

Software zur Planung der Gülleverteilung

K. Wendt, Halle
R. Giring, Halle
S. Badewitz, Halle

1. Das Problem der Gülleverteilung als Optimierungsproblem

Die Gülle enthält bedeutende Mengen an Pflanzennährstoffen, insbesondere an Stickstoff, Phosphor und Kalium. Die Verwertung der Gülle als Wirtschaftsdünger ermöglicht somit die Reduzierung der Einsatzmengen an Mineraldüngern, allerdings bei zusätzlichen Aufwendungen für die Gülleausbringung. Diesen Verwertungsaspekt allein gesehen, ergibt sich für den Gülleeinsatz eine maximal über Gülle abdeckbare N-Menge als obere Grenze. Zusätzlich ist der Gülleeinsatz aber auch unter den Gesichtspunkten begrenzt, unvertretbar hohe N- und P-Verluste an die Umwelt und - bei mobiler Ausbringung der Gülle - eine übermäßige Bodenverdichtung und durch Befahren der Äcker verursachbare Schädigung der Pflanzenbestände zu vermeiden.

Für die Perioden eines bestimmten Planzeitraumes P^1 werden angenommen

- ein bestimmter Gülleanfall in den einzelnen Ställen,
- bestimmte Kapazitäten der Güllelageung in den einzelnen Lagern und
- bestimmte Verwertungs- bzw. Einsatzmöglichkeiten der Gülle auf den Anbauflächen.

Das (mathematische) Problem der Gülleverteilung besteht - als Frage formuliert - in folgendem:

Welche Güllemengen aus den einzelnen Ställen sind auf den einzelnen Anbauflächen in den einzelnen Perioden einzusetzen bzw. welche Güllemengen aus den einzelnen Ställen sind in den einzelnen Außenlagern zwischenzulagern und welche Güllemengen aus den einzelnen Außenlagern sind auf den einzelnen Anbauflächen in den einzelnen Perioden einzusetzen, damit

- unter den Bedingungen der Einhaltung von Schwellwerten für N- und P-Verluste und der Vermeidung einer Bodenverdichtung und einer Schädigung der Pflanzenbestände
- ein möglichst großer ökonomischer Nutzen - gemessen als Differenz zwischen eingesparten Kosten für die Mineraldüngung und Kosten für den Transport und die Ausbringung der Gülle - erreicht wird?

Diese Problemstellung orientiert auf eine ökonomisch effektive und ökologisch verträgliche Gülleverwertung.

1) P = Untermenge der Menge von Perioden, die je Jahr aus ackerbaulicher, pflanzenbaulicher und arbeitswirtschaftlicher Sicht sowie Sicht der Viehhaltung zu unterscheiden sind.

2. Struktur des LP-Modells

Zur Beantwortung der in Abschnitt 1 formulierten Frage dient ein LP-Modell. Das Modell besteht u.a. aus folgenden Klassen von Variablen und Restriktionen:

Variable (Mengeinheit: m³)

- (1) Gülletransport von Ställen¹⁾ zu Außenlagern,
- (2) gelagerte Gülle in Ställen bzw. Außenlagern (in Periode p gelagerte Menge = in Periode p+1 zusätzlich zum Gülleanfall einsetzbare Menge)
- (3) Gülletransport von Ställen bzw. Außenlagern zu Anbauflächen und Ausbringung - gegliedert in mobile Ausbringung und Verregnung,
- (4) Umfang der Nutzung von Verfahren für mobile Ausbringung - gegliedert nach Entfernungsklassen.

Restriktionen

- (1) Verteilung der Gülle
 - von Ställen auf Außenlager,
 - von Ställen bzw. Außenlagern auf Anbauflächen(zur Begrenzung des Gülleinsatzes unter Berücksichtigung des Gülleanfalls und der Lagerungsmöglichkeiten),
- (2) Begrenzung des Gülleinsatzes auf den Anbauflächen unter Berücksichtigung der Einstz- bzw. Verwertungsmöglichkeiten,
- (3) Begrenzung des Gülleinsatzes auf den Schlägen unter Berücksichtigung der Kapazitäten für die Ausbringung.

Die Zielfunktionskoeffizienten "Eingesparte Kosten für die Mineraldüngung" sind den Variablen (3) als positive Zahl und die Kosten für den Gülletransport bzw. den Gülletransport und die Gülleausbringung den Variablen (1) bzw. (4) als negative Zahlen zugeordnet.

3. Programm VERGÜ

Das Programm VERGÜ realisiert alle Funktionen der Dateneingabe, -bearbeitung bzw. -verarbeitung und -ausgabe, die - im Zusammenhang gesehen - zur Bereitstellung von Informationen zur Entscheidungsfindung bezüglich der Maßnahmen der Gülleverteilerung in einem definierten Planzeitraum erforderlich sind. Das sind u.a. folgende Funktionen:

- (1) Datenimport: Übernahme von Daten aus "externen" Dateien in "interne" Dateien des Programms (z.B. für den Gülleinsatz relevante Daten der Schlagkartei);
- (2) Datenbearbeitung (Eingaben/Ändern), welche u.a. betrifft
 - den Gülleanfall und Gehalt der Gülle an Pflanzennährstoffen,
 - die Lagerkapazitäten,
 - die die Höhe des Gülleinsatzes begrenzenden und die Güllewertung quantifizierenden schlagspezifischen Daten,
 - die möglichen Wege des Güllestroms (Stall -> Schlag, Stall -> Außenlager -> Schlag) und

1) Mit einem Stalllager als erstem "Behältnis", aus dem eine Entnahme möglich ist.

- die Kapazitäten und Kosten der Gülleausbringung, gegliedert nach Verregnung und mobiler Ausbringung;
- (3) Generierung des LP-Modells mittels eines speziellen Matrixgenerators (s. Abschn. 2.) und Optimierungsrechnung;
- (4) Aufbereitung der Optimierungsergebnisse (Erstellung von Berichtstabellen bezogen auf die letzte Lösungsdatei der Optimierungsrechnung und von Variantenvergleichstabellen bezogen auf mehrere Lösungsdateien) und Ausgabe der Tabellen (auf Bildschirm und/oder Textdateien);
- (5) Datenexport: Ablegen der Optimierungsergebnisse in Dateien zu deren Weiterverarbeitung durch andere Programme.

Die einzelnen Funktionen, deren Unterfunktionen etc. werden vom Nutzer über eine Menühierarchie ausgewählt.

Das Programm VERGÜ ermöglicht eine technisch leichte Durchführung und Auswertung von Variantenrechnungen, und zwar dadurch, daß

- Modelländerungen auf Datenänderungen bei (2) zurückgeführt werden und
- sich die wesentlichen Überblicksinformationen zu einzelnen Varianten in Form von Vergleichstabellen bei (4) ermitteln und ausgeben lassen.

4. Anwendung des Programms VERGÜ als Instrument zur gleitenden Planung

Die Programmfunktion der Ermittlung einer optimalen Gülleverteilung bezieht sich stets auf einen bestimmten Zeitraum P mit bestimmten Vorgaben bzw. Annahmen für den Gülleanfall, die Güllelagerung und die Gülleeinsatz- und Gülleverwertungsmöglichkeiten in den einzelnen Perioden p von P. Die durch die Anwendung des Programms gewonnenen Informationen können nur solange Grundlage der Entscheidungen betreffs der Gülleverteilung sein, wie die tatsächlichen Gegebenheiten in den einzelnen Perioden diesen Vorgaben bzw. Annahmen weitgehend entsprechen. Ist das nicht mehr der Fall, d.h. wurde in einer Periode wesentlich von der errechneten Gülleverteilung abgewichen und/oder sind ab einer Periode andere Vorgaben bzw. Annahmen gültig, muß das Programm bezogen auf einen P überlappenden Zeitraum P' erneut angewendet werden. Die Gülleeinsatzmaßnahmen, die im Zeitraum zwischen der ersten Periode von P und der der ersten Periode von P' vorhergehenden Periode durchgeführt wurden, wirken sich auf die Gülleeinsatzmöglichkeiten im Zeitraum P' aus und sind daher bei der Funktion "Datenbearbeitung" zu berücksichtigen.