



**AgEcon** SEARCH  
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search  
<http://ageconsearch.umn.edu>  
[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

BILDUNG EINER KOSTENFUNKTION FÜR DIE AUSBRINGUNG VON DÜNGEMITTELN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG EINER TOURENPLANUNGSROUTINE MIT TEILLIEFERUNGEN (SDVRP).

Michael Friedrich Tröster

michael.troester@tum.de

Produktions- und Ressourcenökonomie landwirtschaftlicher Betriebe, Technische Universität München, Alte Akademie 14, 85384 Freising



2017

*Posterpräsentation anlässlich der 57. Jahrestagung der GEWISOLA  
(Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.)  
und der 27. Jahrestagung der ÖGA  
(Österreichische Gesellschaft für Agrarökonomie)*

*„Agrar- und Ernährungswirtschaft zwischen Ressourceneffizienz und gesellschaftlichen Erwartungen“*

*Weihenstephan, 13. bis 15. September 2017*

Copyright 2017 by authors. All rights reserved. Readers may make verbatim copies of this document for non-commercial purposes by any means, provided that this copyright notice appears on all such copies.

# **BILDUNG EINER KOSTENFUNKTION FÜR DIE AUSBRINGUNG VON DÜNGEMITTELN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG EINER TOURENPLANUNGSROUTINE MIT TEILLIEFERUNGEN**

## **Zusammenfassung**

Für mathematische Optimierungsmodelle sind Produktionskosten als Restriktionen zu berücksichtigen. Die Funktionsform ist dabei entscheidend für die Abbildung der Kosten, aber auch für den Ressourcenbedarf im Rahmen der Optimierung. In diesem Kontext dokumentiert der vorliegende Beitrag die Erarbeitung einer Kostenfunktion für die Ausbringung von Düngemitteln. Die Ausbringkosten für Düngemittel spielen eine wichtige Rolle für die Auswahl einer Düngestrategie. Mit der Arbeit soll bewertet werden, ob eine exakte Abbildung der Ausbringkosten, im Vergleich zu einer Schätzfunktion, Einfluss auf die Auswahl der Düngestrategie und die erforderliche Rechenleistung hat. Eine vergleichbare Untersuchung, über diesen Trade-off aus Präzision, Rechenleistung und dem möglichem Einfluss auf eine zu optimierenden Düngestrategie, steht derzeit nicht zur Verfügung. Um die Kostenfunktion abzuleiten, wurde sie zunächst in Teilfunktionen zerlegt. Eine Herausforderung stellt die Ermittlung des Zeitbedarfs für Transportfahrten dar. Hierzu werden zwei Möglichkeiten gegenübergestellt: Die Berechnung der minimalen Transportzeiten durch ein „Split Delivery Vehicle Routing Problem“ (SDVRP-Modell), bzw. die Schätzung der Transportzeiten mit Hilfe eines linearen Regressionsmodells. Dieses wiederum baut auf Ergebnissen randomisierter SDVRP-Modellläufe auf. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass die Optimierung der Düngestrategie, unabhängig von der Auswahl der Kostenfunktion, zu einer einheitlichen Lösung führt. Steht die Optimierung der Düngestrategie im Vordergrund, kann daher auf die vereinfachte Schätzung der Transportzeit mit Hilfe des linearen Regressionsmodells zurückgegriffen werden.

## **Keywords**

Kostenfunktion, SDVRP, Betriebsmittel Ausbringung, Düngestrategie

## **1 Einleitung**

Dieser Beitrag hat die Zielsetzung, eine Kostenfunktion für die Ausbringung von Düngemitteln bereitzustellen, die im Rahmen mathematischer Optimierungsmethoden eingebunden werden kann. In diesem Zusammenhang spielen besonders Anforderungen an die Datengrundlage und Nutzerfreundlichkeit (vgl. ROSE et al., 2016), als auch Auswirkungen auf die Rechenleistung eine Rolle. Für die Bearbeitung der Problemstellung werden zwei mögliche Ansätze aufgegriffen. Zum einen die Abbildung der Kostenfunktion unter Berücksichtigung einer optimierten Routenplanung („SDVRP-Modell“) und zum anderen ein Ansatz, in dem die exakte Routenplanung durch ein Regressions-Modell ersetzt wird („Regressionsmodell“).

Die Bestimmung der Ausbringkosten von Düngemaßnahmen hat für die Auswahl der kostengünstigsten Düngestrategie eine hohe Bedeutung. Zur Düngestrategie zählt sowohl die Auswahl und Dosierung der Düngemittel, als auch die Terminierung der Düngung. Im Fall hoher Ausbringkosten werden z.B. Düngestrategien begünstigt, die den Nährstoffbedarf der Kulturen in einer möglichst niedrigen Anzahl von Düngergaben bereitstellen. Eine Kostenfunktion zur Ausbringung von Düngemitteln bildet daher die Grundlage zu einer ganzheitlichen Optimierung von Düngemaßnahmen.

## **2 Methode**

Kosten bekannter und weniger komplexer Arbeitsvorgänge, wie im Fall der Ausbringung von Düngemitteln, werden vorzugsweise analytisch ermittelt. Es bietet sich eine Zerlegung der Gesamtfunktion in einzelne, quantifizierbare Teilfunktionen an. Hierzu findet sich eine Me-

thodenbeschreibung des KTBL (BAEY-ERNSTEN, 2011). Nach Anpassung ergeben sich folgende Teilfunktionen:

- AVN: Arbeitsvorbereitung bzw. Nachbereitung (Rüstzeit)
- BLD: Beladen des Düngerstreuers (Beladen)
- AEF: Arbeitserledigung im Feld (Feldarbeit)
- VDS: Variable Kosten des Düngerstreuers (Feldarbeit)
- THF: Transportkosten von Hof zu Feld (Transport)
- TFF: Transportkosten von Feld zu Feld (Transport)

Die Teilfunktionen zur Bestimmung der Transportkosten stellen eine besondere Herausforderung dar. Sie sind hochgradig abhängig von der betrieblichen Infrastruktur, Mechanisierung und der gewählten Düngestrategie. Um Transportkosten bei der Optimierung einer Düngestrategie zu berücksichtigen, ist die Implementierung eines SDVRP-Modells zur Routenplanung eine gute Möglichkeit. Dieses logistische Problem wurde erstmals von DROR und TRUDEAU (1990) formuliert.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Transportzeiten mit Hilfe von Informationen zur betrieblichen Infrastruktur und Mechanisierung zu schätzen. Hierzu wurde das bereits gebildete SDVRP-Modell im Rahmen einer Bootstrapping Prozedur auf Zufallsbetriebe angewendet. Durch die Ergebnisse zur Transportzeit, in Verbindung mit betriebsindividuellen Inputparametern, wie z.B. „Anzahl an Streuerfüllungen pro Feldstück“, konnte eine lineare Regressionsfunktion zur Schätzung der Transportzeit gebildet werden.

### 3 Ergebnis und Diskussion

Im Ergebnisteil dieser Arbeit wird gezeigt, welchen Einfluss die beiden Möglichkeiten zur Bestimmung der Transportzeiten auf die Gesamtkosten der Düngerausbringung haben. Unter Berücksichtigung eines relevanten Düngungsniveaus von größer gleich  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  ergibt sich für die ermittelten Düngekosten eine Standartabweichung von  $0,35 \text{ € } 100 \text{ kg}^{-1}$ . Die Gesamtkosten der Düngung, für eine Menge von  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  auf einer Fläche von 50 Hektar, liegen unter Anwendung des SDVRP-Modells zum Vergleich bei  $2,47 \text{ € } 100 \text{ kg}^{-1}$ . Ein Robustnesscheck hat gezeigt, dass die Abweichungen bei der Bestimmung der Ausbringkosten keinen Einfluss auf die Auswahl der Düngestrategie hatten, bei erheblich höherem Ressourcenbedarf an Rechenleistung im Falle des SDVRP-Modells. Unter Verwendung heuristischer Optimierungsverfahren, z.B. dem zwei-phasen Algorithmus nach JIN et al. (2007), oder der Tabu Suche nach ARCHETTI et al. (2006), ließe sich der Rechenaufwand erheblich reduzieren.

Dadurch wird der Bedarf an Inputparametern allerdings nicht verändert. Eine vollständige Distanztabelle zwischen allen Betriebsflächen bleibt weiterhin notwendig, worauf die Schätzung der Transportzeit nach dem Regressionsmodell z.B. verzichtet. Daher ist für die Anwendung zur Optimierung der Düngestrategie letzteres zu bevorzugen.

### 4 Schlussfolgerung

In diesem Beitrag werden zwei Möglichkeiten zur Bestimmung betriebsspezifischer Ausbringkosten für Mineraldünger aufgezeigt. In Form einer Kostenfunktion lassen sich beide Möglichkeiten in ein Modell zur optimierten Düngeplanung einbinden. Welche Auswahl hier getroffen werden sollte ist abhängig von der verfügbaren Datengrundlage und der Zielsetzung des Optimierungstools. Für die Optimierung der Düngung auf betrieblicher Ebene eignet sich vor allem das Regressionsmodell. Es liefert durch die Abschätzung der Transportzeiten eine sehr gute Aussage zu den Kosten der Düngerausbringung. Die Relevanz der ursprünglichen Fragestellung lässt sich auf weitere Arbeitsverfahren übertragen, so ist eine direkte Übertragung auf das Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln oder die Drill- bzw. Einzelkornsaat möglich.

## **Literaturverzeichnis**

- ARCHETTI, C., M. G. SPERANZA und A. HERTZ (2006): A Tabu Search Algorithm for the Split Delivery Vehicle Routing Problem. In: *Transportation Science* 40 (1): 64–73.
- BAEY-ERNSTEN, H. de (2011): Methodik zur KTBL online Anwendung Verfahrensrechner Pflanze. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. In: <http://daten.ktbl.de/downloads/vrpflanze/KalkulationVerfahrensrechner.pdf>. Abruf: 7.1.2017.
- DROR, M. und P. TRUDEAU (1990): Split delivery routing. In: *Naval Research Logistics (NRL)* 37 (3): 383–402.
- JIN, M., K. LIU und R. O. BOWDEN (2007): A two-stage algorithm with valid inequalities for the split delivery vehicle routing problem. In: *International Journal of Production Economics* 105 (1): 228–242.
- ROSE, D. C., W. J. SUTHERLAND, C. PARKER, M. LOBLEY, M. WINTER, C. MORRIS, S. TWINING, C. FFOULKES, T. AMANO und L. V. DICKS (2016): Decision support tools for agriculture. Towards effective design and delivery. In: *Agricultural Systems* 149: 165–174.