

Modell zur Optimierung der Strohernte

Dozent Dr. sc. agr. S. Badewitz, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Sektion Pflanzenproduktion
Dr. agr. U. Thiessenhusen/Dipl.-Agr.-Ing. J. Zimmermann, LPG Pflanzenproduktion Leipzig

1. Problemstellung

Die veränderten Reproduktionsbedingungen der 80er Jahre stellen in jedem Landwirtschaftsbetrieb sowohl an die Ziele und Aufgaben als auch an die Mittel und Wege der weiteren sozialistischen Intensivierung bedeutend höhere Anforderungen. Das gilt in besonderem Maß für die Transport-, Umschlag- und Lagerprozesse (TUL-Prozesse) [1], denn für diese Prozesse muß in Zukunft bei wachsendem Produktionsvolumen der DK-Aufwand absolut sinken.

Im folgenden wird ein Optimierungsmodell für einen wichtigen TUL-Prozeß in der Landwirtschaft, für die Strohernte, vorgestellt. Dieses Modell wurde im Auftrag der LPG (P) Leipzig entwickelt und zur weiteren Vervollkommnung der Planung und Vorbereitung der Strohernte in dieser LPG mit Erfolg angewendet. Seine Berechnung erfolgt mit dem Programmsystem OPSI, d. h. mit Software, die jedem landwirtschaftlichen Organisations- und Rechenzentrum (ORZ) mit Datenverarbeitungsanlagen des ESER zugänglich ist.

Wichtige Modellierungsprinzipien, auf deren Anwendung das entwickelte Modell beruht, können auch bei der Konstruktion von Modellen zur Optimierung der Ernte anderer Fruchtarten genutzt werden.

2. Zur Analyse des Planungsproblems

Die Optimierung der Strohernte umfaßt mindestens folgende Teilprobleme:

- **Strohbilanzierung** [2]: Wie kann der Strohbedarf der einzelnen Bedarfsträger (Tierproduktions- und Kompaktierungsanlagen, Mieten, Gartenbau u. a.) unter Berücksichtigung von speziellen Anforderungen an die Art und die Transportform des anzuliefernden Stroh gedeckt werden? Welche Strohmengen können in den einzelnen Tierproduktionsanlagen als Einstreu verwendet werden? Auf welchen Schlägen kann in welchem Umfang Strohdüngung durchgeführt werden?
- **Verfahrensauswahl und Maschineneinsatz** [3]: Mit welchem Verfahren bzw. welcher Verfahrenskombination soll das Stroh geborgen werden, z. B. mit der Losegutlinie als Schneid- oder Häckselgut und/oder mit der Preßgutlinie als Ballen mit Bindung oder als Preßgut ohne Bindung? Mit welchem Transportverfahren soll das Stroh transportiert werden, z. B. Traktoren mit 2 Anhängern und/oder LKW mit Anhänger? Welches Transportverfahren ist in welchem Bergeverfahren, welchem Bergekomplex (Häckslers bzw. Pressen) zuzuordnen?
- **Strohverteilung und -transport**: Von welchen Schlägen ist das Stroh zu welchen Bedarfsorten zu transportieren?
- **Kapazitätsbilanzierung** [3, 4]: Wie werden die einsetzbaren Maschinen ausgenutzt? Kann mit den einsetzbaren eigenen Maschinen die agrotechnische Zeitspanne eingehalten werden? In welchem Umfang müssen wann Kooperationsleistungen in Anspruch genommen werden?
- **Aufwandsermittlung**: Wie hoch sind die Aufwendungen für die gesamte Strohernte, z. B. an DK, AKh, Grundmitteln, Transporteinheiten, Verfahrenskosten? [3 bis 7]

ernte, z. B. an DK, AKh, Grundmitteln, Transporteinheiten, Verfahrenskosten? [3 bis 7]

- **Effektivitäts- bzw. Optimierungsproblem**: Welche Lösung der aufgeführten Teilprobleme ist die günstigste?

Außerdem ist zu beachten, daß Stroh ein wichtiges Futtermittel ist und daher mit der Beantwortung der formulierten Fragen gleichzeitig auch die Futtermittelverteilung auf die Tierbestände gelöst werden muß.

In vielen Pflanzenproduktionsbetrieben wird die Planung der Strohernte mit einer Methode durchgeführt, bei deren Anwendung folgende Schritte *nacheinander* abgearbeitet werden:

- Strohbilanzierung
- Kapazitätsbilanzierung bezüglich der Bergeverfahren
- Zuordnung der verfügbaren Transportkapazitäten (Traktoren und LKW mit Anhänger) zu den Bergeverfahren bzw. -komplexen (Häckslers und Pressen)
- Festlegung der konkreten Transportwege auf der Grundlage einer Flurkarte, in der alle Strohaufkommens- und Bedarfsorte sowie -mengen und die Stroharten sowie -verwendungszwecke übersichtlich dargestellt sind.

Zwischen den meisten oben unterschiedenen Teilproblemen bestehen Wechselbeziehungen. Im Interesse der Vermeidung von Informationsverlusten wurde deshalb ein Modell angestrebt, mit dem sich *simultan*, d. h. gleichzeitig alle aufgeführten Teilprobleme lösen lassen.

Bezüglich dieser Wechselbeziehungen ist hervorzuheben, daß die Art der Berge- und Transportverfahren einen großen differenzierenden Einfluß auf die Veränderungen verschiedener Aufwendungen, vor allem des DK-Aufwands, bei zunehmenden Transportentfernungen hat (Bild 1). Aus dieser Tatsache und der begrenzten Verfügbarkeit der landtechnischen Arbeitsmittel ergibt sich, daß die Verfahrensauswahl und der Maschineneinsatz einerseits sowie das Transportproblem andererseits unter dem Gesichtspunkt der Effektivitätsmaximierung nicht isoliert voneinander gelöst werden können. Das Transportproblem ist bei dieser Zielstellung nicht unabhängig von den konkreten Berge- und Transportverfahren zu lösen, die auf den einzelnen Schlägen und Transportwegen zum Einsatz kommen. Und die Verfahrensauswahl sowie der Maschineneinsatz können nicht unabhängig von den konkreten Transportwegen mit ihren konkreten Transportentfernungen und Zuständen erfolgen. Daher sind folgende ergänzende Fragen zu beantworten:

- Wo, auf welchen Schlägen sind bei Berücksichtigung des einsetzbaren Maschinenbestands welche Bergeverfahren (Häcksel- oder Preßladen) einzusetzen?
- Wo, auf welchen Transportwegen, von welchen Schlägen zu welchen Einlagerungsorten sind bei Berücksichtigung des einsetzbaren Transportmittelbestands welche Transportverfahren (LKW oder Traktoren) anzuwenden?

- Von welchen Schlägen ist das Stroh mit welchen Transportverfahren zu welchen Bedarfsorten zu transportieren?

Aus der Sicht der Operationsforschung ist das Problem der Optimierung der Strohernte vor allem durch eine Verflechtung eines Verteilungs- bzw. Transportproblems mit einem komplizierten Bilanzierungsproblem sowie einem Verfahrensauswahl- und Maschineneinsatzproblem charakterisiert, wobei sich das letztere zudem auf verschiedene Prozeßabschnitte bezieht:

- Strohladen bzw. -bergen (Häcksel- und/oder Preßladen)
- Transporthauptphase (Ortsveränderung des Stroh)
- Einlagerung (wenn erforderlich).

Das entwickelte Modell ist ein spezielles lineares parametrisches Optimierungsmodell [8, 9], das die im Bild 2 skizzierte Grundstruktur hat.

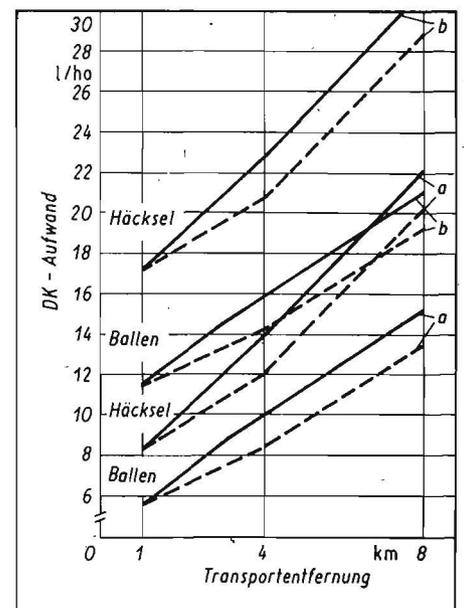
3. Zur simultanen Lösung des Verfahrensauswahl- und Maschineneinsatzproblems

Von entscheidender Bedeutung für die simultane Lösung des Verfahrensauswahl- und Maschineneinsatzproblems einerseits und des Verteilungs- und Transportproblems andererseits sind die im Modell (Bilder 2 und 3) formulierten

- Strohbergungs- und -transportaktivitäten
- Kapazitätsbilanzen für Bergemaschinen und Transporteinheiten.

In jeder solchen Aktivität sind gleichzeitig folgende Vorgänge bzw. Prozeßabschnitte mit ihren Aufwendungen abgebildet:

Bild 1. DK-Aufwand in Abhängigkeit vom Berge- und Transportverfahren sowie von der Transportentfernung nach [4, 6]; Strohertrag 4 t/ha
— ZT 300 + 2 HW 80
- - - W 50 + 1 HW 80
a ausschließlich Transport, b Bergung und Transport



Aktivitäten	Spalten - Nummer		Strohbergungs- und Stroht-transport-maßnahmen	Stroh-düngung	Einsatz zusätzlicher Bergemaschinen	Einsatz zusätzlicher Transporteinheiten	RS - Vektor	Parameter-spalte
	ZT	ha						
Bedingungen der Arbeitserledigung	G	ha	1	1			II	b ₁
Bedingungen der Bedarfsdeckung	U	t	a ₂				III	b ₂ b ₂ '
fiktiver Bedarf	N	t		a ₃				0
Kapazitätsbilanzen der Bergemaschinen	O	d	a ₄	a ₄	-1		III	b ₄
Kapazitätsbilanzen der Transporteinheiten	O	h	a ₅			-a ₅	III	b ₅
Bilanzen des Arbeitsvermögens	O	Akh	a ₆	a ₆			III	b ₆
Bilanzen sonstiger Aufwendungen	N	kg M	a ₇	a ₇				0
Begrenzung von Verfahren	O	ha	1				III	b ₈
Zielfunktionen	I	M	c	c'	c*	c*	II	Z
SVB - Vektor					d*	d*		

Bild 2. Grundstruktur des Modells

1) Zeilentyp:

G Gleichung, U Mindestforderung mit unterer Schranke, O Maximumbedingungen mit oberer Schranke, N nicht begrenzend wirkende Zeile

schräffiert: Teilmatrix mit von Null verschiedenen Elementen

- a₂, a₃ Stroherträge auf den einzelnen Schlägen in t/ha
- a₄, a₄' bzw. a₄' reziproker Wert der Bergemaschinen in Schichten/ha bzw. der Transporteinheiten in h/ha
- a₆, a₆' bzw. a₇, a₇' Bedarf an lebendiger Arbeit in Akh/ha bzw. an sonstigen Aufwendungen in kg/ha, M/ha u. a.
- a₅* Aufkommen an Einsatzzeit der zusätzlichen Transporteinheiten in h/Schicht
- b₁ Strohfleichen, gegliedert nach Schlageinheiten und Getreidearten, in ha
- b₂, b₂' Strohhedarf der einzelnen Bedarfsorte in t
- b₄ bzw. b₅ Kapazität der vorhandenen Bergemaschinen in Einsatzschichten bzw. Transporteinheiten in h
- b₆ einsetzbares Arbeitsvermögen in Akh
- b₈ Flächenvorgaben für bestimmte Strohernteverfahren in ha
- c bzw. c' DK- oder Akh-Aufwand oder Verfahrenskosten
- c* Belastung des Zielfunktionswerts je Einheit der Inanspruchnahme fremder Kapazitäten von Kooperationspartnern
- d* obere Schranke für den Einsatz zusätzlicher fremder Kapazitäten in Anzahl der Schichten

- Strohladen bzw. -bergen an einem Aufkommensort (Schlag) mit einem bestimmten Strohbearbeitungsverfahren (z. B. Häcksel- oder Preßbladen)
 - Strohttransport von diesem Ort zu einem Bedarfsort mit einem bestimmten Transportverfahren (Traktor mit 2 Anhängern oder LKW mit Anhänger)
 - Stroheinlagerung an diesem Bedarfsort mit einem bestimmten Einlagerungsverfahren (wenn erforderlich).
- Die einzelnen Strohbergungs- und Strohttransportaktivitäten sind demzufolge - im Unterschied zu den Aktivitäten von Trans-

portoptimierungsmodellen - nicht nur durch jeweils einen bestimmten Transportweg von einem Aufkommensort zu einem bestimmten Bedarfsort gekennzeichnet, sondern vor allem auch durch jeweils eine Kombination eines bestimmten Bergeverfahrens mit einem bestimmten Transportverfahren (und erforderlichenfalls mit einem bestimmten Einlagerungsverfahren). Bei Unterscheidung von zwei Bergeverfahren, z. B. Häcksel- und Preßbladen, und von zwei Transportverfahren, beispielsweise Traktoren- und LKW-Transport, sind für das Strohbearbeiten auf einem bestimmten Schlag (A) und den Trans-

port des geladenen Strohs zu einem bestimmten Bedarfsort (N) vier solcher Aktivitäten formuliert (Bilder 1 und 3 einschließlich Systematik der Spaltenschlüssel):

- A W N F H T Häckseln und Traktorentransport
- A W N F H L Häckseln und LKW-Transport
- A W N F B T Preßbladen mit Ballen und Traktorentransport
- A W N F B L Preßbladen mit Ballen und LKW-Transport.

Aufgrund dieser Formulierung und der Kapazitätsbilanzen (Bild 2) kann mit dem Modell

Spalten - Nummer		1 2 3 4 5 10 11 20 21 22 23 24 28 32 40 43		Einsatz zusätzl. Bergem.		RS - Vektor (b _i)		Parameterspalte (b _i)	
Zeilen - Nummer	Aktivitäten	Schlüssel		ha		ha		d	
		ZT	ha	ha	ha	ha	d	d	d
1	AW	1	1	1	1	1	1	1	1
2	BG	1	1	1	1	1	1	1	1
3	CG	1	1	1	1	1	1	1	1
10	LW	1	1	1	1	1	1	1	1
18	NFI	4	4	4	4			3	3
19	NFH	4	4					3	3
20	NFG							3	3
21	NSI			4	4				
22	NSH			4	4				
23	OFI								
30	OSI							4	
35	QMB							4	4
36	RKH							4	4
40	fiktiver Bedarf	N	t					4	5
41	Häckster E280	O	d	a ₄	a ₄	a ₄	a ₄	a ₄	a ₄
42	Pressen K453	O	d	a ₄	a ₄	a ₄	a ₄	a ₄	a ₄
46	Häckseln-Traktortr.	O	ha	1	1	1	1	1	1
47	Häckseln-LKW-Tr.	O	ha	1	1	1	1	1	1
48	Preßbladen-Traktortr.	O	ha	1	1	1	1	1	1
49	Preßbladen-LKW-Tr.	O	ha	1	1	1	1	1	1
50	min. DK - Aufwand	I	M	23	21	16	14	23	17
SVB - Vektor									30 60

Bild 3. Prinzipbeispiel des Modells; Schlüsselssystematik

1. Spaltenschlüssel
 1. Aufkommensort
 2. Getreideart
 3. Bedarfsort
 4. Verwendungszweck
 5. Bergeverfahren
 6. Transportverfahren
 2. Zeilenschlüssel
 - 2.1. Bedingungen der Arbeitserledigung
 1. Aufkommensort
 2. Getreideart
 - 2.2. Bedingungen der Bedarfsdeckung
 1. Bedarfsort
 2. Verwendungszweck
 3. Gutart
- Bedeutung der Buchstaben in den Spalten- und Zeilenschlüsseln**
 A, B, C, L Aufkommensorte
 N, O, Q, R Bedarfsorte
 W Weizen, G Gerste, D Düngung, F Futterstroh, S Streustroh, M Mietenstroh, K Kompaktierung, H Häckseln, P Preßbladen, T Traktorentransport, L LKW-Transport
- Bedeutung der Konstanten des Modells**
 a₄ und a₄' (bzw. a₄) reziproker Wert der Flächenleistung eines Häckslers (bzw. einer Presse) je Schicht, beispielsweise a₄ = a₄' = 1/15 und a₄ = 1/12
 B₆ hinreichend große Zahl, z. B. B₆ = 10 000

für das Strohbergen auf einem bestimmten Schlag und den Transport des geladenen Strohs zu einem bestimmten Bedarfsort aus jeweils mehreren Verfahrenskombinationen die im Rahmen der vorgegebenen Berge- und Transportkapazitäten günstigste Kombination ausgewählt werden, und zwar unter Berücksichtigung des differenzierenden Einflusses der Berge- und Transportverfahren auf die Veränderung des DK-Aufwands bei steigenden Transportentfernungen (Bild 1). Sofern von vornherein nur ausgewählte Kombinationen von Berge- und Transportverfahren in Frage kommen (z. B. nur Häckselgutlinie mit LKW-Transport und Preßballenlinie mit Traktorentransport), so werden entweder lediglich die betreffenden Aktivitäten in das Modell aufgenommen, oder über die „Begrenzung von Verfahren“ (Bilder 2 und 3) wird erzwungen, daß nur die gewünschten Kombinationen in die Lösung aufgenommen werden können.

4. Simultane Strohbilanzierung

Bei der Strohbilanzierung sind vor allem folgende Anforderungen zu erfüllen:

- spezielle Anforderungen der Strohbedarfs-träger an die Art und die Transportform des Strohs
- gleichzeitige Bestimmung des Umfangs der möglichen Strohdüngung und der Strohdüngungsschläge
- Anpassung des Streustroheinsatzes an das Strohaufkommen.

4.1. Anforderungen der Strohbedarfsträger

Die verschiedenen Verwendungszwecke (Fütterung, Einstreu, Kompaktierung, Mietenabdeckung u. a.) bedingen unterschiedliche Anforderungen an die Art und die Transportform des Strohs (z. B. zur Pelletierung Weizenstroh als Häckselgut, zur Mietenabdeckung Weizenstroh in Ballen, zur Verfütterung vorrangig Hafer- und Gerstenstroh). Außerdem müssen die Anforderungen der Fütterungs- und der Einstreutechnologien jeder einzelnen Tierproduktionsanlage an die Transportform des Strohs berücksichtigt werden.

Diese Anforderungen sind im Modell durch folgende Maßnahmen abgebildet:

- weitere Disaggregation der Strohberge- und Strohtransportaktivitäten nach der Art, nach der Transportform (Schneid- oder Häckselgut oder Preßgut mit oder ohne Bindung) sowie nach dem Verwendungszweck des Strohs (im Bild 3 z. B. die Aktivitäten A W N F H T bis C G N F P T)
- Aufnahme genau jener Strohbergungs- und Strohtransportaktivitäten in das Modell, die die jeweiligen spezifischen Anforderungen der einzelnen Verwendungszwecke erfüllen können (z. B. für die Pelletierung Weizenstroh als Häckselgut)
- Formulierung von jeweils mehreren Bedarfsbedingungen je Stallanlage, sowohl für den Futter- als auch für den Streustrohbedarf, beispielsweise für den Futterstrohbedarf im ersten Bedarfsort (Bild 3): Mindestforderung an die Lieferung von Futterstroh insgesamt NFI:

$$4x_1 + 4x_2 + 4x_3 + 4x_4 + \dots + 3x_{28} + 3x_{32} \dots \geq 900 \text{ t} \quad (1)$$

Mindestforderung an die Lieferung von Häckselgut NFH:

$$4x_1 + 4x_2 + 3x_{28} \dots \geq 300 \text{ t} \quad (2)$$

Mindestforderung an die Lieferung von Gerstenstroh NFG:

$$3x_{28} + 3x_{32} \dots \geq 500 \text{ t.} \quad (3)$$

4.2. Umfang der Strohdüngung

Bei der gleichzeitigen Bestimmung des Umfangs der möglichen Strohdüngung und der Strohdüngungsschläge muß offensichtlich gesichert sein, daß

- Stroh erst dann zur Düngung eingesetzt wird, wenn der Bedarf aller anderen Verwendungszwecke gedeckt ist
- nur solche Schläge zur Strohdüngung ausgewählt werden, für die eine solche Düngung aus der Sicht der Humusproduktion zweckmäßig wäre.

Diese Anforderungen werden mit dem Modell erfüllt, weil in ihm formuliert sind (s. Bild 3, Aktivitäten AWD 1 und LWD 4):

- zusätzlich Strohdüngungsaktivitäten, und zwar lediglich für jeden zur Strohdüngung „geeigneten“ Schlag eine solche Aktivität
- Mindestforderungen für alle anderen Verwendungszwecke; für die Strohdüngung dagegen keine solche Formulierungen, sondern eine N-Zeile „fiktiver Bedarf“.

Die Strohdüngungsaktivitäten nehmen aufgrund dieser Formulierungen lediglich den Strohrest auf, und in der N-Zeile wird diese zur Strohdüngung einsetzbare Strohrestmenge aufgerechnet.

4.3. Streustroheinsatz

Übersteigt der vorgegebene Strohbedarf, d. h. die Summe der Bedarfswerte aller Bedarfsorte, die Summe der Stromengen aller Aufkommensorte, so muß offensichtlich der Streustroheinsatz, nach einer begründeten Strategie reduziert, dem Strohaufkommen angepaßt werden. Im Modell ist folgende Strategie der Reduktion des Streustroheinsatzes durch Parametrisierung des RS-Vektors abgebildet:

Tritt der skizzierte Fall ein, so werden festgelegte Teilbeträge b'_{2i} des jeweiligen Gesamt-Streustrohbedarfs b_{2i} der einzelnen Tierproduktionsanlagen i schrittweise parametrisch in allen Anlagen gleichzeitig reduziert (Bilder 2 und 3):

Streustrohaufkommen für $i \geq$ Streustrohbedarf in i

$$\sum_j a_{2ij} x_j \geq b_{2i} = b_{2i} + b'_{2i} \lambda \quad (4)$$

($0 \leq \lambda \leq 1,0$; λ Parameter);

- a_{2ij} Stroherträge auf den Schlägen j, deren Stromengen in der Tierproduktionsanlage i als Einstreu verwendet werden können
- b_{2i} gesamter Streustrohbedarf der Anlage i
- b'_{2i} Grundbedarf an Streustroh, der nicht reduziert werden darf
- b_{2i} maximaler Umfang der Reduktion des Streustrohbedarfs in der Anlage i.

Durch die Festlegung von b_{2i} und b'_{2i} können anlagenspezifische Möglichkeiten der Reduktion des Streustrohbedarfs Berücksichtigung finden (Beispiele im Bild 3, Zeilen 21, 22 und 30).

Um sofort eine Modellsituation mit

$$\sum \text{Strohaufkommen} \geq \sum \text{Strohbedarf} \quad (5)$$

und damit einen zulässigen Lösungsbereich zu erreichen, empfiehlt sich stets die Parametrisierung von „unten nach oben“, d. h. mit steigendem λ -Wert. Nachdem mit $\lambda = 0$ eine optimale Lösung erhalten ist, wird der Wert von λ solange vergrößert, bis entweder $\lambda = 1,0$ ist oder bei $\lambda < 1,0$ eine unzulässige Lösung erscheint.

Hierdurch erhält man mehrere Berechnungsvarianten. Ausgewertet wird vor allem die

Variante mit $\lambda = 1,0$ bzw. die letzte optimale Variante vor der unzulässigen Lösung. Die Variante mit $\lambda = 1,0$ erfüllt die Bedingung (5) bei Deckung des gesamten vorgegebenen Streustrohbedarfs ($b_{2i} + b'_{2i}$) aller Tierproduktionsanlagen: bei ihr ist keine Reduktion des Streustroheinsatzes erforderlich. Die letzte optimale Variante vor der unzulässigen Lösung erfüllt die Bedingung (5) dagegen bei Deckung eines Streustrohbedarfs von „lediglich“

$$b_{2i} = b_{2i} + b'_{2i} \lambda_{\text{opt}} \quad (\lambda_{\text{opt}} < 1,0); \quad (6)$$

λ_{opt} λ -Wert der optimalen Lösung im Parametrisierungsprozeß.

Auch die Varianten mit $\lambda < \lambda_{\text{opt}}$ enthalten sehr interessante Ergebnisse. Der Vergleich dieser Varianten zeigt, wie sich mit schrittweise steigendem λ -Wert und damit mit wachsendem Streustrohbedarf die Strohdüngung (wo, in welchem Rotationsbereich) verringert, der gesamte Strohbergungs- und Strohtransportplan verändert und die Ausnutzung des Arbeitsvermögens und der Grundfonds sowie die einzelnen Aufwände erhöhen.

5. Informationsversorgung des Modells

Die meisten der zur Konkretisierung des Modells erforderlichen Daten sind aus den Bildern 2 und 3 ersichtlich bzw. ableitbar. Die wichtigsten sind: Strohfleichen, Stroherträge, Strohbedarf, maximal möglicher Umfang der Reduktion des Streustrohbedarfs in den einzelnen Anlagen, Transportentfernungen, Anzahl und Einsatzzeit der Bergemaschinen (Einsatzschichten) sowie der Transporteinheiten (Einsatzstunden), Leistung der Bergeverfahren sowie der Transportverfahren, Dieselmotorkraftstoffaufwand je Hektar Strohfleiche in Abhängigkeit vom Strohertrag, von den Berge- und den Transportverfahren sowie von den Transportentfernungen, und Wegezuständen (s. [7]).

Für die Koeffizienten c_j der Strohbergungs- und Strohtransportaktivitäten in der Zielfunktion „min. DK-Aufwand“ gilt folgende Bildungsregel:

$$c_j = B + T K E Z \quad (7)$$

$$Z = \frac{A_s}{A_n} \geq 1$$

- B DK-Aufwand der Strohbergung (Häcksel- bzw. Preßbladen) in l/ha
- T DK-Aufwand des Strohtransports in l/t · km
- K Transportentfernung in km
- E Strohertrag in t/ha
- Z Wegezustandsfaktor A_s bzw. A_n : DK-Aufwand auf schlechtem (bzw. normalem) Weg in l/t · km.

6. Berechnungsergebnisse

Die spezifische Aufbereitung der Berechnungsergebnisse des Modells liefert vor allem folgende Informationen:

- Einzugsgebiete der Bedarfsorte: Von welchen Schlägen wird wieviel Stroh (in t) zu den einzelnen Bedarfsorten transportiert?
- Versorgungsbereiche der Aufkommensorte: Zu welchen Bedarfsorten wird wieviel Stroh von den einzelnen Schlägen transportiert?
- Anwendungsumfänge der einzelnen Bergeverfahren in ha und der verschiedenen Transportverfahren in t Stroh
- Anwendungsorte der Bergeverfahren: Wo, auf welchen Schlägen wird welches Verfahren angewendet?

- Anwendungswege der Transportverfahren: Wo, auf welchen Wegen wird welches Verfahren genutzt?
 - Umfang und Orte (Schläge) der Strohdüngung
 - prozentuale Deckung des gesamten Strohbedarfs der einzelnen Tierproduktionsanlagen
 - Umfang der Inanspruchnahme von Kooperationsleistungen in Anzahl der Schichten
 - prozentuale Ausnutzung des vorgegebenen Arbeitsvermögens sowie der vorgegebenen Berge- und Transportkapazitäten
 - Umfang verschiedener Aufwendungen (z. B. DK, AKh, Bergemaschinen, Transportfahrzeuge, Verfahrenskosten).
- Gegenwärtig muß die Aufbereitung der Optimierungsergebnisse noch manuell erfolgen. Es ist vorgesehen, ein spezielles Aufbereitungsprogramm zu entwickeln.

7. Wertung des Modells

Die Anwendung des Modells in der LPG (P) Leipzig führte gegenüber der bisher angewendeten Methode zu einer DK-Einsparung von 8,6 %. Die wesentlichsten methodischen Fortschritte bei der Anwendung des entwickelten Modells werden vor allem darin gesehen, daß

- alle Teilprobleme nicht nacheinander, sondern simultan, und zwar im Hinblick auf die Effektivitätsmaximierung, zu lösen sind, wodurch beträchtliche Effektivitätsreserven erschlossen werden
- die Festlegung der konkreten Transportwege auf der Grundlage gemessener Transportentfernungen mit einem bewährten Optimierungsalgorithmus erfolgt. Der entscheidende Fortschritt gegenüber der Anwendung der Transportoptimierung zur Unterstützung der Planung und Vorbereitung der Strohernte liegt in der simultanen Lösung des Transportproblems, der Verfahrensauswahl und des Maschineneinsatzes sowie der Strohbilanzierung. Die weiteren Entwicklungsarbeiten müssen sich darauf konzentrieren, den Gesamtprozeß der Anwendung des Modells rationeller zu gestalten.

Literatur

- [1] Mührel, K.: Effektiver Einsatz von Dieselkraftstoff bei Transport und Umschlag in der Landwirtschaft. agrartechnik, Berlin 32 (1982) 5, S. 914 ff.
- [2] Herrmann, K.; Ruge, K.; Boß, W.: Stroh - ein wertvoller Rohstoff für die Landwirtschaft - Erfahrungen und Maßnahmen zur Rationalisierung der Ernte. Kooperation, Berlin 15 (1981) 5, S. 230-231.

- [3] Hübner, S.; Stopporka, P.; Kittler, H.-J.; Storm, H.-J.: Durch richtige Verfahrenswahl zu Kraftstoff- und Kosteneinsparung - dargestellt am Beispiel der Strohernte in der LPG (P) Schenkenberg. Kooperation, Berlin 15 (1981) 12, S. 549-555.
- [4] Eberhardt, M.; Müller, H.: Effektive Produktions- und Arbeitsorganisation spart Dieselkraftstoff - Betriebswirtschaftliche Lösungsvorschläge für die Pflanzenproduktion. Kooperation, Berlin 16 (1982) 3, S. 104-108.
- [5] Scharf, H.; Siegmund, E.; Hänsch, U.; Hey, W.: Erfahrungen und Lösungsvorschläge für die rationelle Organisation der Gütertransporte in der LPG (P) „W. I. Lenin“ Zschortau. Feldwirtschaft, Berlin 21 (1981) 12, S. 555-558.
- [6] Müller, H.; Fenner, F.; Eberhardt, M.: Richtwerte für den Dieselkraftstoffbedarf bei landwirtschaftlichen Transporten. Hochschule für LPG Meißen, Institut für sozialistische Betriebswirtschaft Böhlitz-Ehrenberg, Forschungsbericht 1981.
- [7] Eberhardt, H.; Müller, H.; Siegmund, E.: Sparsamer Einsatz von Dieselkraftstoff in der Pflanzenproduktion. Teil 2: Richtwerte für den Dieselkraftstoffbedarf. Markkleeberg: agrabuch 1982.
- [8] Badewitz, S.: Mathematische Optimierung in der sozialistischen Landwirtschaft. Berlin: VEB Dt. Landwirtschaftsverlag 1978.
- [9] Zimmermann, J.: Optimierung der Strohtransporte in der LPG (P) Leipzig. MLU Halle-Wittenberg, Sektion Pflanzenproduktion, Diplomarbeit 1982.

A 3912

Stand der Technik der Großballenverfahren - Erfahrungen aus dem praktischen Einsatz bei der Strohernte

Dipl.-Landw. V. Hänel, Kombinat Fortschritt Landmaschinen, VEB Forschungszentrum des Landmaschinenbaus Neustadt in Sachsen

1. Einleitung

Die Bereitstellung von ausreichend Qualitätsstroh für die Fütterung der Rinder und Schafe ist eine aktuelle Aufgabe in der Landwirtschaft. Von erstrangiger Bedeutung ist dabei die Mechanisierung. Mit dem Feldhäcksler E 281 und der Hochdruckpresse K 454 stehen der Landwirtschaft der DDR zwei leistungsfähige Maschinen zur raschen Räumung des Strohs vom Feld zur Verfügung. Probleme bei der Mechanisierung des Transports, des Umschlags und der Lagerung des Strohs verringern die Effektivität der eingeführten Häcksel- und Preßgutlinie. Ausgehend von der Hochdruckpresse sollen im folgenden neue Kompaktierungsverfahren bei der Strohernte vorgestellt und die ausgewählte Vorzugsvariante bewertet werden.

2. Stand der Technik der Großballenverfahren

Der Stand der Technik mobiler Strohkompaktierungsverfahren wird repräsentiert durch

- Hochdruckballenlinie
- Schoberlinie
- Rundballenlinie
- Quaderballenlinie.

Sogenannte Höchstdruckballen sowie mobil hergestellte Strohbricketts haben bisher keine praktische Bedeutung erlangt.

2.1. Hochdruckballenlinie

Die konzeptionell bekannte Hochdruck-

Durchführung der ungestapelten Ballentechnologie. Die Ballen werden dabei mit Hilfe einer seitlichen Schurre auf den Anhänger übergeben, der mit Aufbauten ausgerüstet ist. Der Umschlag der Hochdruckballen an der Miete erfolgt mit Front- und Heckschiebern verschiedener Bauart. Zum Umschlag der Hochdruckballen in den Bergeraum kommen meist handbeschickte pneumatische oder mechanische Förderer zum Einsatz.

Zur Durchführung der gestapelten Ballentechnologie werden die Hochdruckballen über ein Ablageblech von der Hochdruckpresse auf das Feld abgelegt, mit Ballenstapelwagen in einem gesonderten Arbeitsgang gesammelt und mit Spezial-LKW zum Lagerort transportiert. In der UdSSR, in der VVB und in der UVR ist diese Methode verbreitet.

Bei der Kombination einer Hochdruckpresse mit einem Ballenbündelgerät werden die einzelnen Hochdruckballen im gleichen Arbeitsgang zu größeren Einheiten zusammengefaßt, gebunden und auf das Feld abgelegt. Der Umschlag der Bündel erfolgt durch Traktorfrontlader, der Transport auf Spezialtransportern. Hierbei sollen die Effekte des Großballens und des Hochdruckballens kombiniert werden. Da sich die Leistung beim Pressen beträchtlich verringert, haben Ballenbündelgeräte bisher nur geringe Bedeutung erlangt.

2.2. Schoberlinie

Der Schobersetter nimmt den Strohschwa-

den mit der Schlegeltrommel auf, befördert das Stroh in den Verdichtungsraum, verdichtet es durch mehrfaches Absenken des Hubdachs und setzt den ungebundenen Schober auf dem Feld ab (Bild 1).

Mit einem speziellen Schobertransportwagen wird der Umschlag und der Transport des Schobers in das Lager realisiert. Die Schober mit Abmessungen bis zu 2,40 m x 3,00 m x 6,00 m und mit einer Dichte bis zu 80 kg/m³ werden freistehend gelagert. Manipulierbarkeit und Grundflächenbedarf bei der Lagerung sind problematisch, die Werterhaltung im Freilager ist jedoch günstig. Schobersetzer werden im RGW-Bereich in der UdSSR (SPT-60), der VRB (KP-42), der UVR sowie SRR (MAC) gebaut und vorzugsweise im Maisstroh eingesetzt.

2.3. Rundballenlinie

Die Aufnahme des Strohschwadens erfolgt bei der Rundballenpresse durch die Aufnahme-trommel. Im Preßraum wird der Rundballen gewickelt, mit Bindfaden mehrfach umschnürt jedoch nicht gebunden und nach Ausschwenken der Heckklappe auf dem Feld abgelegt. Je nachdem, ob der Preßraum variabel (System Vermeer, Bild 2) oder konstant (System Welger) gestaltet ist, entstehen Rundballen mit unterschiedlich verdichtetem Ballenkern.

Die Rundballen werden mit Traktorfrontladern umgeschlagen, deren Arbeitswerkzeug als Dorn mit Haltebügel sehr einfach ausgebildet ist. Der Rundballentransport ist mit