

Die im Beschluß des X. Deutschen Bauernkongresses vorgesehenen Ertragssteigerungen sollen zu 50 Prozent durch die Chemisierung der Landwirtschaft erreicht werden. Die Agrochemie erlangt deshalb im Reproduktionsprozeß der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft immer größere Bedeutung. Um die Chemisierung der Landwirtschaft mit höchstem Nutzeffekt und geringstem Aufwand an Investitionsmitteln durchzuführen, beschloß der X. Deutsche Bauernkongreß den schrittweisen Aufbau Agrochemischer Zentren (ACZ). Diese ACZ haben insbesondere folgende Aufgaben:

- mineralische und organische Düngung,
- Pflanzenschutzmaßnahmen sowie chemische Stall- und Hofhygiene,
- Einsatz von Wirtschaftsflugzeugen zur Minereraldüngung und zum Pflanzenschutz.

Im einzelnen müssen sie bei der Lösung dieser Aufgaben gewährleisten, daß

- agrobiologische Zeitspannen bei der Durchführung von agrochemischen Arbeiten eingehalten und
- hohe und stabile Erträge der Pflanzenproduktion in guter Qualität erzielt sowie
- eine hohe Effektivität des Fondsvorschusses (hoher Nutzeffekt der Investitionen) und
- eine starke Senkung der Kosten zur Durchführung der agrochemischen Arbeiten erreicht werden.

Bei der Projektierung aller ACZ gibt es verschiedene Klassen von Aufgaben, zu deren Lösung stets die gleichen Algorithmen (im Sinne geordneter Mengen von Regeln bzw. Grundoperationen) anzuwenden sind. Zur Projektierung eines jeden ACZ sind beispielsweise

- die Anzahl der Traktoren bestimmter Zugkraftklassen,
  - die notwendigen LKW mit Zusatzgeräten,
  - die zweckmäßigsten Düngungstechnologien sowie
  - die Lagerkapazität für Düngemittel
- zu ermitteln.

Die Eingabeinformationen (Ausgangsdaten) für diese gewünschten Ausgabeinformationen haben ebenfalls in allen ACZ die gleiche Qualität. Es liegt somit nahe, diesen Teil der Projektierung agrochemischer Zentren durch den Einsatz von EDV-Anlagen zu automatisieren.

(Schluß von Seite 15)

einer vorgesehenen Abgabeleistung von 1 t/min beim Einsatz der Zwei-Komponenten-Mischanlage oder eines Übergabebunkers.

## Zusammenfassung

Durch Anwendung der Leichtbauweise beim Aufbau von zentralen Düngerlagern werden der sozialistischen Landwirtschaft Bauten zur Verfügung gestellt, die den wissenschaftlichen und technischen Höchststand mitbestimmen. Gegenüber den bekannten Lagerhallentypen ergeben sich wesentliche Vorteile:

- Verringerung des Massivbauanteils
- Verkürzung der Montagezeit
- Senkung des Investitionsaufwands
- Verminderung der Korrosionsgefahr

Beide Angebotsprojekte entsprechen dem Grundsatz der Übereinstimmung von Technologie und Bau und ermöglichen eine Senkung der Verfahrenskosten um  $\approx 15$  bis 20 Prozent. Die Projekte stehen unserer Landwirtschaft (LPG, GPG, VEG) für den Aufbau von ACZ ab Oktober 1969 zur Verfügung.

A 7808

Die dringende Notwendigkeit des Einsatzes von EDVA und der Anwendung von Methoden der Operationsforschung zur Projektierung der ACZ ergibt sich schon aus der geringen Zeit, die für die Projektierung noch zur Verfügung steht. Existiert bei der Projektierung kein entsprechender Vorlauf, dann können die vorgesehenen ACZ nicht termingemäß aufgebaut werden. Außerdem ist es erforderlich, bei der Projektierung die — im Sinne der speziellen Zielstellungen der ACZ — beste Variante auszuwählen. Deshalb wurde im Auftrage des Ingenieurbüros für Agrochemische Zentren ein System von linearen Optimierungsmodellen zur Teilautomatisierung wichtiger Projektierungsarbeiten entwickelt, das im folgenden geschildert werden soll. Dabei beschränken wir uns auf die Darstellung der Zusammenhänge zwischen den Modellen und auf die Schilderung des wichtigsten Modells im Modellsystem.

## 1. Modellsystem

Das formulierte System von Modellen setzt sich aus drei parameterkonstanten, statischen linearen Optimierungsmodellen zusammen:

- Orientierungsmodell zur Maschinen-Kapazitätsplanung<sup>1</sup>,
- Ergänzungsmodell zur Maschinen-Kapazitätsplanung<sup>1</sup>,
- Modell zur Lagerkapazitätsplanung.

Auf der Grundlage der oben genannten speziellen Zielstellungen der ACZ wurde für das Modellsystem folgende Aufgabenstellung formuliert:

- Ermittle insbesondere die notwendige Anzahl der Traktoren verschiedener Zugkraftklassen, der LKW und Kräne zur Durchführung des vorgegebenen Umfangs an Minereraldüngung und Pflanzenschutzmaßnahmen. Die nicht für Minereraldüngung benötigten LKW und die nicht für Pflanzenschutzmaßnahmen erforderlichen Trh sind zum Stallungstransport und -streuen einzusetzen. Die Maschinenkapazität (Anzahl, Typ, Zugkraftklassen) ist dabei so auszulagen, daß die vorgegebenen agrochemischen Arbeiten (Minereraldüngung und Pflanzenschutzmaßnahmen) bei Einhaltung der agrobiologischen Zeitspannen mit minimalen Kosten erledigt werden. In jedem ACZ ist außerdem ein Flugzeug einzusetzen.
- Bestimme den notwendigen Lagerbedarf für Mineraldünger bei vorgegebener Verteilung der Anlieferung.

Zur Erfüllung der unter a) aufgeführten Aufgabenstellung ist es erforderlich, zwei verschiedene lineare Optimierungsmodelle zu formulieren. Mit einem Modell ist diese Aufgabenstellung nicht zu erfüllen, da in einem linearen Optimierungsmodell bei Anwendung des Minimierungsprinzips<sup>2</sup> stets für eine gegebene Leistung der Aufwand zu minimieren ist. Bei der formulierten Aufgabenstellung ist jedoch nur die Leistung bezüglich der Mineraldüngerabfuhr und des Pflanzenschutzes vorgegeben. Der Umfang der organischen Düngung ist vorerst unbekannt. Denn nach der formulierten Aufgabenstellung sind lediglich die LKW und die Trh zum Stallungstransport und -streuen einzusetzen, die nicht für die Minereraldüngung bzw. nicht für Pflanzenschutzmaßnahmen benötigt werden.

Aus diesem Grunde wurden ein Orientierungsmodell und ein Ergänzungsmodell der Maschinen-Kapazitätsplanung formuliert. Dem Orientierungsmodell liegt eine vorgegebene

\* Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg; Sektion Pflanzenproduktion, Lehrstuhl für Operationsforschung und EDV (Prof. Dr. H. HOWITZ)

<sup>1</sup> Besondere Beschreibung folgt in einem weiteren Aufsatz, s. S. 22

<sup>2</sup> Die lineare Optimierung beruht auf dem Rationalprinzip, das zwei Varianten besitzt: Prinzip des Maximums und Prinzip des Minimums

Leistung der Minereraldüngung ( $N, P_2O_5, K_2O, CaO_2$ ) und des Pflanzenschutzes zugrunde, die hierfür erforderlichen Kosten werden bei Einhaltung agrobiologischer Zeitspannen minimiert. Mit dem Ergänzungsmodell wird demgegenüber eine möglichst vollständige Auslastung und Ergänzung der mit dem Orientierungsmodell ermittelten LKW- und Traktorenkapazität gesucht. Die Auslastung der nach dem Orientierungsmodell freien Maschinenkapazität (LKW<sub>h</sub> und Tr<sub>h</sub>) soll nur mit Arbeiten zur organischen Düngung erfolgen. Der jährliche Anfall an organischem Dünger im Bereich des ACZ ist deshalb im Ergänzungsmodell als obere Schranke vorgegeben. Es kann nicht mehr Stalldung transportiert und gestreut werden als im Bereich des ACZ anfällt.

Die Bestimmung des notwendigen Lagerbedarfs für den Mineraldünger ist zusammen mit der Berechnung der notwendigen LKW und Traktoren im Orientierungsmodell möglich. Sofern hierdurch das Modell zu groß wird, kann der Lagerbedarf mit einem gesonderten Modell (zur Lagerkapazitätsplanung) ermittelt werden. Dann werden jedoch die Wechselwirkungen zwischen Lagerbedarf und Maschinenkapazität nicht berücksichtigt. Das Modellsystem ist so aufgebaut, daß der Anwender von Fall zu Fall entscheiden kann, ob die Lagerkapazität mit dem Orientierungsmodell oder mit einem gesonderten Modell ermittelt werden soll.

Alle drei Modelle sind weitgehend typisiert. Die erforderlichen Eingabeinformationen wurden für alle drei Modelle gegliedert in: ACZ-spezifische, standortspezifische und allgemein gültige Ausgangsdaten. Die ACZ-spezifischen Ausgangsdaten ändern sich von ACZ zu ACZ. Die standortspezifischen Ausgangsdaten gelten für eine Gruppe von ACZ und die allgemeingültigen für alle ACZ.

## 2. Orientierungsmodell zur Maschinen-Kapazitätsplanung

Mit dem Orientierungsmodell (Bild 1) werden für einen vorgegebenen Umfang der Minereraldüngung und des Pflanzenschutzes die Kosten der Arbeiterledigung minimiert. Auf Grund dieser Zielstellung entspricht die Grundstruktur des Orientierungsmodells der Grundstruktur des linearen Optimierungsmodells zur Maschinenbesatzplanung [1] [2] [3].

### 2.1. Ermittlung der vorzugebenden Leistung

Der Umfang der Minereraldüngung und des Pflanzenschutzes im Bereich des ACZ hängt vom Anbauumfang der einzelnen Kulturpflanzen und vom Aufwand an Mineraldünger sowie von den Pflanzenschutzmaßnahmen (Behandlungsanteil) je ha Anbaufläche ab. Die zur Minimierung der Kosten der Arbeiterledigung vorzugebende Leistung wird deshalb erst im Modell auf der Grundlage folgender ACZ spezifischer Eingabeinformationen (Ausgangsdaten) ermittelt:

- Anbauflächen einzelner Kulturpflanzen (Vektor  $b_1$ ),
- Aufwand an Stickstoffdünger (Matrix  $A_{21}$ ),
- Aufwand an Phosphor- und Kalidünger (Matrix  $A_{41}$ ),
- Aufwand an Kalk (Vektor  $a_{51}^T$ ) und
- Umfang der Pflanzenschutzmaßnahmen (Matrix  $A_{71}$ ).

Diese Eingabeinformationen zur Ermittlung der vorzugebenden Leistung sind die einzigen ACZ-spezifischen Ausgangsdaten des Orientierungsmodells. In der Praxis müssen lediglich diese Eingangsdaten in entsprechend vorbereiteten Listen und Matrizen zusammengestellt werden.

Durch die gleichzeitige Ermittlung der vorzugebenden Leistung im Modell wird die Vorbereitung zur Berechnung der Maschinenkapazität wesentlich erleichtert.

Die Aufwendungen an Düngemitteln einschließlich des Kalkes können in kg Reinnährstoff je ha und der Umfang der Pflanzenschutzmaßnahmen in Behandlungsanteilen je ha Anbaufläche der einzelnen Kulturpflanzen angegeben sein.

Die Aufwendungen an Stickstoff in kg Reinnährstoff und der Umfang der Pflanzenschutzmaßnahmen in Behandlungsanteilen sind den einzelnen Kulturpflanzen (Spalten der Matrizen  $A_{21}$  sowie  $A_{71}$ ) und agrobiologischen Zeitspannen, beispielsweise bestimmten Monaten (Zeilen der Matrizen  $A_{21}$  sowie  $A_{71}$ ), zugeordnet, weil die Kosten der Stickstoffdüngung und des Pflanzenschutzes bei Einhaltung vorgegebener agrobiologischer Zeitspannen zu minimieren sind. Der Aufwand an Phosphor- und Kalidünger im Bereich des ACZ hängt ebenfalls vom Anbauumfang der einzelnen Kulturpflanzen und vom Aufwand je ha Anbaufläche ab. Für die Ausbringung dieser Düngemittel sind jedoch keine engbegrenzten agrobiologischen Zeitspannen vorgegeben. Sie soll hauptsächlich im Spätsommer, Herbst, Winter sowie im zeitigen Frühjahr auf den freien Flächen erfolgen. Die Matrix  $A_{41}$  hat deshalb nur zwei Zeilen (eine für P- und eine für K-Dünger). Der notwendige Kalkaufwand im gesamten Bereich des ACZ hängt demgegenüber weniger vom Anbauverhältnis als vom Boden ab. Sofern auf der Grundlage der Bodenuntersuchungsergebnisse ein durchschnittlicher Kalkaufwand je ha ermittelt wurde, kann der gesamte Kalkaufwand im ACZ-Bereich ebenfalls im Orientierungsmodell mit berechnet werden. In den Koeffizienten des Vektor  $a_{51}^T$  ist dann jeweils der durchschnittliche Kalkaufwand in kg Reinnährstoff je ha auszuweisen. Wenn demgegenüber der Kalkaufwand im gesamten ACZ-Bereich schon bekannt ist, muß die Restriktion 5 des Orientierungsmodells geändert werden.

Es gilt dann

$$b \leq a_{56}^T \quad (\text{Restriktion 5}),$$

wobei  $b$  den Kalkaufwand des gesamten ACZ-Bereichs darstellt. Bezüglich der Ausbringungszeit des Kalkes gilt das gleiche wie bei der  $P_2O_5$ - und  $K_2O$ -Düngung.

Sofern die Pflanzenschutzmaßnahmen, die bei den einzelnen Kulturpflanzen mit dem Flugzeug durchzuführen sind, von vornherein festliegen, muß die Matrix  $A_{71}$  entsprechend geteilt werden. In der Matrix  $\bar{A}_{71}$  (oberer Teil der Matrix  $A_{71}$ ) sind dann die Behandlungsanteile für Bodengeräte und in der Matrix  $\underline{A}_{71}$  die Behandlungsanteile für den Flugzeugeinsatz den einzelnen Kulturpflanzen und den agrobiologischen Zeitspannen zugeordnet.

Da nun außerdem die Schichtnormen bei den einzelnen Pflanzenschutzmaßnahmen mit Bodengeräten sehr unterschiedlich sind, muß die Matrix  $\underline{A}_{71}$  weiter untergliedert werden. Diese zusätzliche Untergliederung macht dann eine Erweiterung des Vektors  $x_7$  erforderlich. In den hierdurch entstehenden verschiedenen Matrizen  $D_{77}$  sind die unterschiedlichen Normen je Tr<sub>h</sub> enthalten.

### 2.2. Ausgabeinformationen des Orientierungsmodells

Das Orientierungsmodell liefert folgende Ausgabeinformationen:

- Bedarf an Tr<sub>h</sub> und F<sub>h</sub> für das N-Düngerstreuen ( $x_2$  und  $x_3$ ),
- Bedarf an LKW<sub>h</sub> für N-Düngertransport, für PK-Düngerstreuen und -transport sowie für Kalkstreuen und -transport ( $x_4, x_5, x_6$ ),
- Bedarf an Tr<sub>h</sub> und F<sub>h</sub> für Pflanzenschutzmaßnahmen sowie für das Wasserfahren ( $x_7, x_8, x_9$ ),
- Anzahl der Einsatzstunden der LKW, der Traktoren und des Krans T 174/16 für die Minereraldüngung und die Pflanzenschutzmaßnahmen ( $x_{10}, x_{11}, x_{12}$ ),
- Anzahl von Maschinen ( $x_{13}, x_{14}, x_{15}$ ),
- Summe der Leihgebühren für die Traktoren zum Stickstoffstreuen ( $x_{16}$ ),
- variable Kosten des Flugzeug-, LKW-, Traktor- und Kraneinsatzes ( $x_{17}, x_{18}, x_{19}, x_{20}$ ),

von ACZ abhängig

typisierter Teil des Modells

	Restriktionsklasse	ME	Vektor der Schlupfvariablen	Inhalt der Schlupfvariablen	Kapazitätsvektor	Restriktionsart	Anbauflächen	N-Düngerstreuen mit RS 30/36 und D 028	N-Düngerstreuen mit Flugzeug Z 37	N-Düngertransport mit W 50 LAK und D 032	PK-Düngerstreuen und -transport mit W 50 LAK und D 032	Kalkstreuen und -transport mit W 50 LAK und D 032	Pflanzenschutz mit MTS-52 und S041	Pflanzenschutz mit Flugzeug Z 37	Wasserfahren für Pflanzenschutz mit MTS-52 und 3Hänger	
ME							ha	Trh	Fh	LKWh	LKWh	LKWh	Trh	Fh	Trh	
Vektor der Variablen							$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	
Vorgabe der Anbauflächen	1	ha	$s_1$		$b_1$	=	$E_{11}$									
N-Düngerstreuen	2	kg	$s_2$		$0_2$	≥	$A_{21}$	$-0_{22}^N$	$-0_{23}^N$							
N-Düngertransport	3	LK-Wh	$s_3$		$0_3$	≥		$-0_{32}$	$0_{33}$	$-E_{34}$						
PK-Düngerstreuen u. -transport	4	kg	$s_4$		$0_4$	≥	$A_{41}$				$-0_{45}^N$					
Kalkstreuen und -transport	5	kg	$s_5$	Die Schlupfvariablen $s_1$ bis $s_{12}$ sind in der Lösung Null	$0_5$	≥	$T_{851}$					$-a_{56}^T$				
Relative ober. Schranke für Kalktransport	6	%	$s_6$		$0_6$	≥							$T_{866}^T$			
Pflanzenschutzmaßnahmen	7	ha	$s_7$		$0_7$	≥	$A_{71}$							$-0_{77}^N$	$-0_{79}^N$	
Wasserfahren für Pflanzenschutz	8	ha	$s_8$		$0_8$	≥							$0_{87}^N$	$0_{88}^N$	$-E_{89}^N$	
Summe der LKWh für W 50 LAK	9	LK-Wh	$s_9$		$0_9$	≥				$E'_{94}$	$E'_{95}$	$E_{96}$				
Summe der Trh für MTS-52	10	Trh	$s_{10}$		$0_{10}$	≥							$E_{10,7}$		$-E_{10,9}$	
Summe der Krh für Kran T 174 / 16	11	Krh	$s_{11}$		$0_{11}$	≥			$0'_{11,2}^N$	$0'_{11,2}^N$	$0'_{11,5}^N$	$0'_{11,6}^N$				
Bilanz der Fh für Flugzeug Z 37	12	Fh	$s_{12}$		$0_{12}$	≥			$E_{12,2}$					$E_{12,8}$		
Bilanz der LKWh für W 50 LAK	13	LK-Wh	$s_{13}$	nicht eingesetzte Kapazität der W 50 LAK bei Mineraldüngung	$0$	≥										
Bilanz der Trh für MTS-52	14	Trh	$s_{14}$	nicht eingesetzte Kapazität der MTS-52 bei Pflanzenschutz	$0$	≥										
Summe der Leihgebühren für RS 30/36	15	M			$0$	=		$T_{15,2}^N$								
Summe der variablen Kosten für Flugzeug Z 37	16	M			$0$	=			$T_{16,3}^N$					$T_{16,8}^N$		
Summe der variablen Kosten für W 50 LAK	17	M			$0$	=										
Summe der variablen Kosten für MTS-52	18	M			$0$	=										
Summe der variablen Kosten für Kran T 174 / 16	19	M			$0$	=										
Flugzeug Z 37	20	St			$2$	=										
Kosten für N-Streuen	21	M			$0$	=		$T_{21,2}^N$	$T_{21,3}^N$							
Kosten für N-Transport	22	M			$0$	=				$T_{22,4}^N$						
Kosten für PK-Düngung	23	M			$0$	=					$T_{23,5}^N$					
Kosten für Kalkung	24	M			$0$	=						$T_{24,6}^N$				
Kosten für Pflanzenschutz	25	M			$0$	=							$T_{25,7}^N$	$T_{25,8}^N$	$T_{25,9}^N$	
N-Dünger insgesamt	26	t			$0$	=		$T_{26,2}^N$	$T_{26,3}^N$							
PK-Dünger insgesamt	27	t			$0$	=				$T_{27,5}^N$						
Kalk insgesamt	28	t			$0$	=					$T_{28,6}^N$					
Behandlungsfläche insgesamt	29	ha			$0$	=	$T_{29,1}^N$									
N-Dünger je ha	30	kg			$0$	=										
PK-Dünger je ha	31	kg			$0$	=										
Behandlungsfläche je ha	32	ha			$0$	=										
Zielfunktion (Kostenminimum)	33	M			$Z$	=	$0_1^T$	$0_2^T$	$0_3^T$	$0_4^T$	$0_5^T$	$0_6^T$	$0_7^T$	$0_8^T$	$0_9^T$	

- Ergebnisse für das Modell der Lagerkapazitätsplanung
- Ergebnisse für das Ergänzungsmodell der Maschinenkapazitätsplanung
- ACZ-spezifische Ausgangsdaten
- Standort-spezifische Ausgangsdaten

- von ACZ abhängig
- typisierter Teil des Modells
- Daten hängen von all-gemeingültigen Normen ab
- Zusätzliche Informationen durch zusätzliche Aktivitäten und Bedingungen



- Kosten für das N-Düngerstreuen, den N-Düngertransport, die PK-Düngung, die Kalkung und den Pflanzenschutz ( $x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}, x_{25}$ ),
- N-Dünger-, PK-Dünger- und Kalkmenge sowie die Behandlungsfläche des ACZ-Bereichs ( $x_{26}, x_{27}, x_{28}, x_{29}$ ),
- N-Dünger, PK-Dünger und Behandlungsfläche des Pflanzenschutzes je ha des ACZ-Bereichs ( $x_{30}, x_{31}, x_{32}$ ),
- nicht eingesetzte Kapazität der Flugzeuge ( $s_{12}$ ), der LKW ( $s_{13}$ ) und Traktoren ( $s_{14}$ ).

Der Bedarf an Trh, Fh und LKW h zur Erledigung der verschiedensten Arbeiten sowie die Anzahl der Einsatzstunden der LKW, der Traktoren und des Krans werden getrennt für einzelne Zeitspannen (Monate, Halbmonate oder Dekaden) ausgewiesen. Als Zeitspannen wurden bisher die Monate verwendet. Sofern eine detailliertere Aufgliederung des genannten Bedarfs und der Einsatzstunden erforderlich erscheint, sind auch kürzere Zeitspannen möglich. Das Modell vergrößert sich dann lediglich entsprechend. Bei Benutzung der Monate als agrobiologische Zeitspannen und als Kriterium zur Aufgliederung der Bedarfswerte und Einsatzstunden hat das Orientierungsmodell ohne Berücksichtigung der verschiedenen Verfahren der Minereraldüngung und des Pflanzenschutzes rund 150 Spalten und 150 Zeilen. Werden hierfür demgegenüber Halbmonate verwendet, so hat das Modell rund je 250 Spalten und Zeilen.

### 2.3. Wichtige Eingabeinformationen für das Orientierungsmodell

Zur Ermittlung der aufgezählten Ausgabeinformationen mit dem Orientierungsmodell sind neben den oben genannten Eingabeinformationen zur Berechnung der vorzugehenden Leistung insbesondere 1. Leistungsnormen sowie 2. variable und konstante Kosten des Einsatzes der verschiedenen Maschinen und Geräte zur Minereraldüngung und zum Pflanzenschutz erforderlich. Außerdem müssen 3. die maximalen Einsatzstunden der Traktoren, der LKW und der Flugzeuge, sowie 4. die Kosten des Traktoren-, LKW-, Flugzeug- und Kraneinsatzes je Stunde bei der Erledigung der verschiedenen Arbeiten bekannt sein. Von diesen Eingabeinformationen sind lediglich die maximalen Einsatzstunden standortspezifisch. Alle anderen können als allgemeingültig betrachtet werden, was nicht ausschließt, daß sie nach Bedarf den konkreten Bedingungen des jeweiligen ACZ-Bereichs angepaßt werden können.

### 2.4. Grundstruktur des Orientierungsmodells

Oben wurde schon darauf hingewiesen, daß die Grundstruktur des Orientierungsmodells der Grundstruktur des linearen Optimierungsmodells zur Maschinenbesatzplanung entspricht. Da in solchen Modellen u. a. zwei grundsätzlich verschiedene Aktivitätsklassen existieren — die Möglichkeiten der Arbeitserledigung ( $x_2, x_3 \dots x_9$ ) und die Anzahl der neu anzuschaffenden Maschinen ( $x_{13}, x_{14}, x_{15}$ ) —, müssen die Kosten der Arbeitserledigung in variable und konstante Kosten der Arbeitserledigung bzw. des Maschineneinsatzes gegliedert werden [4]. Die Aktivitäten „Möglichkeiten der Arbeitserledigung“ können in der Zielfunktion nur mit variablen Kosten belastet werden, d. h. mit Kosten, deren Höhe vom Einsatzumfang der Maschinen bzw. Maschinenkombinationen abhängt. Im Orientierungsmodell erfolgt diese „Belastung“ indirekt über die Restriktionen 15, 16, 17, 18 und 19 sowie die Aktivitäten  $x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{19}$  und  $x_{20}$ . Diese Formulierung des Orientierungsmodells wurde erforderlich, weil die Summen der variablen Kosten einschließlich der Leihgebühren ( $x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{19}$  und  $x_{20}$ ) einerseits als Ausgabeinformationen gewünscht waren und andererseits Eingabeinformationen für das Ergänzungsmodell sind. Im Zielfunktionskoeffizienten der Aktivitäten  $x_{13}, x_{14}$  und  $x_{15}$ , die die Anzahl der notwendigen Maschinen ausweisen, sind demgegenüber die konstanten Kosten erfaßt. Unter konstanten Kosten werden hier

alle jene Kosten verstanden, deren Höhe nicht vom Einsatzumfang der Maschinen bzw. Maschinenkombinationen abhängt, sie sind somit nur in bezug auf die Einheit der Maschine konstant. Im Hinblick auf die zu ermittelnde Maschinenkapazität sind sie ebenfalls variabel.

Durch die Gliederung der Gesamtkosten der Arbeitserledigung in variable und konstante Kosten und die dargestellte Erfassung dieser Kostenanteile in verschiedenen Aktivitätsklassen wird die optimale Maschinenkapazität bei optimaler Auslastung der einzelnen Maschinen im Sinne der gegebenen Zielstellung ermittelt.

### 2.5. Zusätzliche Aktivitäten des Orientierungsmodells

Neben den bisher diskutierten Aktivitätsklassen hat das Orientierungsmodell noch weitere Aktivitätsklassen. Die letzteren dienen der Berechnung der vorzugehenden Leistung ( $x_1$ ) und der Ermittlung von Informationen ( $x_{10}, x_{11}, x_{12}; x_{16}, x_{17} \dots x_{32}$ ), die zusätzlich gewünscht wurden oder die als Eingabeinformationen des Ergänzungsmodells bzw. des Modells zur Lagerkapazitätsplanung erforderlich sind (s. Bild 1). Diese Aktivitäten beeinflussen nicht das Ergebnis der Maschinenkapazitätsplanung; sie beeinflussen nicht die Größe der Variablen  $x_2, x_3 \dots x_9$  und  $x_{13}, x_{14}$  sowie  $x_{15}$ . Die mit den Aktivitäten  $x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{16}, x_{17} \dots x_{32}$  gewünschten Informationen könnten auch nachträglich, nach der Berechnung eines Modells zur Maschinenbesatzplanung, ermittelt werden. Die Aktivitäten des Vektors  $x_1$  sind lediglich zur simultanen Berechnung der vorzugehenden Leistung erforderlich, die auch vor der Aufstellung des Modells bestimmt werden kann. Das Orientierungsmodell zur Maschinen-Kapazitätsplanung von ACZ ist damit lediglich ein bedeutend erweitertes und im Hinblick auf die spezifischen Belange von ACZ sowie des gesamten Modellsystems modifiziertes Modell der Maschinenbesatzplanung.

### 2.6. Ermittlung der Kosten verschiedener Arbeiten

Zur Ermittlung der Kosten des N-Düngerstreuens, des N-Düngertransports, der PK-Düngung, der Kalkung und des Pflanzenschutzes ( $x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}, x_{25}$ ) müssen kalkulierte Gesamtkosten für diese Arbeiten je Einsatzstunde der entsprechenden Maschinen ( $a_{21,2}^T, a_{21,3}^T, a_{22,4}^T, a_{23,5}^T, a_{24,6}^T, a_{25,7}^T, a_{25,8}^T, a_{25,9}^T$ ) eingesetzt werden. Die Benutzung von kalkulierten Gesamtkosten je Einsatzstunde ist notwendig, weil das Berechnungsergebnis des linearen Optimierungsmodells auch bezüglich der Anzahl der Maschinen nicht ganzzahlig und vor der Berechnung des gesamten Modellsystems die Auslastung der Maschinen und damit die Belastung der Einsatzstunde mit konstanten Kosten unbekannt ist.

### Symbole des Modellsystems

Allgemeine Symbole des Modells

$b_1$ bzw. $o_1$	Teilvektoren aus dem Kapazitätsfaktor $b$ des linearen Optimierungsmodells;
$A_{1j}, D_{1j}, \bar{D}_{1j}, E_{1j}$ und $E'_{1j}$	sind Untermatrizen der Matrix $A$ des linearen Optimierungsmodells;
$A_{ij}$	Matrizen, in denen beliebige Elemente $\neq 0$ sind;
$D_{ij}$	Diagonalmatrizen;
$\bar{D}_{ij}$	geänderte Diagonalmatrizen (Format: rechteckig);
$E_{ij}$	Einheitsmatrizen;
$E'_{ij}$	geänderte Einheitsmatrizen (Format: rechteckig);
$a_{ij}$	Spaltenvektoren aus der Matrix $A$ des linearen Optimierungsmodells;
$a_{ij}^T$	Zeilenvektoren aus der Matrix $A$ des linearen Optimierungsmodells;
$c_j^T$ bzw. $o_j^T$	Teilvektoren aus dem Vektor $c^T$ des linearen Optimierungsmodells.

Spezielle Symbole des Orientierungsmodells, deren Bedeutung nicht aus dem Text und dem Zusammenhang erkennbar ist:

- $D_{22}$  Koeffizienten zur Berechnung der Trh für das Stickstoffstreuen mit Bodengeräten. Zur Berechnung dieser Koeffizienten dient folgende Formel:
- $$d = \frac{p \cdot m \cdot N}{100} \quad (1)$$
- wobei p Gehalt des Düngers an Reinnährstoff in Prozent,  
m Dimensionsfaktor (zur Umrechnung von kg auf t),  
N Norm in t/Einsatzstunde.
- $D_{23}$  Koeffizienten zur Ermittlung der Fh für das Stickstoffstreuen mit dem Flugzeug Z37. Ihre Berechnung erfolgt nach Formel (1);
- $D_{32}$  LKWh zum Stickstofftransport je Trh zum Stickstoffstreuen mit Bodengeräten
- $D_{33}$  LKWh zum Stickstofftransport je Fh zum Stickstoffstreuen mit Flugzeugen Z37;
- $D_{45}$  Koeffizienten zur Berechnung der LKWh für den PK-Düngertransport und das PK-Düngerstreuen. Ihre Berechnung erfolgt ebenfalls mit Formel (1);
- $a_{56}^T$  Koeffizienten zur Berechnung der LKWh für den Kalktransport und das Kalkstreuen. Auch diese Koeffizienten werden mit der Formel (1) ermittelt;
- $a_{66}^T$  Koeffizienten, die sichern, daß in bestimmten Perioden maximal ein vorgegebener prozentualer Anteil der gesamten Kalkung durchgeführt werden kann (übliche endogene Restriktion [5]);
- $D_{77}$  Stundennormen für Pflanzenschutzmaßnahmen mit Bodengeräten in ha/Trh;
- $D_{78}$  Stundennormen für Pflanzenschutzmaßnahmen mit Flugzeugen in ha/Fh;
- $D_{87}$  Trh zum Wasserfahren je Trh für Pflanzenschutzmaßnahmen;
- $D_{88}$  Trh zum Wasserfahren je Fh für Pflanzenschutzmaßnahmen;
- $D_{11,3}$  Krh je Fh beim N-Düngerstreuen mit Flugzeugen Z37;
- $D_{11,4}$  Krh je LKWh beim N-Düngertransport mit W50 LAK;
- $D_{11,5}$  Krh je LKWh beim PK-Düngerstreuen und -transport mit W50 LAK;
- $D_{11,6}$  Krh je LKWh beim Kalkstreuen und -transport mit W50 LAK;
- $a_{12,13}$  maximale Fh je Flugzeug in den einzelnen Perioden;
- $a_{13,14}$  maximale LKWh je W50 LAK in den einzelnen Perioden;
- $a_{14,15}$  maximale Trh je MTS52 in den einzelnen Perioden;
- $a_{15,20}^T$  Leihgebühren je Trh beim Düngerstreuen;
- $a_{16,3}^T$  variable Kosten je Fh beim N-Düngerstreuen;
- $a_{16,8}^T$  variable Kosten je Fh bei Pflanzenschutzmaßnahmen;
- $a_{17,10}^T$  variable Kosten je LKWh bei Mineraldüngung mit W50 LAK;
- $a_{18,11}^T$  variable Kosten je Trh bei Pflanzenschutzmaßnahmen mit MTS-52;
- $a_{19,12}^T$  variable Kosten je Krh bei Mineraldüngung mit Flugzeugen und W50 LAK;
- $a_{16,2}^T$  Stundennorm bei Stickstoffstreuen in t/Trh;
- $a_{26,3}^T$  Stundennorm bei Stickstoffstreuen in t/Fh;
- $a_{27,5}^T$  Stundennorm beim PK-Düngen in t/LKWh;
- $a_{28,6}^T$  Stundennorm bei Kalkung in t/LKWh;
- $a_{29,1}^T$  Behandlungsanteile für Pflanzenschutzmaßnahmen;

$a_{30,30}$  Koeffizient zur Berechnung des Stickstoffaufwandes in kg-Reinnährstoff je ha;

$a_{31,31}$  Koeffizient zur Berechnung des PK-Aufwandes in kg-Reinnährstoff je ha.

Die Berechnung der Koeffizienten  $a_{30,30}$  und  $a_{31,31}$  erfolgt mit der Formel

$$a = \frac{L \cdot 100}{p \cdot m} \quad (2)$$

wobei L LN in ha,

p Gehalt des Düngers an Reinnährstoff in Prozent,  
m Dimensionsfaktor (zur Umrechnung von t auf kg).

Wegen der Ermittlung dieser Koeffizienten muß die LN des ACZ-Bereichs vor der Berechnung des Modells bestimmt werden.

$a_{32,32}$  Koeffizient zur Berechnung der Behandlungsfläche je ha AF (= reziproker Wert der AF)

#### Literatur

- [1] KASTEN, A. / W. WEBER / S. SCHMUNTZSCH: Die Planung des Traktorenbedarfs für den Landwirtschaftsbetrieb mit Hilfe der linearen Optimierung. Deutsche Agrartechnik (1965) H. 12, S. 552 bis 554
- [2] BECKER, J. / J. PAGESCH: Planung der technischen Ausrüstung in der Feldwirtschaft mit Hilfe der linearen Optimierung. Die Deutsche Landwirtschaft (1966) H. 11, S. 526 bis 529
- [3] Autorenkollektiv: Methode der Mechanisierungsplanung in der Pflanzenproduktion mit der linearen Optimierung. Schriftenreihe Mechanisierungsplanung, H. 1, Staatliches Komitee für Ländertechnik und materiell-technische Versorgung der Landwirtschaft (1968)
- [4] BADEWITZ, S.: Statische lineare Optimierungsmodelle in der Landwirtschaft. Fortschrittsbericht (1969) (im Druck)
- [5] ZAPF, R.: Zur Anwendung der linearen Optimierung in der landwirtschaftlichen Betriebsplanung. Berichte über Landwirtschaft 179. Sonderheft, Verlag Paul Parey, Hamburg und Westberlin 1965

A 7736

## Wissenschaftliche Konferenz der TU Dresden

Vom 4. bis 6. November 1969 veranstalteten die Sektionen „Verarbeitungstechnik“ und „Verfahrenstechnik“, „Kraftfahrzeug-, Land- und Förder-technik“ sowie „Grundlagen des Maschinenwesens“ der TU Dresden gemeinsam eine wissenschaftliche Konferenz zum Thema „Produktionsmittelsysteme der Landwirtschaft und Nahrungsmittelindustrie“. Bereits der Kreis der Veranstalter sowie die Komplexität des Themas machen deutlich, daß hiermit eine neue Qualität der Gemeinschaftsarbeit über eng umrissene Fachgrenzen hinweg erreicht wurde. Damit ist eine der Voraussetzungen geschaffen, um auch in der Forschung und Lehre die in der Industrie mit der Bildung von Kombinat an angestrebten Systemlösungen zu erreichen.

In seinen Begrüßungsworten nannte Dr. rer. oec. UHLMANN, Stellvertreter des Ministers für Verarbeitungsmaschinen- und Fahrzeugbau, die Konzentration der Forschung auf strukturbestimmende Aufgaben sowie die für 1970 vorgesehene wesentliche Erweiterung der Auftragsforschung als Teil des von der Forschung zu leistenden Beitrages zur Herstellung hochproduktiver Maschinensysteme. Dabei ist der Inhalt der Verträge noch stärker auf den Forschungsvorlauf auszurichten.

In der Lehre fällt den Bildungseinrichtungen die Aufgabe zu, das wissenschaftlich-produktive Studium weiter auszubauen und völlig neue Formen für die planmäßige Weiterbildung der Kader in der Industrie zu entwickeln.

Die im einzelnen zur Erfüllung dieser Ziele in Angriff zu nehmenden Aufgaben umrissen im Namen der Auftraggeber OBERING, ZIESCHANG — Stellvertreter des Vorsitzenden des SKL, Dr.-Ing. REICHEL — als Vertreter des Generaldirektors der VVB Landmaschinenbau und Dipl.-Ing.-Ük. Ing. LEHMANN — Generaldirektor der VVB Nahrungs-Genußmittel- und Verpackungsmaschinen. Aus der Sicht der TU sprachen Prof. Dr. agr. habil. THURM, Direktor der Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Förder-technik sowie Prof. Dr.-Ing. habil. SCHUBERT, Direktor der Sektion Verarbeitungs- und Verfahrenstechnik, über die notwendigen Maßnahmen zur Erfüllung des Forschungsschwerpunktes „Maschinensysteme der Landwirtschaft, Nahrungs- und Genußmittelindustrie“. Der für unseren Leserkreis besonders interessante Teil der Fachreferate beschäftigte sich mit konstruktiven Einzelheiten der Maschinen zur Halminfruchtarte sowie zur Be- und Verarbeitung von Getreide. Eingehender informiert darüber der im Heft 3 unserer Zeitschrift erscheinende Tagungsbericht.

A 7864