

Teilschlagspezifische Düngung auf Grünland

J. Schellberg und R. Lock

Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz; Lehrstuhl für Allgemeinen Pflanzenbau; Rheinische Friedrich-Wilhelm-Universität Bonn

Einleitung

Gülle ist in Grünlandbetrieben der wichtigste organische Dünger. Gülledüngung auf Grünland kann zu erheblicher Umweltbelastung führen, nämlich dann, wenn die Gülle- bzw. Nährstoffmengen nicht dem tatsächlichen Bedarf der Grünlandbestände angepasst sind und folglich durch Auswaschung und Entgasung verloren gehen (JARVIS *et al.*, 1996). Die Bemessung der Höhe einer Gülledüngung erfolgt in der Regel schlageinheitlich nach vorheriger Bodenuntersuchung und Nährstoffbilanzierung. Die Bewirtschaftungseinheiten sind jedoch hinsichtlich des Pflanzenbestands und der Bodeneigenschaften räumlich heterogen (GEYPENS *et al.*, 1999). Die Grenzen eines Schlages oder einer Nutzungseinheit umschließen meist Teilflächen mit wechselnden Bodeneigenschaften (JORDAN *et al.*, 2003). Diese Bodeneigenschaften variieren umso stärker, je größer die Schläge werden, zum Beispiel durch die Flächenzusammenlegung zum Zwecke der Arbeitsrationalisierung.

Die schlageinheitliche Gülle- und Nährstoffzufuhr wird dieser Heterogenität innerhalb eines Schlages nicht gerecht. Tatsächlich ist es sogar möglich, dass die Heterogenität innerhalb eines Schlages größer ist als diejenige zwischen zwei Schlägen, für die verschiedene Nährstoffbilanzen gerechnet werden. In Grünlandgebieten ist die Heterogenität der Böden häufig größer als in den traditionellen Ackerbaugebieten (Topografie, Erosion). Will man den räumlich ungleich verteilten Nährstoffentzug berücksichtigen, darf sich die Gülledüngung auf Grünland nicht allein nach einer schlagbezogenen Bilanz richten, sondern muss vielmehr im Sinne des Präzisionspflanzenbaus teilschlagspezifisch erfolgen.

Solange sich die Gülleausbringung nicht an dem kleinräumig wechselnden Bedarf innerhalb eines Schlages orientiert, ist lokaler Nährstoffüberschuss oder -mangel möglich. Dies gilt in besonderem Maße in ökologisch sensiblen Arealen und in der Nähe von Gewässern jeder Art. Daher wird ein besonderer Vorteil der teilschlagspezifischen Gülleapplikation auch in der Kontrolle von Sicherheitsabständen zu Gewässern und anderen ökologisch sensiblen Arealen gesehen, die sich in unmittelbarer Nähe landwirtschaftlicher Nutzflächen befinden. Bereits bei der Ausbringung können Sicherheitsabstände genau eingehalten und anhand der Ausbringungskarte "online" dokumentiert werden.

Eine teilschlagspezifische Applikation von Gülle ist heute technisch umsetzbar; sie drängt sich im Grünland geradezu auf angesichts der zeitgleichen, rasanten technischen Entwicklung der teilschlagspezifischen Bewirtschaftung auf Ackerflächen (ROBERT, 2002; van ALPHEN und STOOBVOGEL, 2000; ZHANG *et al.*, 2002). Bei diesen Verfahren werden während der Bewegung im Feld die GPS-Positionen an den PC übermittelt und die für diese Position in der Applikationskarte niedergelegte Ausbringungsmenge (z. B. von Herbiziden) an die Gerätesteuerung übertragen. Nach gleichem Prinzip ist eine gezielte Applikation von Gülle auf Grünland technisch möglich. Für die Anwendung in Mais steht nach Kenntnis der Autoren derzeit ein "Gülleselbstfahrer" allein der Fa. AGCO (www.ago.com) zur Verfügung. Feldversuche zur Erfolgskontrolle der teilschlagspezifischen

schen Ausbringung auf Mais- oder Grünlandflächen sind jedoch nicht bekannt (WOLLENHAUPT, 2006).

Die Erstellung einer präzisen Applikationskarte im GIS (Geoinformationssystem) stellt bisher ein großes Hindernis für die Umsetzung einer teilschlagspezifischen Gülleapplikation dar, weil die Interpretation der Boden- und Ertragsdaten im Hinblick auf den tatsächlichen Nährstoffbedarf schwierig ist. Einerseits kann mit einer vorherigen Ertragskartierung der Entzug an Nährstoffen ermittelt werden. Aus der Ertragskarte ist dann die nötige Nährstoffergänzung für den Folgeaufwuchs zu kalkulieren und in der Applikationskarte abzulegen. Andererseits bedeuten niedrige Erträge nicht zwangsweise Nährstoffmangel; sie können vielmehr durch ungünstige Wachstumsbedingungen (Bodeneigenschaften) verursacht sein, an denen eine Regulierung der Nährstoffversorgung nichts ändern könnte. An solchen Stellen innerhalb eines Schlages wäre eine Steigerung der Düngung fatal. Dies bedeutet, dass Bodenkarten verfügbar sein müssen, die im GIS abgelegt und dort mit der Ertragskarte "verschnitten" und hinsichtlich ihres Ertragspotentials interpretiert werden.

Abgesehen von der richtigen Bemessung der zu applizierenden Nährstoffmenge stellt die schnelle und genaue Einstellung der zu applizierenden Güllemenge während der Fahrt ein technisches Problem dar. Je langsamer die Regelung erfolgt, desto mehr weicht die tatsächliche von der geforderten Güllemenge in einem Teilschlag ab. Dies gilt vor allem für die Mengenregelung in kleinen Teilschlägen und in kurzen Abständen. Daraus folgt auch, dass die Fahrgeschwindigkeit für die technische Ausführung der Mengenregelung von besonderer Bedeutung ist.

Ziel des hier beschriebenen Projektes ist es, ein Verfahren zur teilschlagspezifischen Gülleapplikation auf Grünland zu entwickeln und zur Praxisreife zu bringen. Außerdem soll im Feldversuch die räumliche Verteilung der mit Gölledüngung verteilten Nährstoffe kontrolliert werden. Mit der Entwicklung und dem Bau eines GPS-gesteuerten "teilschlagspezifischen" Gülleverteilers soll eine Technik geschaffen werden, mit der die Ausbringung von Gülle reguliert werden kann. Das heißt, dass es vor allem in viehstarken landwirtschaftlichen Arealen zu einer erheblichen Reduzierung der N-Verluste in gasförmiger und flüssiger Phase kommen könnte, ohne dass die Landwirte auf die Ausschöpfung des Ertragspotentials der Flächen verzichten müssten. Die Registrierung und digitale Aufzeichnung der applizierten Göllemengen mit Ortsbezug ist ein neues Instrument zum Management organischer Dünger, das sich mit anderen Anwendungen des Präzisionspflanzenbau (z. B. Fahrtroutenplaner für Lohnunternehmer, teilschlagspezifischer Pflanzenschutz in Mais und Getreide) verknüpfen lässt, vor allem aber für den Gewässerschutz von Nutzen wäre.

Material und Methoden

Auf der Lehr- und Forschungsstation Rengen/Eifel der Universität Bonn wurde ein 6 m³ Göllepumpfass und ein Gleitfußverteiler (Fa. Peecon, NL) umgerüstet. Die Arbeitsbreite dieses Gerätes beträgt 7.20 m, die Zahl der Auslässe 32. Größe und Arbeitsbreite dieses Gerätes sind den topografischen Bedingungen und der üblichen Schlaggröße im Mittelgebirgsgrünland angepasst. Das Fass verfügt über einen Dreiwegehahn mit Schieber, der während der Fahrt jeweils soweit geöffnet wird wie es die vom Steuerungsprogramm angegebene Durchlassmenge erfordert. Überschüssige Gülle wird permanent in das Fass zurückgepumpt. Die Stellung des Schiebers wird reguliert über das Steuerungsprogramm in Abhängigkeit von der mittels GPS bestimmten bzw. in der Applikationskarte niedergelegten Position im Feld. Die Applikationskarte besteht aus einer Matrix mit geografischen Koordinaten für die Teilschläge sowie den zugehörigen Applikationsmengen. Für eine

ausgewählte Grünlandfläche auf der Lehr- und Forschungsstation Rengen wurde eine solche Applikationskarte aus der Ertragskarte abgeleitet.

Zur Erstellung der Ertragskarte wurden erstmals im Jahr 2004 mit einem Grünland-Vollernter auf ca. 1.3 Hektar in annähernd gleichmäßigem Raster insgesamt 669 Proben des oberirdischen Aufwuchses gezogen, getrocknet, rückgewogen und der Trockenmasseertrag ermittelt. Anschließend wurde im Rengener Geoinformationssystem (GIS, ARCMAP[®] ESRI) ein Raster von 7,20·7,20 m² über die zu begüllende Grünlandfläche gelegt und die interpolierte Ertragskarte (Verfahren *Inverse Distance Weighted*) in dieses Raster eingepasst. Das heißt, dass die Grünlandfläche mit der Größe von ca. 1.3 Hektar in ca. 279 Teilschläge / Elemente zerlegt wurde. Geografischer Bezugspunkt für den jeweiligen Teilschlag ist der Mittelpunkt jedes Elementes in diesem Raster (Centroid). Die Verbindung dieser Centroide ergibt den Pfad, dem der Gülleverteiler im Idealfall folgt (Verfahren *Point to Path*, Hawth Tools[®]).

Ergebnisse und Diskussion

Die für diesen Versuch ausgewählte Grünlandfläche in Rengen bietet aufgrund ihrer auffälligen natürlichen Heterogenität - sowohl hinsichtlich der Bodeneigenschaften als auch des Grünlandertrags - ideale Voraussetzungen für das Experiment. Die Beschaffenheit der Fläche ist durchaus typisch für das Grünland in den Mittelgebirgsregionen; sie verfügt sowohl über ertragreiche feuchte Senken (Pseudogley-Braunerde) als auch über eine magerere Kuppe mit sehr geringer Bodenmächtigkeit (Ranker) und Ertragsfähigkeit. Die daraus resultierende Variation des Ertrags wird im Versuch benötigt, um die Mengenregelung der Gülle in voller Spannweite zu erproben. Die Grenze zu einem Naturdenkmal (Wacholderheide) erfordert im übrigen einen Mindestabstand der Gülleausbringung, wie er vielerorts zu ökologisch sensiblen Areal zukünftig gefordert wird.

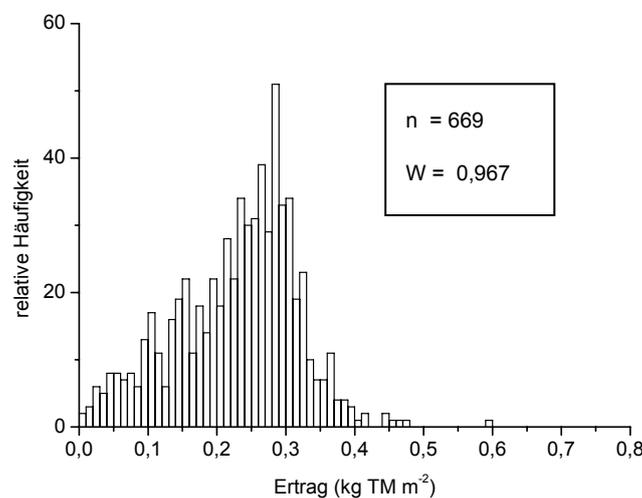


Abb. 1: Häufigkeitsverteilung der Trockenmasseerträge in einer Mähweide (14.463 m²) aus 669 Probenahmestellen (Datum: 14. 7. 2004)

Die Flächenbeprobung im Jahr 2004 ergab nicht normalverteilte Erträge ($P=0.05$). Die statistischen Kennwerte des Shapiro-Wilk-Tests (Shapiro and Wilk, 1965) sind in der Inset-Tabelle der Abbildung 1 gezeigt.

Die interpolierte Ertragskarte vom 14. Juli 2004 weist 106596 Pixel auf; die Ertragsspanne reicht von 0.0072 bis 0.59 kg TM m². Der über den Nährstoffentzug berechnete Bedarf an

Stickstoff wurde in 8 Stufen ("Klassen") eingeteilt und reicht von 0 bis 40 kg N ha⁻¹ (s. Abb. 2). Die räumliche Verteilung dieser Klassen für den N-Bedarf spiegelt sich in der Bodenkarte der Versuchsfläche wider, hoher N-Entzug und Bedarf besteht in den feuchten Teilflächen mit stärker Auflage des A_h-Horizonts des Pseudogleys.

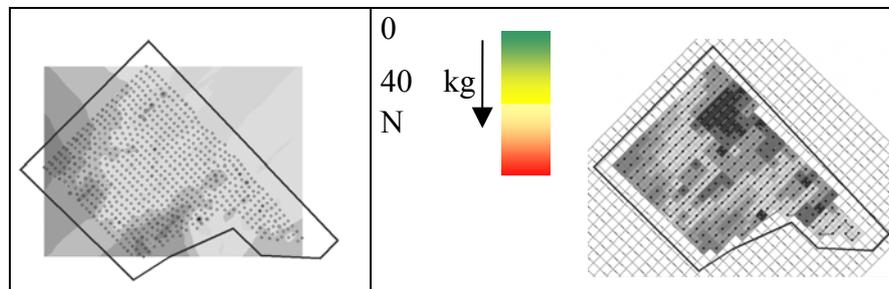


Abb. 2: Darstellung der Ertragskarte gerastert und abgestuft in 8 Klassen (links) und die resultierende Applikationskarte für die Gülle in den Teilflächen (rechts).

Die Applikationskarte in Abb. 2 ist Grundlage der GPS-gesteuerten Ausbringung der Gülle, deren N-Konzentration bei Befüllung des Fasses gemessen und im Steuerungsprogramm voreingestellt wird. Erste Probefahrten mit Wasser im Frühsommer 2006 außerhalb der Versuchsfläche haben ergeben, dass die Steuerung des Gülleauslasses dem in der Karte abgelegten Wert folgt. Bei GPS- und Programm-gesteuerter Ausbringung von Gülle traten Schwankungen in der vom Durchflussmesser registrierten Menge auf, die durch Partikel in der Gülle verursacht werden und durch Kalibrierung zu beseitigen sind. Eine erstmalige Begüllung der Versuchsfläche ist für Juli 2006 vorgesehen.

Literatur

- GEYPENS, M., VANONGEVAL, L., VOGELS, N. und MEYKENS, J. (1999): Spatial variability of agricultural soil fertility parameters in a gleyic podzol of Belgium, *Prec. Agric.*, 1, 319-326.
- JARVIS, S.C. (1993): Nitrogen cycling and losses from dairy farms. *Soil Use Manag.*, 9, (3), 99-105.
- JORDAN, C., SHI, Z., BAILEY, J.S. und HIGGINS, A.J. (2003): Sampling strategies for mapping "within-field" variability in the dry matter yield and mineral nutrient status of forage grass crops in cool temperate climates. *Prec. Agric.*, 4, 69-86.
- ROBERT, P.C. (2002): Precision Agriculture: a Challenge for Crop Nutrition Management. *Plant and Soil*, 247, 143-149.(1).
- SHAPIRO, S.S. und WILK, M.B. (1965): An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52, (3/4), 591-611.
- VAN ALPHEN, B.J. und STOOBVOGEL, J.J. (2000): A methodology for precision nitrogen fertilization in high-Input farming systems. *Precision Agriculture*, 2, 319-332.
- WOLLENHAUPT, N. (2006): AGCO, USA, persönl. Mitt.
- ZHANG, N., WANG, M. und WANG N. (2002): Precision agriculture-a world-wide overview. *Computers and Electronics in Agriculture*, 36, 113-132.

Danksagung: Das Projekt wird gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (AZ 23483-34). Die Autoren bedanken sich für die freundliche Unterstützung durch ASCOS / E-ON Ruhrgas für die kostenlose Bereitstellung des GPS-Korrekturdienstes.