

Zu einigen technologischen Gesetzmäßigkeiten transportverbundener Fließarbeitsverfahren und ihrer Nutzung für die Praxis (Teil II)¹

3.4. Umlaufzeit und Verlustzeitzuschlag

Zur vollständigen Charakterisierung eines transportverbundenen Fließarbeitsverfahrens ist notwendig, neben dem analytischen Ausdruck (und dem Wertevorrat) für die Periode T_P auch die analytischen Ausdrücke (und Wertevorräte) für

- die T_{44} -freie Umlaufzeit T_U und
- den Verlustzeitzuschlag z anzugeben.

3.4.1. Umlaufzeit T_U

Allgemein läßt sich die Umlaufzeit darstellen als

$$T_U = f(N, E, \nu, l_1, l_2)^2$$

Für den Mähdrusch genügt sie der spezielleren Beziehung

$$T_U \text{ [h/R]} = \frac{T_U \cdot N}{B} + \frac{2E}{\nu} + 0,5 \quad (6)$$

Hierbei bedeutet

der erste Summand $T_U \cdot N/B$ die zur Beladung einer Transporteinheit TE notwendige Zeit, wenn die Teilzeit je Abbunkerung gleich T_U ist und die Transporteinheit $f = N/B$ Bunker zuzuladen vermag;

der zweite Summand $2E/\nu$ stellt die Zeit für Last- und Leerfahrt und

der dritte Summand schließlich ein konstantes Abladezeitnormativ von 0,5 h/R dar, das auch die Zeit für das Wiegen u. ä. mit einbeziehen soll und im übrigen zum Ausdruck bringt, daß das Ende der Transportkette Mähdrusch keinem (strengerem) Abstimmungszwang unterliege.

Für unsere folgenden Überlegungen ist die (T_{44} -freie) Umlaufzeit T_U insbesondere deshalb wichtig, weil wir sie als Bezugsgrundlage des Verlustzeitzuschlages z verwenden wollen.

3.4.2. Verlustzeitzuschlag z

Der Verlustzeitzuschlag für die Transportmittel bestimmt sich allgemein zu

$$z = \frac{T_{44} \cdot TE}{T_U} [\%] = \frac{k \cdot T_P}{T_U} [\%], \quad (7)$$

* Zentrale Prüfstelle für Landtechnik Potsdam-Bornim, Außenstelle Halle
¹ Teil I s. H. 11, S. 501
² l_1 = Beladeleistung in t/h; l_2 = Entladeleistung in t/h (vgl. auch Teil I)

woraus für den Mähdrusch und ähnlich strukturierte Fließarbeitsprozesse folgt

$$z = \frac{100}{l \cdot m \left[\frac{T_U}{B} + \frac{1}{N} \left(\frac{2E}{\nu} + 0,5 \right) \right]} \quad (8)$$

In Tafel 1 und 2 haben wir Beziehung (8) tabelliert für den Mähdrusch von Getreide, wobei als Transportmittelkombinationen unterstellt sind

- in Tafel 1 LKW W 50 LAK + HK 5
- in Tafel 2 Traktor ZT 300 + 2 HW 80

Das sonstige Datenraster entspricht im wesentlichen dem in /17/ vereinbarten. Auf eine Auffächerung der Durchsatzleistung l nach Fruchtarten wurde jedoch verzichtet, da diese Untergliederung für die hier anstehenden Fragen von nachgeordneter Bedeutung ist.

3.5. Richtung und Gewicht partieller Änderungen der Einflußgrößen des Verlustzeitzuschlages z

3.5.1. Richtungsdiskussion

Die Tafeln 1 und 2 verdeutlichen einerseits, in welchen Größenordnungen sich der (dimensionslose) Verlustzeitzuschlag z bewegt ($3,9 \leq z \% \leq 156,7$), zum anderen geben sie — besser als das Beziehung (8) vermag — die Richtung zu erkennen, in der die einzelnen veränderlichen Arbeitsbedingungen und arbeitszeitbeeinflussende Faktoren auf den Verlustzeitzuschlag z einwirken.

Allgemein ist hierzu folgendes festzustellen (vgl. auch die Vorzeichen der partiellen Ableitungen von $z = f(l, m, T_U, B, N, E, \nu)$:

- Der Verlustzeitzuschlag z ist um so kleiner, je größer
 - die Anzahl m gemeinsam eingesetzter Schlüsselmaschinen,
 - die Durchsatzleistung l der Schlüsselmaschinen,
 - die Transportentfernung E und
 - die Übergabezeit T_U sind.
- Der Verlustzeitzuschlag z ist ferner um so kleiner, je kleiner
 - die Nutzmasse N der eingesetzten Transporteinheiten,
 - das Fassungsvermögen B der MD-Bunker und
 - die Transportgeschwindigkeit ν sind.

Tafel 1. Mittlerer prozentualer Verlustzeitzuschlag z zur T_{44} -frei kalkulierten Umlaufzeit T_U beim Mähdrusch von Getreide (Transport mit LKW)

Landtechnische Arbeitsmittel: Mähdrösch E 512 LKW W 50 LAK + HK 5		Verlustzeitformel:											
		darin sind:											
$z \% = \frac{T_{44} \cdot TE}{T_U} \cdot 100$		l MD-Durchsatz = 4,5, 5,5, 6,5 t/h T_{05}											
		m MD-Anzahl = 1...10 St.											
		T_U Übergabezeit je Bunker = 0,07 h T_{05}											
		B Fassungsvermögen des Bunkers = 1,3 t											
		N Nutzlast der TE = 8,5 t (Durchschnitt der TE-Kombination W 50 LAK + HK 5)											
		E Transportentfernung = 4, 8, 16, 32 km											
		ν Transportgeschwindigkeit = 21, 23, 27, 30 km/h T_{05}											
		100											
$= \frac{100}{l \cdot m \left[\frac{T_U}{B} + \frac{1}{N} \left(\frac{2E}{\nu} + 0,5 \right) \right]}$													
Entfernung E in km		4			8			16			32		
Geschwindigkeit ν in km/h		21			23			27			30		
Durchsatzleistung l in t/h		4,5	5,5	6,5	4,5	5,5	6,5	4,5	5,5	6,5	4,5	5,5	6,5
Anzahl m gemeinsam eingesetzter Mähdrösch	1	141,0	115,5	97,8	114,2	93,5	78,9	88,2	72,1	61,1	61,2	50,0	42,3
	2	70,5	57,8	48,9	57,1	46,7	39,5	44,1	36,1	30,5	30,6	25,0	21,2
	3	47,0	38,5	32,6	38,1	31,2	26,3	29,4	24,0	20,4	20,4	16,7	14,1
	4	35,3	28,9	24,4	28,6	23,4	19,8	22,1	18,0	15,3	15,3	12,5	10,6
	5	28,2	23,1	19,6	22,8	18,7	15,8	17,6	14,4	12,2	12,2	10,0	8,5
	6	23,5	19,3	16,6	19,0	15,6	13,2	14,7	12,0	10,2	10,2	8,3	7,1
	7	20,1	16,5	13,9	16,3	13,4	11,3	12,6	10,3	8,7	8,7	7,1	6,0
	8	17,6	14,4	12,4	14,3	11,7	9,9	11,0	9,0	7,6	7,6	6,3	5,3
	9	15,7	12,8	10,9	12,7	10,4	8,8	9,8	8,0	6,8	6,8	5,6	4,7
	10	14,1	11,6	9,8	11,4	9,4	7,9	8,8	7,2	6,1	6,1	5,0	4,2

Als repräsentativer Verlustzeitzuschlag zur T_{4k} -frei kalkulierten Umlaufzeit der Transporteinheiten sind in optimierten Mähdruschkomplexen etwa 18 bis 20 Prozent zu veranschlagen, beispielsweise 18,7 Prozent beim Einsatz von 5 MD in Verbindung mit der Transportmittelkombination W 50 LAK + HK 5 bei 5,5 t/h Durchsatz je MD und 8 km Transportentfernung. Auch die in /17/ mitgeteilten Zeitnormen enthalten Verlustzeitzuschläge der genannten Größenordnung. Diese nicht unerheblichen Aufschläge unterstreichen, daß es dringend notwendig ist, die nach der analytischen rechnerischen Methode ermittelten Zeitvorgaben transportverbundener Fließarbeitsverfahren um spezifische Verlustzeitzuschläge nach Art der Beziehung (8) zu berichtigen /17/ /18/.

3.5.2. Einfluß der einzelnen arbeitszeitbeeinflussenden Faktoren auf die Größe des Verlustzeitzuschlages

Neben der Richtungsdiskussion stellt sich die Frage nach der Bedeutung der einzelnen veränderlichen Arbeitsbedingungen und arbeitszeitbeeinflussenden Faktoren in bezug auf den Verlustzeitzuschlag z . Ihre Beantwortung läßt wesentliche Hinweise darauf erwarten, welche Faktoren vorzugsweise zu ändern sind, um zu möglichst gut ausgetakteten Fließarbeitsprozessen zu gelangen. Methodisch verfahren wir hierbei nach dem in /19/ und /20/ ausführlich dargelegten und begründeten Weg: d. h. wir bilden die partielle Ableitung von Beziehung (8), wiegen sie mit relativ gleichen Argumentdifferentialen und erhalten auf diese Weise partielle Funktionsdifferentialiale, die für das jeweils gegebene Wertesystem die Bedeutung der einzelnen veränderlichen Arbeitsbedingungen numerisch zum Ausdruck bringen.

Beispielsweise nehmen für das repräsentative Wertesystem

$$\begin{aligned} l &= 5,5 \text{ t/h} & N &= 8,5 \text{ t/R} \\ m &= 5 & E &= 12,5 \text{ km} \\ T_{\Gamma} &= 0,07 \text{ h} & v &= 25 \text{ km/h} \\ B &= 1,3 \text{ t/Bu} \end{aligned}$$

und relative gleiche Argumentänderungen von jeweils 1% die partiellen Differentiale des Ausdrucks (8) folgende Werte an:

$$dz_l = \frac{\partial z}{\partial l} \cdot dl = -0,1578 = /1,00\%_0/ \quad (8.1)$$

$$dz_m = \frac{\partial z}{\partial m} \cdot dm = -0,1578 = /1,00\%_0/ \quad (8.2)$$

$$dz_N = \frac{\partial z}{\partial N} \cdot dN = +0,1210 = /0,77\%_0/ \quad (8.3)$$

$$dz_E = \frac{\partial z}{\partial E} \cdot dE = -0,0807 = /0,51\%_0/ \quad (8.4)$$

$$dz_v = \frac{\partial z}{\partial v} \cdot dv = +0,0807 = /0,51\%_0/ \quad (8.5)$$

$$dz_{T_{\Gamma}} = \frac{\partial z}{\partial T_{\Gamma}} \cdot dT_{\Gamma} = -0,0369 = /0,23\%_0/ \quad (8.6)$$

$$dz_B = \frac{\partial z}{\partial B} \cdot dB = +0,0369 = /0,23\%_0/ \quad (8.7)$$

des zugeordneten Funktionswertes

3.5.3. Rangfolge der Einflußgrößen des Verlustzeitzuschlages z

Hieraus ergibt sich folgende Rangfolge des Einflusses bzw. folgende Prioritätsliste anzustrebender Änderungen:

$$\frac{|dz_l|}{|dz_m|} > \frac{|dz_N|}{|dz_v|} > \frac{|dz_E|}{|dz_{T_{\Gamma}}|} = \frac{|dz_v|}{|dz_B|}$$

1. Platz 2. Platz 3. Platz 4. Platz

Diese Rangfolge ist in mehrfacher Hinsicht bemerkenswert:

- Die sieben den Verlustzeitzuschlag z bestimmenden Veränderlichen teilen sich — da l und m , E und v sowie T_{Γ}

und B in bezug auf ihr Gewicht jeweils gleichrangig sind — in vier Plätze. Komplexgröße m und Durchsatzleistung l belegen gemeinsam den 1. Platz. Wachsen l und m um jeweils 1% ihres Wertes an, so fällt der Funktionswert z um 1%.

- Die Nutzlast N , (die in bezug auf die Periode T_p gleichrangig neben l und m steht, vgl. Beziehung (1)), belegt hinsichtlich ihres Einflusses auf z nach l und m den zweiten Platz und wiegt unter repräsentativen Bedingungen etwa $\frac{3}{4}$ des Gewichtes der beiden erstgenannten Größen.
- Entfernung E und Fahrgeschwindigkeit v — gemeinsam auf dem dritten Platz stehend —, sowie die den letzten Platz belegenden Veränderlichen Übergabezeit T_{Γ} und Nutzmasse B der MD-Bunker wiegen mit rd. der Hälfte bzw. einem Viertel des Gewichtes von l und m noch weniger als N .

3.6. Vergleich der Einflußrichtung der dem Verlustzeitzuschlag und der Umlaufzeit je ha gemeinsamen Einflußgrößen

3.6.1. Vergleichende Richtungsdiskussion

Betrachtet man Gewicht (Größe) und Richtung (Vorzeichen) der partiellen z -Änderungen (8.1) bis (8.7) gleichzeitig, so stellt sich die Frage, in welcher Weise sich eine Änderung der Variablen l, m, \dots, B in Richtung abnehmender Abtaktverluste auf die je ha notwendige Umlaufzeit $T_{U'} [h/ha]$ auswirkt. Offensichtlich können nur jene Argumentänderungen ernsthaft interessieren, deren Änderung sowohl zu einer Verkleinerung des Verlustzeitzuschlages z als auch zu einer Senkung der je ha notwendigen Umlaufzeit $T_{U'}$ führt.

Um diese Frage zu prüfen, bestimmen wir zunächst den analytischen Ausdruck für $T_{U'}$ und vergleichen die Richtung der partiellen z - und der partiellen $T_{U'}$ -Änderungen. Es ist

$$T_{U'} [h/ha] = \frac{Q [t/ha]}{N [t/R]} \cdot T_U [h/R] \quad (9)$$

Setzt man hierin für $T_U [h/R]$ den in Beziehung (6) angegebenen Ausdruck ein, bestimmt sich die je ha notwendige Umlaufzeit zu

$$T_{U'} [h/ha] = \left[\frac{T_{\Gamma}}{B} + \frac{1}{N} \left(\frac{2E}{v} + 0,5 \right) \right] \cdot Q \quad (10)$$

Hieraus folgt

- Die Umlaufzeit $T_{U'}$ fällt, wenn
 - die Nutzmasse B der MD-Bunker
 - die Nutzmasse N der Transporteinheiten sowie
 - die Fahrgeschwindigkeit v wachsen;
 die Umlaufzeit $T_{U'}$ fällt ferner, wenn
 - die je ha umzuschlagende Transportmasse Q
 - die für die Abbunkerung erforderliche Übergabezeit T_{Γ} und
 - die Transportentfernung E abnehmen.³
- Änderungen der den Beziehungen (8) und (10) gemeinsamen Veränderlichen T_{Γ} , B , N , E und v führen zu jeweils *konträr* gerichteten Veränderungen von Verlustzeitzuschlag z und Umlaufzeit $T_{U'}$. Interessant für eine Senkung der Abtaktverluste sind daher ausschließlich
 - die Komplexgröße m und
 - die Durchsatzleistung l der komplex eingesetzten Schlüsselmaschinen.

Beide wirken gleichsinnig, haben das gleiche Gewicht und können sich weitgehend gegenseitig vertreten.

3.6.2. Bedeutung für die Praxis

Zugleich bestätigt das Ergebnis dieser erweiterten Analyse nochmals die schon in Abschn. 3.3.2 umrissenen technologi-

³ Für die Beeinflussung der Umlaufzeit $T_{U'}$ praktisch relevant sind vor allem N , v , B und T_{Γ}

Tafel 2. Mittlerer prozentualer Verlustzeitzuschlag z zur T_{44} -frei kalkulierten Umlaufzeit T_U beim Mähdrusch von Getreide (Transport mit Traktoren)

Landtechnische Arbeitsmittel:
 Mähdröschler E 512
 Traktor ZT 300 + 2 11W 80
 Verlustzeitformel:

$$z^0_0 = \frac{T_{44}}{T_U} \cdot 100 = \frac{100}{l \cdot m \left[\frac{T_{\text{Ü}}}{B} + \frac{1}{N} \left(\frac{2E}{v} + 0,5 \right) \right]}$$

darin sind:
 l MD-Durchsatz = 4,5, 5,5, 6,5 t/h T_{05}
 m MD-Anzahl = 1 · 10 St.
 $T_{\text{Ü}}$ Übergabezeit je Bunker = 0,07 h T_{05}
 B Fassungsvermögen des Bunkers = 1,3 t
 N Nutzlast der TE = 14 t (Durchschnitt der TE-Kombination ZT 300 + 2 11W 80)
 E Transportentfernung = 4, 8, 16, 32 km
 v Transportgeschwindigkeit = 11, 12, 14, 15 km/h T_{05}

Entfernung E in km	4			8			16			32			
	4,5	5,5	6,5	4,5	5,5	6,5	4,5	5,5	6,5	4,5	5,5	6,5	
Geschwindigkeit v in km/h													
Durchsatzleistung l in t/h													
Anzahl m gemeinsam eingesetzt	1	156,7	128,2	108,4	120,3	98,4	83,3	114,7	93,9	79,5	56,2	46,1	39,1
Mähdröschler	2	78,4	64,1	54,2	60,2	49,2	41,6	57,4	46,9	39,7	28,1	23,1	19,6
	3	52,2	42,7	36,2	40,1	32,8	27,8	38,2	31,3	26,5	18,7	15,4	13,0
	4	39,2	32,1	27,1	30,1	24,6	20,8	28,7	23,5	19,9	14,1	11,5	9,8
	5	31,3	25,6	21,7	24,1	19,7	16,7	23,0	18,8	15,9	11,2	9,2	7,8
	6	26,1	21,4	18,1	20,1	16,4	13,9	19,1	15,7	13,2	9,4	7,7	6,5
	7	22,4	18,3	15,5	17,2	14,1	11,9	16,4	13,4	11,4	8,0	6,6	5,6
	8	19,6	16,0	13,6	15,0	12,3	10,4	14,5	11,7	9,9	7,0	5,8	4,9
	9	17,4	14,2	12,1	13,4	10,9	9,2	12,8	10,4	8,8	6,2	5,1	4,3
	10	15,7	12,8	10,8	12,0	9,8	8,3	11,5	9,4	8,0	5,6	4,6	3,9

schen Gesetzmäßigkeiten transportverbundener Fliebarbeitsverfahren:

Vergleichsweise niedrige Durchsatzleistungen erzwingen relativ große Komplexgrößen, und umgekehrt: je größere Durchsatzleistungen von den Schlüsselmaschinen des Fliebarbeitsverfahrens erreicht werden, um so kleiner kann die Anzahl m gemeinsam eingesetzter Schlüsselmaschinen bemessen sein.

Die Analyse bestätigt ferner die von uns schon früher [18] aufgezeigten beiden Wege zur Senkung der zyklisch wiederkehrenden Verlustzeiten: kooperativer Maschineneinsatz und Verkürzung der Umschlagszeit. „Im Gegensatz zum ersten Weg — der Vergrößerung von m —, den unsere Landwirtschaft durch kooperativen Maschineneinsatz selbst beschreiten kann, läuft der zweite Weg — die Vergrößerung von l — auf ihre Ausrüstung mit noch leistungsfähigeren Be- und Entladeeinrichtungen im weitesten Sinne des Wortes (z. B. leistungsfähigere Vollerntemaschinen) hinaus, ist also vor allem Sache der Landmaschinenindustrie“ [18].

3.7. Grenzwertbetrachtungen

Die dargelegten technologischen Gesetzmäßigkeiten transportverbundener Fliebarbeitsverfahren lassen sich schließlich für die Bestimmung ökonomisch-technologischer Grenzwerte zur optimalen Auslegung dieser Verfahren nutzen. So können wir etwa mit Hilfe von Beziehung (8) Fragen folgender Art beantworten:

- Wie groß muß bei gegebenen sonstigen Bedingungen die Anzahl m gemeinsam eingesetzter Schlüsselmaschinen mindestens sein, wenn der Verlustzeitzuschlag z ein vorgegebenes Höchstmaß nicht überschreiten soll?
- Wie groß darf bei gegebenen sonstigen Bedingungen die Nutzlast N der eingesetzten Transporteinheiten TE höchstens sein, wenn der Verlustzeitzuschlag z auf ein bestimmtes Höchstmaß begrenzt sein soll?
- Welche Schlußfolgerungen ergeben sich hieraus für das anzustrebende Verhältnis von Nutzmasse N zu Durchsatzleistung l ?

Wir wollen diese Fragen an einigen den Mähdrusch betreffenden Beispielen beleuchten. Der höchstzulässige Verlustzeitzuschlag möge auf $z = 16\%$ festgesetzt werden, d. h. Beziehung (8) nehme die Form an

$$16 \geq \frac{100}{l \cdot m \left[\frac{T_{\text{Ü}}}{B} + \frac{1}{N} \left(\frac{2E}{v} + 0,5 \right) \right]} \quad (11)$$

Zur Beantwortung der genannten Grenzwertfragen ist dieser Ausdruck nach der Komplexgröße m bzw. nach der Nutzlast N aufzulösen. Es ist dann

$$m \geq \frac{100}{16 \cdot l \left[\frac{T_{\text{Ü}}}{B} + \frac{1}{N} \left(\frac{2E}{v} + 0,5 \right) \right]} \quad \text{und} \quad (12)$$

$$N \leq \frac{\frac{2E}{v} + 0,5}{\frac{100}{16 \cdot l \cdot m} - \frac{T_{\text{Ü}}}{B}} \quad (13)$$

3.7.1. Mindestkomplexgröße beim Mähdrusch von Getreide Weiden wir uns zunächst der durch Beziehung (12) beschriebenen Frage nach der Mindestkomplexgröße m zu. Für die veränderlichen Arbeitsbedingungen und arbeitszeitbeeinflussenden Faktoren mögen folgende Werte gelten:

$$l = 6,5 \text{ t/h} \quad (\text{entspricht etwa dem MD-Durchsatz beim Drusch von Winterweizen mit einem Ertrag von } 45 \text{ dt/ha})$$

$$\begin{aligned} T_{\text{Ü}} &= 0,07 \text{ h/Bu} \\ B &= 1,3 \text{ t/Bu} \\ N &= 10 \text{ t/R} \quad (\cong \text{Nutzmasse der Fahrzeugkombination W 50 LAK + THK 5 beim Transport von Weizen}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= 12,5 \text{ km} \\ v &= 15 \text{ km/h.} \end{aligned}$$

Die Anzahl m mindestens einzusetzender Mähdröschler berechnet sich dann zu

$$m \geq 4,71 \text{ MD, aufgerundet also zu } m \geq 5 \text{ MD.}$$

Dieses Beispiel gilt für den Mähdrusch von Getreide (Winterweizen). Sollen statt dessen Feinsämereien, etwa Einjähriges oder Ausdauerndes Weidelgras gedroschen werden, errechnen sich — vor allem wegen des geringen Durchsatzes l — aus der Sicht der Abtaktverluste wesentlich größere MD-Komplexe [21].

3.7.2. Mindestkomplexgröße beim Drusch von Feinsämereien Da Weidelgras gewöhnlich im Stand abzubunkern ist, verlängert sich zunächst die Periode um den Prozentsatz

$$p^0_0 = \frac{T_{\text{Ü}}}{T_{\text{Bu}}} \quad \text{bzw.} \quad p^0_0 = \frac{T_{\text{Ü}} \cdot l}{B}$$

Es gilt also

$$T_{\text{p Stand}} = \frac{N}{l \cdot m} \cdot \left(1 + \frac{T_{\text{Ü}} \cdot l}{B} \right) \quad (14)$$

woraus für den Verlustzeitzuschlag z folgt

$$z_{\text{Stand}} = \frac{100 \left(1 + \frac{T_U \cdot l}{B} \right)}{l \cdot m \left[\frac{T_U}{B} + \frac{1}{N} \left(\frac{2E}{v} + 0,5 \right) \right]} \quad (15)$$

Unterstellt man nun für die 1. Phase des Zweiphasendrusches von Weidelgras

$$\begin{aligned} l &= 0,27 \text{ t/h} & N &= 3,8 \text{ t/R} \\ T_U &= 0,13 \text{ h/Bu} & E &= 12,5 \text{ km/h} \\ B &= 0,4 \text{ t/Bu} & v &= 25 \text{ km/h} \end{aligned}$$

vgl. auch /17/ S. 33 u. S. 200 ff., und begrenzt den Verlustzeitzuschlag auf $z \leq 16\%$, berechnet sich die Komplexgröße zu

$$m \geq 13,4, \text{ gerundet also zu } m \geq 13 \text{ MD}$$

Es leuchtet ein, daß es bei Sonderkulturen dieser Art, deren Anbauumfang selbst in spezialisierten Produktionseinheiten stets relativ begrenzt sein wird, kaum möglich und sinnvoll sein dürfte, MD-Komplexe dieser Größenordnung einzusetzen, daß man also in solchem Falle beträchtlich höhere Abtaktverluste wird in Kauf nehmen müssen. Das Beispiel unterstreicht aber gerade wegen seiner extremen Eingangsdaten und des daraus folgenden ungewöhnlichen Ergebnisses die prinzipielle Richtigkeit der Tendenz, wonach niedrige Durchsatzleistungen große Komplexe bedingen und umgekehrt, vgl. auch /21/!

3.7.3. Größe der Transporteinheiten und Durchsatzleistung der Schlüsselmaschinen

Kehren wir nach diesem Exkurs schließlich wieder zurück zum Mähdrusch von Getreide (Winterweizen) und fragen anhand von Beziehung (13) nach der oberen Grenze der Nutzmasse N . Als Komplexgröße sei $m = 6 \text{ MD}$ vorgegeben, die übrigen Daten seien die gleichen wie im vorherigen Getreide-Beispiel. Die maximale zulässige Nutzlast berechnet sich dann zu

$$N \leq 14,2 \text{ t/R}$$

Setzt man z. B. als Transporteinheit die Kombination W 50 LAK + THK 5 ein, deren Nutzmasse etwa 10,2 t Weizen beträgt, bleiben also die tatsächlich eintretenden Abtaktverluste noch beträchtlich unter der vorgegebenen Höchstgrenze von 16%.

Nutzmasse N und Beladeleistung l verhalten sich hierbei wie $10,2 \text{ [t/R]} : 6,5 \text{ [t/h]} = 1,57 : 1$,

sie könnten im vorliegenden Falle maximal sogar zueinander im Verhältnis

$$14,2 \text{ [t/R]} : 6,5 \text{ [t/h]} = 2,18 : 1 \text{ stehen.}$$

4. Schlußfolgerungen

Berücksichtigt man, daß der Verlustzeitzuschlag $z = T_P/T_U$ und die notwendige Anzahl Transporteinheiten⁴ $TE = \frac{T_U}{T_P} \uparrow$

zueinander im umgekehrten Verhältnis stehen, kann der Zusammenhang zwischen z und den unabhängigen Veränderlichen m, l, N usw. auch vermittelt der Anzahl notwendiger Transporteinheiten zum Ausdruck gebracht werden. Es gilt dann verallgemeinernd⁵ folgende, von uns bereits in /22/ formulierte verbale Beziehung:

„Der T_{44} -Anteil am Gesamtarbeitszeitbedarf optimierter Maschinenkomplexe wird tendenziell um so kleiner, ..., je größer die für eine Arbeitskräfte- und Maschinenkombination notwendige Anzahl transportierender Einheiten ist, sei es — aufgrund anwachsender Transportentfernungen oder — aufgrund abnehmender Perioden, d. h. durch vermehrte Anzahl gemeinsam eingesetzter beladender Einheiten

⁴ Bei Trennung des Fuhrparks in Funktionsgruppen ist: T_U in die beiden Teilzyklen $T_{U1} = \frac{T_U \cdot N}{B}$ und $T_{U2} = \frac{1}{v} \left(\frac{2E}{v} + 0,5 \right)$ zu zerlegen /17/;

der \uparrow bedeutet Aufrundung des errechneten Quotienten!

⁵ d. h. sich auf die wichtigsten Faktoren beschränkend

(Schlüsselmaschinen!) und/oder Verkürzung der Beladezeit (hohe Beladeleistung der beladenden Einheiten; Transporteinheiten geringerer Nutzmasse)“.

Aufgabe der vorliegenden Untersuchung war es, diese technologischen Gesetzmäßigkeiten transportverbundener Fließarbeitsverfahren der Pflanzenproduktion — von uns in /23/ zunächst als qualitativer Zusammenhang formuliert — durch Gewinnung analytischer Ausdrücke zu quantifizieren und daran anschließend

1. diese Ausdrücke für die Bestimmung der Abtaktverluste bzw. die Vorgabe normativer Verlustzeitzuschläge nutzbar zu machen und
2. durch die Bestimmung des Gewichtes der einzelnen veränderlichen Arbeitsbedingungen in bezug auf den Verlustzeitzuschlag gezielte Entscheidungsvorschläge für die weitere Rationalisierung transportverbundener Fließarbeitsprozesse zu erarbeiten.

Diese Aufgabe wurde für den Fließarbeitsprozeß „Mähdrusch“ erfüllt. Ziel weiterer Untersuchungen muß sein, die an diesem Beispiel aufgezeigten allgemeinen funktionalen Zusammenhänge auf die wichtigsten anderen Fließarbeitsprozesse der Pflanzenproduktion zu übertragen und für die einzelnen Typen transportverbundener Fließarbeitsverfahren zu konkretisieren.

5. Zusammenfassung

Zur vollständigen Charakterisierung transportverbundener Fließarbeitsverfahren der Pflanzenproduktion ist neben Angaben über die Anzahl vorhandener Abstimmungskonten notwendig, Periode, Umlaufzeit und T_{44} -Zuschlag dieser Verfahren durch analytische Ausdrücke quantitativ zu beschreiben. Am Beispiel des Mähdrusches wird gezeigt, wie dies zu geschehen hat.

Die Analyse der gewonnenen analytischen Ausdrücke führt zur Aufdeckung von einigen bemerkenswerten technologischen Gesetzmäßigkeiten bez. der Austaktung transportverbundener Fließarbeitsabläufe und zu ihrer Nutzbarmachung für die Vorgabe normativer Verlustzeitzuschläge. Darüber hinaus wird der spezielle Einfluß einzelner veränderlicher Arbeitsbedingungen auf die Abtaktverluste aufgezeigt. Dabei zeigt sich, daß neben der Durchsatzleistung l insbesondere die Anzahl m gemeinsam eingesetzter beladender Einheiten von Bedeutung ist.

Abschließend werden an einer Reihe von Beispielen und Grenzsituationen die Konsequenzen der Verlustzeitanalyse für Konstrukteure, Technologen, Prozeßoptimierer und Einsatzleiter sichtbar gemacht.

Literatur

- /17/ KASTEN, A./E. FLEISCHER/H.-J. BRÜCKNER/W. WEBER/W. SCHINKEL und M. PFLAUMBAUM: Optimale Mähdruschkomplexe — Ein Beitrag zur Optimierung transportverbundener Fließarbeitsverfahren bei Kooperation in der Pflanzenproduktion. Halle (Saale) und Quedlinburg, April 1970
- /18/ FLEISCHER, E.: Zyklische verfahrensbedingte Verlustzeiten transportverbundener Fließarbeitsverfahren und Möglichkeiten ihrer Senkung. Deutsche Agrartechnik 19 (1969) H. 1, S. 36 bis 40
- /19/ FLEISCHER, E.: Zur Bestimmung des Gewichtes veränderlicher Einflußgrößen. Deutsche Agrartechnik (1968) H. 12, S. 562 ff.
- /20/ FLEISCHER, E.: Zur Anwendung von Arbeitszeitfunktionen und ihrer partiellen Differentiale auf die vergleichende Analyse des Arbeitszeitbedarfs transportverbundener landwirtschaftlicher Arbeitsverfahren. Kühn-Archiv Berlin, Bd. 82 (1968) Nov., H. 4, S. 391 bis 411
- /21/ KASTEN, A./E. FLEISCHER: Zur technologischen Vorbereitung der Saatguternte mit Hilfe des Katalogs „Optimale Mähdruschkomplexe“. In: Saat- und Pflanzgut, H. 5/1970, S. 86 bis 88
- /22/ KASTEN, A./E. FLEISCHER/W. SCHINKEL, u. a.: Zur optimalen Zuordnung von Arbeitskräften und Maschinen transportverbundener Fließarbeitsverfahren mit Hilfe der gemischt-ganzzahligen Optimierung. — Beiträge über technologische Arbeitsmittel zur Einführung industriemäßiger Verfahren in die Pflanzenproduktion. Herausgeber: VEB Ingenieurbüro für Betriebswirtschaft der VVB Saat- und Pflanzgut, Quedlinburg, Januar 1970, S. 10 bis 19

A 8195/11