Landbaues war hier durchaus dienlich. Im Grünland gibt es seit 1991 ein sehr differenziertes Düngungssystem, je nach Ertragspotenzial der Flächen. Die Bandbreite des Einsatzes von Wirtschaftsdünger ist in Österreich extrem groß. 95 % aller Grünlandbetriebe kommen derzeit mit diesen Empfehlungen, die auch 1995 Grundlage für das ÖPUL-Programm wurden, zurecht. 5 % der Betriebe haben heute schon zu viele Tiere, gemessen zur Fläche, nach Auflösung der Milchkontingente wird dieser Prozentsatz an intensiv wirtschaftenden Grünland- und Milchbauern vermutlich größer.

Die **Trinkwasserverordnung** (2001 idF BGBl. II Nr.121/2007) wurde rund 10 Jahre nach diesen Regelungen erlassen, damit wurden die Anforderungen an die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch geregelt. Hinsichtlich der dafür einzuhaltenden mikrobiologischen und chemischen Parameter sei besonders auf den mit 50 ppm festgelegten Grenzwert für Nitrat hingewiesen. Im Sinne des Wasserrechtsgesetzes und der Trinkwasserverordnung hat alles Grundwasser die Trinkwasserqualität zu erreichen. In den intensiven Veredlungsbetrieben (Schweinemast) und bei Auslaufhaltung (Rinder, Pferde etc.) treten in einigen Regionen Österreichs dahingehend Probleme auf.

Die **EU-Nitratrichtlinie** (91/676 EWG) wird in Österreich mit dem **Aktionsprogramm „Nitrat“** (2008 – CELEX Nr. 391L0676) innerstaatlich umgesetzt. Die Stickstoff-Ausbringungsmengen über die Wirtschaftsdünger sind hier mit 170 kg N/ha und Jahr für das gesamte Land festgelegt. In Betrieben, die schon jetzt das Auslaufen der Milchkontingente herbeisehnen, wo die Flächenausstattung nicht den wachsenden Tierzahlen entspricht, werden diese 170 kg N/ha aus dem Wirtschaftsdünger zum limitierenden Faktor in der Produktion. Die Nachfrage nach Flächen, insbesondere in Gunstlagen, hat deswegen schon begonnen. In den extensiven Berglagen wird dieses Problem weniger stark auftreten.

Die Ausbringungsverbote von N-haltigen Dünger, insbesondere von Wirtschaftsdünger, sind in Tab. 1 dargelegt. Hier wurde in Österreich um einen Kompromiss gerungen, der den warmen Gunstlagen und den rauen Berglagen einigermaßen gerecht wird.

Auch werden die Herbsttemperaturen immer milder, sodass das Grünland in den milden Lagen oft bis in den Dezember hinein N-aufnahmefähig bliebe. Im Großen und Ganzen jedoch sind die Ausbringungsverbote aus technisch-administrativer Sicht akzeptierbar, aus pflanzenbaulicher Sicht wird dem Landwirt empfohlen, im Herbst das Grünland bis Mitte Oktober abzudüngen und im Frühjahr erst mit dem Schieben/Ergrünen der Blatt-

spitzen (je nach Lage Anfang März bis Mitte April) die Düngung vorzunehmen. Ein generelles Ausbringungsverbot besteht auf durchgefrorenen, wassergesättigten, überschwemmten sowie mit einer geschlossenen Schneedecke versehenen Flächen.

Tab. 1: Ausbringungsverbote bei N-haltigen Düngemittel, insbesondere von Wirtschaftsdünger in Österreich

Wirtschaftsdünger	Kultur	Ausbringungsverbot
Stallmist und Kompost Gülle und Jauche	Grünland und	30.11. bis 15.02.
	Ackerkulturen mit Gründeckung	15.11. bis 15.02.
Alle Wirtschaftsdünger	Ackerkulturen ohne Gründeckung	15.10. bis 15.02.
Alle Wirtschaftsdünger	Ackerkulturen mit Gründeckung und frühem Stickstoffbedarf Winterraps und Wintergerste bzw. Durum und Sommergerste	15.11 bis 31.01.

Eine **Ausbringungsbeschränkung** von N-haltigen Düngemittel liegt dann vor, wenn erfahrungsgemäß eine Abschwemmungsgefahr im Oberflächengewässer besteht – diese Gefahr liegt insbesondere bei der Ausbringung von Gülle, Jauche und Klärschlamm auf Ackerböden bereits ab einer durchschnittlichen Hangneigung von 10 % vor.

Im Aktionsprogramm will man unbedingt auch Oberflächengewässer vor Nährstoffeinträgen schützen, indem man Randzonen zum Gewässer von der Düngung ausspart (siehe Tabelle 2).

Tab. 2: Randzonen¹⁾ zu Gewässern zur Vermeidung von Nährstoffeinträgen in Österreich

Gewässertyp	Randzone	Anmerkung
Seen > 1 ha	20 m	
Seen und stehende Gewässer < 1 ha	10 m	
Fließgewässer	10 m	Ø Neigung der angrenzenden Fläche > 10 %
Fließgewässer	5 m	Ø Neigung der angrenzenden Fläche < 10 %
Fließgewässer	3 m	Angrenzende Flächen kleiner 1 ha und eine max. Breite in Gewässerrichtung von 50 m

¹⁾ Diese Randzonen sind so zu behandeln, dass ein direkter Dünger- und damit Nährstoffeintrag in die angrenzenden Gewässer vermieden wird.

Die **Lagerung** von Wirtschaftsdünger am Hof und am Feld ist ein wichtiger Bestandteil dieses Aktionsprogrammes, das von der AMA (Agrarmarkt Austria) über die Cross Compliance auf den Betrieben stichprobenartig kontrolliert wird. Das Lager am Hof muss eine Kapazität von mindestens sechs Monaten aufweisen. Die Lagerung von Stallmist und Kompost muss grundsätzlich auf technisch dichten Flächen mit einem geregelten Ablauf allfälliger Sickersäfte in einer dichten Grube erfolgen. Eine Zwischenlagerung, wie sie in Österreich durchaus üblich ist, kann in Form von Feldmieten unter Beachtung besonderer Auflagen erfolgen (siehe Tab. 3).

Tab. 3: Auflagen zur Lagerung von Stallmist und Kompost am Feld in Österreich

Kriterien	Maßnahmen und Durchführungsbestimmung
Lagerungsplatz	Ebene Stelle, keine Staunässe, kein durchlässiger Untergrund
Verbringung des Frischmistes vom Hof	Frühestens 3 Monate
Verbringung der Miete	Jedes Jahr vollständige Verwertung auf dieser Fläche und jährlicher Wechsel des Standortes
Eintrag von Sickerwasser in Oberflächengewässer	Hier sollte keine Gefahr ausgehen
Mittlerer Abstand der Lagerstelle zum Grundwasser	1 m
Abstand zu Oberflächengewässer	25 m

Flankierend zu diesen zentralen Regelungen greifen noch Bestimmungen der Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser (2010 – BGBl. II Nr.98/2010), des Düngemittelgesetzes (1994 idF BGBl. I Nr.87/2005), der Düngemittelverordnung (2004 idF BGBl. II Nr. 162/2010) und des Abfallwirtschaftsgesetzes (2002 idF BGBl. I Nr.54/2008) sowie aus den Bodenschutz- und Naturschutzgesetzen der Bundesländer.

Die Bestimmungen und die Gesetzeslagen rund um die Nährstoff-, insbesondere Wirtschaftsdüngerausbringung in Österreich wurden im Zuge der Ökologisierung ab 1985/90 aufgestellt und auch in den Betrieben und Flächen umgesetzt. Im Großen und Ganzen läuft dieser Bereich zufriedenstellend, wohlwissend, dass einzelne Intensivgebiete mit den Obergrenzen Probleme bekommen. Diese Situation kann allerdings nur in einer noch spezifischeren Erteilung der Auflagen, bezogen auf den Betrieb und dessen Flächen, verbunden mit einer noch ausgedehnteren Administration, erfolgen.

Zusammenfassung

In den letzten 20 Jahren konnte das Bewusstsein der Landwirte hinsichtlich des Wertes der Wirtschaftsdünger deutlich verbessert werden. Die Anwendung der Wirtschaftsdünger mit abgestimmten Gaben und guter Verteilung, unter Berücksichtigung ökologischer Umstände, werden in Österreich großteils vorge-nommen. Herausragend sind immer wieder die 2 bis 3 % der Landwirte, die sich fallweise nicht an die Vorschriften und pflanzenbaulichen Empfehlungen halten. Diese werden negativ von den Behörden und der Gesellschaft wahrgenommen und nicht selten wird davon auf alle geschlossen. Diese Negativbeispiele und die Hotspots (Ausläufe der Rinder, Freilandhaltung, Gatschkoppeln, unqualifizierte Ablagerung von Mist etc.) sollte man mehr in den Griff bekommen. Den übrigen Landwirten, die eine „saubere“ und „erfolgreiche“ Wirtschaftsdüngeranwendung betreiben, sollte ein kräftiges Lob ausgesprochen werden. Die gesetzlichen und empfehlenden Vorgaben für die Landwirtschaft (Wasserrechtsgesetz, EU-Nitratverordnung, Aktionsprogramm Nitrat und die Richtlinien für die sachgerechte Düngung werden in der Praxis umgesetzt. Probleme gibt es in einzelnen Regionen mit intensiver Tierhaltung und geringer Flächenausstattung, die Probleme könnten sich nach Auslaufen der Milchkontingentierung noch verschärfen.

Verschiebung der Sperrfrist der Gülleausbringung

Berendonk, C.

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen,
Landwirtschaftszentrum Haus Riswick, Eisenpass 5, 47533 Kleve

clara.berendonk@lwk.nrw.de

Abstract

According to the fertilizer ordinance in Germany the application of slurry on grassland is prohibited between November 15th and January 31st. This period of 10 weeks can be deferred on request taking into account regional aspects. As current results were missing, which confirm the most suitable application date for the different locations in North Rhine Westphalia, a new trial was planned to investigate differences in the N-efficiency of slurry at three places in North-Rhine-Westphalia. The slurry (80 kg N/ha) was applied at staggered intervals in between November 1st and March 1st. The results indicate an interaction between region and application date although the date of fertilizing influences N-efficiency only very little. In the mountainous region of the Eifel with dry weather conditions in spring and summer there is the best N-efficiency by application dates in winter whereas in the mountainous region of the Sauerland a location with a long winter period the application date shows no effect on N-efficiency and in the northern Lower Rhine region the best N-efficiency was found, when slurry was applied between February 1st and March 1st.

Keywords: Slurry, application date, N-efficiency, fertilizer ordinance

Einleitung und Problemstellung

Die Düngeverordnung von 2007 (§4 (5), DüV) verbietet die Gülleausbringung auf dem Dauergrünland in der Zeit vom 15. November bis 31. Januar. Die nach Landesrecht zuständige Stelle kann für die zeitliche Begrenzung andere Zeiten genehmigen, soweit die Dauer des Zeitraumes ohne Unterbrechung bei Grünland zehn Wochen nicht unterschreitet. Für die Genehmigung sind regionaltypische Gegebenheiten, insbesondere Witterung oder Beginn und Ende des Pflanzenwachstums, sowie Ziele des Boden- und des Gewässerschutzes heranzuziehen. Die zuständige Stelle kann dazu weitere Auflagen zur Ausbringung treffen und die Dauer der Genehmigung zeitlich begrenzen. Da Untersuchungen von Ernst (BERENDONK, 2011) in den Jahren 1987 bis 1990 am Standort Kleve kaum Unterschiede in der Stickstoffwirkung der Gülle bei Applikation im Herbst, Winter oder Frühjahr zeigten, am Niederrhein sogar die beste Güllewirkung bei Ausbringung im Januar festgestellt wurde, erschien es notwendig, diese Ergebnisse zu überprüfen und auch die Grünlandregionen der Mittelgebirgslagen von Nordrhein-Westfalen zu berücksichtigen. Die Untersuchungen sollten die Frage beantworten, welchen Einfluss die Verschiebung der Sperrfrist der Gülledüngung im Winter auf die Wirksamkeit des Güllestickstoffs unter den unterschiedlichen Standortbedingungen von Nordrhein-Westfalen aufweist.

Material und Methoden

Die Versuche wurden an drei Standorten (siehe Tabelle 1) angelegt. Der Standort Kleve spiegelt einen Grünlandstandort in günstiger Niederungslage und vergleichsweise milden Wintern wieder, der Standort Remblinghausen einen feuchten Mittelgebirgsstandort mit spätem Vegetationsbeginn, niedrigen Temperaturen und lang anhaltender Schneebedeckung im Winter und der Standort Dollendorf einen flachgründigen, zur Frühjahr- und Sommertrockenheit neigenden Mittelgebirgsstandort im Regenschattengebiet des Hohen Venns mit vergleichsweise geringen Niederschlägen.

Tab. 1: Versuchsstandorte

Ort	Region	Höhe über	langjähriges Mittel	
		NN	Temperatur	Niederschlag
Kleve	Niederrhein	15 m	10,0 °C	712 mm
Remblinghausen	Sauerland	370 m	7,4 °C	1109 mm
Dollendorf	Eifel	460 m	7,5 °C	715 mm

Die Versuche wurden in den Jahren 2008 - 2010 an allen drei Standorten nach gleichem Plan (siehe Tab. 2) als einfaktorielle Blockanlage mit 4 Wiederholungen angelegt. Alle Güllevarianten erhielten zu den jeweiligen Applikationsterminen eine Güllegabe von 57 kg NH₄-N/ha bzw. 80 kg wirksamen N/ha zum ersten Aufwuchs. Bei der Bemessung der Güllemenge wurde unterstellt, dass der Gesamtstickstoffgehalt der Rindergülle zu 50 Prozent als NH₄-N gebunden ist und zu 70 % insgesamt wirksam wird. Die N-Mengen der

Tab 2: Versuchsplan

Nr.	Düngetermine zum 1. Aufwuchs:
1	KAS I: zu Veg.-beginn, 80 kg/ha, (= wirks. N der Gülle)
2	KAS II: zu Veg.-beginn, 57 kg/ha, (= NH ₄ -N der Gülle)
3	Gülle (80 kg wirks. N/ha): 01. November
4	Gülle (80 kg wirks. N/ha): 14. November
5	Gülle (80 kg wirks. N/ha): 01. Dezember
6	Gülle (80 kg wirks. N/ha): 01. Dezember + 6 l/ha Piadin
7	Gülle (80 kg wirks. N/ha): 01. Januar
8	Gülle (80 kg wirks. N/ha): 16. Januar
9	Gülle (80 kg wirks. N/ha): 01. Februar
10	Gülle (80 kg wirks. N/ha): 01. März

Kontrollvarianten entsprachen in Kontrollvarianten 1 der wirksamen N-Menge der Gülle (80 kg N/ha) und in Kontrollvariante 2 der NH₄-N-Menge der Gülle (57 kg N/ha). Die Gülleverteilung erfolgte manuell in bodennaher Breitverteilung. Die Folgeaufwüchse wurden einheitlich mit 60 + 50 + 50 kg KAS- N/ha gedüngt. Am Niederungsstandort in Kleve wurde ein fünfter Aufwuchs mit 40 kg KAS-N/ha gedüngt, sodass die Jahres-N-Gabe 280 kg N/ha in Kleve und 240 kg N/ha an den Mittelgebirgsstandorten in Dollendorf und Remblinghausen betrug.

Ergebnisse und Diskussion

Die an den drei Standorten ermittelten Erträge und Stickstoffentzüge in den einzelnen Schnitten und im Jahresertrag sind in den Abbildungen 1 und 2 zusammengefasst. Das standorttypische Ertragspotential wurde unabhängig vom Düngungstermin nur am

Standort Kleve voll ausgeschöpft. Dort wurde unabhängig von der Düngerart sowohl im ersten Aufwuchs als auch im Jahresertrag mehr Stickstoff entzogen als gedüngt. Die Erträge und N-Entzüge der Mittelgebirgsstandorte Dollendorf und Remblinghausen fielen jedoch besonders im 1. Aufwuchs vergleichsweise zu niedrig aus. An diesen Standorten war die N-Wirkung im 1. Aufwuchs unbefriedigend, möglicherweise erklärbar durch geringere Anteile an *Lolium perenne* in der Grünlandnarbe. Zusammengefasst wurde die Stickstoffwirkung im ersten Aufwuchs und im Gesamtertrag in der Tabelle 3 berechnet. Verglichen mit der Wirkung der mineralischen KAS-Düngung in Höhe von 57 kg N/ha (Kontrollvariante 2) wurde an den Mittelgebirgsstandorten die applizierte Gülle-NH₄-N-Menge im 1. Aufwuchs nur zu ca. zwei Dritteln wirksam, eine Nachwirkung in den Folgeaufwüchsen gleicht dieses Defizit nicht vollständig aus und führt lediglich zu einer Gesamtwirkung des NH₄-N-Anteils der Gülle von 94,9% in Kleve, 93,8% in Dollendorf und 91,1 % in Remblinghausen. Die unterstellte Wirkung von 70 % vom Gesamtstickstoff wurde somit an keinem Standort erreicht.

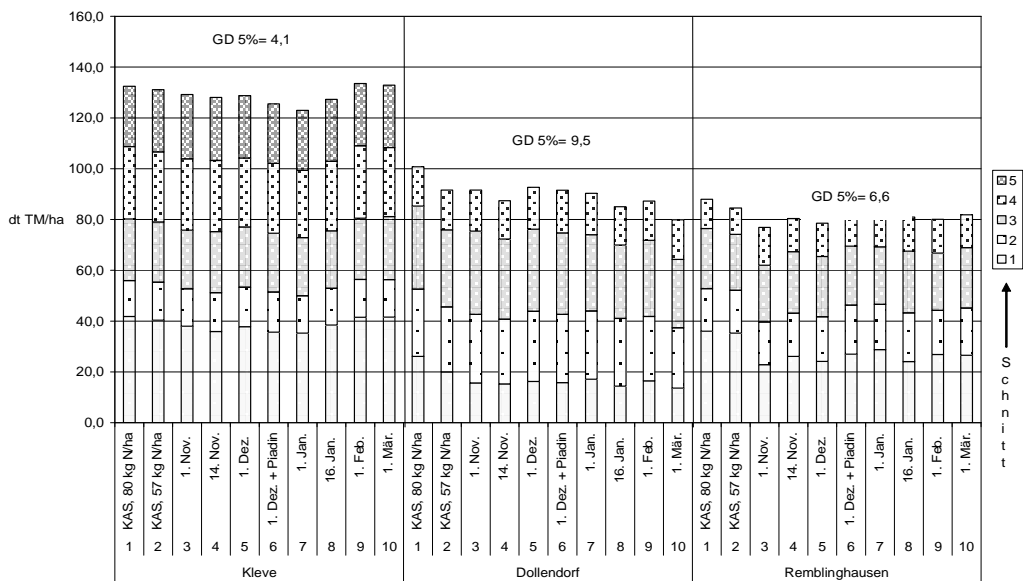


Abb. 1: Einfluss des Termins der Gülleausbringung auf den Trockenmasseertrag im Mittel der Jahre 2008-2010

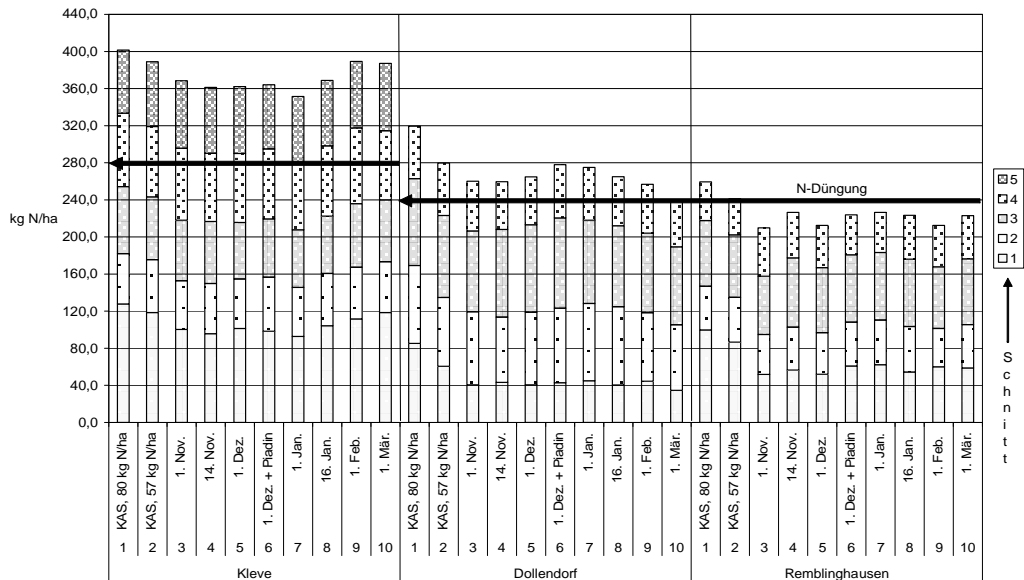


Abb. 2: Einfluss des Termins der Gülleausbringung auf den Stickstoffentzug im Mittel der Jahre 2008-2010

Tab. 3: Wirkung des Güllestickstoffs im Mittel aller Gülledüngungstermine im 1. Aufwuchs und im Jahresertrag im Mittel der Jahre 2008-2010

	N-Entzug von Nr. 3-10 in % von Nr. 2 (57 kg N/ha KAS)		
	Kleve	Dollendorf	Remblinghausen
Direktwirkung im 1. Schnitt	86,8	68,5	65,9
Gesamtwirkung im Jahresertrag	94,9	93,8	91,1

Zwar übertreffen die deutlichen Unterschiede in der Stickstoffwirkung von Güllestickstoff und Mineraldüngerstickstoff an den drei Standorten den Effekt des Gülleapplikationstermins, dennoch ist aber eine Interaktion Standort x Termin in der Abbildung 2 insoweit angedeutet, als am Standort Kleve, dem Standort mit vergleichsweise frühem Vegetationsbeginn, die Frühjahrsdüngungstermine die beste Wirkung zeigen, während insbesondere in der Mittelgebirgslage von Dollendorf die Frühjahrstermine gegenüber der Herbst- und Wintergüllegabe in der Wirkung zurückbleiben. Am Standort Remblinghausen ist nur ein geringer Effekt des Termins der Gülleausbringung auf Ertragsbildung und den N-Entzug messbar.

Die Stickstoffgehalte im Boden (kg N-min/ha) wurden jeweils Anfang November, Mitte Dezember und Mitte März in 0-90 cm Tiefe in Kleve und in 0-60 cm Tiefe in Remblinghausen und Dollendorf bestimmt. Unabhängig von der Stickstoffwirkung der N-Düngung steigen die Nitratgehalte im Boden bei zeitnaher Probenahme nach der Begüllung an. Dennoch erlauben diese Einzelwerte keine Aussage über den Einfluss auf die Verlagerung, da keine Korrelation zur Stickstoffwirkung (Stickstoffentzug) erkennbar ist.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse des vorliegenden Versuches lassen erkennen, dass der Gülleapplikations-termin auf Dauergrünlandmahdflächen nur einen geringen Einfluss auf die N-Ausnutzung des Güllestickstoffs hat, gleichwohl ist eine gewisse Interaktion zwischen Standort und Termin erkennbar. Während auf dem zur Frühjahrs- und Sommertrockenheit neigenden Mittelgebirgsstandort Dollendorf die Wirkung bei der Winterausbringung gegenüber den Herbst- und Frühjahrsterminen im Trend besser war, zeigt an dem Standort Remblinghausen mit langanhaltendem Winter, aber günstigen Bodenfeuchtebedingungen kein Termin eine besondere Vorzüglichkeit. Am Niederungsstandort zeigte die Frühjahrsgülledüngung einen Vorteil gegenüber der Herbst- und Wintergülle. Dieses Ergebnis bestätigt nicht die älteren am selben Standort gewonnenen Ergebnisse einer besonders guten N-Effizienz bei Gülledüngung im Januar. Mit Blick auf diese älteren Versuchsergebnisse ist es daher wichtig, bei der Frühjahrsbegüllung sicherzustellen, dass der Güllestickstoff bei Vegetationsbeginn den Pflanzen tatsächlich zur Verfügung steht.

Abschließend ein Hinweis: Der Versuch beantwortet nur die Frage nach der Stickstoffwirkung der Gülle bei unterschiedlichen Applikationsterminen. Er gibt keine Antwort auf die Frage nach möglicher Keimbelastung des Sickerwassers bei Herbst- und Winterausbringung der Gülle oder Keimbelastung des Futters bei Frühjahrsapplikation.

Literatur:

- DüV (Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen – Düngeverordnung) i.d.F. vom 27. Februar 2007, BGBl. I S. 221.
- BERENDONK, C., 2011: Nährstoffwirkung von Gülle. In: Lütke Entrup, N und B.C. Schäfer, 2011: Lehrbuch des Pflanzenbaus, Bd. 2 Kulturpflanzen. AgroConcept, Bonn, 810-814.

Clostridienbesatz in Abhängigkeit von Ausbringtechnik und Schnitthöhe

Beck, R.

Landesanstalt für Landwirtschaft Freising

robert.beck@lfl.bayern.de

Einleitung

Schmutz im Futter kann sich nachteilig auf die Silagequalität auswirken und letztlich sogar die Milch- und Käsequalität beeinträchtigen. Ursache für diese Beobachtungen sind bodenbürtige Bakterien der Gattung Clostridium. Sie gelangen über Erdverunreinigungen an das Siliergut. Während des Silierprozesses kann es zu einer Vermehrung der strikt anaeroben Clostridien und zur Buttersäurebildung kommen.

Auf Grund Ihrer Fähigkeit Sporen (Dauerformen) zu bilden, können Clostridien auch eine Pasteurisierung überleben und so über die Milch in den Käse gelangen und dort zu Schäden speziell in der Hartkäseherstellung führen.

Um Hinweise auf die Clostridiengehalte im Siliergut in Abhängigkeit von Schnitthöhe und Gülleausbringungstechnik zu bekommen, wurden von der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau begleitende mikrobiologische Untersuchungen am Versuch Nr.484 am Spitalhof in Kempten durchgeführt.

Keywords: Gülle, Clostridien, Schnitthöhe

Material und Methoden

Versuch 484 Spitalhof Kempten:

Versuchsanlage mit vier Schnitten, seit 1998

Gülleausbringung mit Breitverteiler und Schleppschlauch 4*25m³/ha; Handelsdünger als Kontrolle (N wie Gülle, 80 kg P₂O₅, 250 kg K₂O/ha)

Schnitthöhe tief (3 cm) und hoch (9 cm)

Die mikrobiologischen Untersuchungen erfolgten an allen vier Schnitten in allen Varianten über einen Zeitraum von vier Jahren 1998-2001. Das Schnittgut wurde noch am gleichen Tag im Labor auf den Keimgehalt an Clostridien untersucht. Die Keimzahlbestimmung erfolgte nach der mpn-Methode im Lactat-Acetat-Agar in fünf Wiederholungen.

Zu jedem Untersuchungstermin wurden auch die entsprechenden Gülleproben auf ihren Clostridiengehalt untersucht.

Im Jahr 1999 wurde von allen Schnitten ein Silierversuch in vier Wiederholungen in 1,5 L Weckgläser angelegt. Neben der unbehandelten Kontrolle kamen homofermentative Milchsäurebakterien und ein chemisches Siliermittel zum Einsatz. In den fertigen Silagen wurde der Sporengehalt der Clostridien über Pasteurisierung der Proben ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Innerhalb des gesamten Untersuchungszeitraumes von vier Jahren konnte kein gesicherter Unterschied in den beiden Gülleausbringungsvarianten Breitverteiler und Schleppschlauch bezüglich der Clostridienkeimzahlen im Schnittgut festgestellt werden. Über alle Jahre und Schnitte gemittelt lagen die Clostridienkeimzahlen in der Schleppschlauchvariante etwas über denen der Variante Breitverteiler.

Ebenso konnte kein direkter Zusammenhang zwischen den Clostridienggehalten der ausgebrachten Gülle und dem entsprechenden Schnittgut festgestellt werden.

Die Tatsache, dass in der mineralgedüngten Kontrollvariante gegenüber beiden Güllevarianten zumeist höhere Clostridienwerte im Schnittgut beobachtet wurden, legt die Vermutung nahe, dass ausschließlich bodenbürtige Clostridien für den Befall am Schnittgut verantwortlich sind. Eine dichtere Grasnarbe in den Güllevarianten verringert die Gefahr einer Futtermittelverschmutzung gegenüber der lockeren Grasnarbe beim Einsatz von Handelsdünger und führt zu einem geringeren Clostridienbefall.

Ein Zeitraum von mehr als vier Wochen zwischen Gülleausbringung und Schnitt scheint ausreichend zu sein, um die güllestammenden Clostridien zu verdrängen.

Betrachtet man die Clostridienkeimzahlen der Schnitthöhenvarianten über alle Jahre so lässt sich ein deutlicher Anstieg vom 1. zum 4. Schnitt feststellen (vgl. Abb. 1.). Die Ursache dafür ist im Pflanzenwachstum und bei den Witterungsbedingungen zu suchen. Im Frühjahr und Sommer bilden Gräser relativ rasch Stängel und Samen aus, an denen der Schmutz kaum haften bleibt. Im Herbst dagegen sind die Pflanzen blattreich. Zudem sind im Herbst die Witterungsbedingungen feuchter als im Sommer. Beide Effekte fördern die Futtermittelverschmutzung, insbesondere bei tiefem Schnitt (vgl. Abb. 1).

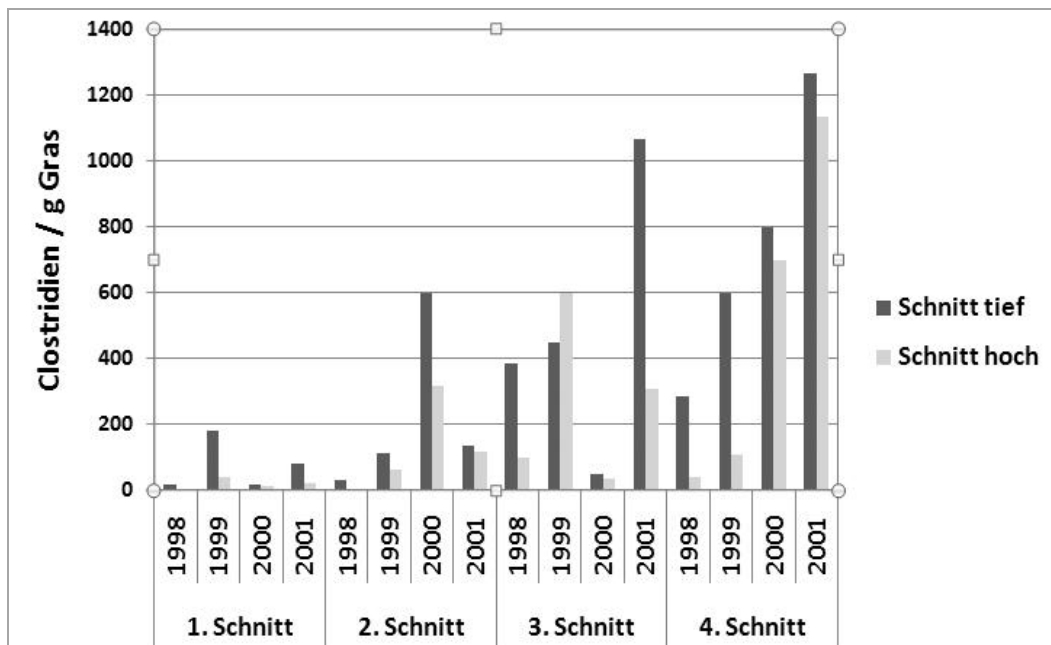


Abb. 1: Clostridienkeimzahlen in Abhängigkeit von der Schnitthöhe

In den Silierversuchen fiel vor allem der 4. Schnitt durch seine schlechte Vergärbarkeit auf.

Ein hoher Buttersäuregehalt und ein End-pH-Wert von 5,2 kennzeichneten diese Silage.

Der Gehalt an Clostridien sporen lag in dieser Silage mit 5.000-10.000/g sehr hoch.

Durch den Einsatz von homofermentativen Milchsäurebakterien konnte der pH-Wert dieser Silagen auf 4,2 gesenkt werden, die Buttersäurebildung erfolgreich unterdrückt werden und die Sporenzahl sank auf 450/g.

Der Einsatz eines chemischen Siliemittels konnte die Sporenzahlen zwar noch weiter reduzieren, war aber keine Garantie für eine Clostridien freie Silage.

Die Vegetationsruhe – Die Lösung für einen besseren Vollzug in der Schweiz?

Chassot, G., Muralt, R. und Gujer, H.U.

Bundesamt für Umwelt BAFU, CH – 3003 Bern

georges.chassot@bafu.admin.ch

Einleitung

Das Schweizer Recht verbietet grundsätzlich das Ausbringen stickstoffhaltiger Dünger zu Zeiten, in denen die Pflanzen den Stickstoff nicht aufnehmen können. Das ist in der Regel im Winter der Fall. Die Frage, wann die Pflanzen genügend aufnahmefähig sind und somit Gülleausträge zulässig sind, gibt immer wieder Anlass zu Diskussionen. Laut verschiedenen Presseberichten aus den letzten 10 Jahren beginnen die Unsicherheiten regelmässig im Januar-Februar: problematisch sind mehr oder weniger kurze wärmere Perioden in bestimmten günstigen Lagen oder auch kurze Föhnphasen, die zum Anlass genommen werden, Gülle auszubringen. Letzten Winter berichtete der Kanton Freiburg über zahlreiche Austräge schon Mitte Dezember (STAAT FREIBURG, 2011). Der Hauptgrund dafür war eine zu geringe Güllelagerkapazität der einzelnen Betriebe, z.B. wegen höherer Ausscheidungen der Milchkühe, rascher Zunahme der Milchproduktionskapazitäten in einzelnen Betrieben im Zusammenhang mit der Aufhebung der Milchkontingentierung oder falscher Einschätzung des Reinigungswasseranfalls der Melkeinrichtungen. Auch in anderen Jahren wurden Gülle-Austräge im Dezember aufgeführt (z.B. wegen Ausnutzung der letzten Möglichkeiten für die Beweidung im Spätherbst).

BLW, BAFU und Kantone möchten die Regelung des Gülleaustrags generell und insbesondere im Winterhalbjahr verbessern und harmonisieren. Dieses Vorhaben soll mit der Vollzugshilfe Umweltschutz umgesetzt werden. Das Ziel ist ein Schweiz weit koordinierter und einheitlicher Vollzug des Bundesrechts. Die Vollzugshilfe umfasst alle relevanten Aspekte der Landwirtschaft in den Bereichen Wasser, Boden und Luft und ist in fünf Module gegliedert: Baulicher Umweltschutz, Biogasanlagen, Nährstoffe und Verwendung von Düngern, Pflanzenschutzmittel in der Landwirtschaft, Boden (BAFU und BLW, 2011a).

Im Januar 2011 wurde das Modul „Baulicher Umweltschutz in der Landwirtschaft“ (BAFU und BLW, 2011b) veröffentlicht. Neu wurden Richtwerte für die erforderliche minimale Lagerdauer von flüssigen Hofdüngern von 5 Monaten im Talgebiet bzw. 6 Monate im Berggebiet definiert. Es wurden auch neue Richtwerte zur Ermittlung der in die Güllebehälter geleiteten Abwassermengen aus Stallungen, Mistplätzen, Laufhöfen, Flachsiloplatten, Melkanlagen und aus häuslichem Abwasser veröffentlicht. Die vertragliche Miete von fehlendem Lagervolumen wurde präzisiert.

Das Modul „Nährstoffe und Verwendung von Düngern“ behandelt auf Wunsch der Kantone Themen wie Nährstoffbewirtschaftung, Verwendung von Düngern, Haltung von Nutztieren im Freien, aber auch Spezialfälle wie die Zwischenlagerung von Mist auf dem Feld. Ein Entwurf war dieses Frühjahr in Konsultation bei den kantonalen Vollzugsbehörden und den betroffenen Kreisen (BAFU und BLW, 2011c).

Mögliche negative Effekte des Ausbringens von Hofdüngern im Winter

Es ist anerkannt, dass die Gefahr von Nährstoffverlusten durch Versickerung und Auswaschung oder Abschwemmung und Oberflächenabfluss im Winterhalbjahr besonders

gross ist. Der Boden wie auch die Pflanzen sind infolge der tiefen Temperaturen nur reduziert oder überhaupt nicht aktiv. Daher sind weder Bodenorganismen noch die Pflanzen in der Lage, vorhandene und bioverfügbare Nährstoffe rasch aufzunehmen und in ihrer Biomasse einzubinden. Sofern die Nährstoffe als Anionen vorliegen und gut wasserlöslich sind, sorbieren sie auch kaum an den Ton-Humus-Komplexen im Boden. In weiten Gebieten der Schweiz findet die Grundwasserneubildung schwergewichtig im Winter statt, da die Evapotranspiration sehr gering und daher die Versickerungsrate bei nicht gefrorenen Böden hoch ist. Die topografischen Verhältnissen in der Schweiz sind abschwemmungsfördernd und die hohe Dichte von Einlaufschächten (z.B. entlang des dichten Flurwegnetzes) erlaubt in vielen Fällen einen direkten Eintrag in Oberflächengewässer (PRASUHN *et al.*, 2001). Abgeschwemmter N und P verursacht die Eutrophierung von Oberflächengewässern (z.B. Nordsee (N), schweizerische Mittellandseen (P)). In Oberflächengewässern abgeschwemmtes Ammonium und organisches Material erhöhen die Gefahr von Fischsterben. Verbleibt pflanzenverfügbarer Stickstoff längere Zeit ungenutzt im Boden, erhöht dies das Auswaschungsrisiko für Nitrat. Möglich sind auch die Abschwemmung von weiteren Inhaltsstoffen der Hofdünger wie PSM-Rückstände, Tierarzneimittel, Schwermetalle oder auch pathogener Mikroorganismen.

Rechtliche Grundlagen

Die Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung vom 18. Mai 2005 (ChemRRV, SR 814.81) verlangt in Ziffer 3.2.1 von Anhang 2.6 (Dünger):

- a) Stickstoffhaltige Dünger dürfen nur zu Zeiten ausgebracht werden, in denen die Pflanzen den Stickstoff aufnehmen können. Erfordern besondere Bedürfnisse des Pflanzenbaus ausserhalb dieser Zeiten dennoch eine Düngung, so dürfen solche Dünger nur ausgebracht werden, wenn keine Beeinträchtigung der Gewässer zu befürchten ist.
- b) Flüssige Dünger dürfen nur ausgebracht werden, wenn der Boden saug- und aufnahmefähig ist. Sie dürfen vor allem nicht ausgebracht werden, wenn der Boden wassergesättigt, gefroren, schneebedeckt oder ausgetrocknet ist.

Die Definition der Begriffe wassergesättigt, gefroren und schneebedeckt wurden für den Vollzug konkretisiert und sind in der Praxis bekannt (BLW und BUWAL 1996). Hingegen ist die Anforderung betreffend der Stickstoffaufnahme bis heute auf Bundesebene nicht konkretisiert worden. Gemäss ChemRRV muss der Stickstoff aufgenommen werden können und nicht nur „konserviert“ werden, bis die Bedingungen für das Wachstum besser sind. Aus Sicht des BAFU muss zudem mehr als nur eine marginale Stickstoffaufnahme stattfinden.

Vorschlag im Konsultationsentwurf der Vollzugshilfe

Der Begriff der Vegetationsruhe wird im Recht nicht verwendet. Er wird im Konsultationsentwurf der Vollzugshilfe als Umschreibung des Zeitraums, in welchem die Pflanzen den Stickstoff nicht (genügend) aufnehmen können. Im Konsultationsentwurf wurde die Definition nach Schweizer Lexikon (1993) vorgeschlagen:

„Als Beginn der Vegetationsruhe gilt, wenn die Luft während fünf aufeinander folgenden Tagen eine Tagesmitteltemperatur von unter 5°Celsius aufweist (gemessen auf 2m Höhe). Die Vegetationsruhe endet, wenn die Luft an sieben nacheinander folgenden Tagen eine Mitteltemperatur von mindestens 5°Celsius aufweist (gemessen auf 2m Höhe).“

Sowohl die kurzfristige Düngung wie auch die mittel- und langfristige Planung der Hofdüngerlagerung (Erstellen der erforderlichen minimalen Lagerkapazität, regelmässige Anpassung dieser Lagerkapazität an die betriebliche Entwicklung, Management des Anfalls und der Lagerung der Hofdünger im Winterhalbjahr) müssen auf die Vegetationsruhe abgestimmt werden.

Aus Sicht des BAFU bietet die vorgeschlagene Definition und Regelung Rechtssicherheit. Sie bietet auch der Praxis eine gewisse Flexibilität, da regionale kurze Unterbrüche der Vegetationsruhe möglich sind, in welchen Hofdünger ausgebracht werden können was a priori eine bessere Ausnutzung des Stickstoffes ermöglicht. Die notwendigen Meteo-Daten sind für grösserer Regionen leicht im Internet abrufbar. Detailliertere lokal-klimatische Besonderheiten können allerdings nicht berücksichtigt werden.

Ergebnisse der Konsultation

Eine Minderheit der Stellungnahmen spricht sich für die vorgeschlagene Regelung aus. Folgende Vorteile werden erwähnt:

- gute Erfahrungen in polizeilichen Ermittlungsverfahren (belegbare Beweisführung)
- flächendeckend anwendbar, pragmatisch, messbar, hohe Akzeptanz bei den Landwirten im jeweiligen Kanton
- die Kommunikation zwischen Betrieben, Gewässerschutzfachstelle und nicht-landwirtschaftlicher Bevölkerung sei einfach
- vermindere den Druck auf die Landwirte, im vorangehenden Spätherbst / Frühwinter zum Teil bei ungünstigen Bedingungen noch übermässig Gülle auszutragen.

Als Schwierigkeit werden die Zuordnung der Messstationen sowie die allfällige Notwendigkeit zur Schaffung neuer Stationen genannt. Einige Stellen schlagen mögliche Verbesserungen der Definition vor oder bevorzugen, die Definition nur als Empfehlung zu verwenden.

Ein weiterer Vorschlag ist, die Vegetationsruhe nur als Orientierungshilfe im Zusammenhang mit der Ermittlung der minimal erforderlichen Lagerkapazität für Hofdünger, oder als informative Gülleaustragsprognose im Internet zu verwenden: Zur Visualisierung der Regionen mit erfüllten Bedingungen (Anzahl Tage > 5 °C oder Temperatursummen) wäre eine Darstellung aufgrund der Temperaturmessungen an Messstationen von Meteo-Schweiz zu prüfen (Modellierung mit Interpolation und Berücksichtigung topographischer Gegebenheiten).

Eine Mehrheit der Stellungnahmen ist kritisch, teilweise oder ganz ablehnend. Folgende Nachteile werden erwähnt:

- es gebe keine genügende Rechtsbasis;
- die wissenschaftliche Grundlage sei nicht mehr zeitgemäss, die Definition des Schweizer Lexikons müsse wissenschaftlich überprüft werden (der fortschreitende Klimawandel überhole vergangenheitsbasierte Fixdaten, kein agronomischer Hintergrund, Versuche zeigten, dass eine Düngergabe in den Wintermonaten einen positiven Einfluss auf den Ertrag des ersten Aufwuchses habe, in günstigen Lagen sei auch unter 5°C eine Bodenaktivität erkennbar, die Definition gelte nicht für Obstkulturen (Blattfall bis Knospenschwellen));
- wirke negativ auf das betriebliche Gülle-Management, Konsequenzen auf die Lagerkapazität (würde der Gülleaustrag auch auf relativ gut geeigneten Parzellen im Winter verboten, könne es bei langen Wintern geschehen, dass Ende März die

- Gruben voll sind; es gäbe weniger Geruchsemissionen in der kühlen Jahreszeit, in einem nassen Herbst könne das späte Ausbringen der Gülle verunmöglicht sein, so dass günstige Tage im Winter genutzt werden müssten);
- verursache nicht abschätzbare Risiken (könne zu „Gülletagen“ mit hohen Ausbringungsmengen führen, Verdichtungsgefahr bei schweren Böden wenn nicht oberflächlich gefroren);
 - habe wirtschaftliche Konsequenzen für Betriebe (ungenügende Dichte der Meteorostationen, berücksichtige zu wenig die betriebliche Situation, die Unterschiede zwischen den Parzellen (Exposition, Bodenklima, Mikroklima), die Unterschiede in den Parzellen im Berggebiet, schränke die Selbstverantwortung und den Spielraum des Landwirts ein, es sei zu aufwendig für die Landwirte, sich über die Wetterdaten zu informieren);
 - habe wirtschaftliche Konsequenzen für die Verwaltung (mehr Administration und Ressourcenbedarf bei Beratung und Vollzug, Definition von Referenzstationen);
 - Denkansatz im geltenden Recht sei falsch (Ammonium werde kaum abgeschwemmt und nicht ausgewaschen, bleibe erhalten im Boden), In der Praxis sei akzeptiert, dass stickstoffhaltige Dünger nicht ausgebracht werden dürfen, wenn der Boden wassergesättigt, gefroren, schneebedeckt oder ausgetrocknet ist. Damit seien die Anforderungen an den Gewässerschutz erfüllt;
 - strikte Anwendung im Vollzug sei kommunikativ schwierig (Vegetation wachse bereits, wenn nach Definition noch Vegetationsruhe sei, zu wenig praktisches Kriterium).

Weitere Stellungnahmen erarbeiteten eigene Vorschläge, z.B. das Erreichen einer Temperatursumme, ab welcher eine Entwicklung wie z.B. Pflanzenwachstum in Gang komme; dabei müssten die Schwellenwerte für jede einzelne Kultur sowie bei Grünland für bestimmte Leitgräser, Klee oder Kräuter erst noch definiert werden („Grünlandtemperatur“), oder die Definition von maximal erlaubten einmaligen Mengen während kurzen Unterbrüchen der Vegetationsruhe (z. B. 20-25 kg N/ha) oder auch die Berücksichtigung der Bodentemperatur in 5 cm Tiefe.

13 kantonale Ämter schlagen als Alternative oder ergänzend eine Sperrfrist vor, während welcher generell keine stickstoffhaltigen flüssigen Dünger ausgebracht werden dürften (z.B. Dezember bis Januar oder November bis Januar).

Schlussfolgerungen aus der Sicht des BAFU

Die Widerstände gegen die vorgeschlagene Regelung der Vegetationsruhe sind gross. Während einzelne Kantone betonen, dass sie mit genau dieser Definition arbeiten und gute Erfahrungen machen, bezeichnen andere Kantone oder sogar ein anderes Amt aus demselben Kanton dieselbe Lösung als nicht vollziehbar. Die Diversität der zahlreichen vorgeschlagenen Korrekturen oder Alternativen ist so gross, dass ein Konsens kaum möglich scheint. Deshalb schlagen wir vor, dass die kantonalen Vollzugsbehörden nach wie vor selber entscheiden, auf welcher Grundlage sie die Aufnahmefähigkeit der Pflanzen für Stickstoff und damit die Zulässigkeit der Gülleanwendung im Winterhalbjahr beurteilen. Die Einführung einer minimalen Sperrfrist im Hochwinter könnte das Problem zumindest etwas entschärfen. Das BAFU ist bereit, mit den betroffenen Kreisen eine Diskussion über eine solche Sperrfrist zu führen, wie auch über besondere N-Bedürfnisse von gewissen Graslandsystemen.

Literatur

- BAFU und BLW, 2011a: Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft. <http://www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/01308/10890/index.html?lang=de>
- BAFU und BLW, 2011b: Baulicher Umweltschutz in der Landwirtschaft. Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1101: 122 S.
- BAFU und BLW, 2011c: Nährstoffe und Verwendung von Düngern. Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft. Entwurf zur Stellungnahme, Stand Februar 2011.
- BLW und BUWAL, 1996: Düngen zur richtigen Zeit. Merkblatt. Form. Nr. 319.012.d. BLW und BUWAL, Hrsg.
- CHEMRRV, 2005: Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung, ChemRRV vom 18. Mai 2005 (Stand am 1. Februar 2011), SR 814.81.
- PRASUHN, V. UND GRÜNIG, K., 2001: Evaluation der Ökomassnahmen – Phosphorbelastung der Oberflächengewässer durch Bodenerosion. Schriftenreihe der FAL 37, Agroscope FAL Reckenholz, 152 S.
- SCHWEIZER LEXIKON, 1993: In sechs Bänden. - Luzern : Verlag Schweizer Lexikon. - Bd. 1 (1991) - 6 (1993).
- STAAT FREIBURG, 2011: Austrag von Hofdünger im Winter. Mitteilung vom 28 Januar 2011 des Amtes für Landwirtschaft http://www.fr.ch/sagri/de/pub/aktuelles.cfm?fuseaction_pre=Detail&NewsID=37206

Einfluss der Erhöhung der Rindergülle-Gabe auf 230 kg N pro ha auf die Nitratkonzentration in verschiedenen Bodentiefen

Laser, H., Gröblichhoff, F. und Kivelitz, H.

Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Soest

laser.h@fh-swf.de

Abstract

Es wurde geprüft, ob bei einer Gabe von 230 kg im Vergleich zu 170 kg N ha⁻¹ a⁻¹ aus Rindergülle höhere N-Auswaschungsverluste zu erwarten sind. Bezogen auf die NO₃-Konzentration im Bodenwasser sowie die berechnete N-Effizienz war kein erhöhtes Risiko festzustellen.

Keywords: Düngeverordnung, Ausnahmegenehmigung, Rindergülle, N-Auswaschung

Einleitung

Gemäß der Düngemittelverordnung (ANONYMUS 2006) sollte auf Grünland im Regelfall nicht mehr als 170 kg N ha⁻¹ a⁻¹ aus wirtschaftseigenen Düngemitteln ausgebracht werden, jedoch ist auf Antrag eine Erhöhung der Gabe auf als 230 kg N ha⁻¹ a⁻¹ unter bestimmten Voraussetzungen möglich. Mithilfe von Freilandversuchen auf zwei nordrhein-westfälischen Mittelgebirgsstandorten sollte geprüft werden, ob und gegebenenfalls zu welchen Jahreszeiten höhere Nitrat Auswaschungsverluste zu erwarten sind, wenn auf intensiv bewirtschaftetem Grünland 230 kg N ha⁻¹ a⁻¹ aus Rindergülle appliziert werden. Ausgehend von einer Gesamtmenge von 240 kg N ha⁻¹ a⁻¹ sollte zudem geprüft werden, wie viel N mit zunehmendem Anteil von organischen N vom Pflanzenbestand aufgenommen wird.

Material und Methoden

Im Juni 2008 wurden auf der Grünlandstation in Meschede-Remblinghausen und auf einem landwirtschaftlichen Betrieb in Medebach-Referinghausen (beide Hochsauerlandkreis) Sickerwassergewinnungsstationen nach dem Lageplan in Abb. 1 eingebaut. Die Versuchsfläche Remblinghausen liegt in einer Höhe von 385 m über NN, die Hangexposition ist nach Norden. Die Bodenart ist tonig-schluffig, der Bodentyp eine Braunerde aus Grauwacke- und Schieferverwitterung, die Gründigkeit beträgt etwa 70 cm. Der Standort liegt im Luv des Sauerlandes und weist hohe bis sehr hohe Niederschlagsmengen auf (800-1200 mm). Der Standort Medebach (420 - 450 m über NN) liegt ebenfalls im Sauerland, ist aber durch deutlich niedrigere Niederschlagsmengen (Schwankungsbreite: 530 - 850 mm) gekennzeichnet. Die flachgründigen und steinig-grusigen Böden verfügen zudem in Verbindung mit dem karstigen Untergrund nur über eine geringe nutzbare Feldkapazität. Auf jedem Standort wurden identische Versuchsanlagen angelegt. Die Nutzungshäufigkeit in den Versuchsanstellungen betrug vier Schnitte. Zu jedem Aufwuchs wurde eine entsprechende Düngermenge ausgebracht. Die Bemessung der Höhe der Einzelgaben richtete sich nach der Ertragserwartung der Einzelschnitte. Die Ermittlung der jeweils eingesetzten Güllemenge erfolgte nach dem Gesamtstickstoffgehalt. Die Untersuchung erfolgte vor jeder Düngungsmaßnahme. Die Parzellengröße betrug 25 m² (5*5m). Um möglichst unterschiedliche Kombinationen von organischer und mineralischer Düngung abbilden zu können, wurden folgende Prüfvari-

anten verglichen: 0 kg/ha N; mineralische Düngung, standortoptimiert nach Entzug (240kg/ha N); 170 kg/ha N aus Rindergülle plus mineralische Ergänzungsdüngung; 230 kg/ha N aus Rindergülle plus mineralische Ergänzungsdüngung. Die Gaben wurden, wie in Tab. 1 dargestellt, auf die Schnitttermine verteilt. Zur Gewinnung der Bodenwasserproben wurden stationäre, vakuumgeregelte Saugkerzenanlagen eingesetzt, bestehend aus Keramik-Saugkerzen, Vakuum-Probenwasserleitungen, Sammelflaschen (1,0 l) für die Sickerwasserproben und der Vakuum- bzw. Unterdruckpumpe. Je Parzelle wurden 6 Saugkerzen mit P80-Keramikköpfen installiert. Die Saugkerzen wurden im Abstand von jeweils 1,0 m in einer Tiefe von 60 cm platziert. Diese Tiefe stellte auf dem Standort Medebach auch die bodenbedingte maximale Durchwurzelungstiefe dar. Unmittelbar nach Einbau der Sickerwassergewinnungsanlagen wurde mit dem Absaugen des Sickerwassers begonnen. Um eine Gewinnung von nicht der Versickerung unterliegendem Haftwasser aus Mittelporen möglichst gering zu halten, wurde der Saugdruck auf 0,2-0,25 bar (~ pF 2,3-2,4) festgelegt.

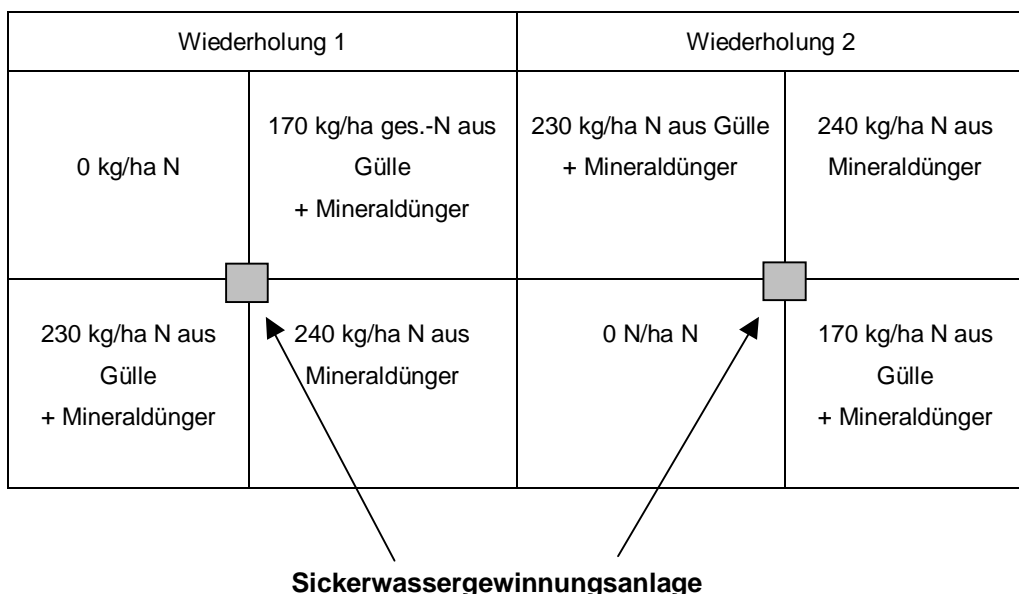


Abb. 1: Lageplan der Versuchsanlage zur Bodenwassergewinnung

Tab. 1: Düngervarianten der Sickerwasseruntersuchung

Variante	Schnitt									
	Herbst	1.		2.		3.		4.		Summe kg/ha ges-N
	kg/ha ges-N	kg/ha ges-N	kg/ha ges-N	kg/ha ges-N	kg/ha ges-N	kg/ha ges-N	kg/ha ges-N	kg/ha ges-N	kg/ha ges-N	
	Gülle	Gülle	KAS	Gülle	KAS	Gülle	KAS	Gülle	KAS	
1										0
2			80		70		50		40	240
3		70	30	50	35	50	15		40	290/240
4		90	15	70	20	70			40	305/240

Ergebnisse und Diskussion

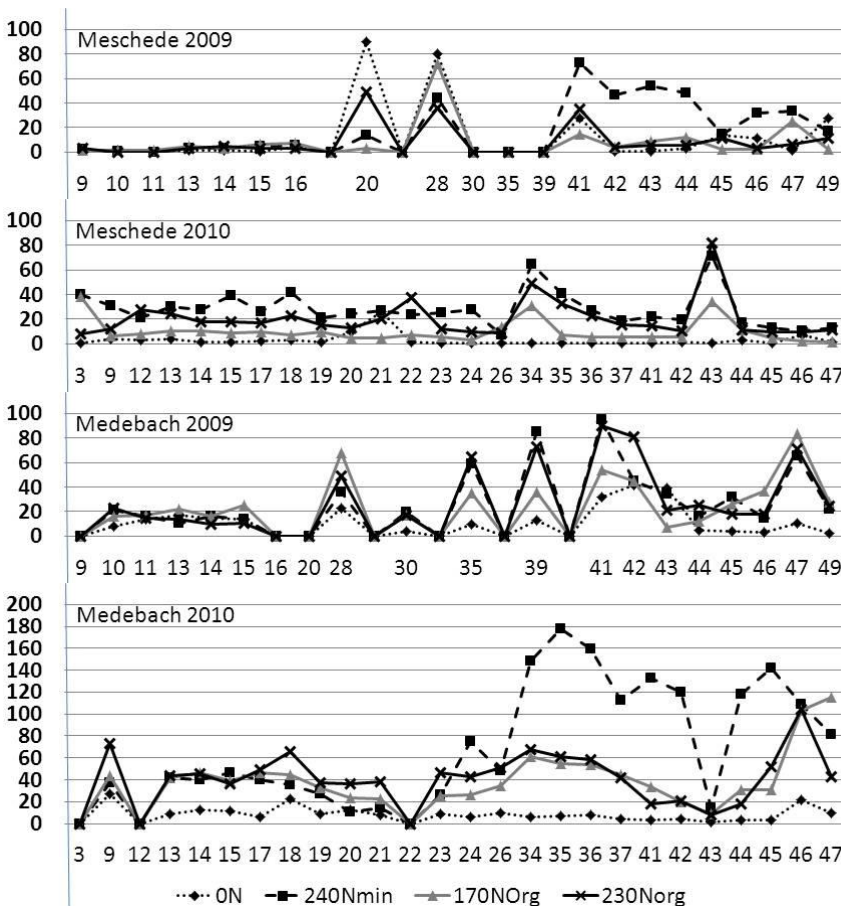


Abb. 2: Nitratkonzentration im Bodenwasser (mg/l) der Düngungsvarianten in Abhängigkeit von Untersuchungsjahr und Standort (x-Achse gibt die Kalenderwoche zur jeweiligen Messung an)

Abbildung 2 zeigt die Nitratkonzentrationen in der in 60 cm mittels Keramiksaugkerzen an den beiden Versuchsstandorten entnommenen Bodenlösung im Verlauf der bisherigen Hauptuntersuchungsjahre 2009 und 2010. Kritisch hohe Konzentration $>50 \text{ mg l}^{-1}$ wurden dabei überwiegend in Phasen mit geringer Bodenfeuchte, vor allem im Hochsommer festgestellt. In dieser Zeit ist in der Regel nicht mit einer abwärts gerichteten Wasserbewegung zu rechnen, so dass während dieser Zeit von einem geringen N-Auswaschungsrisiko auszugehen ist. Die mit Abstand höchsten Werte wurden bei der ausschließlich mineralisch gedüngten Variante 2 festgestellt. Im Frühjahr, wenn aufgrund hoher Wassergehalte und geringen N-Entzügen durch Pflanzen potentiell ein höheres Auswaschungsrisiko besteht, waren die Konzentrationen unabhängig von der Düngevariante meist niedrig. Lediglich in der 9. und 18. Woche 2010 lagen in Medebach, dem Standort mit dem im Vergleich durchlässigerem Boden, die Konzentrationen bei der 230 kg Gülle-N-Variante (Variante 4) leicht über 50 mg l^{-1} . Unterschiede zwi-

schen der Regelausbringungsmenge von 170 kg und der höheren Gabe von 230 kg N ha⁻¹ a⁻¹ aus Rindergülle ließen sich ansonsten meist nicht belegen oder waren schwach ausgeprägt. Unter den ebenfalls Auswaschung fördernden Bedingungen des Spätherbsts ergaben sich in Medebach erneut vereinzelt Nitrat-Werte über 50 mg l⁻¹ im Bodenwasser. Hier lagen die Werte der 230 kg Gülle-N-Variante jedoch auch dann nicht über denen der Varianten 2 und 3. Im Jahr 2009 werden in den ungedüngten Parzellen (Variante 1) zu zwei Terminen überraschenderweise die höchsten Nitratgehalte gemessen. Das lässt sich durch die geringeren N-Entzüge durch den geringeren Aufwuchs und die intensive Bewirtschaftung vor Versuchsbeginn erklären. Dieser Zusammenhang wird auch durch die in Tabelle 2 dargestellte relative Effizienz der N-Aufnahme deutlich. Zwischen 65 und 144 kg N werden auch bei unterlassener Düngung noch über den Aufwuchs entzogen. Welcher Anteil des applizierten Düngers in den Varianten 2 bis 4 tatsächlich in Pflanzenmasse umgesetzt werden kann ist anhand der Ergebnisse daher nicht zu klären. Die relative Effizienz der N-Gabe von jeweils 240 kg N ha⁻¹ als KAS, als anrechenbarer N aus 170 kg N Rindergülle + mineralische Ausgleichsdüngung sowie als anrechenbarer N aus 230 kg N Rindergülle + mineralische Ausgleichsdüngung zeigt jedoch, dass die N-Ausnutzung mit zunehmenden Anteilen an mineralischem N nicht zwingend steigt.

Tab. 2: Relative N-Effizienz der anrechenbaren organischen und mineralischen N-Gaben auf beiden Versuchsstandorten, gemessen an den N-Entzügen

Medebach	2009				2010			
	0	240 min-N	170 org-N	230 org-N	0	240 min-N	170 org-N	230 org-N
Variante								
N-Entzug kg/ha	91,2	243,3	216,6	199,2	144,5	265,2	287,3	286,7
N-Düngung Gülle (ges.-N)	0,0	0,0	170,0	230,0	0,0	0,0	170,0	230,0
N-Düngung Gülle anrechenbar (70%)	0,0	0,0	119,0	161,0	0,0	0,0	119,0	161,0
N-Düngung-Mineral	0,0	240,0	120,0	80,0	0,0	240,0	120,0	80,0
N-Summe	0,0	240,0	239,0	241,0	0,0	240,0	239,0	241,0
N-Effizienz (Düngung minus Entzug)	-91,2	-3,3	22,4	41,8	-144,5	-25,2	-48,3	-45,7
rel. N-Effizienz	0,0	101,4	90,6	82,7	0,0	110,5	120,2	118,9
Meschede	2009				2010			
Variante	0	240 min-N	170 org-N	230 org-N	0	240 min-N	170 org-N	230 org-N
N-Entzug kg/ha	76,5	205,6	181,3	218,2	65,5	175,7	177,2	171,9
N-Düngung Gülle (ges.-N)	0,0	0	170	230	0	0	170	230
N-Düngung Gülle anrechenbar (70%)	0,0	0	119	161	0	0	119	161
N-Düngung-Mineral	0,0	240	120	80	0	240	120	80
N-Summe	0,0	240	239	241	0	240	239	241
N-Effizienz (Düngung minus Entzug)	-76,5	34,4	57,7	22,8	-65,5	64,3	61,8	69,1
rel. N-Effizienz	0,0	85,7	75,8	90,5	0	73,2	74,1	71,3

Die Tabelle zeigt auch, dass die gegenüber Variante 3 um 60 kg N erhöhte Güllegabe in Variante 4 (230 kg N aus Rindergülle) ähnlich gut von den Pflanzen aufgenommen wird wie die mineralische Ergänzung in Variante 3. Daraus folgt, dass bei intensiver Bewirtschaftungsweise durch eine Erhöhung der N-Gabe auf 230 kg N aus Rindergülle im Vergleich zur Regelausbringungsmenge von 170 kg ha⁻¹ a⁻¹ erheblichen Mengen an mineralischem N eingespart werden können, ohne dass sich dabei das Auswaschungsrisiko erhöht. Es ist aber nicht völlig auszuschließen, dass sich nach langjährig wiederholter Applikation von 230 kg N aus Gülle der Gehalt von organischem N im Boden erhöht, was langfristig zu einer verstärkten N-Freisetzung führen könnte. Um das zu klären wird das Experiment bis mindestens Ende 2013 fortgeführt.

Literatur

ANONYMUS, 2006: Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngerverordnung - DüV) vom 10. Januar 2006. BGBl I 2006, 20

Weitere schriftliche Beiträge

Effekte von im Herbst und frühem Frühjahr gegebenen Güllegaben auf zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Frühjahr geerntete Aufwüchse von Deutschem Weidelgras

Elsässer, M.

Landwirtschaftliches Zentrum Baden- Württemberg (LAZBW),
Atzenberger Weg 99, 88326 Aulendorf

martin.elsaesser@lazbw.bwl.de

Abstract

Am LAZBW wurden im Rahmen einer Versuchsserie von 2002 bis 2008 unterschiedliche Versuche zur systematischen Ausbringung von Gülle im Herbst und Winter auf Reinbestände von *Deutschem Weidelgras* durchgeführt und die Aufwüchse zu unterschiedlichen Zeiten im Frühjahr beerntet. Zum Zeitpunkt des üblichen Silageschnittes Anfang Mai zeigte sich die Ausbringung im März den Zeitpunkten im Herbst knapp und denen im Winter deutlich überlegen. Der von Praktikern oft beschriebene Effekt eines „frühen Ergrünsens“ von Grünlandflächen im Frühjahr durch späte Güllendüngung im Herbst ließ sich nicht mit Mehrerträgen im frühen Frühjahr belegen.

Keywords: Ausbringungszeit, Sperrfrist, Herbstgülle

Einleitung

Mit der Düngeverordnung wurden auch Termine für die Ausbringung von Gülle fixiert. Während der Sperrfrist von 15. November bis 31. Januar des Folgejahres darf kein flüssiger Wirtschaftsdünger auf Grünland ausgebracht werden. Die Wirkung der spät im Herbst noch ausgebrachten Gülle ist allerdings umstritten. Einerseits kommt die Gülle kaum noch zur Wirkung, da das pflanzliche Wachstum im Winter naturgemäß stark eingeschränkt ist und zudem bei hohen Niederschlägen in dieser Zeit ein nicht unerhebliches Auswaschungsrisiko besteht. Andererseits könnte man bei geringen und gut verteilten Güllegaben im Herbst auch von eher geringem Auswaschungsrisiko ausgehen und die Gülle mitsamt der in ihr enthaltenen Nährstoffe würde in wärmeren Phasen des Winters bzw. im frühen Frühjahr bei bestimmten Gräsern ohne Winterruhe wieder Wachstum anregen. Möglicherweise wäre auch eine Verschiebung der Sperrfrist angezeigt. Vor dem Hintergrund dieser Überlegungen hatte das LAZBW Aulendorf im Jahr 2002 eine Versuchsserie begonnen, die die Wirkung einer Ausbringung von Gülle zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Spätherbst und im Frühjahr hinsichtlich der Erträge und der N-Ausnutzung der Primäraufwüchse von *Deutschem Weidelgras* zu unterschiedlichen Schnittterminen klären sollte.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden mit einem Vorlaufjahr zur Überprüfung der Versuchsmethodik im Herbst 2002 begonnen und bis 2008 fortgeführt. Als Versuchsfläche dienten unterschiedliche Bestände von Wertprüfungen des *Deutschen Weidelgrases* bzw. eine hinreichend homogene Fläche auf einem Grasweg des Versuchsfeldes. In zwei Versuchsjahren (2003/04 und 2005/06) war der Versuch nur bedingt auswertbar, da die

lange Schneelage weder die Ausbringung der Gülle noch die Ernte der Bestände zu den frühen Ernteterminen zuließ.

Ein bis zu Versuchsende nicht gelöstes Problem war die Versuchsernte vor Vegetationsbeginn. Die Ernte wurde im Vorlaufjahr 2003 mit Handscheren ohne Tiefenregulierung vorgenommen, wodurch abgestorbene Blattscheidenreste ebenfalls mit erfasst wurden. Dadurch wurde nicht zwingend nur der Zuwachs, sondern der Gesamtertrag erfasst. Ab 2004 wurde daher bei größeren Aufwuchsmassen mittels eines Balkenmähers mit einheitlicher Tiefeneinstellung geerntet. Die Flächen wurden nach einem einheitlich vorher festgelegten Zeitfenster (jede 2. Woche) bei Schneefreiheit beerntet. Dadurch konnte es durchaus zu Schwankungen der Erträge dergestalt kommen, wonach die Erträge des Folgetermins kleiner waren als die des vorangegangenen.

Die dargestellten Ergebnisse sind Mittelwerte aus vier Wiederholungen. In den beiden Versuchsjahren 2002/03 und 2004/05 wurden jeweils zu allen Düngeterminen Gülle mit einheitlich 26,0 kg N/ha gedüngt (TS der Gülle = 2,9%); in den Folgejahren wies die Gülle 3,4; 3,5 und 4,7 % TS auf und insgesamt wurden in den Versuchsjahren 2005: 33 kg N/ha; in 2007: 35,1 und in 2008: 40, 6 kg N/ha verabreicht und die Versuchspartellen einer Nullvariante gegenübergestellt. Die Düngetermine folgten einem starren zweiwöchigen Schema, wobei zu Versuchszwecken auch während der Winterphase (30. Nov. und 15. Dez.) gedüngt wurde. Gedüngt wurde allerdings nie bei schneebedeckten Beständen.

Ergebnisse

Aufgrund der methodischen Schwierigkeiten und der fehlenden Wiederholungen über mehrere Jahre hinweg, wird einschränkend darauf hingewiesen, die vorliegenden Ergebnisse nicht zu stark zu bewerten, sondern allenfalls die aufgezeigten Tendenzen zu betrachten.

Versuchsjahr 2002/03:

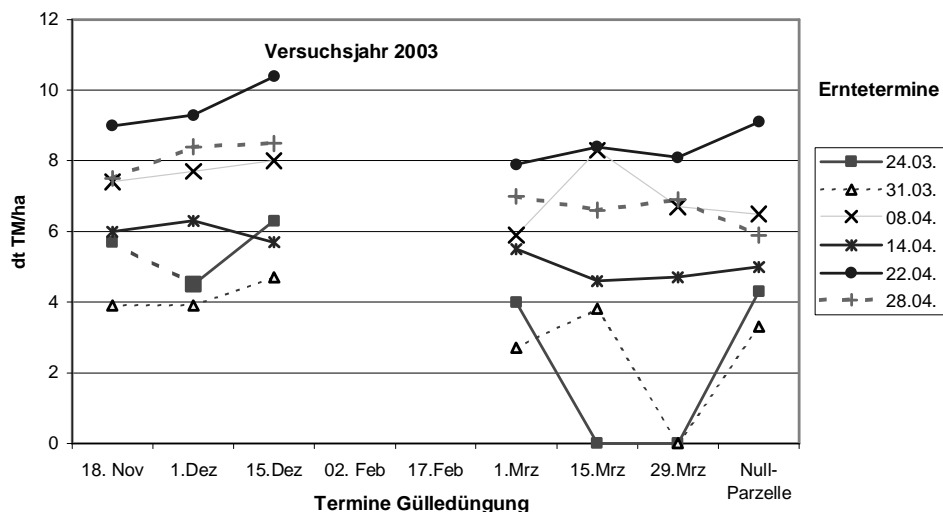


Abb. 1: Aufwuchsmassen (dt TM/ha) an unterschiedlichen Ernteterminen bei GÜLLEDÜNGUNG zu variierten Zeitpunkten (2003)

Im Vorlaufjahr wirkten sich die unterschiedlichen Begüllungstermine nicht sehr stark differenzierend auf die TM - Erträge und die N-Entzüge aus. Insgesamt waren die N-Entzüge über das Erntegut sehr gering und zudem deutlich kleiner als im zweiten dargestellten Versuchsjahr. Die Wirkung der Herbstgülle auf den Ertrag war nicht schlechter als die der im Frühjahr gegebenen Güllegaben.

Versuchsjahre 2005 - 2008

In diesem Versuchszeitraum wurden die Untersuchungen auf einer speziell angelegten Fläche mit Deutschem Weidelgras durchgeführt. Das Versuchsjahr 2006 war aufgrund mehrerer ausgefallener Gülletermine (Schneelage etc.) nicht auswertbar. Auf eine statistische Verrechnung muss für die in die Auswertung einbezogenen Versuchsjahre (2005, 2007 und 2008) verzichtet werden, weil zu einzelnen Zeitpunkten entweder durch Schneelage oder starken Mäusebesatz einzelne Begüllungen oder einzelne Beerntungen nicht durchgeführt werden konnten. Dargestellt sind daher lediglich die Mittelwerte ohne Anspruch auf statistische Signifikanzen. In einem zweiten Schritt wurden die Aufwuchsmassen um den Ertrag der nicht gedüngten Parzelle (= Nullparzelle) korrigiert. Hier fällt auf, dass die Düngung mit Gülle vor allem im Februar erhebliche negative Effekte aufwies, also im Winter gedüngte Flächen weniger Ertrag als die ungedüngte Nullparzelle aufwiesen.

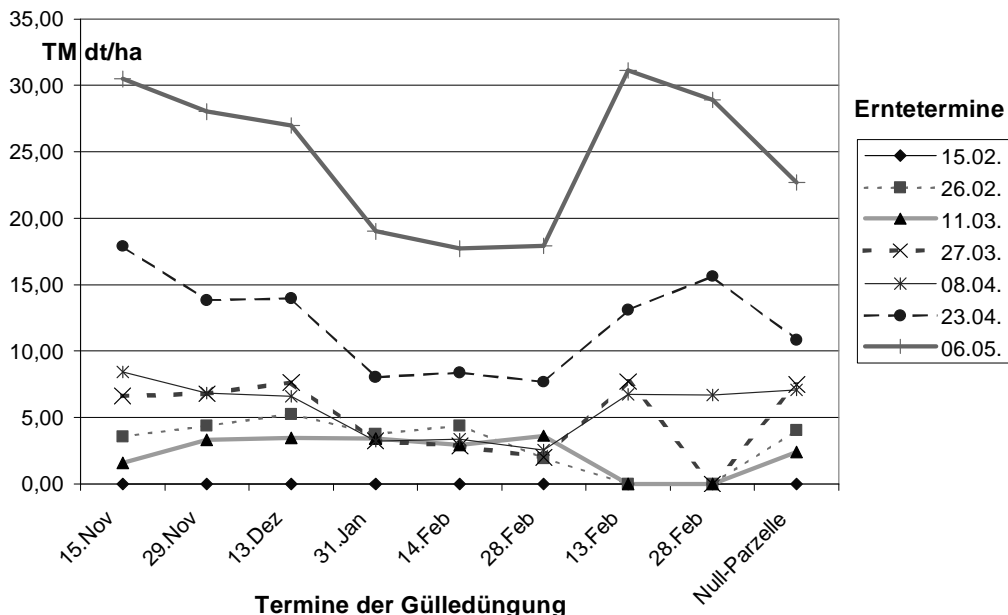


Abb. 2: Aufwuchsmassen (dt TM/ha) an unterschiedlichen Ernteterminen bei Gülledüngung zu variierten Zeitpunkten (2005, 2007, 2008)

Schlussfolgerungen

Die Versuchsanlage mit all ihren Ungenauigkeiten und die geringe Anzahl der auswertbaren und vor allem zwischen den Jahren sehr unterschiedlichen Anzahl der witterungsbedingt auswertbaren Gülledüngungstermine lässt kaum eindeutige Aussagen zu, sie liefert aber doch interessante Hinweise auf die Düngung von Gülle im Herbst. Be-

trachtet man den Ertragsverhältnisse zum „normalen“ Zeitpunkt der Silageernte in der landwirtschaftlichen Praxis (Anfang Mai oder Ende April), dann zeigte sich, dass die höchsten Erträge bei Düngung der Gülle im März zu erzielen waren. Andererseits waren die zu diesem Zeitpunkt erzielbaren Erträge nicht wesentlich geringer, wenn Gülle bereits im Herbst des Vorjahres appliziert wurde. Tendenziell waren die Erträge bei Düngung im Herbst umso höher, je früher gedüngt wurde. Güllendüngung im Februar unmittelbar nach Beendigung der Sperrfrist schädigte die Grünlandbestände offensichtlich stark, weil im Vergleich zur ungedüngten Parzelle die Erträge deutlich geringer waren. Die Ursache für diesen Effekt ließ sich nicht eindeutig ermitteln, es könnte allerdings zu Zellzerstörungen bei Güllendüngung auf gefrorene Pflanzenbestände gekommen sein.

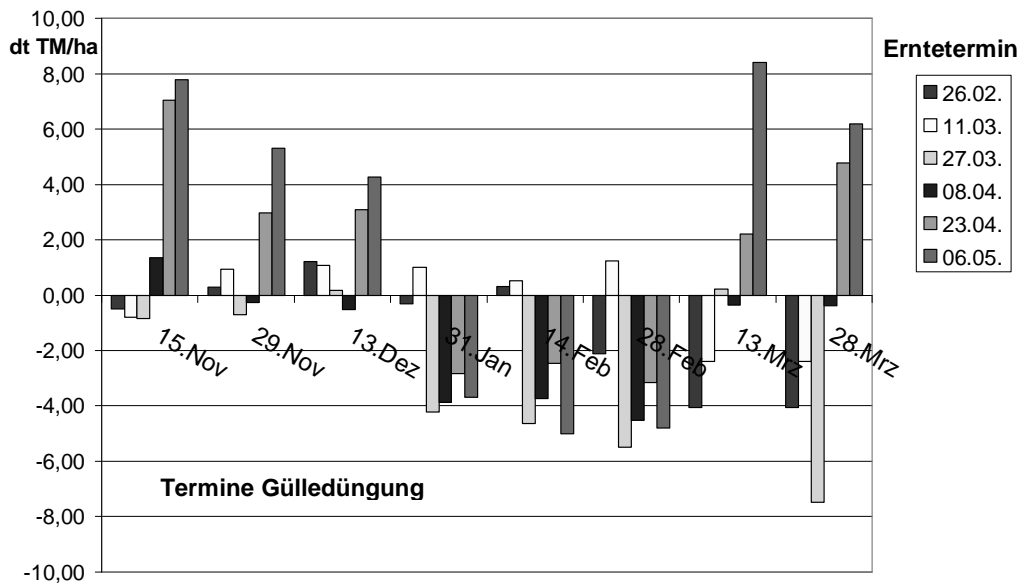


Abb. 3: Um die TM-Erträge bei Nulldüngung korrigierten Aufwuchsmassen bei Güllendüngung zu variierten Zeitpunkten (2005, 2007, 2008)

Der von Landwirten aus der Praxis oft zitierte Effekt „Güllendüngung im Herbst bringt rascheres Ergrünen der Pflanzenbestände“ ist weder zu leugnen, noch zeigte sich bei Herbstdüngung eine frühere Ertragsbildung im Februar oder März. Die Ertragsbildung erfolgte wie vermutet unabhängig vom Düngetermin in Abhängigkeit von der Jahreswitterung erst ab Ende März.

Kurzbeiträge

Biogastechnologie zur umweltverträglichen Flüssigmistverwertung und Energiegewinnung in Wasserschutzgebieten

Henkelmann, G.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen, Lange Point 4, 85354 Freising

guenter.henkelmann@lfl.bayern.de

Versuchsfragen

Die Nutzung von Biogasgülle als hochwertiges Düngemittel kann insbesondere in Wasserschutzgebieten zu Einträgen ins Grundwasser und in die Umwelt führen. Daher wurde in diesem Projekt die Verwendung von hygienisierter Gülle geprüft.

Material und Methodik

In thermophilen Fermentern wurden Biogasgülle erhitzt um pathogene Keime schon beim Entstehen abzutöten. Lysimeterexperimente wurden durchgeführt.

Wichtigste Ergebnisse

Eine Hygienisierung von Fermenterinhalt findet nur begrenzt statt und in den ausgebrachten Gärresten waren hohe Keimbelastungen messbar.

Schlussfolgerungen und Fazit

Es zeigte sich, dass in Lysimeteruntersuchungen kurz nach Aufbringung der Gülle hohe Belastungen von Inhaltstoffen aus der Gülle nachzuweisen waren. Die Ursache der schnellen Verlagerungen waren vor allen Dingen die Makroporen, welche den Boden durchziehen und einen schnellen vertikalen Transfer ermöglichen.

Literatur

WEITERE AUTOREN: Siehe Sammelband der LfL-Schriftenreihe Nr. 23/2006 mit unterschiedlichen Autoren.
ISSN 1611-4159

Risikoabschätzung von antibakteriellen Rückständen in Gülle

Harms, K. und Hölzel, C.

TUM Weihenstephan, Lehrstuhl für Tierhygiene, Weihenstephaner Berg 3,
85435 Freising

katrin.harms@wzw.tum.de

Versuchsfragen

Oral zu verabreichende Antibiotika werden vor allem in der Schweinehaltung in nicht unerheblichen Mengen angewendet. Die Substanzen werden entweder metabolisiert oder unverändert mit Urin und Fäzes ausgeschieden. Damit können zum Teil pharmakologisch noch wirksame Verbindungen über die Düngung in die Umwelt gelangen.

Die Versuchsfragen waren hierbei:

- Welche Antibiotika sind in Gülle zum Zeitpunkt der Ausbringung?
- In welchen Mengen kommen diese vor?
- Wie ist die Situation im Hinblick auf die Resistenzproblematik zu bewerten?

Material und Methodik

Um den möglichen Antibiotikaeintrag in Nutzflächen abschätzen zu können, wurden 380 Gülle aus bayerischen Schweinehaltungen zum Zeitpunkt der Ausbringung in Zusammenarbeit mit der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft im Rahmen eines Güllemonitorings untersucht. Die Analyse erfasste 23 häufig angewandte Antibiotika wie Tetrazykline (u.a. Tetrazyklin, Chlortetrazyklin), Sulfonamide (u.a. Sulfamethazin, Sulfadiazin), Trimethoprim, Enrofloxain, Tiamulin und Florfenicol. Des Weiteren wurden bestimmte Bakterienarten aus diesen Gülleproben auf das Vorkommen von Resistenzen gegen human- und/oder tiertherapeutisch relevante antimikrobielle Wirkstoffe untersucht. Zudem wurde der Einfluss des Tetrazyklingehalts auf das Resistenzverhalten von *Escherichia coli* und *Enterococcus faecium* sowie den Gehalt an bestimmten Resistenzgenen tet(M), tet(O) ermittelt.

Wichtigste Ergebnisse

37 % der Proben enthielten Chlortetrazyklin (CTC), 29 % Tetrazyklin (TC), jeweils in Konzentrationen bis zu 50 mg/kg. 6,3 bzw. 13,2 % der Gülle wiesen Tetrazyklinkonzentrationen auf, die zur Selektion von resistent bzw. intermediär einzustufenden Bakterien geeignet sind.

Bei der Sulfonamidanalyse konnte in 48 % der Proben Sulfamethazin (0,05 –38 mg/kg) gemessen werden. Sulfadiazin wurde in 19 Proben (5 %) nachgewiesen. Positive Befunde, wenn auch zahlen- und mengenmäßig in nur geringem Umfang, wurden auch für Oxytetrazyklin, Sulfamerazin, Sulfamethoxazol, Sulfathiazol und Tiamulin bestimmt.

Die Untersuchungen zum Resistenzgeschehen zeigten eine negative Korrelation zwischen dem Anteil Doxycyclin-sensibler Isolate (*E. coli* und *E. faecium*) und dem Gesamt-Tetrazyklingehalt in den Gülleproben. Ein signifikanter Anstieg von tet(M) und tet(O) gegenüber „Tetrazyklin-freier“ Gülle konnte bereits im Konzentrationsbereich ab 0,1 mg

Tetrazykline (CTC TC)/kg nachgewiesen werden. In Tetrazyklin-haltigen Proben fand sich zudem ein signifikant höherer Anteil mehrfachresistenter Bakterien, verglichen mit „Antibiotika-freier“ und Sulfonamid-haltiger Gülle.

Schlussfolgerungen und Fazit

Auf Grund der erzielten Resultate sind Antibiotikaeinträge durch Düngung im folgenden Rahmen zu erwarten: Tetrazyklinkonzentrationen im Bereich der Bestimmbarkeitsgrenze ergäben 3 g/ha, der gemessene Höchstgehalt würde zu 1,8 g/ha führen.

Mit Ausnahme häufig vorkommender Doxycyclinresistenz zeigten sich keine auffälligen Resistenzentwicklungen gegenüber humantherapeutischen Antibiotika. Es erscheint deshalb nicht gerechtfertigt, die Ursachen der Entstehung und Erhaltung bakterieller Resistenzen einseitig im Bereich der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung zu suchen. Dennoch muss einerseits durch verbesserte Haltungs- und Hygienebedingungen der Einsatz von Antibiotika in der Nutztierhaltung minimiert und andererseits auf bestimmte Wirkstoffgruppen verzichtet werden .

Literatur:

Vortrag im Rahmen des 5. Kulturlandschaftstages in Freising-Weihenstephan, 04. Mai 2006

HARMS, K., 2006: Untersuchungen zum Nachweis und Vorkommen von Antibiotika und deren Metaboliten in Schweinegülle. Dissertation Technische Universität München, Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt.
<http://mediatum2.ub.tum.de/doc/603717/603717.pdf>

HÖLZEL, C., 2006: Antibiotikaresistente Bakterien und Resistenzgene in Schweinegülle. Inaugural-Dissertation zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München. http://edoc.ub.uni-muenchen.de/6100/1/Hoelzel_Christina.pdf

HÖLZEL, C., HARMS, K., KÜCHENHOFF, H., KUNZ, A., MÜLLER, C., MEYER, K., SCHWAIGER, K. UND BAUER, J., 2010b: Pheno-typic and genotypic bacterial antimicrobial resistance in liquid pig manure is variously associated with contents of tetracyclines and sulfonamides. *Journal of Applied Microbiology*, 164:2-1656

HÖLZEL, C., SCHWAIGER, K., HARMS, K., KÜCHENHOFF, H., KUNZ, A., MEYER, K., MÜLLER, C. UND BAUER, J., 2010a: Sewage sludge and liquid pig manure as possible sources of antibiotic resistant bacteria. *Environmental Research*, 110 (4), 318-326

VORTRAG IM RAHMEN DES 119. VDLUFA- KONGRESSEN IN GÖTTINGEN, 18. bis 21. September 2007

Gülledüngung im Herbst

Neff, R.

Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Landwirtschaftszentrum Eichhof
D-36251 Bad Hersfeld

richard.neff@llh.hessen.de

Versuchsfragen:

Welchen Einfluss hat die Gülledüngung im Herbst im Vergleich zur Frühlingsdüngung auf den Ertrag des ersten Aufwuchses?

Material und Methodik

Versuchsjahre: 2005/2006

Versuchsanlage:

Randomisierten Blockanlage mit 4 Wiederholungen und einer Parzellengröße von 54 m².

Versuchsplan

1. Faktor A: Düngungsstrategie
 - a. Gülle im Herbst (11.11.2005)
 - b. Gülle im Frühjahr (12.03.2006)
 - c. Mineraldünger im Frühjahr (12.03.2006)
2. Faktor B: Düngermenge
 - a. 10 m³ Gülle bzw. Mineraldünger-Gleichwert (40 kg N)
 - b. 20 m³ Gülle bzw. Mineraldünger-Gleichwert (80 kg N)
 - c. 30 m³ Gülle bzw. Mineraldünger-Gleichwert (120 kg N)

Gülleausbringung:

Die Gülledüngung erfolgte mittels seitlich ausschwenkbaren Prallkopfes (Breitverteilung) eines Versuchsgülleverteilers. Arbeitsbreite drei Meter. Die Parzellen wurden nicht befahren.

Ertragsfeststellung:

Die Ertragsfeststellung geschah per Probeschnitt (5 m²) mit Einachsmäher von jeder Parzelle.

Wichtigste Ergebnisse

Zusammengefasst ist festzustellen:

Die Herbstgülle enthält nur rund 84 % der Stickstoffmenge der Frühlingsgülle. Entsprechend geringer ist die Herbst-N-Gabe. Mit 10 m³ Gülle je ha werden 33 kg Stickstoff ausgebracht im Frühjahr sind es dagegen 40 kg (analog bei höherer Güllemenge). Die Bemessung der Mineraldüngung im Frühjahr erfolgt nach Plan.

Erwartungsgemäß schlägt sich höhere Düngermenge in höherem Futterertrag nieder. So führen die die Güllemengen 10, 20 und 30 m³ bzw. deren Mineraldüngergerichte im Mittel über die Düngungsstrategien zu den Trockenmasseerträgen 28,1 dt/ha, 33,5 dt/ha bzw. 39,7 dt/ha im erstem Aufwuchs 2006.

Im Mittel über die verschiedenen Düngermengen bringen die drei Düngerstrategien (Gülle Herbst, Gülle Frühjahr und Mineraldünger Frühjahr) Trockenmasserträge von 32,1 dt/ha, 30,8 dt/ha bzw. 38,5 dt/ha. Trotz der in der Herbstgülle gegenüber der Frühjahrsgülle um 16 % geringeren Stickstoffmenge fällt der Ertrag nicht geringer aus. Tendenziell ist er sogar etwas höher. Der Unterschied ist allerdings nicht signifikant. Signifikante Ertragsüberlegenheit zeigt dagegen Mineraldüngung im Frühjahr. Mit 25 % fällt sie deutlich aus.

Schlussfolgerungen und Fazit

Herbstbegüllung von Grünland führt nicht zwangsläufig zu Stickstoffverlusten. In diesem einjährigen Versuch wurden bei Güllemengen bis 30 m³ je Hektar gleiche Dünge- und Ertragseffekt festgestellt wie bei Frühjahrsdüngung.

Autorenverzeichnis

Ahrens, W.	75
Albertini N.	300
Angeringer, W.	218
Bauchhenß, J.	286, 288
Baumgartner, C.	78
Basler, S.	200
Beck, R.	141, 330
Benke, M.	148, 151, 154, 156
Berendonk, C.	38, 86, 161, 164, 325
Bodenmann, M.	317
Bohner, A.	218, 245
Bosshard, C.	200
Braach, J.	250
Braun, M.	274, 292, 301, 303, 304
Briemle, G.	116
Buchgraber, K.	250, 321
Chassot, G.	333
Christen, O.	213
Diepolder, M.	61, 81, 138, 190, 240,275, 277, 280, 282, 284
Dubach, M.	68, 78
Eder, G.	245
Elsäßer, M.	22, 56, 91,97, 102, 111, 116, 121, 223, 218, 344
Elste, B.	213
Erhart, E.	126
Flaig, H.	223
Flisch, R.	200
Flückiger, E.	209
Fouda, S.	43
Fuchs, M.	48
Furrer, O.	295, 299
Georgi, A.C.	28
Gröblichhoff, F.	338
Güde, H.	256
Gujer, H.U.	333
Hahn C.	302
Harms, K.	351
Henkelmann, G.	135, 137, 350
Herr, S.	261
Hermann, A.	195
Hersener, J.-L.	200
Hölzel, C.	351
Hötte, S.	264

Huchler, G.	126
Huguenin-Elie, O.	22
Isermann, K.	232
Isermann, R.	232
Kage, H.	195
Kiefer, J.	111
Kivelitz, H.	338
Kunz, H. G.	106, 111, 116, 121
Kupper, T.	204
Landzettel, C.	28
Lange, G.	148, 151, 154, 156, 157, 159
Laser, H.	264, 338
Lavandier, P.	126
Lichti, F.	15, 43
Lorenz, F.	51
Mayer, J.	200
Matsunaka, T.	146
Meier, U.	200
Menzi, H.	204
Mokry, M.	266
Möller, K.	236, 261
Moriz, C.	71
Müller, T.	126, 236
Münsch, C.	250
Muralt, R.	333
Neff, R.	168, 170, 172, 174, 318, 353
Neuner, K.-H.	75
Oberholzer, H.R.	228
Pacholski, A.	195
Pötsch, E. M.	167, 178
Prasuhn, V.	185, 300, 301, 302
Quakernack, R.	195
Raba, C.	75
Raschbacher, S.	61, 81, 190, 240
Rieder, J.	279
Richner, W.	200
Riehl, G.	308
Riexinger, J.	126
Rücknagel, J.	213
Sager, M.	33
Sauter, J.	68, 71
Schmidhalter, U.	28, 43
Schröpel, R.	132, 134, 135, 140, 142, 144
Schulz, R.	126, 236

<i>Schuster, C.</i>	48
<i>Sobotik, M.</i>	218
<i>Spiess, E.</i>	290, 293, 295, 297, 299
<i>Stauffer, W.</i>	290, 293
<i>Steffens, G.</i>	51
<i>Stemann, G.</i>	264
<i>Taube, F.</i>	195
<i>Techow, A.</i>	195
<i>Thomet, P.</i>	313
<i>Trautmann, A.</i>	256
<i>Troxler J.</i>	297
<i>Vogel, E.M.</i>	136
<i>von Borstel, U.</i>	157, 159
<i>von Tucher, S.</i>	43
<i>Wendland, M.</i>	15
<i>Zeller, A.</i>	111