

Optimierung der Materiallogistik in landwirtschaftlichen Genossenschaften anhand eines Simulationsmodells

ROBERTO MAX PROTIL, PUCPR-BRASILIEN

Abstract

Based on information supplied by several agricultural cooperatives, it was developed the simulation model SimCoop, which is composed of four sub-models: a distribution model of the plantation area, an agricultural production model, a climate model and an inventory control model. SimCoop was implemented using Simple++, a simulation platform. By using the technique of discret stochastic simulation it was carried out eight series of experiments, which differ from each other with respect to the number of servers and the policy of the customs queue. Each series of experiments comprehends six different policies of inventory control (sq, sS, stq, stS, tq and tS) and four levels of reorder points (two, three, four and five days of consumption). Through the simulation, it was possible to identify optimized inventory policies, besides quantifying some parameters, which should make it possible to increase the efficiency of decision process in inventory management in agricultural cooperatives.

1 Einführung

Diese Forschungsarbeit setzt sich auf einer empirischen Basis mit dem Thema „Materiallogistik in landwirtschaftlichen Genossenschaften“ auseinander. Der Anlass für diese Arbeit bestand darin, dass die Optimierung von Materialströmen und Lagerbeständen im landwirtschaftlichen Bereich trotz gegenwärtiger Wichtigkeit sehr vernachlässigt wird. Diese Arbeit soll daher eine Lücke zwischen der Theorie der Materialwirtschaft und der genossenschaftlichen Praxis schließen und als Entscheidungshilfe für das Management einer landwirtschaftlichen Genossenschaft dienen. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde der Materialstrom innerhalb einer landwirtschaftlichen Genossenschaft modelliert. Das entworfene Modell, „SimCoop“ umfasst vier Untermodelle und wurde unter Verwendung der Sprache Simtalk mit der Simulationssoftware Simple++ programmiert, so dass es möglich war, mit einem Computer Experimente durchzuführen.

1.1 Verbrauchsorientierte Disposition

HARTMANN (1988) behauptet, dass das Beschaffungsvolumen der meisten Unternehmen weit mehr als die Hälfte des Absatzvolumens ausmacht und die Kosten der Materialbewirtschaftung häufig 20-30 % des Warenwertes betragen. In Unternehmen spielen die Materialkosten eine wichtige Rolle, da sie im Durchschnitt 50 % der Umsatzerlöse ausmachen. Im Handel, wo man auch die landwirtschaftlichen Genossenschaften eingliedern kann, liegen die Prozentsätze zwischen 80 % und 95 % besonders hoch (GROCHLA, 1978). Die Lagerung hat die Funktion eines Puffers innerhalb des Güterstroms, der bei einem Produktionsprozess oder Distributionsprozess vom Einkauf über gegebenenfalls verschiedene Produktionsstufen zum Verbraucher fließt. Lager dienen der zeitlichen Entkopplung von Tätigkeiten, etwa zwischen Produktion und Auslieferung. Damit erlaubt ein Lager auch den Ausgleich von Produktions- und Nachfrageschwankungen (NEUMANN, 1992).

Nach TEMPELMEIER (1992) kann man die Methoden der verbrauchsorientierten Disposition danach unterscheiden, ob sie sich auf regelmäßigen Bedarf beziehen oder ob sie für unregelmäßigen Bedarf konzipiert sind. In der Praxis haben sich je nach Art der Überprüfung und Bestellauslösung zwei Methoden der verbrauchsorientierten Disposition herauskristallisiert,

die auch als Lagerhaltungssysteme definiert werden: das Bestellpunktverfahren (Mengensteuerung) und das Bestellrhythmusverfahren (Terminsteuerung).

Das **Bestellpunkt- oder Meldebestandsverfahren** ist das in der Praxis der manuellen Lagerdisposition am häufigsten eingesetzte Verfahren. Der Bestellpunkt ist jene Menge in Einheiten einer Materialdisposition, die erforderlich ist, um den Bedarf abzudecken, der zwischen der Bestellauslösung und der Bereitstellung im Lager voraussichtlich auftreten wird. Im Rahmen des Bestellpunktsystems sind folgende Strategien zu unterscheiden:

- s,q - Strategie: Der verfügbare Bestand wird mit einem vorher ermittelten Bestellpunkt s verglichen. Bei Erreichen oder Unterschreiten von s wird eine Menge q bestellt, die nach Möglichkeit der ermittelten kostenmäßig optimalen Bestellmenge zumindest annäherungsweise entsprechen sollte.
- s,S - Strategie: Wenn der verfügbare Bestand den ermittelten Bestellpunkt s erreicht oder unterschreitet, wird dieser bis zu einer Obergrenze S aufgefüllt. Durch die Festlegung dieser Obergrenze (= Höchstbestand) werden unnötig hohe Materialvorräte verhindert.

Beim **Bestellrhythmusverfahren** findet die Überprüfung, ob der verfügbare Bestand den Bestellpunkt unterschritten hat, nur in bestimmten Zeitabständen statt. Dieses Verfahren ist zu empfehlen, wenn mehrere Lagerartikel vom selben Lieferanten bezogen werden. Es kann aber auch durch den Lieferrhythmus des Lieferanten oder den Rhythmus der eigenen Produktion eine Nachbestellung nur zu bestimmten vorgegebenen Zeitpunkten möglich sein (HARTMANN, 1988). Im Rahmen des Bestellrhythmusystems sind vier Strategien denkbar:

- t,q - Strategie: Es wird in konstanten Intervallen t eine Menge q nachbestellt.
- t,S - Strategie: Es wird in konstanten Intervallen t nachbestellt und bis zum Höchstbestand S aufgefüllt, wenn Lagerbewegungen stattgefunden haben.
- t,s,q - Strategie: Der Bestand wird in konstanten Intervallen t überprüft. Ergibt die Überprüfung, dass die Bestellpunktmenge s erreicht oder unterschritten ist, wird die Menge q bestellt.
- t,s,S - Strategie: Der Bestand wird in konstanten Intervallen t überprüft. Ergibt die Überprüfung, dass die Bestellpunktmenge s erreicht oder unterschritten ist, so wird bis zum Höchstbestand S aufgefüllt.

2 Entwicklung des Modells SimCoop

Das gesamte Modell „SimCoop“ besteht aus vier Untermodellen, und zwar: einem Bodenverteilungsmodell, einem Klimamodell, einem Produktionsmodell und einem Lagerhaltungsmodell. Das Bodenverteilungsmodell beinhaltet das Produktions- und Lagerhaltungsmodell und ist dem Klimamodell unterstellt.

Das Bodenverteilungsmodell: „SimCoop“ bildet eine Genossenschaft, zu der etwa 300 landwirtschaftliche Unternehmen gehören, die auf ca. 50.000 ha Sojabohnen anbauen. Aufgrund der unterschiedlichen Eigenschaften werden die Unternehmen in Klassen unterteilt:

	Unternehmensklasse			
	Mini 0-50 ha	Kleine 51-100 ha	Mittlere 101-200 ha	Große > 200 ha
Zahl der Unternehmen (%)	70 (25)	85 (30)	70 (25)	60 (20)
Anteil an der Gesamtfläche (%)	5	15	25	55
Betriebsgröße (ha)	30 ± 10	70 ± 15	150 ± 30	400 ± 100
Produktivität (t/ha)	2,80 ± 0,45	2,85 ± 0,40	2,9 ± 0,35	3,0 ± 0,30

Das Produktionsmodell: Bei den Unkräutern wird zwischen breitblättrigen und schmalblättrigen (Gräser) unterschieden. Die Verluste folgen einer exponentialen Funktion und haben ihre maximale Ausprägung am 42. Tag, falls keine Herbizide ausgebracht werden. Außerdem haben die Herbizide nach diesem Tag keine merkbare Wirkung mehr. Die Ernteverluste können je nach Unkrautart und Unkrautbestandsdichte zwischen 10 % und 100 % des Ertrags schwanken.

Bestandsdichte	breitblättrige Unkräuter	Gräser
Geringere	$y = -0.0023x^3 + 0.704x^2 + 0.0048x$	$y = -0.0053x^3 + 0.1633x^2 + 0.119x$
Mittlere	$y = -0.00053x^3 + 0.1633x^2 + 0.119x$	$y = -0.0107x^3 + 0.3367x^2 + 0.0238x$
Höhere	$y = -0.0107x^3 + 0.3367x^2 + 0.0238x$	$y = -0.0243x^3 + 0.7653x^2 - 0.5952x$

x = Ausbringungstag nach dem optimalen Ausbringungszeitpunkt y = Verluste in %

Das Klimamodell: Da in dieser Arbeit Unkräuter bzw. Herbizide im Vordergrund stehen, wird ein Modul eingebaut, das die Niederschläge simulieren soll. In diesem Modul wird erstens die Regenwahrscheinlichkeit je Periode nach einer Normalverteilung generiert. Falls es regnen sollte, wird die Regenmenge nach einer Weibullverteilung bestimmt. Die Regenmenge ist für jede Periode durch einen Obergrenzwert beschränkt, und der gesamte Durchschnittswert liegt bei 13,66 l/qm/Tag.

Das Lagerhaltungsmodell: Die *Dynamik* des Modells entsteht durch die im Zeitraum von 60 Tagen stattfindenden Ereignisse. Zwischen ihnen liegen, verursacht durch die stochastischen Daten, unterschiedlich lange Zeitabschnitte. Diese müssen ständig, also bei jedem Ereignis, erfasst werden. Die Eintrittsmomente der einzelnen Ereignisse sind Startpunkte von Material-, Informations- und Finanzströmen. Je nach Zustand des Modells kommt es zum Fluss eines, zweier oder aller drei Stromtypen. Kann nicht ausgelagert werden, so werden lediglich die Auftragsdaten verlagert - es fließen nur Informations- und Finanzströme. Kann ein- oder ausgelagert werden, so fließen zusätzlich Materialströme. Folglich besteht ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen dem Zeitfluss auf der einen Seite und den Material-, Informations- und Finanzströmen auf der anderen Seite.

3 Der Experimentplan

Es wurden 8 Experimentreihen durchgeführt, die sich im wesentlichen hinsichtlich der Bedienungsprioritätsregel und der Zahl von Bedienungsstelle unterscheiden. Jede Reihe umfasste 6 Lagerpolitiken (sq; sS; stq; stS; tq und tS) und 4 Bestellpunkte (2 bis 5-Tagesbedarf). Insgesamt wurden 144 Experimente mit 3101 Wiederholungen durchgeführt (im Durchschnitt 22 Wiederholungen pro Experiment). Die Experimentreihen 1, 2, 3, 6, 7 und 8 wurden nach einer FIFO-Regel und die Reihen 4 und 5 nach einer modifizierten LIFO-Regel gesteuert. Die Reihen 1 bis 3 waren durch ein einziges Lager und ein bzw. zwei und vier Bedienungsstellen gekennzeichnet. In den Reihen 5 und 6 waren zwei bzw. vier Lager und zwei bzw. vier Bedienungsstellen vorhanden, während bei den Reihen 6 bis 8 ein Lager und eine Bedienungsstelle zugrunde lag. Im Experimentplan wurde jedes Experiment mit einem dreistelligen Code versehen. Die erste Stelle entspricht der Lagerpolitik, die zweite Stelle der Experimentreihe und die dritte Stelle dem Bestellpunkt.

	Gruppe A			Gruppe B		Gruppe C		
	Reihe 1	Reihe 2	Reihe 3	Reihe 4	Reihe 5	Reihe 6	Reihe 7	Reihe 8
Bedienungsstelle	1	2	4	2	4	1	1	1
Zahl der Lager	1	1	1	2	4	1	1	1
Bedienungs-priorität (wer wird zuerst bedient)	FIFO	FIFO	FIFO	FIFO	FIFO	1° Mini dann FIFO	1° Mini dann 2° Kleine dann FIFO	1° Mini dann 2° Kleine dann 3° Mittlere dann 4° Große
Warteschlange I	Alle	Mini+ Kleine	Mini	Mini + Kleine	Mini	Alle	Alle	Alle
Warteschlange II	--	Mittlere + Große	Kleine	Mittlere + Große	Kleine	--	--	--
Warteschlange III	--	--	Mittlere		Mittlere	--	--	--
Warteschlange VI	--	--	Große		Große	--	--	--

4 Ergebnisse und Schlußbetrachtung

Bei der Analyse der Simulationsdaten wurde für die Variablen Bedarfservice, Wartezeit, Ernteverluste und Lagerbestand ein hoher Korrelationskoeffizient ermittelt. Die gesamten Daten einer Variable wurden in einer einzigen Schätzfunktion zusammengefasst, um so mit Hilfe der folgenden Gleichungen näherungsweise Bedarfservice, Wartezeit und Ernteverlust bestimmen zu können:

Bedarfservice $\rightarrow f(\alpha)$	=	$4,0559x^3 - 33,138x^2 + 97,062x$
Wartezeit $\rightarrow f(\text{Bedarfservice})$	=	$-4E-07x^3 + 0,00007x^3 - 0,0032x^2 - 0,0684x + 8,9247$
Ernteverluste $\rightarrow f(\text{Wartezeit})$	=	$-0,0103x^4 + 0,1544x^3 - 0,5206x^2 + 0,8885x - 0,4311$

α = Verhältnis zwischen durchschnittlichem Lagerbestand und durchschnittlichem Bedarf

Für die Maximierung bzw. Minimierung der Lagervariablen ist folgendes zu empfehlen:

Variablen	Beste Ergebnisse			Schlechteste Ergebnisse		
	Politik	μ	σ	Politik	μ	σ
Bedarfservice (%)	stq 1	96,89	2,16	stq 1-2	34,41	13,32
Wartezeit (Tage)	stq 1	1,16	0,48	stq 5-2	5,56	1,31
Ernteverluste (%)	stq 5	0,00	0,00	stq 7-2	6,34	4,33
Lagerbestand (α)	stq 3-3	0,56	0,15	stq 7	1,78	0,37

α = Verhältnis zwischen durchschnittlichem Lagerbestand und durchschnittlichem Bedarf

Es hat sich erwiesen, dass keine einzelne Politik gleichzeitig alle Variablen optimieren kann. Dies bestätigt die Aussage von HARTMANN (1988:44), dass zwischen der marktbedingten Maximierung der Lieferbereitschaft und der unternehmensbedingten Kostenminimierung eine Unvereinbarkeit besteht. Deswegen ist es empfehlenswert, dass der Manager sich für einen festgesetzten Grad des Bedarfservice, der Wartezeit oder Ernteverluste entscheidet. Besondere Aufmerksamkeit sollte für die Entscheidung über das Verhältnis α zwischen durchschnittlichem Lagerbestand und durchschnittlichem Bedarf aufgebracht werden. Ein Wert $\alpha > 1$ erhöht zwar die Lagerkosten, verbessert jedoch den Bedarfservice; andererseits kann $\alpha \leq 1$ die Lagerkosten senken, wobei sich der Bedarfservice verschlechtert.

Es ist bekannt, dass die meisten Genossenschaften in Brasilien das Bestellpunktverfahren und besonders die Lagerhaltungspolitik sS vorziehen. Dies hat sich in dieser Studie als suboptimale Politik erwiesen, die zwar aus Sicht der Genossenschaftsführung zu vorteilhaften Unter-

nehmenseergebnissen führt (und damit von ihnen aus gutem Grund präferiert wird), jedoch die von den Mitglieder zu tragenden Fehlmengenkosten unberücksichtigt lässt. Um eine ganzheitliche Lösung bei der Lagerhaltung in landwirtschaftlichen Genossenschaften zu finden, d.h. eine Lösung, die gleichzeitig die Genossenschaftsführung und die Genossenschaftsmitglieder befriedigt, empfiehlt sich das Bestellrhythmusverfahren und besonders die Politik tq mit einer wöchentlichen Bestellung und mit folgenden Einrichtungen: einem Lager, einer Bedienungsstelle und Bevorzugung von Mini-Unternehmen.

5 Literatur

- HARTMANN, H.: Materialwirtschaft: Organization, Planung, Durchführung, Kontrolle – 4. Auflage, Taylorix, Stuttgart, 1988.
- GROCHLA, E.: Grundlage der Materialwirtschaft – Das materialwirtschaftliche Optimum im Betrieb. Dritte Auflage, Wiesbaden, 1978.
- NEUMANN, K.; MORLOCK, M.: Operations Research. Carl Hanser Verlag, München, 1992.
- TEMPELMEIER, H.: Standortoptimierung in der Marketing-Logistik. Meisenheim Verlag, Königstein/Taunus, 1980.