

Die Nutzung der Prozeßoptimierung als Entscheidungshilfe für die operative Leitungstätigkeit läßt erwarten, daß in Zukunft LPG, VEG und ihre Kooperationsgemeinschaften selbst Teilprobleme des Produktionsprozesses optimieren. Bis zum Zeitpunkt der massenweisen Anwendung von technologisch-ökonomischen Modellen in der Planungspraxis erscheint es jedoch angebracht, den Praktikern vorbereitete Entscheidungen für ein genügend dichtes Netz von Varianten in Katalogform in die Hand zu geben.

Der von uns erarbeitete Katalog „Optimale Mähdruschkomplexe“ ist als Entscheidungshilfe für die richtige Disposition des Arbeitskräfte- und Maschineneinsatzes transportverbundener Fließarbeitsverfahren konzipiert, für die er unter Berücksichtigung des Optimalitätskriteriums „minimale Verlustzeitkosten ( $T_{44}$ -Kosten)“ konkrete Angaben über die optimale Zuordnung von Transportmitteln und Arbeitskräften zu einer vorgegebenen Anzahl von Mähdreschern E 512 zur Verfügung stellt, vgl. auch [1] [2] [3]!

## 1. Die Bedeutung der Komplexoptimierung für die Arbeitsdisposition

Die von den 1820 Variantenoptima des Katalogs „Optimale Mähdruschkomplexe“ ausgewiesenen zahlenmäßigen Zuordnungen von Mähdreschern (Schlüsselmaschinen), Transportmitteln und Arbeitskräften bei vorgegebener MD-Anzahl und gegebenen sonstigen Bedingungen stellen die jeweils optimale Arbeitsdisposition dar. Sie ist dadurch gekennzeichnet, daß sie organisatorische Verlustzeiten  $T_{72}$  ausschließt und die Kosten der zyklischen verfahrensbedingten Verlustzeiten  $T_{44}$  so klein wie möglich hält.

Entspricht die von den Einsatzleitern getroffene Arbeitsdisposition nicht den im Katalog angegebenen optimalen Zuordnungen arbeitsteilig eingesetzter Arbeitskräfte und Arbeitsmittel, wird die Fließarbeit also „falsch“ disponiert, so treten zusätzlich zu den unvermeidlichen technologischen Verlustzeiten  $T_{44}$  noch in mehr oder weniger großem Umfang die genannten organisatorischen Verlustzeiten der Kategorie  $T_{72}$  auf, vgl. auch [4]!

Die volle Bedeutung der optimierten Komplexvarianten läßt sich mithin erst ermessen, wenn man sie mit Situ-

ationen vergleicht, wo die empirisch gewählte Disposition von der berechneten abweicht und deshalb in unterschiedlicher Höhe die Verlustzeit  $T_{72}$  und die mit ihr verknüpften Kosten in Erscheinung treten [2]. Derartige Dispositionsfehler äußern sich bei vorgegebener Mähdrescheranzahl  $m$  einerseits darin, daß die Anzahl tatsächlich eingesetzter Transporteinheiten TE von der optimalen Anzahl  $n$  mehr oder weniger abweicht. Im günstigsten (und zugleich wohl häufigsten) Falle wird es sich hierbei um  $n \pm 1$  TE handeln. Andererseits ist u. U. mit der Möglichkeit zu rechnen, daß zwar die Anzahl  $n$  insgesamt notwendiger TE richtig bemessen ist, aber ihre Aufteilung in die Arbeitszyklen „Ausbunkerung-Feldfahrt-Ladungskontrolle“ und „Lastfahrt-Entladung-Leerfahrt“ nicht im Sinne des Optimierungsergebnisses erfolgt, also beispielsweise nicht genügend „Feld-TE“ zur Ausbunkerung der MD bereitstehen oder nicht ausreichend „Fahrt-TE“ zum Abfahren der Körner vorhanden sind.

Welche Auswirkungen derartige Dispositionsfehler auf Verlustzeiten, Verfahrenskosten u. a. Größen haben, sei an einigen Beispielen demonstriert (Tafel 1 und Tafel 2).

Im einzelnen soll bei der Diskussion von Tafel 1 — an die Kennwerte zweier richtig disponierter, generell durch die Zuordnung  $m$  MD und  $n$  TE charakterisierter Maschinenkomplexe des Katalogs [3] anknüpfend — die Auswirkungen der beiden Fehldispositionen

$$m \text{ MD} + (n + 1) \text{ TE und}$$

$$m \text{ MD} + (n - 1) \text{ TE}$$

einander gegenübergestellt werden. Tafel 2 vergleicht die Zuordnung

$$m \text{ MD} + (n - 1) \text{ TE}$$

wobei einmal eine Fahrt-TE und ein anderes Mal eine Feld-TE zu wenig vorgesehen wurden.

Schließlich ist für eine möglichst rationelle Disposition der Arbeit wichtig zu wissen, unter welchen Bedingungen eine Verringerung (oder Vergrößerung) des MD-Komplexes um jeweils eine Einheit, also Einsatz von  $m \pm 1$  MD anstelle der ursprünglich geplanten  $m$  MD, keine Veränderung der Anzahl  $n$  notwendiger Transporteinheiten erforderlich ist, bei welchen Komplexgrößen also ein vergleichsweise hohes Maß technologischer Variabilität und Zuverlässigkeit des Verfahrensablaufs zu beobachten sind.

Eine Übersicht mit Beispielen von unterschiedlich großen MD-Komplexen aber gleicher TE-Anzahl gibt Tafel 3. Diese Tafel informiert über jene vorteilhaften MD-Komplexe, die beim Auftreten funktioneller oder technischer Standzeiten  $T_{41}$  bzw.  $T_{42}$  bei einem der beteiligten Mähdrescher keine technologisch bedingten Standzeiten  $T_{43}$  auf Seiten der eingesetzten Transporteinheiten verursachen.

Ausgehend von diesem knappen Abriß des Verhältnisses von Verfahrensoptimierungsergebnissen zur Arbeitsdisposition transportverbundener Fließarbeitsverfahren [2] werden folgende Fragenkreise zu behandeln sein:

1.1 richtige Arbeitsdisposition ( $n$  TE)

1.2 falsche Arbeitsdisposition ( $n \pm 1$  TE)

1.3 falsches Verhältnis zwischen Fahrt-TE und Feld-TE

1.4 Beziehungen zwischen Komplexgröße und technologischer Zuverlässigkeit des Verfahrensablaufs ( $m \pm 1$  MD)

### 1.1. Richtige Arbeitsdisposition ( $n$ TE)

Über die optimale Zuordnung von Transporteinheiten zu einem 5er-MD-Komplex bei 4 und 32 km Entfernung sowie gegebenen sonstigen Bedingungen informiert Tafel 1, Z. 1 und 2, Sp. 3 und 6!

\* WTZ für Landtechnik Schlieben (Direktor: Dipl.-Ing. K. ALGENSTAEDT, Bereich Forschung, Außenstelle Halle/S.

(Schluß von Seite 87)

Arbeitszeitbedarf eines Verfahrens nur näherungsweise zu bestimmen vermögen. Exaktere Aufschlüsse hierüber erhält man durch partielle Differentiation der betreffenden Arbeitszeitfunktionen [2].

## Literatur

- [1] FLEISCHER, E.: Arbeitszeitfunktionen — eine weiterentwickelte Methode analytisch-kalkulatorischer Leistungsnormung (I u. II). Deutsche Agrartechnik (1969) H. 9, S. 432 bis 435 und (1969) H. 10, S. 484 bis 485
- [2] FLEISCHER, E.: Zur Bestimmung des Gewichtes veränderlicher Einflußgrößen. Deutsche Agrartechnik (1968) H. 12, S. 562 bis 565
- [3] FLEISCHER, E.: Zyklische verfahrensbedingte Verlustzeiten transportverbundener Fließarbeitsverfahren und Möglichkeiten ihrer Senkung. Deutsche Agrartechnik (1969) H. 1, S. 36 bis 40
- [4] FLEISCHER, E.: Bringt Zwischenlagerung des Stalldunges am Feldrande arbeitsökonomische Vorteile? Deutsche Agrartechnik (1969) H. 4, S. 169 bis 173
- [5] FLEISCHER, E.: Ökonomische Parameter zur Gülleausbringung mit Tankfahrzeugen unterschiedlicher Nutzmasse. Deutsche Agrartechnik (1969) H. 7, S. 324 bis 328
- [6] KURWIN, H.: Graphisches Rechnen. Leipzig 1949
- [7] MULLER, A.: Nomographie für die technische Praxis. Leipzig 1952
- [8] PENTKOWSKI, M. W.: Nomographie. Berlin 1953 A 7829

Tafel 1

Auswirkungen richtiger und falscher Arbeitsdisposition (Zuordnung von  $n$  bzw.  $n \pm 1$  TE zu einem vorgegebenen MD-Komplex (5 E 512)) auf die Kennwerte transportverbundener Fließarbeitsverfahren bei unterschiedlichem  $n$ -Niveau  
Fruchtart: W-Gerste;  
Ertrag: 35 dt/ha;  
TE: W 50 LAK + HK 5

Lfd. Nr.	Inhalt der Aktivität	Dimension	4 km						32 km		
			$n$	$n + 1$	$n - 1$	$n$	$n + 1$	$n - 1$			
1	2	3	4	5	6	7	8				
1.	Anzahl der LKW (Fahrt)	St.	3	4	2	8	9	7			
2.	Anzahl der LKW (Feld)	St.	2	2	2	2	2	2			
3.	Anzahl der AK	AK	13	14	12	18	19	17			
4.	prod. Fließarbeitszeit MD	h $T_{05}'$	50,0	50,0	40,6	50,0	50,0	47,5			
5.	prod. Fließarbeitszeit LKW (Fahrt)	h $T_{05}'$	24,7	24,7	20,0	77,7	77,7	70,0			
6.	prod. Fließarbeitszeit LKW (Feld)	h $T_{05}$	12,7	12,7	10,3	12,7	12,7	12,0			
7.	Verlustzeit d. MD	h $T_{44}$	—	—	9,4	—	—	2,5			
8.	Verlustzeit d. LKW (Fahrt)	h $T_{44}$	5,3	15,3	—	6,3	16,3	—			
9.	Verlustzeit d. LKW (Feld)	h $T_{44}$	7,3	7,3	9,7	7,3	7,3	8,0			
10.	Runden der TE insges.	$n$	28,0	28,0	22,7	28,0	28,0	26,6			
11.	Flächenleistung	ha/10 h $T_{05}$	67,1	67,1	54,5	67,1	67,1	63,8			
12.	Transportleistung	t/10 h $T_{05}$	235	235	191	235	235	223			
13.	Arbeitszeitbedarf	M/ha	2,2	2,3	2,5	3,0	3,2	3,0			
14.	Verfahrenskosten	M/ha	87,50	89,60	101,20	110,50	112,60	112,50			
15.	Verlustzeiten	M/ha	2,40	4,30	14,60	2,60	4,50	4,40			
16.	Transportkosten	M/ha	16,50	18,60	16,30	39,50	41,70	38,40			
17.	Einsatzkosten je LKW (einschließlich lebendig. Arbeit + Anhänger)	M/h	19,80	18,70	20,00	23,80	22,80	24,50			

<sup>1</sup>  $T_{05}' = T_{05} \text{ min. } T_{44}$

Tafel 2

Technologisch-ökonomische Auswirkungen falscher Transportdisposition unter Berücksichtigung des notwendigen Verhältnisses zwischen Fahrt-TE und Feld-TE

Beispiel: Mähdrusch Wi.-Weizen im 7 MD-Komplex  
Ertrag: 55 dt/ha, Entfernung: 16 km, Transportmittel: W 50 LAK + HK 5

Lfd. Nr.	Inhalt der Aktivität	Dimension	Arbeitsdisposition		
			richtig	falsch	
				9 Fahrt-TE + 3 Feld-TE	I. 8 Fahrt-TE + 3 Feld-TE
1	2	3	4	5	
1.	Produkt. Fließarbeitszeit d. Fahrt-TE	h $T_{05}'$	82,1	80,—	73,6
2.	Verlustzeit d. Fahrt-TE	h $T_{44}$	7,9	—	16,4
3.	Produkt. Fließarbeitszeit d. Feld-TE	h $T_{05}$	22,3	21,7	20,0
4.	Verlustzeit der Feld-TE	h $T_{44}$	7,7	8,3	—
5.	Produkt. Fließarbeitszeit d. Mährescher	h $T_{05}'$	70,—	68,2	62,8
6.	Verlustzeit d. MD	h $T_{44}$	—	1,8	7,2
7.	Runden/Schicht	$n$	49	48	44
8.	geerntete Fläche/Schicht	ha	90,4	88,—	81,—
9.	transport. Getreide/Schicht	t	497	484	446
10.	Verfahrenskosten	M/ha	108,20	108,70	116,20
11.	dar. Verlustzeitkosten	M/ha	2,70	3,20	9,50

<sup>1</sup>  $T_{05}' = T_{05} \text{ min. } T_{44}$

Tafel 3

Bedarf an Transporteinheiten (TE) beim Mähdrusch in Abhängigkeit von Körner- bzw. Samenertrag und der Transportentfernung

Typ des Mechanisierungsmittels: E 512  
TE: W 50 LAK + HK 5  
Fruchtart: W.-Roggen

MD je Komplex	Körnerertrag (dt/ha)											
	25				35				45			
	Transportentfernung (km)											
	4	8	16	32	4	8	16	32	4	8	16	32
	Anzahl der Transporteinheiten											
3	3	3	4	5	3	3	4	5	3	3	4	6
4	3	3	4	6	3	4	5	7	4	5	6	8
5	3	5	6	8	5	5	7	9	5	6	7	9
6	5	6	7	9	5	6	7	10	5	6	8	11
7	5	6	7	10	5	7	8	11	6	7	9	12
8	5	7	8	11	6	7	9	13	7	9	11	15
9	6	7	9	13	7	9	11	15	8	9	12	16
10	7	9	11	15	8	9	12	16	8	10	13	18

Die Anzahl der Feld-TE ist nur vom Ertrag der entsprechenden Fruchtart und von der Schüttdichte des Druschgutes abhängig; die Transportentfernung beeinflusst die Anzahl der Feld-TE nicht.

Die Mährescher sind voll ausgenutzt und die zyklische verfahrensbedingte Verlustzeit konzentriert sich ausschließlich auf die Transporteinheiten, Z. 8 und 9, Sp. 3 und 6!

## 1.2. Falsche Arbeitsdisposition

### 1.2.1. $n + 1$ Transporteinheiten

Wird eine TE mehr als notwendig eingesetzt (Taf. 1 Sp. 4 und 7), so bleiben Leistung und Kosten der Mährescher

unverändert (vgl. insbes. Z. 11 und 12, Sp. 4 und 7!); es entstehen jedoch auf Seiten des Fuhrparkes neben den zyklischen verfahrensbedingten noch jeweils 10 h organisatorische Verlustzeiten (z. B. Z. 8, Sp. 3 und 4).

Demgemäß wachsen auch der Arbeitsaufwand, die Verfahrenskosten sowie die Verlustzeitkosten.

Tendenziell wird sich die Zugabe einer zusätzlichen ( $n + 1$ )-ten TE auf Kosten (und Arbeitszeitbedarf) um so mehr auswirken, je kleiner die Anzahl  $n$  notwendiger Fahrzeuge ist. Wie das ausgewählte Beispiel zeigt, kann diese Tendenz jedoch durch andere Einflüsse — etwa durch die mit wachsender Entfernung und damit höherem Fahranteil zu-

nehmenden Kosten je LKW-h (Z. 17) — mehr oder weniger verdeckt werden.

Aufs Ganze gesehen läßt sich in bezug auf die beiden untersuchten Fälle feststellen, daß sich das mit der  $(n+1)$ -ten TE verbundene Mehr an Arbeitszeitbedarf und Verlustzeitkosten in erträglichen Grenzen hält. Der Dispositionsfehler würde sich stärker auswirken, wenn nicht — wie im Beispiel — die notwendige Anzahl an Transporteinheiten  $n = 5$  oder 10, sondern nur  $n = 2$  bzw. 3 betrüge.

### 1.2.2. $n - 1$ Transporteinheiten

Werden anstelle der 5 bzw. 10 als notwendig ausgewiesenen TE nur 4 bzw. 9 TE eingesetzt, vgl. Taf. 1, Sp. 5 und 8, so führt dies

- a) zu Verlustzeiten  $T_{44}$  der bislang voll ausgenutzten Mährescher und damit zu geringeren Flächenleistungen (Z. 11, Sp. 5 und 8) sowie
- b) dahin, daß die reduzierte Fahrt-TE-Gruppe nunmehr voll beansprucht wird, vgl. Z. 5 und 8, Sp. 5 und 8!

Tendenziell läßt sich hierbei feststellen, daß sich eine fehlende Transporteinheit um so mehr auf die Leistung des Kollektivs auswirkt, je kleiner das Ensemble notwendiger TE ist und umgekehrt. Beispielsweise führt die fehlende 5. TE der 4-km-Variante zu 9,4 ungenutzten MD-h, macht also nahezu einen ganzen Mährescher überflüssig, die fehlende 10. TE der 32-km-Variante verursacht dagegen nur 2,5 ungenutzte MD-h.

Vergleicht man schließlich die Auswirkungen, die von  $n+1$  TE auf der einen und  $n-1$  TE auf der anderen Seite ausgehen, so zeigt sich, daß namentlich im Bereich niedrigen  $n$ -Niveaus die Nachteile einer fehlenden Transporteinheit die einer überschüssigen TE erheblich überwiegen.

Der empirisch arbeitende Disponent sollte deshalb im Zweifelsfalle stets bei den billigeren Produktionskrafteinheiten, gewöhnlich also bei den Transportmitteln, vorhalten, durch mangelhafte Arbeitsdisposition verursachte Verlustzeiten  $T_{72}$  also auf die Transporteinheiten beschränken.

### 1.2.3. Falsches Verhältnis zwischen Fahrt-TE und Feld-TE

Die technologisch-ökonomischen Auswirkungen einer fehlenden Transporteinheit verstärken sich, wenn diese Einheit nicht bei der Gruppe der Fahrt-TE, sondern der Gruppe der Feld-TE eine Lücke reißt. Diese Situation soll durch das in Tafel 2 dargestellte Beispiel beleuchtet werden. Den vorgegebenen 7 MD sind bei richtiger Disposition 12 TE zuzuordnen, davon

- 3 TE für die Ausbunkerung der MD-Staffel und
- 9 TE für den Abtransport des Getreides zum Silo.

In diesem Falle werden die 7 MD voll genutzt und je ha entstehen nur 2,70 M Verlustzeitkosten. Werden nur 11 TE eingesetzt (Tafel 2, Sp. 4 und 5), ergeben sich unterschiedliche Auswirkungen, je nachdem, welche der beiden TE-Gruppen nicht voll besetzt ist. Trägt der Einsatzleiter dafür Sorge, daß trotz verminderter Gesamtzahl an TE unverändert stets drei Transporteinheiten für das Abbunkern der MD-Staffel zur Verfügung stehen (Sp. 4), ist der Leistungsrückgang unbedeutend; er nimmt jedoch dann ein größeres Ausmaß an, wenn es dahin kommen sollte, daß zufolge der fehlenden 12. TE nur zwei Transporteinheiten für das Abbunkern zur Verfügung stehen (Sp. 5). Ähnliche Auswirkungen ergeben sich auch, wenn die Gesamtzahl der eingesetzten TE zwar dem Optimierungsergebnis entspricht, aber zum Abbunkern nicht so viele Transportzüge gegenwärtig sind, wie im Interesse minimaler Verlustzeitkosten notwendig ist. Aus diesem Grunde enthält der Katalog „Optimale Mähdruschkomplexe“ u. a. Angaben darüber, wie viele der insgesamt ausgewiesenen TE sich jeweils bei der MD-Staffel befinden müssen.

### 1.3. Die Beziehungen zwischen Komplexgröße und technologischer Zuverlässigkeit des Verfahrensablaufs ( $m \pm 1$ MD)

Aus der Sicht der zweckmäßigsten Fahrzeugausnutzung zum Abtransport der Körner in Abhängigkeit von der Größe des

Mährescherkollektivs gibt es je nach den natürlichen und den ökonomischen Produktionsbedingungen zu bevorzugende Komplexe.

Je weniger Fahrzeugkombinationen je MD eines Komplexes benötigt werden, desto geringer ist die Verfahrenskostenbelastung je ha und je t Druschfrucht, vgl. [3]. So geht aus Tafel 3, Zeile 3 und 4, Spalte 6 bis 9 z. B. hervor, daß der Komplex aus 6 E 512 bei einem Körnerertrag von 35 dt/ha über alle Entfernungsstufen hinweg durch den eventuellen Ausfall des sechsten Mähreschers weniger Stillstandszeiten bei den TE verursacht als der Fünfer-Komplex (Zeile 4 und 5). Wenn von 6 MD einer ausfällt, so wird bei der genannten Ertragsklasse für die Transportentfernung von 4 und 16 km die gleiche Anzahl LKW-Züge benötigt, bei 8 und 32 km bleibt je ein Zug ungenutzt. Fällt dagegen vom 5er-Komplex eine Schlüsselmaschine aus, so werden in drei Fällen (4, 16 und 32 km) zwei Transporteinheiten nicht ausgenutzt.

Bei der Zusammenstellung von Komplexen für eine Druschkampagne sollten derartige Überlegungen angestellt werden, um einen möglichst reibungslosen und an Kosten für Verlustzeiten armen Fließarbeitsablauf zu sichern. Dabei kann je nach dem Fruchtartenverhältnis der Druschfrüchte, ihrem Umfang, dem zu erwartenden Ertrag und den zu bewältigenden Fahrtstrecken die Komplexgröße von Jahr zu Jahr den jeweils gültigen Bedingungen auf kooperativer Basis angepaßt werden. Unter extrem wechselnden Verhältnissen von Tag zu Tag kann auch die vorübergehende Delegation von TE zum oder vom Komplex zweckmäßig sein.

Die Richtigkeit unserer vorausgerechneten Ergebnisse wird durch Untersuchungen in der Praxis bestätigt. So berichten HERRMANN und HAUSE [5] über die Vorteile des 8er-MD-Komplexes. Acht gemeinsam eingesetzte Mährescher erfordern im Vergleich zu zwei unter gleichen Ertrags- und Entfernungsbedingungen voneinander getrennt arbeitenden Komplexen aus drei und fünf MD insgesamt ein oder zwei LKW-Züge weniger. Diese Vorteile des 8er-MD-Komplexes gehen aus Tafel 3 deutlich hervor.

### Zusammenfassung

Wie groß der wirtschaftliche Nutzen richtig disponierter Arbeitskräfte- und Maschinenkomplexe transportverbundener Fließarbeitsverfahren ist, wird vor allem durch die vergleichende Gegenüberstellung mit Fehldispositionen und deren Auswirkungen deutlich.

Der Vergleich optimierter Varianten ( $n$  TE) mit ihren Subvarianten ( $n \pm 1$  TE) läßt folgende Tendenzen und Regeln erkennen:

- Dispositionsfelder in der Größenordnung von  $\pm 1$  TE wirken sich bei einer kleinen Zahl notwendiger TE (niedriges  $n$ -Niveau) im allgemeinen stärker aus als bei einem relativ großen Transportmittelbedarf (hohes  $n$ -Niveau). Die optimale Zumessung des Transportraums verlangt daher vor allem bei kleineren Komplexen besondere Sorgfalt.
- Das Fehlen einer TE wirkt sich — namentlich im Bereich niedrigen  $n$ -Niveaus — auf Verlustzeitkosten, Mehrarbeitszeitbedarf usw. gewöhnlich stärker aus als das Vorhandensein einer überschüssigen TE. In Zweifelsfällen ist daher besser eine Transporteinheit zuviel als zuwenig einzusetzen.
- Die Auswirkungen fehlender Transportkapazität verstärken sich, wenn davon die zur Übernahme des gebunkerten Getreides bestimmte TE-Funktionsgruppe betroffen wird. Ist eine zeitweilige Unterbesetzung von Transportraum unumgänglich, so ist diese vom Einsatzleiter so zu steuern, daß sie vorrangig zu Lasten der Fahrt-TE erfolgt.

Natürliche und ökonomische Produktionsbedingungen sind von erheblichem Einfluß auf zu bevorzugende Komplex-

(Schluß auf Seite 91)

Dipl.-Ing. H. SCHMIDT

## Kraftmessung an einem Lager in drei senkrecht aufeinanderstehenden Richtungen

### Grundsätzliches zur Kraftmessung

Für eine Halmgutverdichtungseinrichtung war ein Meßfühler zu schaffen, mit dem die Kräfte an einem Wälzlager einer Verdichtungswalze gemessen werden können [1]. Im folgenden soll der beschriebene Lösungsweg erläutert werden.

Die Lagerkraft ist ein gebundener Vektor und hat vier Bestimmungsgrößen: Angriffspunkt, Richtung, Richtungssinn und Betrag. Diese vier Bestimmungsgrößen müssen mit der Meßeinrichtung eindeutig ermittelt werden können. Richtung, Richtungssinn und Betrag ändern sich im vorliegenden konkreten Fall während des Betriebes ständig. Die ständig sich verändernde Richtung einer Kraft meßtechnisch unmittelbar zu erfassen ist schwierig und nur für einige Sonderfälle zweckmäßig. Deshalb geht man hier einen anderen Weg und legt die bekannte Aufspaltung

eines im Raum liegenden Vektors in drei senkrecht aufeinanderstehende Komponenten zugrunde. Obwohl nun drei Einzelkräfte zu messen sind, ergibt sich der Vorteil, daß die Richtungen und die Angriffspunkte der Einzelkräfte geometrisch festliegen. Die noch nötigen Bestimmungsgrößen, Betrag und Richtungssinn, können von der Meßeinrichtung wie skalare Größen verarbeitet werden, wobei sich der Richtungssinn als positiver oder negativer Wert der Anzeige darstellt.

Eine gebräuchliche Art von Meßfühlern für mehrere Kraftkomponenten arbeitet nach dem Prinzip von Spannungsmessungen an metallischen Verformungskörpern. Die Spannungsmessungen werden mit Dehnungsmeßstreifen durchgeführt, wobei man spezielle Eigenschaften dieser mechanisch-elektrischen Wanderelemente ausnutzt. Dehnungsmeßstreifen vermögen aus einem ebenen Spannungsverlauf eine Spannungsrichtung herauszufiltern. Die zu dieser Richtung senkrecht verlaufende Spannung wird nur zu etwa 1 Prozent und weniger angezeigt. Mit Hilfe spezieller elektrischer Zusammenschaltungen ist es weiterhin möglich, nur bestimmte Belastungsrichtungen des Verformungskörpers zur Anzeige zu bringen.

An einem einfachen Beispiel (Bild 1) soll die Wirkungsweise verdeutlicht werden.

Mit dem DMS-Paar 1 wird die Zugkraft  $P_1$  und mit dem DMS-Paar 2 die Biegekraft  $P_2$  gemessen. Da die Nennlasten meistens vorgegeben sind, muß der Verformungskörper so dimensioniert werden, daß an den Stellen der DMS eine genügend große Dehnung entsteht. Das führt zu komplizierten Verformungskörpern. Die Meßfehler werden im wesentlichen davon bestimmt, wie sehr sich die einzelnen Kraftkomponenten gegenseitig beeinflussen. Bei dem erläuterten Prinzip sind die Komponenten untereinander nicht gleichwertig, so daß z. B. eine Komponente nahezu frei von der Beeinflussung durch die anderen mit einem Fehler von nur 2 Prozent und eine andere Komponente dagegen mit einem Fehler von 10 Prozent gemessen wird [2].

Liegen die bei der Messung auftretenden Kräfte auch nur bei einer Komponente außerhalb des erwarteten Meßbereiches oder sind diese zu klein gegenüber der vor-

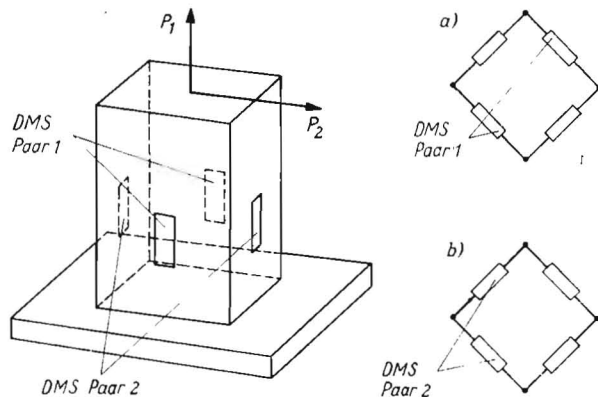


Bild 1. Schematische Darstellung einer einfachen Zwei-Komponenten-Kraftmessung; DMS Dehnungsmeßstreifen; a) Schaltung für die Messung von  $P_1$ , b) Schaltung für die Messung von  $P_2$

(Schluß von Seite 90)

größen. Bei der Zusammenstellung der Kollektive für bestimmte Arbeitsabschnitte sollten vorbereitete Entscheidungshilfen (z. B. der Katalog „Optimierte Mähdrusch-Komplexe“) berücksichtigt werden.

### Literatur

- [1] KASTEN, A.: Optimierte Komplexgrößen für den Einsatz der Maschinen bei kooperativer Pflanzenproduktion. Deutsche Agrartechnik 19. (1969) H. 11, S. 539.
- [2] KASTEN, A., E. FLEISCHER, W. SCHINKEL, u. a.: Zur optimalen Zuordnung von Arbeitskräften und Maschinen transportverbundener Fließerbeitsverfahren mit Hilfe der gemischt-ganzzahligen Optimierung, in: Beiträge über technologische Arbeitsmittel zur Einführung industriemäßiger Verfahren in der Pflanzenproduktion. VEB Ingenieurbüro für Betriebswirtschaft der VVB Saat- und Pflanzgut, Quedlinburg, 1970, S. 10 bis 19.
- [3] KASTEN, W., E. FLEISCHER, H.-J. BRÜCKNER; u. a.: Optimale Mähdruschkomplexe — Ein Beitrag zur Optimierung transportverbundener Fließerbeitsverfahren bei Kooperation in der Pflanzenproduktion, VVB Saat- und Pflanzgut Quedlinburg, Halle/S. und Quedlinburg 1970
- [4] o. V.: Zeitgliederung in der Landwirtschaft, Begriffe, Kurzzeichen, Erläuterungen, Überarbeiteter Entwurf vom Mai 1969, Fachbereichsstandard Landwirtschaft [2].
- [5] HERRMANN, K., K. HAUSE: Erfahrungen aus dem Komplexeinsatz der Mähdrösch E 512 in der KOG der LPG Görzig — Gröbzig — Wörbzig, Feldwirtschaft (1970) H. 5, S. 209 und 210 A 7991

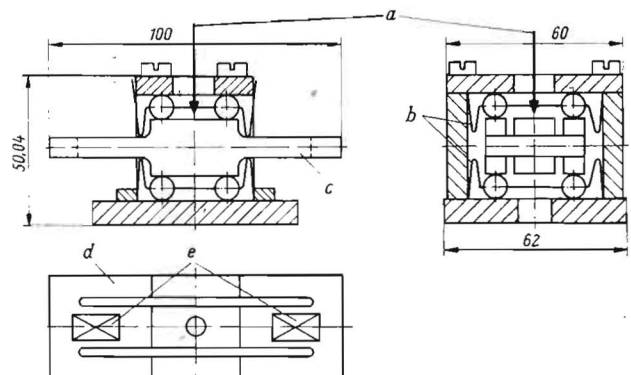


Bild 2. Baugruppe des Drei-Komponenten-Kraftmeßfühlers (vereinfachte Darstellung); a) angreifende Kraft, b) Kugelförmigkeit, c) Verformungskörper, d) Draufsicht des Verformungskörpers, e) Dehnungsmeßstreifen