

- Weiterhin werden mit dieser vorgestellten Lösung Verluste, die aus oben genannten Bedienungsfehlern resultieren, fast vollkommen ausgeschaltet und führen somit zu einer Entlastung des Fahrers sowohl der Erntemaschine als auch der Transportmittel.
- Ein weiterer wesentlicher Vorteil des vergrößerten Überblattschutzes ist, daß dadurch ein etwa 20 Prozent größeres Nutzvolumen erreicht wird. Das ermöglicht beim Transport von Welkgut, Stroh und anderen Leichtgütern eine entsprechend bessere Auslastung der Transportmittel. Die verbesserte Effektivität beträgt beim Transport von Stroh rd. 1,60 M/t und bei Welkgut rd. 0,40 M/t.
- Beim Transport werden Verluste infolge Verwehungen durch den Fahrtwind vollständig ausgeschaltet. Neben der Vermeidung von Umweltverschmutzungen beim Leichtguttransport wird die StVZO eingehalten, und mögliche Gefährdungen im Straßenverkehr treten nicht mehr auf.
- Durch den beweglichen Überblattschutz verringert sich die Fahrzeughöhe beim Transport um etwa 400 mm, was Vorteile beim Fahren, besonders unter Brücken und Toren, zur Folge hat.

Die Laderaumabdeckung wird noch an Bedeutung gewinnen durch den künftigen Transport von Stroh über größere Entfernungen zu Pelletieranlagen. Weiterhin sind Überlegungen anzustellen, wie diese Lösung der Laderaumabdeckung für

andere Gutarten, wie Getreide, Düngemittel u. a., genutzt werden kann. Das gilt auch unter der Sicht, daß eine einheitliche Abdeckung mit nur geringer Modifikation als Baukastenteil, industriell in relativ hohen Stückzahlen gefertigt, der Landwirtschaft zur Verfügung gestellt wird und sowohl für die Nachrüstung gegenwärtig vorhandener Fahrzeuge als auch bei der Weiter- und Neuentwicklung von Transportmitteln Berücksichtigung finden sollte.

3. Zusammenfassung

Begründet auf einer quantitativen und qualitativen Analyse einzelner Verlustquellen bei der Halmgutbergung wird eine Lösung zur Senkung und Vermeidung von Belade- und Transportverlusten vorgestellt.

Die Ergebnisse des Einsatzes der Kombination von Überblattschutz und Laderaumabdeckung zeigen, daß subjektiv und objektiv bedingte Mängel bei der Bergung und beim Transport von Halmgut beseitigt werden können und daß eine effektivere Nutzung des Transportraums bei Leichtgut möglich ist.

Literatur

- 1/ Döll, H.; Jorschick, H.: Untersuchung einiger Einflußfaktoren auf die Gestaltung der Laderäume beim Transport von Grün- und Welkgut. IFM Potsdam-Bornim, Zweigstelle Meißen 1974. A 9881

Optimale Gestaltung transportverbundener Fließarbeitsverfahren mit Simulation

Dipl.-Landw. Renate Liepelt / Dipl.-Landw. A. Liepelt, VEB Robotron, Zentrum für Forschung und Technik Dresden

1. Problemstellung

Die Intensivierung des landwirtschaftlichen Reproduktionsprozesses ist durch die Einführung industriemäßiger Produktionsmethoden auf dem Weg der Kooperation gekennzeichnet. Durch die dabei auftretende Mechanisierung ganzer Arbeitsketten nehmen Umfang und Bedeutung von Fließarbeitsverfahren zu.

Fließarbeitsverfahren zeichnen sich durch eine zeitlich fortschreitende Folge von Teilarbeiten aus ^{1/1}. Aufgrund der Unteilbarkeit der eingesetzten Produktionsmittel und Arbeitskräfte entstehen technologisch bedingte Verlustzeiten, die mehr oder weniger hoch, niemals jedoch Null werden können. So sind z. B. bei dem transportverbundenen Fließarbeitsverfahren „Mähdrusch-Körnertransport“ die Anzahl Mährescher je Komplex, die diesem Komplex zugeordnete Anzahl an Transportfahrzeugen sowie die Abnahmekapazität der den (zumeist mehreren) Komplexen zugeordneten Abnahmestellen des VEB Getreidewirtschaft so zu planen, daß sowohl die Verlustzeiten durch falsche Arbeitsdisposition als auch die technologisch bedingten Verlustzeiten minimal werden. Während des Arbeitsprozesses kann es außerdem zu Störungen im Arbeitsablauf durch Maschinenstörungen oder durch ungünstige Witterung kommen.

Das Problem der Abstimmung von Maschinengruppen für Teilarbeiten bei transportverbundenen Fließarbeitsverfahren wurde bereits mehrfach beschrieben. Zur Lösung des Abstimmungsproblems wurden bisher analytische Ausdrücke (um die Höhe der Verlustzeiten zu ermitteln) und die Methode der gemischt-ganzzahligen Optimierung (um die Höhe der Verlustzeiten zu minimieren) angewendet ^{1/1} ^{2/2}

^{3/3}. Diese Verfahren erfordern Einschränkungen bezüglich der Komplexität des originalen Prozesses und der Berücksichtigung stochastischer Einflüsse.

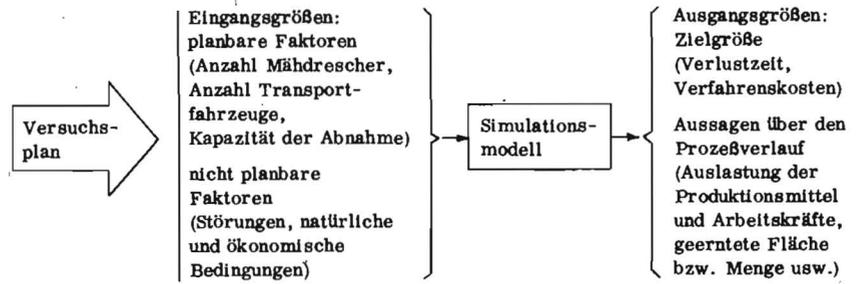
Nachstehend wird am Beispiel des transportverbundenen Fließarbeitsverfahrens „Mähdrusch-Körnertransport“ gezeigt, wie mit der Methode der Simulation das Problem ohne diese Einschränkungen gelöst werden kann.

2. Lösungsmethode

Simulation bedeutet Nachbildung von speziellen Verhaltensweisen eines Originals durch ein Modell. Erfolgt die Nachbildung auf einem Digitalrechner, spricht man auch von digitaler Simulation. Durch diese Methode des „Nachahmens“ kann ein originaler Prozeß mit Hilfe eines Simulationsmodells zum Zwecke seiner Optimierung mehrfach durchgespielt werden. Sowohl Eingangsgrößen als auch Parameter des Prozesses können durch systematische oder stochastische Auswahl aus einem vorgegebenen Wertebereich verändert werden. Voraussetzung ist, daß die zwischen den Elementen bestehenden Relationen und auch die Eigenschaften der Elemente selbst durch arithmetische oder logische Ausdrücke erfaßt werden können.

Gegenüber einem mathematisch-analytischen Modell hat ein Simulationsmodell im allgemeinen einen geringeren Abstraktionsgrad. Auf verhältnismäßig einfache Weise können in einem Simulationsmodell die Wirkungen beliebiger Einflußgrößen (auch Zufallsgrößen) auf eine Zielgröße (Ergebnis) erfaßt werden. Dabei ist es unerheblich, welcher Art der Zusammenhang zwischen Einflußgrößen und Zielgröße ist

Bild 1. Simulation des transportverbundenen Fließarbeitsverfahrens „Mähdrusch-Körnertransport“ zur Ermittlung der Auswirkungen alternativer Planentscheidungen



(linear oder nichtlinear, deterministisch oder stochastisch, stetig oder nichtstetig). Diese Eigenschaften gestatten die Anwendung der Methode der Simulation zur Lösung vieler Probleme der Operationsforschung. So können z. B. technologische Prozesse, die sich durch ihre Komplexität sowie durch dynamische und stochastische Eigenschaften ihrer Parameter der Untersuchung mit Hilfe analytischer oder numerischer Methoden verschließen, erfolgreich durch Simulationsmodelle abgebildet werden.

Die Lösung des Problems der Verlustzeitminimierung beim genannten Fließarbeitsverfahren mittels Simulation bietet die Möglichkeit, die Auswirkungen von Planentscheidungen (z. B. verschiedene Anzahl Mähdrescher je Komplex, Anzahl Transportfahrzeuge je Komplex, Kapazität der Abnahmestellen usw.) unter Berücksichtigung der wesentlichen zufälligen Einflüsse durch Witterung und Maschinenstörungen für einen gegebenen Standort „versuchsweise“ zu ermitteln.

Die Untersuchung der Auswirkungen von Veränderungen der Eingangsgrößen auf die Ausgangsgrößen mit einem Simulationsmodell entspricht der Durchführung von Versuchen (Bild 1).

3. Beispiel

Die Vorstellung eines Simulationsmodells, das die originalen Bedingungen des Fließarbeitsverfahrens „Mähdrusch-Körnertransport“ umfassend nachbildet, würde den Rahmen dieses Beitrags sprengen. Zur Demonstration der Methode wird daher ein vereinfachtes Modell vorgeführt.

Untersucht werden soll die Wirkung einer unterschiedlichen Anzahl von Mähdreschern und von Transportfahrzeugen auf die Höhe der Verlustzeiten und damit der Verfahrenskosten bei der Aberntung eines bestimmten Mähdruschfruchtbestands.

Verlustzeiten können bei folgenden Teilen des Fließarbeitsverfahrens auftreten:

- beim Warten von Mähdreschern mit vollen Bunkern auf Transportfahrzeuge
- beim Warten von Transportfahrzeugen auf Mähdrescher
- beim Warten von Transportfahrzeugen an der Abnahme (diese Wartezeit wird meist gering sein, da die Transportfahrzeuge an den meisten Abnahmestellen auf Freiflächen abkippen können).

Die Lösung der dabei auftretenden Abstimmungsprobleme wird durch Maschinenstörungen erschwert, wobei sich besonders Störungen der Mähdrescher hemmend auf den Arbeitsablauf auswirken.

Die Verlustzeiten sind unproduktive Zeit; diese bildet gemeinsam mit der produktiven Zeit, die zur Erledigung eines vorgegebenen Arbeitsumfangs notwendig ist, die Gesamtarbeitszeit, welche die Höhe der Verfahrenskosten je Erzeugungseinheit (Hektar) bestimmt.

Das Simulationsmodell ahmt den Arbeitsablauf bei der Aberntung eines Mähdruschfruchtbestands nach, berücksichtigt dabei auch Maschinenstörungen an den Mähdreschern

und errechnet für eine vorgegebene Variante aus der Höhe der aufgetretenen produktiven und unproduktiven Zeit die Verfahrenskosten:

$$V = \frac{1}{L} \left(a \sum_{j=1}^m VM_j + b \sum_{k=1}^n VT_k + c \sum_{j=1}^m PM_j + d \sum_{k=1}^n PT_k \right)$$

V Verfahrenskosten in M/h

VM_j Wartezeit des j-ten Mähdreschers auf Transportfahrzeuge in h

VT_k Wartezeit des k-ten Transportfahrzeugs beim Abbunkern und an der Abnahme in h

PM_j produktive Zeit des j-ten Mähdreschers in h

PT_k produktive Zeit des k-ten Transportfahrzeugs in h

a für Mähdrusch

b für Körnertransport

c für Mähdrusch

d für Körnertransport

L Bestandsfläche in ha

m Anzahl Mähdrescher

n Anzahl Transportfahrzeuge

in der unproduktiven Zeit } entstehende
 in der produktiven Zeit } Verfahrenskosten
 in M/h

} je Komplex

Die optimale Kombination von Mähdreschern und Transportfahrzeugen wird durch Vergleich mehrerer Varianten gefunden. Die Varianten werden gebildet, indem sowohl die Anzahl Mähdrescher als auch die Anzahl Transportfahrzeuge je Komplex stufenweise (5, 6, 7, 8 Mähdrescher und 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 Transportfahrzeuge) verändert werden.

4. Programmierung

Für praktische Probleme ist die Berechnung eines Simulationsmodells von Hand nicht möglich. Aus diesem Grund begann sich die Methode der Simulation auch erst dann durchzusetzen, als den Anwendern leistungsfähige EDVA zur Verfügung standen. Die Umsetzung eines Simulationsmodells in ein EDV-Programm wird durch die Verwendung eines Programmiersystems für Simulation wesentlich erleichtert.

Das vom VEB Robotron Zentrum für Forschung und Technik für die EDVA ROBOTRON 21 und für die ESER-Anlagen entwickelte Programmiersystem VOPS SIMDIS enthält neben einer leicht erlernbaren Sprache eine Vielzahl aufeinander abgestimmter Verarbeitungsroutinen sowie Übersetzungs- und Steuerprogramme zur Interpretation und Ausführung des Anwendungsprogramms. Der Anwender kann sich dementsprechend voll auf sein Problem konzentrieren, ohne sich um die bei einem dynamischen Simulationsmodell aufwendige Realisierung der Ereigniszeitpunkte kümmern zu müssen.

Das Programm für die Abbildung des Arbeitsprozesses umfaßt nur etwa 50 Blockanweisungen, es kann direkt nach einem Problemablaufplan (oder auch einer verbalen Beschreibung) aufgestellt werden.

Die Rechenzeit je Variante beträgt auf der EDVA ROBOTRON 21 etwa 1 Minute, hinzu kommen noch 2 Minuten für die Übersetzung des Programms.

Tafel 1. Wartezeiten, Verfahrenskosten und Hektarleistung in 10 Stunden für 32 Simulationsexperimente

Nr. des Sim.-Ex.	Anzahl MD ¹ (Komplexgröße)	Anzahl LKW ²	Mittl. Wartezeit min in 10 h		Verfahrenskosten M/ha	Leistung ha in 10 h
			eines LKW	eines MD		
1		3	49	261	131	35
2		4	60	136	115	45
3		5	96	86	102	53
4	5	6	114	46	97	61
5		7	156	10	92	62
6		8	216	7	94	63
7		9	228	—	100	65
8		10	312	—	105	68
9		3	42	266	150	36
10		4	48	186	130	46
11		5	54	124	112	56
12	6	6	60	67	100	65
13		7	80	44	95	71
14		8	96	16	90	76
15		9	156	8	110	77
16		10	222	—	115	78
17		3	30	338	160	37
18		4	42	268	140	47
19		5	48	210	120	56
20	7	6	60	102	112	65
21		7	65	74	100	75
22		8	72	71	95	78
23		9	90	50	120	79
24		10	96	10	125	80
25		3	30	355	180	38
26		4	42	273	150	48
27		5	45	235	130	58
28	8	6	48	223	120	68
29		7	54	141	114	77
30		8	60	133	95	79
31		9	90	65	92	79
32		10	96	21	110	81

¹ MD Mährescher

² LKW Transportfahrzeuge

5. Ergebnisse

Mit den vier Stufen für die Anzahl Mährescher und den acht Stufen für die Anzahl Transportfahrzeuge wurden 32 Simulationsexperimente durchgeführt. Je Simulationsexperiment wurden wegen des stochastischen Charakters des Modells 10 Wiederholungen simuliert, aus denen Erwartungswerte für die Höhe der Verfahrenskosten und ergänzende Ergebniskennzahlen geschätzt wurden. Tafel 1 zeigt die Ergebnisse.

Die Perspektiven der Transporttechnik in der tschechoslowakischen Landwirtschaft¹

Dr.-Ing. E. Strouhal, Forschungsinstitut für Landtechnik, Praha – Řeřy, ČSSR

1. Konzeptionelle Zielsetzungen

Die Radtraktoren nehmen gegenwärtig unter den fahrbaren Energiequellen eine beherrschende Stellung ein, namentlich in der letzten Zeit, wo sie in den stärksten Klassen mit Motorleistungen von 100 bis 200 PS (74 bis 147 kW) auch Aufgaben übernehmen, die früher den Kettentraktoren zukamen.

Parallel dazu zeigt sich ein ständig wachsender Bedarf an selbstfahrenden Maschinen und Lastkraftwagen. Die Erkenntnisse deuten darauf hin, daß der Zeitraum nach 1975 durch ein starkes Vordringen der selbstfahrenden Maschinen und der Lastkraftwagen in der Landwirtschaft gekennzeichnet sein wird, und zwar auch auf Kosten der jetzigen Radtraktoren. Es zeigt sich, daß die Entwicklung des Universalradtraktors gegenwärtig ihren Kulminationspunkt erreicht hat.

¹ Referat zur KDT-Tagung „Rationalisierung des Transports in der industriemäßig organisierten Pflanzenproduktion“ am 19. und 20. Februar 1975 in Neubrandenburg

Je Komplexgröße zeichnet sich eine Variante durch minimale Verfahrenskosten aus: Für 5 Mährescher liegt dieses Minimum bei 7 Transportfahrzeugen (92 M/ha), für 6 Mährescher bei 8 (90 M/ha), für 7 Mährescher ebenfalls bei 8 (95 M/ha) und für 8 Mährescher bei 9 Transportfahrzeugen (92 M/ha). Der Unterschied zwischen 90 M/ha bei der Optimalkombination für Komplexgröße 6 und 95 M/ha bei der Optimalkombination für Komplexgröße 7 entsteht durch das unterschiedliche Leistungsvermögen und die Unteilbarkeit der eingesetzten Produktionsmittel.

Durch den Einsatz der optimalen Variante ist eine Kosteneinsparung zu erzielen. So betragen z. B. bei Komplexgröße 5 die Verfahrenskosten im Mittel der Varianten 1 bis 8 105 M/ha, für die optimale Variante jedoch nur 92 M/ha. Es ergibt sich somit eine Senkung der Verfahrenskosten von 13 M/ha.

Von der Komplexgröße abhängig ist der Anteil Transportfahrzeuge je Mährescher. Dieser Anteil sinkt, je mehr Mährescher gemeinsam im Komplex arbeiten. Diese Tendenz setzt sich mit steigender Komplexgröße fort, so daß dieses Simulationsmodell nicht geeignet ist, die optimale Komplexgröße zu ermitteln, da die in entgegengesetzter Richtung wirkenden Faktoren, wie Überschaubarkeit der Komplexe und Zusammenhang zwischen Schlaggröße und Komplexgröße (evtl. häufiges Umsetzen) nicht erfaßt sind.

Literatur

- [1] Fleischer, E.: Zu einigen technologischen Gesetzmäßigkeiten transportverbundener Fließarbeitsverfahren und ihrer Nutzung in der Praxis (Teil I und II). Dt. Agrartechnik 21 (1971) H. 11, S. 501 bis 504 und H. 12, S. 567—570.
- [2] Kasten, A.: Optimierte Komplexgrößen für den Einsatz der Maschinen bei kooperativer Pflanzenproduktion. Dt. Agrartechnik 19 (1969) H. 11, S. 539—543.
- [3] Kasten, A. u. a.: Optimale Mähdruschkomplexe — Ein Beitrag zur Optimierung transportverbundener Fließarbeitsverfahren bei Kooperation in der Pflanzenproduktion. Halle (Saale) und Quedlinburg, April 1970.
- [4] Liepelt, R.; Liepelt, A.: Ein stochastisches Simulationsmodell für das Verfahren Mähdrusch-Körnertransport. Mathematik, Kybernetik, Ökonomie — Aktuelle Probleme. Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1974.
- [5] Anwenderhandbuch VOPS SIMDIS, H. 4303-1003-2. VEB Robotron, Dresden 1973.

A 9859