

# Verbesserte Betriebsplanung mit Linearer Programmierung durch parzellenspezifische Fruchtfolgenmodellierung und Verknüpfung mit der Finanzbuchführung

Mandes Verhaagh, Hans-Hennig Sundermeier

Institut für Agrarökonomie  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
24098 Kiel  
mandes@verhaagh.de  
hsundermeier@lbv-net.de

**Abstract:** Wirtschaftlich optimale Fruchtfolgen sind seit langem Gegenstand agrarökonomischer Forschung. Die bisher für die Lineare Programmierung entstandenen Modelle erachteten die Fruchtfolge abstrakt als betriebsbezogenes Modellkonstrukt. Die für diesen Beitrag prototypisch entwickelte Modellierung sieht das Fruchtfolgeproblem parzellenspezifisch in kombinatorischer bzw. sequenzieller Sichtweise für mehrere Planungsperioden. Weitere Überlegungen erstrecken sich auf die Verknüpfung von LP-Planungsmodell und Finanzbuchhaltung in einem vereinheitlichten übergreifenden Datenmodell.

## 1 Einleitung und Akzeptanzproblem

Bereits George B. Dantzig, der amerikanische Pionier der Linearen Programmierung (LP), sah in der Bearbeitung des landwirtschaftlichen Fruchtfolgeproblems („crop rotation“) ein fruchtbares Anwendungsgebiet für seine neue mathematische Lösungsmethode [Da63]. In Deutschland ist die einzelbetriebliche Investitions- und Produktionsprogrammplanung mit LP seit den Anfängen (z. B. bei Riebe [Ri75]) ein fester Bestandteil der agrarökonomischen Forschung und Ausbildung. Besondere Beachtung fand dabei die Modellierung standort- und fruchtartspezifischer Fruchtfolgeaspekte. Die anwendungsnahe Weiterentwicklung mündete schließlich z. B. in Farm-Boss®, einer professionellen Planungssoftware für landwirtschaftliche Betriebe (s. Münch und Gocht [MG06]). Trotz Adressierung vielfältiger Routineaufgaben landwirtschaftlicher Betriebsplanung (z. B. Verfahrensoptimierung für die Arbeitserledigung, Nährstoff- und Futterbilanzierung) sowie komfortabler Bedienbarkeit, ist die massenhafte Verbreitung derartiger Systeme in der Praxis bisher ausgeblieben. Das gilt auch für parzellenspezifische Problemauffassungen und Lösungsansätze (z. B. [AD11], [ADG11]). Die unbefriedigende Akzeptanz von LP-basierter Planungssoftware in der Praxis führen wir u. a. einerseits auf nicht dem tatsächlichen Sachproblem adäquate Modellformulierungen (insbesondere der Fruchtfolge) zurück [Ve14]. Eine „betriebsbezogene“ Fruchtfolge – wie vielfach formuliert – gibt

es nicht. Aufgrund der tatsächlich vorhandenen betrieblichen Struktur oder der geographischen Gegebenheiten ist die folgende Umsetzung der „Optimal“-Lösungen oft nicht praktikabel. Des Weiteren werden Wirkungen von Vor- und Nachfruchtbeziehungen unzureichend beachtet, die aber in der landwirtschaftlichen Praxis von herausragender Bedeutung sind. Weiterhin bleibt trotz vielfältiger Vereinfachung und Nutzung von Planungsdaten-Katalogen (z. B. KTBL) der Aufwand zur Datenbeschaffung und –aufbereitung bei der Nutzung vorhandener Planungssoftware für den Betriebsleiter oder Berater sehr hoch. Als Quellen dienen hier verschiedene betriebliche Unterlagen (u. a. Ackerschlagkartei) oder Erfahrungswerte, die manuell erfasst werden müssen. Ein mehr oder weniger „automatisierter“ Controlling-Zyklus, in dem Planung, Realisierung, Dokumentation, Soll-Ist-Abgleich inhaltlich miteinander verzahnt sind und auf einer gemeinsamen Datenhaltung basieren, ist uns nicht bekannt.

## 2 Modellierung von parzellenspezifischen Fruchtfolgen

Der Schwerpunkt der hier vorgeschlagenen prototypischen Modellierung zur operativen Betriebsplanung liegt auf der Formulierung parzellenspezifischer Fruchtfolgen, die eine realitätsnähere Abbildung des eigentlichen Sachproblems ergeben (s. Abbildung 1). Diese präzisere Modellierung erstreckt sich über den gesamten Planungshorizont.

Problemauffassung	Traditionell	Parzellenspezifische Betrachtung
Flächen Pflanzenproduktion	Betriebsfläche insgesamt	einzelne Parzellen [Größe, Hofentfernung, spez. Ertragspotential, Bewirtschaftungsschwermisse bzw. -ausschlüsse]
Historie des laufenden Betriebs	?	Vorfrucht [ggfs. Vor-Vorfrucht]
Optimierungstyp	optimale Allokation betrieblicher Ressourcen	parzellenspezifisch optimale Allokation betriebl. Ressourcen mit kombinator. Nebenbedingungen
Ergebnisinhalt	Fruchtartanteile an Betriebsfläche	parzellenspezifische Fruchtfolge
Ergebnisnachbereitung	Aufteilung der Fruchtarten auf die einzelnen Parzellen	- entfällt! -
Bezugnahme auf Vor- und Folgeperiode	?	parzellenspezifisch: Vorfrucht, Folgefrucht Gesamtbetrieb: Start- bzw. Endzustandsvektor
Datenquellen	[BMEL-] Jahresabschluß, weitere	angestrebt: Datenmodell Buchführung in Verbindung mit Management-Informationssystem

Abbildung 1: Folgen parzellenspezifischer Modellierung für die Betriebsplanung mit LP

Aus der Aufteilung der verschiedenen für den jeweiligen Standort geeigneten Pflanzenbau-Processalternativen auf die einzelnen Parzellen ergeben sich über die Modellierung der Parzellen hinaus weitere Konsequenzen für eine sachgerechte Abbildung weiterer partieller Entscheidungsprobleme. Alle Anbaualternativen auf allen Parzellen haben Ansprüche an Arbeitszeit, vorhandene Arbeitskräfte und Maschinenkapazitäten. Das Allokationsproblem der betrieblichen Ressourcen ist also erheblich komplexer. Die neue parzellenspezifische Fruchtfolgmodellierung sollte daher künftig die bisher verwendete betriebsbezogen abstrahierte Fruchtfolgeformulierung ablösen. Betrachtungsgegenstand für die Entscheidung über eine Anbaualternative im Planungsjahr ist die einzelne Parzel-

le mit ihrer Anbauhistorie (den Vorfrüchten) und einer potentiellen Nachfrucht in der auf das Planjahr folgenden Planungsperiode. Zu modellieren sind also alle potenziellen Fruchtartsequenzen innerhalb des Planungshorizonts – und zwar für jede einzelne Parzelle. Aus diesen einzelnen schlagspezifisch optimierten Fruchtfolgen ergibt sich dann unter Berücksichtigung aller weiteren betrieblichen Zusammenhänge und Restriktionen eine Gesamtaufstellung der fruchtartspezifischen Anteile an der Gesamtfläche („Fruchtfolge des Betriebs“). Diese Betrachtungsweise birgt ferner den Vorteil, dass die vorangegangenen parzellenspezifischen Fruchtfolge-Historien im Einzelnen erfasst werden, und damit die betrieblichen Ausgangsrestriktionen minutiös berücksichtigt werden. Die zeitliche Grobstruktur haben wir auf zwei Planjahre fixiert. Die im Lösungsprozess iterativ ermittelte optimale Fruchtart-Parzellenkombination aus der ersten Planungsperiode dient wiederum - wie die dem Planungszeitpunkt vorgelagerte Vorfrucht-Historie - als „Startvektor“ für die zweite Periode.

### **3 Verknüpfung von Planungsmodell und Finanzbuchhaltung**

Der zeitlichen Strukturierung des neu entwickelten operativen Planungsmodells liegen die üblichen Stichtage des landwirtschaftlichen Wirtschaftsjahrs (z. B. 30.06.) bzw. die monatlichen Erfassungs- und Berichtsintervalle der Finanzbuchführung zugrunde. Diese zeitliche Strukturkongruenz birgt große Vorteile, da aus dem Ergebnisbericht einer operativen Optimalplanung (oder ggfs. auch einer Investitionsplanung) unmittelbar die Planwerte eines PLAN-Geldrückberichts bzw. einer PLAN-Erfolgsrechnung abgeleitet werden können. Die meisten der aktuell gebräuchlichen Anwendungssysteme für die Buchführung in der Landwirtschaft sehen in ihren Datensätzen Felder für „Menge“ (kg, dt) und „Stück“ (z. B. Tierzahl) vor. Die Buchführungssoftware WIKING des Landwirtschaftlichen Buchführungsverbands, Kiel, weist hier ein Einzelstellungsmerkmal auf: zu jedem Datensatz sind bis zu 30 sogenannte „Zusatz-Naturalfelder“ individuell definierbar und belegbar. Diese Felder wurden ursprünglich eingerichtet, um weitere Eigenschaften der Produkte erfassen zu können (z. B. Fett- und Eiweißgehalt, Zellzahl der Milch, Ausschachtungsergebnisse und Fleischklassifizierung etc.). Diese Eingabemöglichkeiten werden derzeit allerdings kaum genutzt und böten daher Raum für die Datenhaltung vieler weiterer technischer Koeffizienten (z. B. Vorfrucht, Vor-Vorfrucht; saisonale (monatliche) Arbeits- und Überstunden-Kapazitäten und Urlaubsansprüche). In der bisher angefertigte Machbarkeitsstudie [Ve14] spielte dieser Aufgabenbereich eine untergeordnete Rolle. Die diesbezüglichen Vorüberlegungen ließen jedoch die Überzeugung reifen, dass der größte Teil der benötigten Planungsdaten, Faktormengen und Annahmen durch Nutzung der für die Buchführung benutzten Ordnungs- und Schlüsselbegriffe (Standardisierte Branchenkontenrahmen zur landwirtschaftlichen Buchführung) strukturierbar ist.

### **4 Erste Ergebnisse und Ausblick**

Mit parzellenspezifischer Fruchtfolgemodellierung kann ein Hauptgegenstand der operativen landwirtschaftlichen Betriebsplanung mit LP systematisch, zieladäquat und rea-

litätsnah bearbeitet werden. In einer Machbarkeitsanalyse [Ve14] wurde die vorgeschlagene Formulierung exemplarisch erprobt. Das System OpenSolver (Open Source Software für die Lineare Programmierung) erlaubte Testrechnungen für einen fiktiven Betrieb mit bis zu acht Parzellen. Die Fruchtfolgenmodellierung ergab plausibel nachvollziehbare Fruchtartsequenzen. Betriebe mit mehr Parzellen wurden bisher nicht bearbeitet, da die technischen Möglichkeiten von OpenSolver ausgeschöpft waren. Es besteht aber kein Zweifel, dass mit leistungsfähigerer kommerzieller Software (z. B. Frontline Premium Solver Platform) Betriebe mit 50 und mehr Schlägen bearbeitbar sind. Mit dem parzellenspezifischen Modellierungskonzept lassen sich sowohl die Bewirtschaftungsnachteile weiter entfernt liegender Parzellen oder Betriebsteile als auch z. B. schlagspezifisch und zeitlich großer Unterschiede in der Vorzüglichkeit von Wirtschaftsdüngerapplikationen realitätsnah abbilden [Su80]. Selbstverständlich lassen sich auch die üblichen Fragestellungen der Potentialplanung (Neu-, Ersatz-, Rationalisierungs- oder Erweiterungsinvestitionen), von Verfahrensänderungen, der Arbeitserledigung (Eigenmechanisierung, Lohnunternehmer, Fremdbewirtschaftung), Änderungen der Produktionsrichtung (Betriebszweige) und der Produktionsweise (konventionell, ökologisch) sachgerecht abbilden. In weiteren Entwicklungsschritten planen wir eine einfache Berücksichtigung von Risiko bzw. Unsicherheit in den Daten der Zielfunktion und der technischen Koeffizienten des Gleichungssystems.

Auch die systematische betriebsindividuelle Datengenerierung aus einem erweiterten Datenmodell der landwirtschaftlichen Finanzbuchführung wurde konzeptionell angedacht und ausgelotet. Die ersten (fragmentarischen) Tastschritte in diese Richtung waren erfolgversprechend. Gegenwärtig scheint die wichtigste betriebliche Datenquelle noch nicht ausgeschöpft zu sein. Ansatzpunkte für eine systematische Verknüpfung wären z. B. eine übergreifende Terminologie (Nutzung des Kontenrahmens) sowie eine konzeptuelle Verschmelzung von Finanz- und detaillierter Naturalbuchführung (Schlagkarteien bzw. Managementsysteme).

## Literaturverzeichnis

- [AD11] Aurbacher, Joachim; Dabbert, Stephan: Generating Crop sequences in land-use models using maximum entropy and Markov chains. *Agricultural Syst.* 104 (2011), S. 470-479.
- [ADG11] Akplogan, Mahuna; Dury, Jérôme; de Givry, Simon; Quesnel, Gauthier; Joannon, Alexandre; Reynaud, Arnaud; Bergez, Jaques Éric; Garcia, Frédéric: A Weighted CSP approach for solving spatio-temporal farm planning problems. 11<sup>th</sup> Workshop on Preferences and Soft Constraints, Perugia 2011, S. 1-15.
- [Da63] Dantzig, George B.: *Linear Programming and Extensions*. Princeton, 1963.
- [MG06] Münch, T.; Gocht, A.: *Farm Boss® – Software zur strategischen Beratung landwirtschaftlicher Betriebe*, 2006.
- [Ri75] Riebe, Klaus: Standardformulierungen von LP-Matrizen als Grundlage der Betriebsplanung in der Wirtschaftsberatung. *Berichte über Landwirtschaft* 53, Heft 4, 1975, S. 517–548.
- [Su80] Sundermeier, Hans-Hennig: *Düngungskostenminimierung*. Diss., Kiel, 1980.
- [Ve14] Verhaagh, Mandes: *Betriebsplanung mit Linearer Programmierung - Könnte parzellenspezifische Fruchtfolgenmodellierung die Akzeptanz in der Praxis verbessern?* Bachelorarbeit, Institut für Agrarökonomie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 2014.