

ren sowie Grundsätze für mögliche Korrekturmaßnahmen beim Auftreten von Bedarfsspitzen.

Eine letzte vorbereitende Übung auf die Projektierung ist die Planung von Produktionsverfahren. Sie umfaßt 6 Seminarstunden. Dazu werden Arbeitsgruppen von maximal 4 Studenten gebildet, die jeweils ein Produktionsverfahren auf technologischen Karten darzustellen haben. Das Endergebnis ist eine zusammenfassende Darstellung der Bedarfswerte über der Zeitachse für ausgewählte Maschinentypen. Die Vorgaben beinhalten lediglich Fruchtart, Anbauumfang, Vorfrucht, Planertrag und ggf. Verwendungszweck.

Der Erfolg dieser Übungen zur Vorbereitung auf die technologische Projektierung für einen Betrieb hängt sehr wesentlich von einer eingehenden Diskussion der Ergebnisse mit den Studenten ab, was eine gründliche Durchsicht der Ausarbeitungen erfordert. Die hierbei aufgedeckten und mit den Studenten diskutierten Fehler werden dann bei der Projektierung vermieden und dadurch die Qualität der zu erarbeitenden Projekte wesentlich erhöht.

Im 6. Semester werden die Aufgaben zur technologischen Projektierung in zwei Varianten bearbeitet:

— technologisches Projekt für einen Betrieb, z. B. LPG (P), VEG (P)

Die ausgearbeiteten Projekte enthalten die im Betrieb erfaßten Daten, die technologischen Karten für alle Produktionsverfahren (ohne Verfahrenskosten), die Zusammenfassung der Bedarfswerte in Form von Arbeitsaufträgen und Maschinenstunden für die wichtigsten Traktoren und Maschinentypen in den Halbmonaten. Die Studenten haben dem technologischen Projekt weiterhin eine Diskussion der Ergebnisse beizufügen.

— spezielle technologische Projekte (z. B. für Varianten der Bodenbearbeitung und Bestellung) in einer LPG (P), in der bereits im Vorjahr ein technologisches Projekt für den Gesamtbetrieb erarbeitet wurde.

Für die Projektierung selbst werden Arbeitsgruppen von 6 bis 8 Studenten des 3. Studienjahres auf Seminargruppenbasis eingesetzt. Sie bestehen bereits seit den durchgeführten Komplexübungen und erarbeiten in gleicher Zusammensetzung auch im 4. Studienjahr das SBW-Projekt. Dieses Kollektiv hat dann alle Produktionsverfahren für einen Betrieb zu erarbeiten.

Die Auswahl der 8 bis 10 Betriebe in den 3 Nordbezirken und die erforderlichen Absprachen werden bereits im November und Dezember getroffen. Präzisierte Aufgabenstellungen und Terminablaufpläne erhalten die Studenten und auch die Betriebe zur Information.

In der vorlesungsfreien Zeit im Februar erfassen die Studenten die betrieblichen Daten. Hierfür sind drei Tage vorgesehen. Zu Beginn ihrer Tätigkeit in den Betrieben erhalten die Studentenarbeitsgruppen zunächst von einem profilierten Leitungskader einen Gesamtüberblick. Hierbei werden betriebliche Besonderheiten erläutert und diskutiert. Danach werden im Betrieb kleinere Arbeitsgruppen gebildet, denen ein Leitungskader zur Verfügung steht. Auf der Grundlage der gesammelten Daten und Informationen erfolgt die Ausarbeitung des Projekts, meistens am Hochschulort. In der Bearbeitungszeit werden Pflichtkonsultationen beim verantwortlichen Hochschullehrer und Betreuerassistenten durchgeführt. Zu Fragen, die in diesen Konsultationen nicht geklärt werden können, erfolgt ein weiterer Besuch im Betrieb.

Da die betrieblichen Bedingungen und auch das Leistungsvermögen der Arbeitsgruppen nicht einheitlich sind, ergeben sich Unterschiede im Zeitaufwand bei den Arbeitsgruppen. Im Durchschnitt ist mit einem Aufwand von 30 Stunden je Student zu rechnen.

Die Projekte werden von den beteiligten Leitungskadern in den Betrieben und von den verantwortlichen Hochschullehrern bzw. Betreuerassistenten durchgesehen und bewertet. Danach erfolgen die Verteidigung des ausgearbeiteten Projekts und die Auswertung der Ergebnisse. Hierbei ist außer Vertretern der Betriebe die Studentengruppe des 4. Studienjahres anwesend, die anschließend für den Betrieb das SBW-Projekt ausarbeiten muß.

Folgende Ergebnisse dieses Ausbildungsabschnitts können zusammenfassend festgestellt werden:

- Die Studenten lernen Betriebe und deren Produktionsbedingungen kennen (Ausbildungseffekt).
- Durch die enge Zusammenarbeit mit Kadern der Praxis, Hochschullehrern und Assistenten wird ein Erziehungseffekt erreicht.
- Es werden Erkenntnisse über die komplexen Zusammenhänge in den Betrieben sowie über die Zusammenhänge zwischen technologischem Projekt und SBW-Projekt durch die Bearbeitung der Aufgaben im 3. und 4. Studienjahr gewonnen.

Das Erzielen dieser Erkenntnisse erfordert von allen Beteiligten einen bestimmten Aufwand. Auch für die Leitungskader in den Betrieben trifft das zu, denn jede Arbeitsgruppe benötigt die jeweiligen Spezialisten als Gesprächspartner für betriebspezifische Aussagen.

A 2910

Analyse von Einsatzformen landtechnischer Arbeitsmittel in Maschinenketten der Pflanzenproduktion

Dipl.-Ing. H. Ludley, KDT

1. Problemstellung

Zur langfristigen und rationellen Nutzung der vorhandenen Grundfonds gewinnen Fragen einer zweckmäßigen Bemessung der Kapazität landtechnischer Arbeitsmittel in Maschinenketten an Bedeutung. Dabei wird von der Position ausgegangen, daß die agrotechnische Aufgabe innerhalb der vorgegebenen Zeitspanne mit minimalem Aufwand zu erfüllen ist. Die dazu notwendige Realisierung der Verfahrenskapazität wird von der Kennzahl „technologische Verfügbarkeit“ (im weiteren nur als Verfügbarkeit bezeichnet; hier als stationärer Wert für die Kampagne zu verstehen) wesentlich beeinflusst, da die Höhe und Anteile technologischer Warte- und Standzeiten davon abhängen [1, 2]. Durch Veränderung der Proportionen der potentiellen Kapazität zwi-

schen den Maschinengruppen besteht die Möglichkeit, Stillstandszeiten zur Beseitigung technischer Störungen zu kompensieren und technologische Warte- und Standzeiten abzubauen. Daraus lassen sich Einsatzformen für Maschinenketten ableiten. Darunter sind Varianten der Gestaltung von Maschinenketten hinsichtlich ihrer Abstimmungsbedürftigkeit zu verstehen. Für zwei grundlegende Einsatzformen werden die Eigenschaften analysiert.

2. Grundlegende Zusammenhänge bei der Betrachtung der Maschinenkette

Die Maschinenketten zur Ernte bestehen im Normalfall aus den Maschinengruppen für das Ernten, Transportieren und Annehmen. Die zeitliche Ausnutzung der Maschinengruppen unterliegt einer gegenseitigen Beeinflussung.

Die Operativzeiten T_{02} , bezogen auf eine abzuerntende Fläche, sind Ausdruck der installierten Kapazität der landtechnischen Arbeitsmittel. Stimmen sie zwischen den Maschinengruppen nicht überein, sind die Größen für die potentielle Kapazität der Maschinengruppen unterschiedlich. Es entstehen technologische Wartezeiten T_{44} in den Maschinengruppen mit größerer potentieller Kapazität. Sollte die potentielle Kapazität der Maschinengruppen jedoch übereinstimmen, kommen technologische Wartezeiten T_{44} nur aus den unterschiedlichen momentanen Kapazitätsverhältnissen zustande. Sie resultieren aus dem Auftreten von Standzeiten für die Beseitigung technischer Störungen T_{421} und kennzeichnen damit den Einfluß der Verfügbarkeit. Wartezeiten stellen also nicht realisierte vor-



handene potentielle Kapazität in den Maschinengruppen dar. Die Analyse der Verhältnisse der Wartezeiten in den Maschinengruppen führt daher zu Möglichkeiten, Reserven in der Kapazitätsnutzung aufzudecken. Dazu werden die Bedienstellen Erntemaschine—Transporteinheit und Transporteinheit—Annahmestelle untersucht. Zur Charakterisierung der Situation wurden drei Kennzahlen ausgewählt (vgl. Bild 1a). Zunächst wurde der prozentuale Anteil von Wartezeiten T_{44} an der Produktionsdurchführungszeit T_{04} entsprechend den Bedienstellen ermittelt und in Abhängigkeit von der technologischen Verfügbarkeit der Erntemaschine dargestellt. Diese Kennzahl läßt Schwachstellen in der zeitlichen Ausnutzung erkennen. Die Summe dieser Anteile (im Bild aus Maßstabsgründen nur der vierte Teil) ist für die weitere Betrachtung zur Kennzeichnung der Verhältnisse in der Maschinenkette wesentlich. Zur Veranschaulichung der qualitativen Veränderung der obigen Verhältniskennzahl wurden die mittlere Wartezeit und der Quotient aus Anzahl der Transportumläufe und der Wartezeiten benutzt. Während die mittlere Wartezeit die Dauer charakterisiert, schätzt die zweite Kennzahl die Häufigkeit ein (sprich: es tritt eine Wartezeit je n-ten Transportumlauf auf). Damit können Aussagen fundiert abgeleitet werden. Im weiteren soll die Darlegung am Beispiel der Welkguternte demonstriert werden. Die Ergebnisse basieren auf Simulationsrechnungen, die sich auf Daten und Bedingungen aus [1] stützen.

Die Darstellung im Bild 1a beruht auf der Bemessung nach potentieller Kapazität in den Maschinengruppen, d. h. für die Verfügbarkeit der Erntemaschinen wird $V = 1$ vorausgesetzt. Im Beispiel wird von der potentiellen Verfahrenskapazität $\bar{m}_{T02} = 100$ t/h ausgegangen, die durch eine Maschinenkette mit 4 Erntemaschinen, 14 Transporteinheiten und 2 Annahmestellen repräsentiert wird. Da die Verfügbarkeit nicht in der vorausgesetzten Größe eintritt, werden — wie bereits erläutert — die Folgerscheinungen in Form der Wartezeit T_{44} sichtbar. Es zeigt sich, daß vor allem die Wartezeit der Transporteinheit am Feld und die der Annahmestelle den größten Anteil haben. Indem durch die Steigerung der Verfügbarkeit der Erntemaschine mehr Kapazität realisiert und damit mehr Erntemaschine zur Verfügung gestellt wird, geht ihr prozentualer Anteil zurück. Insgesamt (siehe Summenkurve) wirkt die Verfügbarkeit der Erntemaschine positiv.

Der Anteil der Wartezeit der Transporteinheit am Feld verringert sich besonders bei abnehmender mittlerer Dauer der Einzelzeit und bei geringer Abnahme der Häufigkeit. Gleiches gilt für die Wartezeit der Annahmestelle, jedoch tritt die Wartezeit etwas geringer, und zwar nur bei jedem zweiten Transportumlauf auf. Das Ansteigen der Kennzahl n_u/n_{T44} zeigt damit ein Absinken der Häufigkeit im Auftreten der Wartezeit an. Demgegenüber steigt der Anteil der Wartezeiten der Erntemaschinen besonders bei zunehmender Häufigkeit des Auftretens. Schlußfolgernd ergibt sich:

- Jede Verbesserung der Verfügbarkeit führt zu einer besseren Ausschöpfung der potentiellen Verfahrenskapazität.
- Der Einsatz weiterer Erntemaschinen läßt eine gleiche positive Wirkung erwarten.

3. Verfügbarkeitsabhängige Maschinenkettenabstimmung

Im Bild 1b wird die Wirkung des Einsatzes von 5 Erntemaschinen untersucht. Es tritt der be-

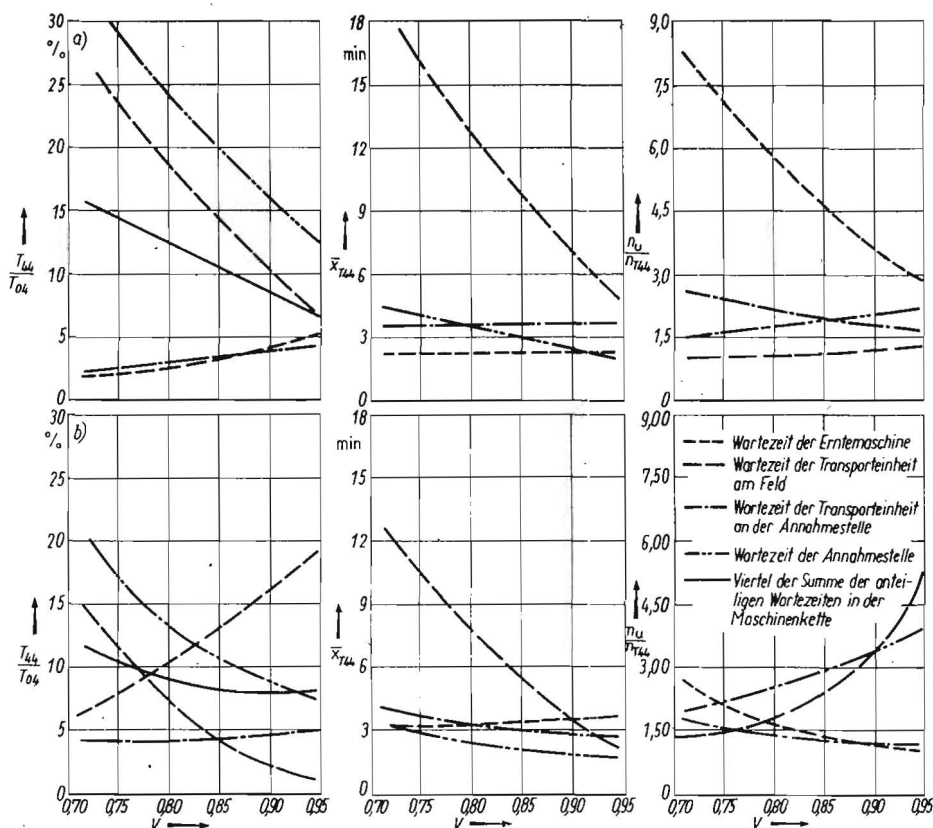


Bild 1. Einfluß der Verfügbarkeit auf die Wartezeiten T_{44} nach ihrer anteiligen, mittleren und transportumlaufbezogenen Größe

- a) Maschinenkette mit 4 Erntemaschinen, 14 Transporteinheiten und 2 Annahmestellen
- b) Maschinenkette mit 5 Erntemaschinen, 14 Transporteinheiten und 2 Annahmestellen

absichtliche Effekt ein, daß durch höhere potentielle Kapazität der Erntemaschinen die Anteile der Wartezeit der Transporteinheit am Feld und der Annahmestelle wesentlich abgebaut werden. Die Summenkurve zeigt ab $V = 0,8$ einen günstigen Bereich an. Dieser wird bei Verringerung der mittleren Wartezeit der

Transporteinheit am Feld und der Häufigkeit im Gesamtniveau erreicht. Das führt zu einer besseren Kontinuität im Ernteprozess, obgleich ein Anstieg der Wartezeiten der Erntemaschinen durch erhöhte Häufigkeit im Auftreten zu verzeichnen ist. Das bedeutet, daß die Versorgung der Erntemaschinen mit Transportein-

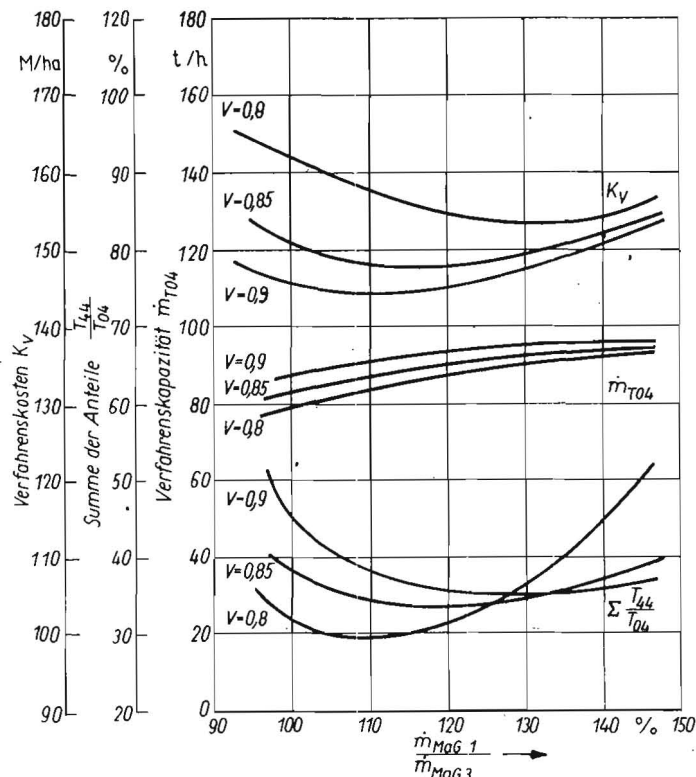


Bild 2. Folgen der Veränderung des Verhältnisses $\bar{m}_{Mag1}/\bar{m}_{Mag3}$ auf ausgewählte Kennzahlen

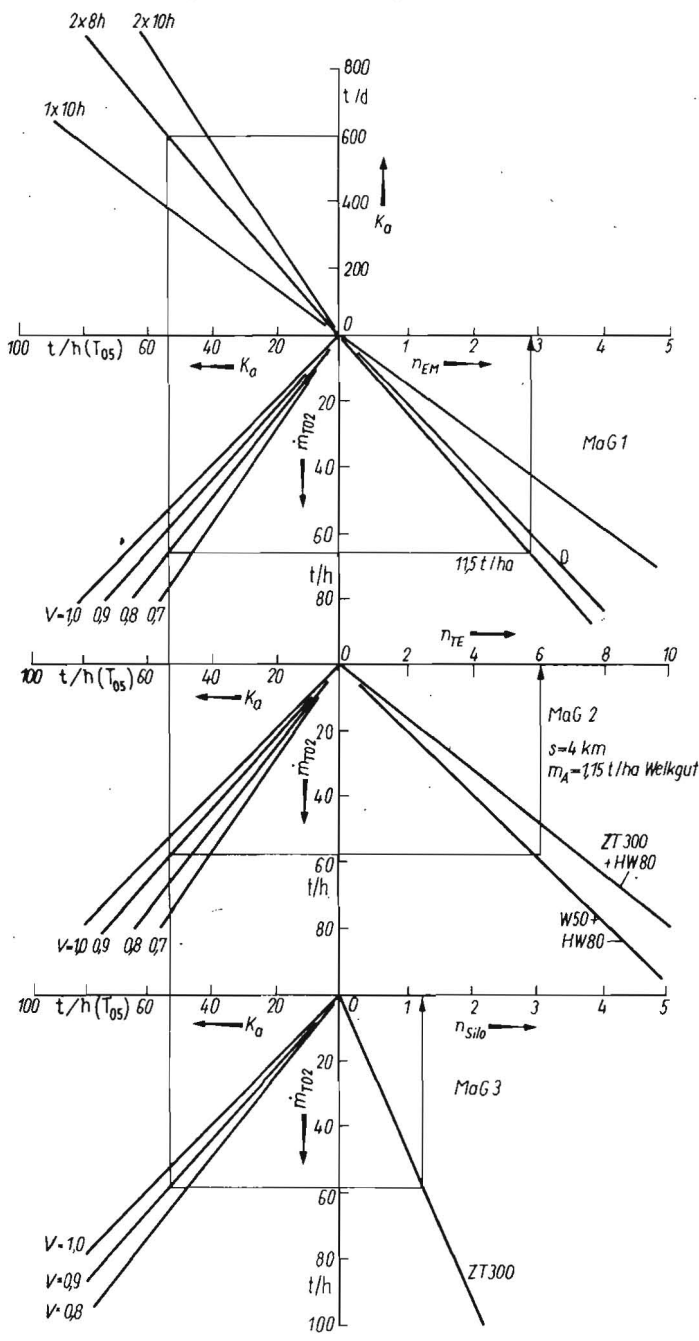


Bild 3
Nomogramm zur Bestimmung der Anzahl der Arbeitsmittel in der Maschinenkette für die Welkguternte

den potentiellen Kapazitäten der Maschinengruppen 1 (Ernten) und 3 (Annehmen) aufgetragen worden, die durch die Veränderung der Anzahl der Erntemaschinen vom Ausgangswert $n_{EM} = 4$ erreicht werden. Es ist folgendes ablesbar:

- Das Minimum der summierten Anteile der Wartezeiten und das Minimum der Verfahrenskosten nähern sich mit steigender Verfügbarkeit der ideellen Übereinstimmung der Proportionen von 100%.
- Für jede Verfügbarkeit stellt sich eine optimale Abstimmung ein.
- Näherungsweise liegt das Optimum durch die Minimierung der Wartezeiten bei einem Verhältnis von

$$\frac{m_{MaG1}}{m_{MaG3}} \approx \frac{100}{V_{EM}} \quad (1)$$

Die letzte Feststellung ermöglicht das Ableiten der gesuchten Regel für eine Abstimmung der Kapazität zwischen den Maschinengruppen. Für die Berechnung der Anzahl der Arbeitsmittel in den Maschinengruppen läßt sich daher Gl. (2) angeben:

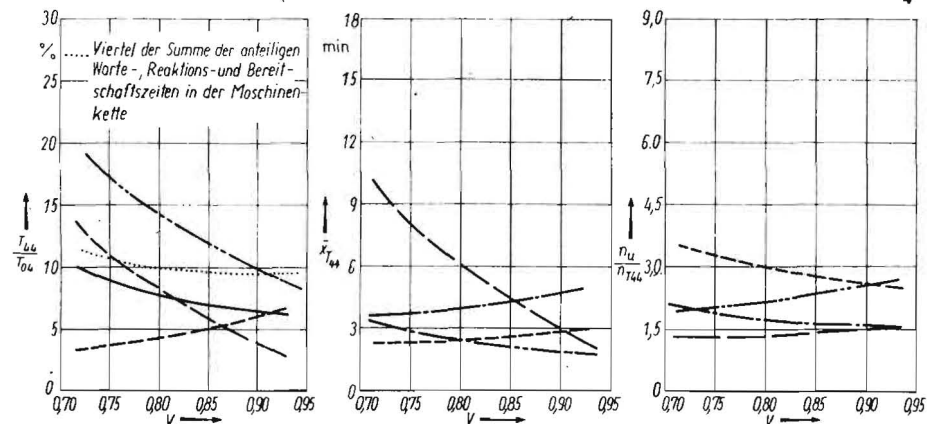
$$n = n_{MaG1} = \frac{K_a}{V_i \cdot m_{T02}} \quad (2)$$

Mit dem Kapazitätsanspruch K_a ist in diesem Fall die Beziehung zur Einhaltung agrotechnischer Zeitspannen hergestellt worden, die bei minimalem Aufwand erreicht wird. Damit wird durch die untersuchte Einsatzform die Zielsetzung nach Abschn. 1 erfüllt. Für die praktische Nutzung ist der Weg über Nomogramme gangbar. Im Bild 3 ist ein Beispiel für die Welkguternte dargestellt. Dabei wird der Kapazitätsanspruch K_a durch Beachtung des Schichtregimes in die Maßeinheit $t/h(T_{05})$ umgerechnet und durch Zuordnung der entsprechenden Verfügbarkeit in eine potentielle Kapazität der Maschinengruppe überführt. Über den Vergleich mit der technologischen Maschinenkapazität ist die Anzahl der jeweiligen Maschinen ablesbar.

Bild 4
Einfluß der Verfügbarkeit V auf die Wartezeiten T_{44} in der Maschinenkette mit 4 + 1 Erntemaschinen, 14 Transporteinheiten und 2 Annahmestellen nach ihrer anteiligen, mittleren und transportumlaufbezogenen Größe (Reaktionszeit $T_R = 0$ min)

heiten mit zunehmender Verfügbarkeit unter diesen Kapazitätsverhältnissen nicht mehr in dem Maß gesichert werden kann. Für die weitere Betrachtung entsteht die Frage, ob eine Regel für die Quantifizierung einer zweckmäßigen Kapazitätsbemessung abgeleitet wer-

den kann. Aus diesem Grund sind im Bild 2 die Ergebnisse zu den Kennzahlen „realisierte Verfahrenskapazität m_{T04} “, „Summe anteiliger Wartezeiten $\Sigma T_{44}/T_{04}$ “ und „Verfahrenskosten K_V “ gegenübergestellt. Ihre Größe ist über unterschiedliche Proportionen zwischen



4. Einsatz von Arbeitsmitteln in Redundanz

Das Ausstatten von Maschinengruppen mit Arbeitsmitteln in Redundanz ist eine Einsatzform zur Kompensation der Stillstandszeiten T_{421} . Diese Teilzeit wird in Höhe der Kompensationszeit T_K durch den Einsatz einer Bereitschaftsmaschine prozeßunwirksam. Das geschieht beim Auftreten eines technischen Ausfalls einer Maschine. Diese übernimmt nach Beseitigung des Schadens die Funktion einer Bereitschaftsmaschine. Allerdings treten zusätzlich die Bereitschaftszeit T_B (Warten auf die Nutzung als Arbeitsmittel in Redundanz) und die Reaktionszeit T_R (Zeit zwischen Ausfall eintritt und Einsatz des Arbeitsmittels in Redundanz) als zusätzliche unproduktive Zeitanteile auf.

Die positive Wirkung dieser Einsatzform auf den Abbau der Wartezeiten T_{44} , im Bild 4 dargestellt, verhält sich wie im Bild 1 b. Da vom Charakter her die Bereitschafts- und Reaktionszeit auch Ausdruck von nicht wirksam gewordener potentieller Kapazität ist, wurden sie in die Summenkurve (Punktlinie) mit einbezogen. In gleicher Weise wie im Bild 1 b kann ein breiter positiver Bereich angegeben werden. Jedoch ist die Entscheidung für den Einsatz von Bereitschaftsmaschinen nicht so eindeutig begründbar wie die Abstimmung im Abschn. 3. Die Spezifik der betrieblichen Situation ist für diese Entscheidung ausschlaggebend. Unter-

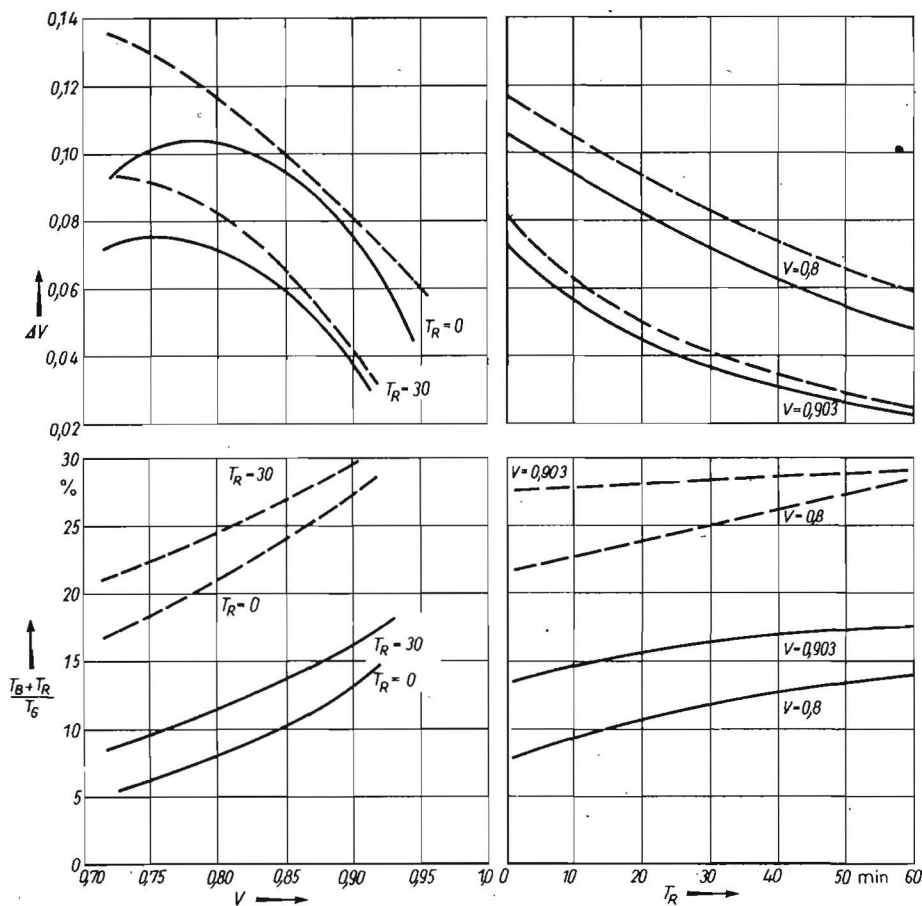


Bild 5. Einfluß der Verfügbarkeit V und der Reaktionszeit T_R auf den Verfügbarkeitszuwachs und die anteilige Größe aus der Summe von Bereitschafts- und Reaktionszeit;
 ————— Maschinenkette mit 4 + 1 Erntemaschinen, 14 Transporteinheiten und 2 Annahmestellen
 - - - - - Maschinenkette mit 2 + 1 Erntemaschinen, 7 Transporteinheiten und 1 Annahmestelle

stützt wird das durch Aussagen, die aus Bild 5 abgeleitet werden können:

- Mit zunehmender Verfügbarkeit sinkt der prozeßwirksame Zuwachs an Verfügbarkeit ΔV , die anteilige Bereitschafts- und Reaktionszeit an der Gesamtzeit T_G steigt.
- Je größer die Komplexgröße ist, um so ge-

ringer sind der erreichbare Verfügbarkeitszuwachs und der Einfluß der unproduktiven Zeitanteile T_B und T_R .

- Der maximale Verfügbarkeitszuwachs wird für die üblichen Komplexgrößen bei $V \leq 0,8$ erreicht.
- Der Einfluß der Reaktionszeit wirkt auf die

zeitliche Ausnutzung negativ. Reaktionszeiten von $T_R > 30$ min sind daher nicht anzustreben.

Es läßt sich daraus schlußfolgern, daß

- diese Einsatzform zur besseren Ausschöpfung potentieller Verfahrenskapazität geeignet ist
- die Einflußfaktoren Komplexgröße und Verfügbarkeit gegensätzlich wirken
- eine zweifelsfreie Entscheidung über Einsatzbereiche aus zeitlichen und kapazitiven Kennzahlen nicht ableitbar ist.

5. Zusammenfassung

Ziel des Artikels war die Analyse der Eigenschaften von Einsatzformen für landtechnische Arbeitsmittel in Maschinenketten der Pflanzenproduktion. Unter Einsatzformen sind Varianten der Gestaltung von Maschinenketten hinsichtlich ihrer Abstimmungsbedürftigkeit zu verstehen. Dabei wurde von den Verhältnissen des Auftretens von Wartezeiten in den Maschinengruppen ausgegangen, da diese Zeiten Ausdruck nicht realisierter vorhandener potentieller Kapazität sind. Der Einfluß der technologischen Verfügbarkeit der Erntemaschinen auf den Abbau dieser unproduktiven Zeitanteile konnte nachgewiesen und für die Quantifizierung der Kapazitätsbemessung genutzt werden. In Form eines Nomogramms wurde die Anwendungsmöglichkeit dieser ersten Einsatzform demonstriert.

Beim Einsatz von Arbeitsmitteln in Redundanz konnte ein gleicher positiver Effekt erreicht werden, jedoch wird er durch das Auftreten von Bereitschafts- und Reaktionszeit geschmälert.

Insgesamt konnte damit ein Weg für die rationellere Nutzung der Grundfonds gezeigt werden.

Literatur

- [1] Ludley, H.: Analyse der Kapazitätsausnutzung der Maschinenkette für die Welkguternte. agrartechnik 29 (1979) H. 7, S. 310—313.
- [2] Mätzold, G.: Produktive Nutzung der Maschineneinsatzzeit in der Pflanzenproduktion — eine Aufgabe der Instandhaltung. agrartechnik 29 (1979) H. 12, S. 532—534. A 2918

Erhöhung der Lebensdauer und Verringerung der Instandsetzungskosten von Zahnradpumpen in mobilen Landmaschinen

Dr. sc. techn. E. Hlawitschka, KDT/Dipl.-Ing. R. Wosniak

Verwendete Formelzeichen

n	—	Stichprobenanzahl
o	—	Abweichung von der ideal symmetrischen Normalverteilung
p_B	MN/m ²	Betriebsdruck
s	—	Standardabweichung
ξ^2	—	mittlere empirische Streuung
l_{versch}	mm	Summe der Verschleißtiefen
T_A	°C	Meßstellentemperatur im Axialspalt

T_{DS}	°C	Temperatur im Druckstutzen
T_{SS}	°C	Temperatur im Saugstutzen
$V_{L,sep}$	dm ³ /min	separierbarer Leckverluststrom
$\dot{V}_{L,sep}$	dm ³ /min	separierbarer Leckverluststrom ohne Schädigung der Pumpe
$\bar{y}; \bar{x}$	—	Koordinaten

Zahnradpumpen mit axialem Spielausgleich der Baugrößen A 10, A 16 und A 25 (TGL 10859)



werden derzeit in einer großen Anzahl von Hydraulikanlagen mobiler Landmaschinen eingesetzt (Tafel 1). Sie dienen dabei meistens als Druckstromerzeuger für die Lenk- und Arbeitshydraulik.

Die besondere Schadensgefährdung der Pumpen im landtechnischen Einsatz ergibt sich aus den extremen Umwelteinflüssen, wie Schmutz, Übertemperaturen und jahreszeitlich bedingte