

portieren das Schüttgut in einem geschlossenen Kreislauf. Mit Hilfe einer Bandwaage wird der Vergleich zum zu ermittelnden Durchsatz hergestellt. Die Drehzahl der Zellenradschleuse bestimmt den Durchsatz. Der Durchsatz könnte zwischen 2 kg/s und 15 kg/s variiert werden. Mit dieser Versuchsanordnung ist es möglich, lange Meßzeiten und somit einen großen Stichprobenumfang zu realisieren. Die Spannung am Ultraschallempfänger hängt im Bereich zwischen 2 kg/s und 12 kg/s linear vom Durchsatz ab (Bild 8). Bei linearer Regression nach der Gleichung

$$U_E = 11,82 - 0,6 \dot{m} \quad (4)$$

für  $1,4 \text{ kg/s} \leq \dot{m} \leq 15 \text{ kg/s}$   
 ( $U_{E_{\text{Sst}}} = 11,0 \text{ V}$  für  $\dot{m} < 1,4 \text{ kg/s}$ )

errechnet sich ein mittlerer Fehler von  $\Delta U_E = 0,19 \text{ V}$  (Linearitätsabweichung) für die Spannung am Ultraschallempfänger. Bei einem Durchsatz von  $\dot{m} < 1,4 \text{ kg/s}$  nähert sich die Spannung ihrem Sättigungswert von  $U_{E_{\text{Sst}}} = 11,0 \text{ V}$ , der bei einem Durchsatz von

$\dot{m} = 0$  erreicht ist. Bei einem Durchsatz von  $\dot{m} > 15 \text{ kg/s}$  nähert sich die Spannung am Ultraschallempfänger der Störspannung, die für  $\dot{m}$  gegen  $\infty$  ungefähr  $0,5 \text{ V}$  beträgt. Die Zellenradschleuse erzeugt keinen vollkommen gleichmäßigen Gutstrom. Die Streuung der Meßwerte beinhaltet diesen Fehler. Die an dem Ultraschall-Meßwertgeber gemessene Streuung ist höher als die an der Bandwaage. Das hängt u. a. davon ab, daß durch die Länge der Bandwaage eine Mittelwertbildung erfolgt.

#### 4. Zusammenfassung

Mit der vorgestellten Methode der Ultraschallmessung ist es möglich, den Siebdurchsatz von losem Schüttgut zu messen. Zwischen der am Ultraschallempfänger entstehenden Spannung und dem Durchsatz herrscht in einem den konkreten Versuchsbedingungen entsprechenden Bereich 1,4 kg/s bis 15 kg/s Linearität. Der prinzipielle Aufbau des Ultraschall-Meßwertgebers wurde beschrieben. Die Diskussion auftretender Meßfehler und deren Minderung erfolgte nicht vollständig, da für spezielle

Anwendungen entsprechende Untersuchungen und Betrachtungen notwendig sind.

#### Literatur

- [1] Aufbau und Erprobung einer radiometrischen Apparatur zur Durchsatzmessung an Kartoffelerntemaschinen. Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft Potsdam-Bornim, Forschungsbericht 1972 (unveröffentlicht).
- [2] Ultraschallschranke VSS 403, VEB Ultraschalltechnik Halle, Prospekt 1977.
- [3] Böhme, H.: Ultraschall in der Steuerungstechnik. Steuerungstechnik 4 (1971) H. 4, S. 95—99.
- [4] Massa, F.: Ultrasonic Transducers for Use in Air (Ultraschallwandler zur Anwendung in Luft). Proceedings of the IEEE (1965) October, S. 1263—1371.
- [5] Lankjavičius, A. M.: Ul'trazvukovoj profilograf počvy (Ultraschall-Bodenprofilmeßgerät). Mechanizacija i elektrifikacija (1973) H. 11, S. 53—54.
- [6] Piecoxide-Wandler. VALVO-GmbH Hamburg (BRD), Firmenschrift, Ausgabe 1968.
- [7] Winkler, H.: Die Kompensation der zu großen Luftabsorption bei raumakustischen Messungen mit Echogrammen. HF-Technik und Elektroakustik (1964) H. 4, S. 124—130.

A 2388

## Analyse der Kapazitätsausnutzung der Maschinenkette für die Welkguternte

Dipl.-Ing. H. Ludley, KDT, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik

### 1. Problemstellung

Die Ernte des Welkgutes beansprucht mehr als 50% der Verfahrenskosten und mehr als 60% des Arbeitszeitaufwands für die Welksilageproduktion [1]. Wenn man davon ausgeht, daß die Verfahrenskosten je Einsatzstunde und die Anzahl der Arbeitskräfte durch den Nutzer nur in einem begrenzten Bereich verändert werden können, stellt die Verfahrenskapazität die beeinflussbare Größe dar. Mit dieser Kennzahl wird auch der Grad der Erfüllung des Kapazitätsanspruchs gesteuert. Maßnahmen zur Sicherung des Kapazitätsanspruchs, d. h. zur Einhaltung agrotechnischer Zeitspannen, sind aber notwendig, da sonst Mindererlöse infolge Qualitätsabbau und hohe Verluste eintreten.

Zur Realisierung einer zur Abdeckung des Kapazitätsanspruchs ausreichenden Verfahrenskapazität besteht die Möglichkeit, die technologische Maschinenkapazität, die Anzahl der Maschinen, ihre Ausnutzung und Einsatzform sowie die Abstimmung der Kapazitäten in der Maschinenkette zu ändern. Für den Nutzer landtechnischer Arbeitsmittel sind die vier letztgenannten Bestimmungsgrößen variierbar, davon die Anzahl der Maschinen nur bedingt. Bei konstanter Maschinenkapazität sind demzufolge die zeitlichen Beziehungen in der Maschinenkette ein wichtiges Gestaltungsmittel im Einsatzbetrieb. Im vorliegenden Artikel sollen daher anhand von Ergebnissen aus Simulationsrechnungen Ansatzpunkte und Hinweise für die gezielte Beeinflussung der Kontinuität des Prozeßablaufs gegeben werden.

### 2. Zusammenhänge zwischen der Verfahrenskapazität und der Kontinuität des technologischen Prozesses

Im Bild 1 sind die Verfahren der Halmfuttermittel dargestellt. Daraus ist ersichtlich, daß

als Betrachtungsgegenstand eine dreigliedrige Maschinenkette, bestehend aus erntender, transportierender und annehmender Einheit, gewählt wird. Es wird eine Abgrenzung zum Schwadmähen, die zeitlich relativ unabhängig von der Ernte des gewelkten Gutes ist, und zur Weiterverarbeitung nach der Annahme vorgenommen. Für die Welkguternte ergibt sich daher als Eingangsgröße das in Schwaden liegende Gut und als Ausgangsgröße die im Silo oder am Trockenwerk befindliche Erntemasse. Im weiteren werden als annehmende Einheit Horizontalsilos betrachtet.

Zur Ableitung der Beziehungen zwischen realisierter Verfahrenskapazität und Kontinuität des Prozesses ist eine Erläuterung der Kapazitätsbegriffe erforderlich, die einer Präzisierung der Vorstellungen aus [2] entspricht.

Die *technische Maschinenkapazität* charakterisiert das technisch-konstruktiv vorgegebene maximale Leistungsvermögen einer Maschine. Dieses Leistungsvermögen wird nur realisiert bei Einhaltung der agrotechnischen Forderungen für diese Maschine bei determinierten Prozeßvorgängen und determinierter Beschaffenheit des Arbeitsgegenstands ohne leistungsmindernde Einflüsse des arbeitenden Menschen. Grundsätzlich gilt als Bezugsbasis die Zeitkategorie  $T_1$  (Grundzeit nach TGL 22290).

Unter *technologischer Maschinenkapazität* wird das Leistungsvermögen eines einzelnen landtechnischen Arbeitsmittels verstanden. Sie charakterisiert das Arbeitsvermögen der einzelnen Maschine bei bestimmten, konkreten Bedingungen, die daher mit der Bezugsbasis Zeitsumme  $T_{02}$  festgelegt wird.

Zur Kennzeichnung des Leistungsvermögens von mehreren landtechnischen Arbeitsmitteln einer Maschinengruppe oder mehrerer, miteinander verketteter Maschinengruppen wird der Begriff *Verfahrenskapazität* eingeführt,

wobei zwischen potentieller und realisierter Größe unterschieden wird.

Unter *potentieller Verfahrenskapazität* ist die realisierbare zu verstehen, die unter Einhaltung der technologisch vorgegebenen Parameter bei störfreiem Prozeßablauf erreicht wird und in der Zeitkategorie  $T_{02}$  angegeben wird.

Die *realisierte Verfahrenskapazität* ist die Kategorie, bei der auch Einflüsse von anderen Arbeitsmitteln, von den arbeitenden Menschen oder auch vom Arbeitsgegenstand eingehen. Es sind ausnahmslos kapazitätsmindernde Einflüsse. Sie wird in der Zeitkategorie  $T_{05}$  angegeben und stellt somit die Beziehung zum planmäßig nutzbaren Anteil der Einsatzzeit her. Bei der realisierten Verfahrenskapazität ist darauf zu achten, daß der Grenzfall Maschinenkettenlänge und/oder Maschinengruppenbreite gleich 1 enthalten ist.

Entsprechend dem Betrachtungsgegenstand erfolgt die Zuordnung der Kapazitätsbegriffe nach einfachen und verketteten Funktionssystemen (Bild 2).

Die realisierte Verfahrenskapazität  $\dot{m}_{T_{04}}$  ergibt sich wie folgt:

$$\dot{m}_{T_{04}} = n \dot{m}_{T_{02}} \prod_{i=1}^n V_i \quad (1)$$

$n$  Maschinengruppenbreite (im allgem. Sprachgebrauch Komplexgröße)  
 $\dot{m}_{T_{02}}$  technologische Maschinenkapazität  
 $V_i$  technologische Verfügbarkeit der Maschinengruppe.

Der Ausdruck  $n \dot{m}_{T_{02}}$  stellt die potentielle Verfahrenskapazität dar und wird im weiteren als Konstante behandelt. Demzufolge findet das Zusammenwirken der Maschinengruppen in der multiplikativen Verknüpfung der Verfügbarkeit seinen Ausdruck.

1) Da die arbeitsbedingte Erholungszeit  $T_1$  als Normativ ohne Schwierigkeiten eingeführt werden kann, wurde die Zeitkategorie  $T_{04}$  gewählt.

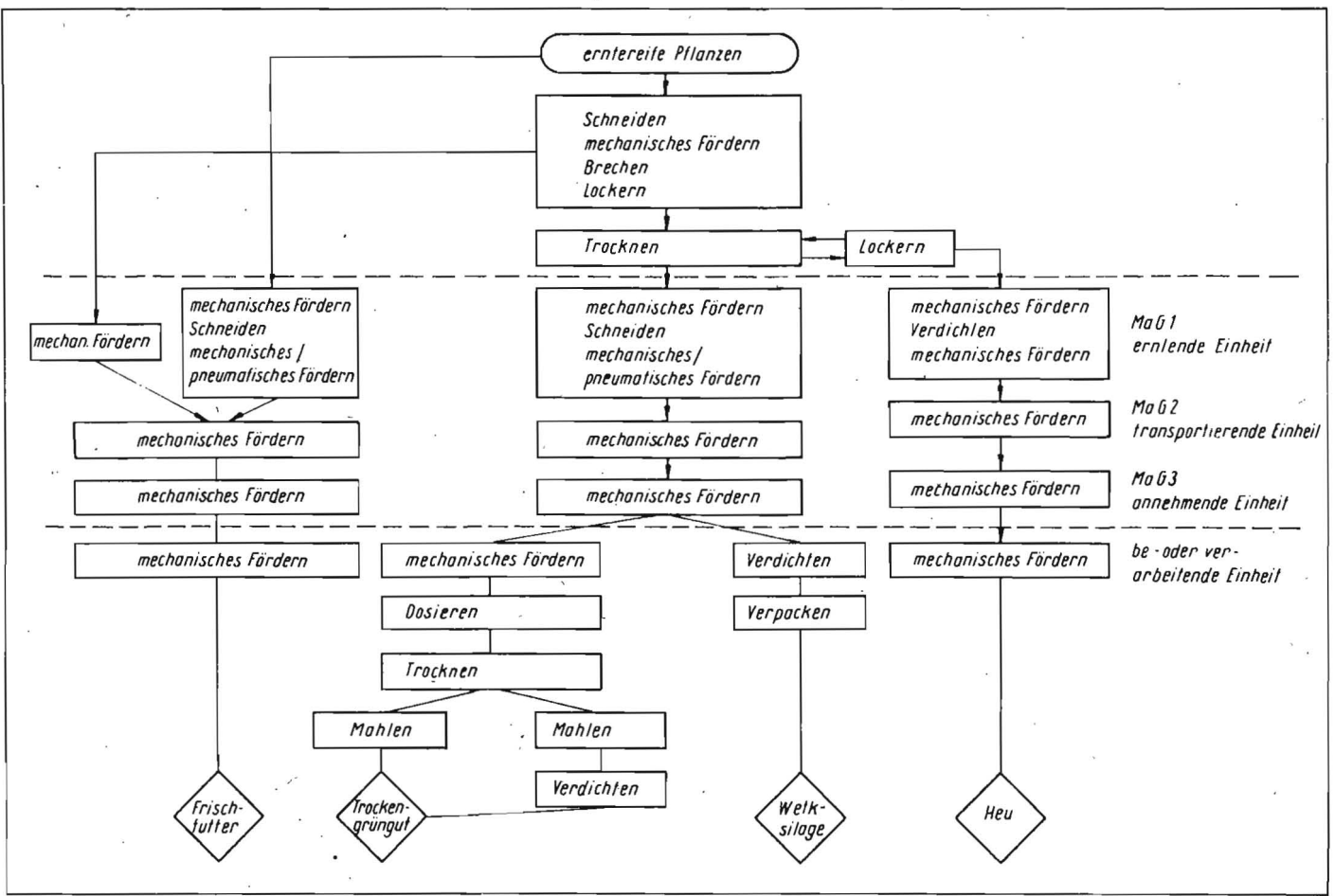


Bild 1. Fließbildarstellung gegenwärtig angewendeter Verfahren der Halmfuttermaterie

Diese Größe wird zur oberen Grenze für die zeitliche Ausnutzung der Maschinenkette. In den einzelnen Maschinengruppen werden nur die instandhaltungsbedingten Stillstandszeiten aus der dazugehörigen Verfügbarkeit realisiert. Die Differenz aus dem Produkt der Verfügbarkeit und der jeweiligen Maschinengruppenverfügbarkeit wird als technologische Stand- und Wartezeiten ( $T_{43}$ ,  $T_{44}$ ) wirksam. Die zeitliche Ausnutzung  $T_{02}/T_{04}$  in einer Maschinengruppe spiegelt die Wechselbeziehung der beiden Komponenten  $V$  und  $K_{043+44}$  wider und stellt die quantitative Seite der Kontinuität dar. Der Nutzer hat Gestaltungsmöglichkeiten, die die Höhe des Anteils von  $T_{43}$  und  $T_{44}$  bestimmen, während über den Nutzer die instandsetzungsbedingten Stillstandszeiten, die in die Verfügbarkeit  $V$  eingehen, besonders durch Zufallsfälle organisatorisch nur gering beeinflussbar sind. Nach Gl. (2) läßt sich der kapazitätsmindernde Einfluß der technologischen Stand- und Wartezeiten ( $T_{43}$ ,  $T_{44}$ ) ableiten:

$$\frac{T_{02}}{T_{04}} = \frac{1}{\frac{1}{V} + \frac{1}{K_{043+44}} - 1} \quad (2)$$

- 2)  $K_{043+44} = \frac{T_{02}}{T_{02} + T_{43} + T_{44}}$   
mit  $K_0$  (Kontinuität) bezeichnet, um Unterschied zu  
 $K_{43+44} = \frac{T_1}{T_1 + T_{43} + T_{44}}$   
auf der Basis  $T_1$  hervorzuheben (vgl. [3]).

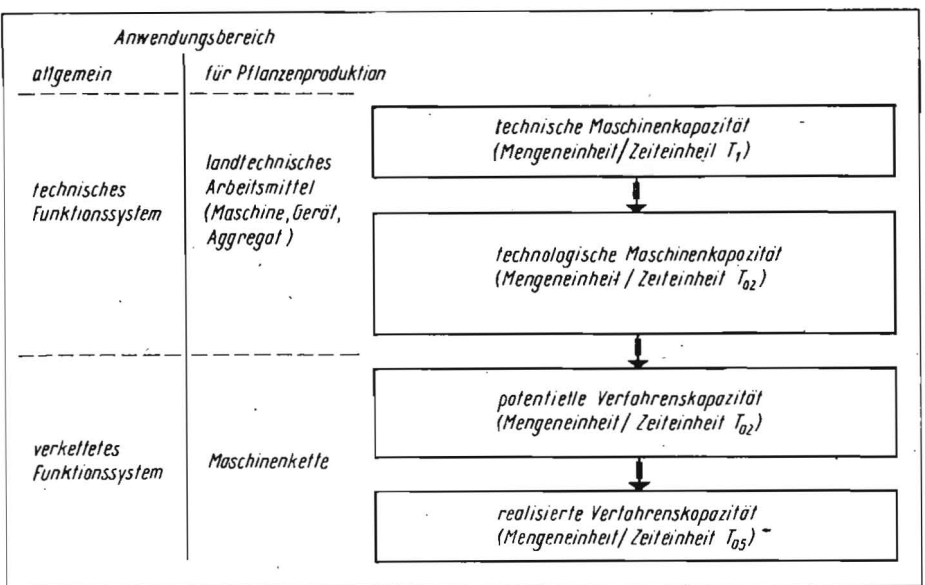


Bild 2. Beziehungen der Kapazitätsbegriffe für einzelne und verkettete Funktionssysteme

Bild 3 gibt die einzelnen Anteile von  $T_{02}$ ,  $T_{311} + T_{33} + T_{41} + T_{421}$  und  $T_{43} + T_{44}$  an der Durchführungszeit  $T_{04}$  in Abhängigkeit von der Verfügbarkeit an. Die Vorteile durch geringere instandhaltungsbedingte Stillstandszeiten werden mit steigender Verfügbarkeit nur dann praktisch umsetzbar sein, wenn die Wirkung der technologischen Stand- und Wartezeiten zurückgedrängt wird.

Eine Linearisierung der Gl.(2), d.h. mit der Voraussetzung,  $K_{043+44} = 1$  entspricht  $T_{02}/T_{04} = V$ , ist für Futterernteprozesse nicht anwendbar. Sie würde gerade zur Verschleierung organisatorischer und subjektiver Mängel beim Nutzer führen, da nach Rohde [4] bei der Futterernte mit dem E 280 19% der planmäßig nutzbaren Einsatzzeit  $T_{05}$  als Warte- und Stillstandszeiten wirksam werden.

### 3. Prozeßgestalterische Aspekte für die betriebliche Praxis

#### 3.1. Nachbildung des Ernteprozesses mit Hilfe der Simulationstechnik

Die Möglichkeit der Nutzung der Simulationstechnik ist bereits seit längerem für technologische Probleme des Maschineneinsatzes geprüft und umgesetzt worden [5 bis 8]. Folgende Vorteile sprechen dafür:

- Komplizierte reale Prozesse, die praktisch nicht mehr überschaubar sind, lassen sich aus Basisbeziehungen des Systems nachvollziehen.
- Für die Variantenoptimierung und Prozeßsteuerung liefert diese Methode Anwendungsmöglichkeiten, die auf experimentellem Weg kein befriedigendes Ergebnis liefern würden, da infolge der Überlagerung einer Vielzahl von Einflüssen oder durch den Aufwand Grenzen in der Ausführbarkeit gesetzt sind.
- Die Datenerfassung, mit hohem personellen Aufwand verbunden, kann eingeschränkt werden.

Für die Nachbildung des Futterernteprozesses sind zum mathematischen Modell folgende Voraussetzungen geschaffen worden:

- In den Maschinengruppen wird jeweils der gleiche Maschinentyp eingesetzt.
  - Der Transportumlauf wird deterministisch gebildet. Zufallsbehaftet ist beim Transport nur das Zustandekommen der Teilzeiten  $T_{02}$  und  $T_{421}$ .
  - Die Arbeitsgänge an der Annahmestelle werden als ein Komplexarbeitsgang aufgefaßt.
  - Die Operativzeit  $T_{02}$  wird nicht aus den Teilzeiten  $T_1$  und  $T_2$ , sondern sofort als Zeit zwischen zwei Störungen gebildet.
  - Von den Stillstandszeiten, die in der technologischen Verfügbarkeit enthalten sind, wird nur die Teilzeit  $T_{421}$  berücksichtigt.
  - In die Berechnung der Verfahrenskosten eingehende Normative werden bei der Variation der Verfügbarkeit nicht geändert.
- Die ersten drei Aussagen präzisieren den Ausgangspunkt für die Betrachtung. In der ersten Voraussetzung ist außerdem die Vereinfachung enthalten, daß nur mit einer Verteilungsfunktion für die Kennzahlen der ausfallfreien Zeit  $T_{02}$  und instandhaltungsbedingten Stillstandszeit  $T_{421}$  gearbeitet zu werden braucht. Der Bildung der Operativzeit  $T_{02}$  liegt die Aussage zugrunde, daß insbesondere die bestimmende Zeit der Teilzeit  $T_2$  die Wendezeit  $T_{21}$  ist und sie ab einer Schlaggröße von 100 ha als relativ konstant angesehen werden kann [9].

Aus den Untersuchungen von Rohde [4] geht hervor, daß die Teilzeit  $T_{421}$  den höchsten Anteil an den für die technologische Verfügbarkeit in Frage kommenden Stillstandszeiten hat. Demzufolge ist diese Vereinfachung akzeptabel. Das Simulationsprogramm wird in zwei Modifikationen verwendet:

- SIMO: Einsatz der Maschinenkette ohne Arbeitsmittel in gleitender Redundanz
- SIMU: Einsatz der Maschinenkette mit Arbeitsmittel in gleitender Redundanz.

Beide Modifikationen beruhen auf einer elastischen Bindung zwischen Erntemaschine und Transporteinheit, d. h., der Anteil technologischer Standzeiten  $T_{43}$  wird dadurch erheblich verkleinert. Der Einsatz dieses

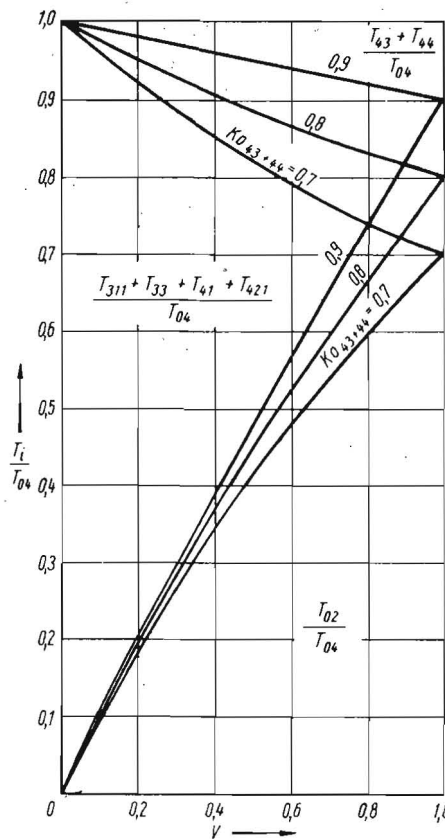


Bild 3. Veränderung der Anteile an  $T_{04}$  in Abhängigkeit von der Verfügbarkeit  $V$

Programms SIMO/SIMU erlaubt den Vergleich

- von Varianten mit verschiedenen technischen Lösungen, die durch den gleichen Prozeßtyp, d. h. Parallelübergabe des Erntegutes von der Erntemaschine zur Transporteinheit, gekennzeichnet sind
- der Wirkungen bestimmter Eingangsgrößen einer Variante.

Im folgenden wird kurz der Simulationsmechanismus beschrieben. Da außer den  $T_{02}$ - und  $T_{421}$ -Zeiten keine anderen Größen als Zufallsvariable behandelt werden, sind die entsprechenden Teilzeiten für den Transportumlauf zu berechnen, da die Nachbildung auf zeitlicher Basis erfolgt. Sind alle Maschinen auf den Anfangswert gesetzt worden, beginnt die eigentliche Simulation, die durch die Anzahl der Transportumläufe gesteuert wird. Über weibullverteilte Zufallszahlen werden die Zeiten  $T_{02}$  und  $T_{421}$  gebildet. Das Eintreten von  $T_{421}$ -Zeiten läßt sich durch Differenzbildung von  $T_{02}$  und verbrauchten produktiven Zeiten für Be- und Entladen sowie für Leer- und Lastfahrten ermitteln. Mit Hilfe der Gesamtzeit der Maschinen ist ein ständiger Vergleich zwischen ihnen möglich, der die Zuordnung von

Wartezeiten (Rechnerschreibweise)  $T_{44}$  für Erntemaschinen,  $T_{44 F}$  für die Transporteinheit am Feld,  $T_{44 S}$  für die Transporteinheit am Silo,  $TS_{44}$  für das Silo und Standzeiten  $T_{43}$  gestattet. Nach diesem Schema wird verfahren, bis alle Transportumläufe abgearbeitet sind. Für die Berechnung der zeitlichen, kapazitiven und ökonomischen Kennzahlen ist mit folgenden Eingangsgrößen gearbeitet worden:

**Maschinengruppe 1 (Feldhäcksler)**  
 Arbeitsbreite 3,9 m  
 Arbeitsgeschwindigkeit 6,0 km/h  
 Ertrag 11,5 t Welkgut/ha  
 Betriebskoeffizient  $K_{02}$  0,95  
 Dauerverfügbarkeit 0,8; 0,857; 0,903

**Maschinengruppe 2 (Lkw mit Anhänger)**  
 Transportgeschwindigkeit  
 Leerfahrt 25,0 km/h  
 Lastfahrt 17,8 km/h  
 Transportentfernung 4,0 km  
 Lademasse 5,4 t  
 Dauerverfügbarkeit 0,95

#### Maschinengruppe 3 (Horizontalsilo)

- Die Einlagerungskapazität wird durch Lademasse und Entladezeit gesteuert.
- Die Kosten für eine  $1 \times 10$ -h-Schicht sind nach Normativen [10] errechnet worden.
- Der Aufwand für operative Instandsetzung ist als abhängige Größe von der Maschinengruppenbreite  $M$  ermittelt worden. Nach [11] erfolgte eine optimistische Auslegung, d. h., sie kann durch eine auf den Schädigungszustand bezogene Zuordnung der Instandsetzungskapazität noch verringert werden.

#### 3.2. Einflüsse der zeitlichen Ausnutzung auf die realisierte Verfahrenskapazität

Für das Feststellen von Ansatzpunkten für die richtige Gestaltung von Ernteprozessen ist die Maschinenkette so abgestimmt worden, daß jede Maschinengruppe mit der gleichen Größe an potentieller Verfahrenskapazität ausgestattet wurde. Tafel 1 enthält die zeitlichen Anteile an der Durchführungszeit  $T_{04}$  für die einzelnen Maschinengruppen. Zunächst muß festgestellt werden, daß die Anteile der Operativzeiten  $T_{02}$  mit dem Produkt der Verfügbarkeiten annähernd übereinstimmen (0,76; 0,848). Abweichungen der einzelnen Maschinengruppen entstehen in dem Maße, wie durch die Ganzahligkeit der Maschinen die Maschinenkettenabstimmung von einer 100%igen Übereinstimmung abweicht. Weiterhin weisen infolge des hohen Anteils an Wartezeiten beim Transport und im Silo diese Maschinengruppen Kapazitätsreserven auf. Deshalb sind Wege zu suchen, die einen Abbau der genannten Stillstandszeiten erlauben.

Der Vergleich der Rechnerergebnisse (Tafel 1) mit praktischen Werten von Rohde [4] (z. B.

Tafel 1. Anteil der Teilzeiten  $T_{02}$ ,  $T_{421}$ ,  $T_{43}$  und  $T_{44}$  an der Durchführungszeit  $T_{04}$

Maschinen- gruppe	Anteil der Teilzeiten an $T_{04}$ in % $V$	Anteil der Teilzeiten an $T_{04}$ in %			
		$T_{02}$	$T_{421}$	$T_{43}$	$T_{44}$
1	0,8	74...78	19...20	0,05...0,20	3...6
1	0,903	84...87	9...10	0,05...0,25	4...7
2	0,8	70...74	3...5	0,50...2,00	Feld 17...20 Silo 3...5
2	0,903	79...82	3...5	0,05...0,25	9...17 3...6
3	0,8	74...79	—	—	21...25
3	0,903	82...88	—	—	12...18

E 280 — Anteil an  $T_{05}$ :  $T_{02}$  57%,  $T_{421}$  14%,  $T_{43+44}$  19%,  $T_5$  10%) spiegelt in der Maschinengruppe I eine Differenz der Ausschöpfung der potentiellen Verfahrenskapazität wider, die in dieser erheblichen Höhe auf organisatorische und subjektive Mängel im Einsatzbetrieb schließen läßt. Folglich sind Maßnahmen abzuleiten, die einen kontinuierlichen Prozeßablauf sichern. Diese müssen nicht hohe Aufwendungen erfordern, sondern sind im wesentlichen durch eine bessere technologische Einsatzvorbereitung und -leitung realisierbar. Das ist kein ökonomisches Problem, sondern ein ideologisches. Des weiteren wurde der Einfluß von Maschinengruppenbreite  $M$  und Verfügbarkeit  $V$  der Erntemaschinen quantifiziert. Die Zunahme der Maschinengruppenbreite  $M$ , d. h. die Vergrößerung des Komplexes, führt zu einer Änderung des Anteils der Wartezeit  $T_{44}$  der Erntemaschinen. Nach Überwindung des Einlaufzustands des Prozesses tritt lediglich eine Verringerung um rd. 2,5% in einem Bereich ( $M = 2 \dots 5$ ) ein, in dem die Komplexgröße den größten Einfluß auf diese Größe haben müßte. Im Bild 4 ergibt sich daher ein linearer Verlauf der Kapazität  $m_{T_{04}}$  in Abhängigkeit von  $M$ . Diese Aussage ändert sich auch nicht bei Erhöhung der Verfügbarkeit. Der Vergleich mit den Verfahrenskosten (Bild 5) veranschaulicht, daß der Komplexeinsatz besonders zur Senkung des spezifischen Aufwands seine Vorteile offenbart, die vom Nutzer zielgerichtet ausgeschöpft werden müssen.

Die Bilder 4 und 5 vermitteln noch eine weitere wesentliche Erkenntnis. Wird eine Vergrößerung der realisierten Verfahrenskapazität angestrebt, so läßt sich die Möglichkeit über die Maschinengruppenbreite  $M$  und über die Verfügbarkeit  $V$  gegenüberstellen. Der Weg über die Maschinengruppenbreite führt zu einem größeren Kapazitätszuwachs als der über die Verfügbarkeit. Das ändert sich erst, wenn  $\Delta VM \geq 1$  ist. Die Entwicklung der Verfahrenskosten verläuft umgekehrt. Es ist daraus zu schließen, daß für die Erreichung einer geforderten Kapazität der Weg über die Maschinenanzahl am günstigsten ist. Die Senkung der Verfahrenskosten in Abhängigkeit von  $M$  ist durch den geringeren Einfluß der Ganzzahligkeit der Maschinen bei steigender Komplexgröße ersichtlich. Im untersuchten Bereich ist die Kapazitätssteigerung durch die Verfügbarkeit im Vergleich dazu nicht bedeutsam. Dagegen ist die Wirkung auf die Verfahrenskosten größer. Die Verringerung der Verfahrenskosten ist nicht ausschließlich dem Primäreffekt der Verfügbarkeit (Senkung der  $T_{421}$ -Zeiten) zuzuschreiben, sondern leitet sich

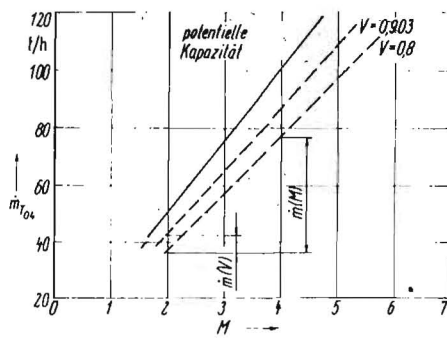


Bild 4. Realisierte Verfahrenskapazität  $m_{T_{04}}$  in Abhängigkeit von der Maschinengruppenbreite  $M$

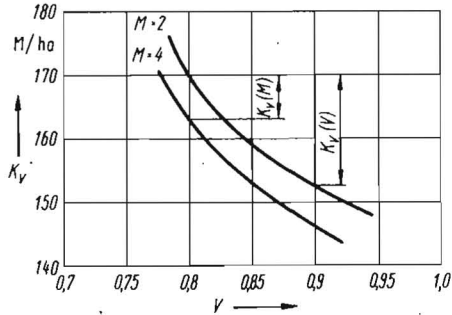


Bild 5. Abhängigkeit der Verfahrenskosten  $K_V$  von der Verfügbarkeit  $V$

im stärkeren Maße aus dem Sekundäreffekt ab (Verringerung der  $T_{43}$ - und  $T_{44}$ -Zeiten in den anderen Maschinengruppen). Das senkt den Aufwand für den Transport und die Annahme und entspricht gleichzeitig einer Verbesserung der Kontinuität des Prozesses. Es wird damit deutlich, daß die Maßnahmen zur Instandhaltung landtechnischer Arbeitsmittel im Einsatzbetrieb aus den genannten ökonomischen Gründen mit mehr Verantwortungsbewußtsein und Sorgfalt durchgeführt werden müssen. Ein Anhaltspunkt für die Aufwendungen zur Instandhaltung wird durch die Differenz der Verfahrenskosten gegeben.

#### 4. Zusammenfassung

Im vorliegenden Artikel wurden die allgemeinen Beziehungen zwischen der realisierten Verfahrenskapazität und der zeitlichen Ausnutzung abgeleitet und eine Präzisierung und Einordnung der Kapazitätsbegriffe vorgenommen. Diese Erkenntnisse sind als Grundlage in ein Simulationsmodell eingegangen, auf dessen Ergebnisse zur zeitlichen Ausnutzung weiterhin eingegangen wurde. Aus der Sicht des Einsatz-

betriebs ist es besonders notwendig, folgende Schlussfolgerungen zu ziehen:

- Durch sorgfältige Einsatzvorbereitung und -leitung sowie Steuerung der technologischen Disziplin sind alle Möglichkeiten der Abstellung von organisatorischen und subjektiven Mängeln zu nutzen.
- Die Abdeckung des Kapazitätsanspruchs kann über die Maschinengruppenbreite am sichersten erfüllt werden.
- Alle Maßnahmen zur Sicherung und Erhöhung der Verfügbarkeit im Einsatzbetrieb sind für die Gestaltung eines ökonomischen Einsatzes landtechnischer Arbeitsmittel zu nutzen. Auf Ursachen von Zufallsausfällen, wie Bedienungsfehler und Einsatzbedingungen, ist besonders einzugehen.

#### Literatur

- [1] Autorenkollektiv: Katalog „Technologische Musterkarten der Pflanzenproduktion“, Teil 1. Marktleberg: Landwirtschaftsausstellung der DDR 1976.
- [2] Mätzold, G.; Schönknecht, R.; Dowe, H.; Ludley, H.: Zur Anwendung des Begriffes „Kapazität“ in der Wissenschaftsdisziplin Technologie. Wiss. Zeitschrift der WPU Rostock, Math.-Nat. Reihe 27 (1978) H. 3, S. 277—280.
- [3] Mätzold, G.; Ludley, H.: Zu Fragen der Kontinuität technischer Prozesse. agrartechnik 25 (1975) H. 12, S. 575—577.
- [4] Rohde, M.: Untersuchungen zur Verfügbarkeit landtechnischer Arbeitsmittel in der Pflanzenproduktion. Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Dissertation 1975 (unveröffentlicht).
- [5] Otto, P.; Schöllner, J.: Untersuchung von Ernteverfahren mit Hilfe von Kleinrechnern. agrartechnik 28 (1978) H. 7, S. 326—327.
- [6] Dumack, L.: Ergebnisse der Simulation transportverbundener Prozesse bei der Kartoffelernte. agrartechnik 28 (1978) H. 8, S. 350—353.
- [7] Finn, E. A.; Komsakova, L. N.: Statističeskoe modelirovanie processov potočnoj uborki sel'chozajstvennych kul'tur (Statistische Modellierung der Prozesse der Fließernte von landwirtschaftlichen Kulturen). Mechanizacija i elektrifikacija (1970) H. 7, S. 46—49.
- [8] Kavka, M.; Prokop, K.; Bilková, A.; Doucha, T.: Stochastický simuláční model sklízně pícnia a jeho experimentální ověření (Stochastisches Nachbildungsmodell der Grünfütterernte und dessen experimentelle Überprüfung). Zemědělská Technika 21 (1975) H. 10, S. 597—610.
- [9] Höllerhoff, R.: Neue Technik — Neue Normen — Hohe Effektivität in der Produktion. Kooperation 9 (1975) H. 7, S. 302—305.
- [10] Autorenkollektiv: Richtwerte für die Planung der Pflanzenproduktion. Marktleberg: Landwirtschaftsausstellung der DDR 1978.
- [11] Fliegner, A.; Grahmann, H.; Zierold, R.: Erfahrungen in der reparaturtechnischen Betreuung großer Maschinenkomplexe und in der Feldrandversorgung mit Ersatzteilen. agrartechnik 26 (1976) H. 10, S. 290—498.

A 2406

## Ermittlung des Maschinen- und Investitionsmittelbedarfs für die organische Düngung

Dr. P. Wissing/Dipl.-Landw. U. Waldschmidt/Agr.-Ing. N. Kockel  
Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg der AdL der DDR

### 1. Einleitung

Die ertragsbeeinflussende Wirkung der organischen Düngung und ihr Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit des Reproduktionsprozesses in der Pflanzenproduktion hängt sehr wesentlich von der qualitäts- und termingerechten Durchführung dieser Intensivierungsmaßnahme ab.

Deshalb kommt es besonders darauf an, durch eine exakte Bemessung des Arbeitskräfte- und Maschinenbesatzes entsprechend dem fruchtfolgespezifischen Arbeitsanspruch und durch arbeitswirtschaftliche Maßnahmen (Komplex- und Schichteinsatz) eine konzentrierte Erledigung der Stallmist- und Gülledüngung sicherzustellen. Dabei ist die Kapazitätsbemessung in

Abhängigkeit von den spezifischen Produktionsbedingungen so vorzunehmen, daß auch bei den ungünstigen Witterungsbedingungen die Realisierung der geplanten Düngungsmaßnahmen nicht gefährdet wird. Aus kosten- und investitionswirtschaftlichen Gründen ist der Spezialmaschinenbesatz für die organische Düngung so festzulegen, daß bei ausreichender