

3. Wettbewerbe und materielle Interessiertheit

Zur Stimulierung der Durchsetzung dieser Ordnung werden sozialistische Wettbewerbe geführt, für gute Ergebnisse in der Pflege ist ein finanzieller Anreiz zu gewähren.

3.1. Wettbewerbe sind zu organisieren, z. B. zwischen

- Traktoristen
- Mähdrescherfahrern.

3.2. Materielle Interessiertheit

3.2.1. Wenn durch gute Pflege und sorgfältigen Umgang mit der Landtechnik Einsparungen nachweisbar sind, werden die Fahrzeugbediener daran beteiligt. Dazu zählen folgende Maßnahmen:

- mögliche Runderneuerung der Reifen:

LKW-Reifen	15,— M	}	oder nach Gesetzblatt
Traktor-Vorderradreifen	10,— M		
Traktor-Hinterradreifen	30,— M		
- Verlängerung der Gebrauchszeit von Batterien:

2 Jahre	15,— M
2 1/2 Jahre	30,— M
3 Jahre	50,— M
- Einführung persönlicher Konten
- bei ordnungsgemäßer Abstellung und Konservierung (Einschätzung durch Techn. Leiter im Beisein des Verantwortlichen) werden Prämien ausgezahlt, z. B. für

Mähdrescher	10,— M
Kartoffelsammelroder	10,— M
Rodelader	5,— M
Köpflader	5,— M
Mähhäcksler	5,— M
Räum- und Sammelpresse	5,— M

— Die vom KfL bereitgestellten Prämienmittel auf der Grundlage der geltenden ökonomischen Regelungen (Höchstpreisunterbietung) können z. B. wie folgt verwendet werden:

- 10 Prozent Technischer Leiter
- 15 Prozent Pflegepersonal
- 40 Prozent Bedienungspersonal
- 35 Prozent Investitionen zur Verbesserung der Instandhaltung und zur Verbesserung der Arbeits- und Lebensbedingungen im Instandhaltungsbereich

4. Ausbildung und Qualifizierung

4.1. Zur Ausbildung von Facharbeitern und Spezialisten für die neue Technik werden langfristige Berufs-, Nachwuchs- und Qualifizierungspläne ausgearbeitet und entsprechende Verträge mit dem KfL abgeschlossen.

4.2. Der Technische Leiter führt Schulungen für Bedienungspersonal durch.

4.3. Das Bedienungspersonal für industriemäßige Anlagen wird nach Möglichkeit während des Aufbaus der Anlagen mit diesen vertraut gemacht und an ihnen ausgebildet.

5. Gültigkeit

Diese Ergänzung zur Betriebsordnung tritt mit Wirkung vom ... in Kraft und gilt bis auf Widerruf.

Vorsitzender	Vorstandmitglied	Leiter Instandhaltung
--------------	------------------	--------------------------

A 8733

Statistische Verifizierung eines analytischen Ausdrucks zur Bestimmung der technologischen Verlustzeit T_{44}

Dr. E. Fleischer*

DK 631.153.46

1. Problemstellung

Sowohl die Bedingungen des Zustandekommens als auch die Möglichkeiten der Senkung der bei transportverbundenen Fließarbeitsverfahren der Pflanzenproduktion auftretenden technologischen Verlustzeiten T_{44} /1/ — auch Abtaktverluste /2/ oder zyklische verfahrensbedingte Verlustzeiten /3/ genannt — unterliegen bestimmten technologischen Gesetzmäßigkeiten. Daß das bislang bekannt gewordene Wissen um diese Gesetzmäßigkeiten recht lückenhaft ist, hat teils praktische, teils theoretische Gründe:

- Die praktischen Schwierigkeiten bestehen darin, daß beim Zeitstudium technologische Verlustzeiten T_{44} und organisatorische Verlustzeiten T_{72} nicht durch scharfe Meßpunkte voneinander trennbar sind und darum nur als gemeinsame Summe erfaßt werden können. Auch eine exakte Abgrenzung gegenüber der technologischen Standzeit T_{43} ist problematisch.
- Theoretische Schwierigkeiten ergeben sich aus dem zwischen Null und einem bestimmten Maximum hin- und herpendelnden Verlauf der Abtaktverluste, der u. a. von Zufälligkeiten der jeweiligen Datenkonstellation abhängt und darum im einzelnen nur mit erheblichem Aufwand feststellbar ist.

Namentlich der zweite Grund läßt FINN und KOMSA-KOWA /4/, OTTO /5/ und andere Technologen daran zweifeln, die für unterschiedliche Fließarbeitsabläufe unter unterschiedlichen Bedingungen zu erwartenden Abtaktverluste mit Hilfe analytischer Ausdrücke vorausberechnen zu können.

* Zentrale Prüfstelle für Landtechnik Potsdam-Bornim, Außenstelle Halle (Saale) (Direktor: Dr. habil. R. Gätke)

Diese Auffassung ist u. E. heute revisionsbedürftig, denn sofern man sich dazu versteht, die unter vorgegebenen Bedingungen zu erwartenden Abtaktverluste als Mittelwerte darzustellen (d. h. sofern man im Sinne des Bestehens notwendiger, wesentlicher und allgemeingültiger Zusammenhänge von den Zufälligkeiten des Zusammenwirkens der einzelnen Einflüsse abstrahiert, um das für diese Bedingungen jeweils typische T_{44} -Niveau zu erkennen), ist die Widerspiegelung der oben genannten technologischen Gesetzmäßigkeiten mit Hilfe analytischer Ausdrücke durchaus möglich. Wie dies zu geschehen hat, haben wir in einer Studie über technologische Gesetzmäßigkeiten transportverbundener Fließarbeitsverfahren /6/ gezeigt und dort am Beispiel des Mähdruschs näher ausgeführt.

Die entsprechende Formel lautet allgemein

$$z = \frac{k \cdot T_P}{T_U} \cdot 100 \quad (1)$$

Hierin stellt z den im Durchschnitt zu gewährenden prozentualen T_{44} -Zuschlag zur herkömmlich, d. h. T_{44} -frei kalkulierten Umlaufzeit der Transporteinheiten dar. Ferner bedeuten in dieser Formel:

T_P Taktzeit oder Periode des transportverbundenen Fließarbeitsverfahrens

T_U T_{44} -freie Umlaufzeit der Transporteinheiten in T_{05}

k verfahrensspezifischer Faktor, der bei fiktiver Trennung des Fuhrparkes in Fahrt-TE und Feld-TE 1, in allen anderen Fällen dagegen 0,5 beträgt.

Für den Mähdrusch, auf den wir uns hier beschränken, folgt hieraus der spezielle analytische Ausdruck

$$z = \frac{100}{l \cdot m \left[\frac{T_0}{B} + \frac{1}{N} \left(\frac{2E}{v} + 0,5 \right) \right]} \quad (2)$$

Hierin bedeuten

- l Durchsatzleistung des MD E 512 in t/h T_{05}
- m Anzahl gemeinsam (komplex) eingesetzter Mährescher
- B Nutzmasse der MD-Bunker in t
- T_0 Zeit für die Übergabe einer Bunkerfüllung an die nebenherfahrende Transporteinheit in h T_{05}
- N Nutzmasse der Transporteinheiten in t
- E Transportentfernung in km
- v mittlere Transportgeschwindigkeit für Last- und Leerfahrt in km/h T_{05}

Die additive Konstante 0,5 stellt ein feststehendes Zeitnormativ von 0,5 h T_{05} /Ladung für die Abnahme des Getreides am Silo dar.

Analyse und Tabellierung dieser Verlustzeitformel sind ausführlich in /6/ dargestellt. Je nach den unterstellten Bedingungen bewegt sich der Verlustzeitzuschlag etwa in dem Intervall ($4 \leq z \text{ ‰} \leq 160$) mit einem repräsentativen Schwerpunkt um $z = 20 \cdot \cdot 25 \text{ ‰}$.

Die Nutzenanwendung der Verlustzeitformel (1) und ihrer verschiedenen verfahrensspezifischen Formulierungen, z. B. der Beziehung (2), sehen wir auf folgenden drei Gebieten:

- Mathematische Begründung einer Prioritätsliste von Maßnahmen zur Verminderung des Umfangs technologischer Verlustzeiten T_{44} , siehe insb. /6/
- Ableitung normativer Verlustzeitzuschläge (T_{44} -Zuschläge) für differenzierte Arbeitsaufgaben, Komplexgrößen, Durchsatzleistungen, Transporteinheitenklassen, Entfernungszonen usw., siehe z. B. /7/
- Ableitung von Mindestkomplexgrößen aus einem oberen Limit technologischer Verlustzeiten T_{44} /8/.

Sowohl die technologische Relevanz dieser Aufgaben als auch die Kompliziertheit und Unanschaulichkeit des in /6/ hierfür abgeleiteten deterministischen Ansatzes lassen aus Gründen wissenschaftlicher Absicherung eine statistische Verifizierung solcher analytischer Ausdrücke zur T_{44} -Kalkulation wünschenswert erscheinen.

Direkte Ergebnisse praktischer Zeitmessungen müssen hierfür u. E. wegen der summarischen Erfassung von T_{44} und T_{72} ausscheiden. Eine ideale Basis für massenstatistische Nachprüfungen dieser Art stellt dagegen der von /9/ erarbeitete Katalog „Optimale Mähdruschkomplexe“ dar. Er wurde mit Hilfe der von KASTEN /10/, /11/ konstruierten, auf der Methode der gemischt-ganzzahligen linearen Optimierung aufbauenden Planungsmodelle errechnet und weist neben anderen Vorteilen den Vorzug auf, keine organisatorischen Verlustzeiten T_{72} , sondern nur die unter gegebenen Bedingungen unvermeidlichen technologischen Verlustzeiten T_{44} zu enthalten. Damit stellt der Katalog ein in seiner Art einmaliges Material zur Erfassung der stochastischen Komponente der Abtaktverluste T_{44} und ihrer Widerspiegelung durch mehrfache Regressionsanalysen dar.

2 Das statistische Material und seine Analyse

Im folgenden geht es darum,

- mit Hilfe statistischer Analysen der Abtaktverluste einer Vielzahl optimierter Mähdruschvarianten /9/ zu überprüfen, inwieweit der analytische Ausdruck (2) die Wirklichkeit der Austaktung des transportverbundenen Fließarbeitsprozesses Mähdrusch adäquat widerspiegelt

Tafel 1. Einige statistische Maßzahlen zur Komplexgröße und einigen damit zusammenhängenden veränderlichen Arbeitsbedingungen beim Mähdrusch von Getreide mit dem MD E 512
 $n = 900$ Optimierungsvarianten (/9/, Var. 1/1...90/10)

Lfd. Nr.		\bar{x}	s	$\frac{s}{\bar{x}}$	$s_{\bar{x}}$
1	Anzahl m eingesetzter MD je Komplex und Schicht	5,50	2,87	0,51	0,095
2	Anzahl n eingesetzter TE je Komplex und Schicht	7,48	4,57	0,61	0,152
3	Durchsatz t der MD in t/h T_{05}	5,55	0,81	0,14	0,027
4	Nutzmasse N der TE in t	10,40	3,12	0,30	0,104
5	Transportentfernung E in km	12,00	9,82	0,82	0,327
6	Transportgeschwindigkeit v in km/h T_{05}	20,67	7,09	0,34	0,236
7	Nutzmasse B der MD-Bunker in t	1,31	0,18	0,14	0,006
8	Zeit für die Übergabe einer Bunkerfüllung gleichbleibend 0,07 h je Bunker				

Tafel 2. Analyse der zyklischen verfahrensbedingten Verlustzeit T_{44} optimaler Mähdruschkomplexe (Mähdrusch von Getreide), Werte statistisch ermittelt, $n = 900$

Lfd. Nr.		\bar{x}	s	$\frac{s}{\bar{x}}$	$s_{\bar{x}}$
1	Stunden T_{44} der Transporteinheiten je Komplex und Schicht	7,96	3,93	0,49	0,13
2	Stunden T_{44} der Transporteinheiten und Mährescher je Komplex und Schicht	8,22	3,90	0,48	0,30
3	mit Hilfe von Gl. (2) berechneter T_{44} -Zuschlag	27,6	27,9	1,01	0,93
4	prozentualer T_{44} TE-Zuschlag zur T_{44} -freien Umlaufzeit T_U [h T_{05}] der Transporteinheiten	24,4	33,5	1,37	1,11
5	prozentualer T_{44} MD-Zuschlag zur T_{44} -freien Stückzeit T_{05} der Mährescher	0,5	1,7	3,34	0,06
6	prozentualer T_{44} TE+MD-Zuschlag zur T_{44} -freien Stückzeit T_{05} der Mährescher und Transporteinheiten	12,2	15,0	1,22	0,50
7	prozentualer T_{44} TE+MD-Zuschlag zur T_{44} -freien Normzeit T_{06} der Mährescher und Transporteinheiten	10,8	13,7	1,27	0,46

Tafel 3. Zyklische verfahrensbedingte Verlustzeiten T_{44} der Mährescher und Transporteinheiten in optimierten Mähdruschkomplexen in Abhängigkeit von der Anzahl m gemeinsam eingesetzter Mährescher

Relative Häufigkeit
a) der T_{44} MD enthaltenden Varianten: 26,9 ‰
b) der T_{44} TE enthaltenden Varianten: 99,8 ‰

Anzahl m gemeinsam eingesetzter MD	Verhältnis Transport-einh. : Mährescher	min T_{44} MD je MD-Schicht	min T_{44} TE je TE-Schicht
1	2,23	5,2	278
2	1,60	4,8	141
3	1,42	4,0	88
4	1,43	3,8	93
5	1,37	2,7	72
6	1,33	1,2	58
7	1,31	1,2	46
8	1,30	2,0	47
9	1,30	0,9	40
10	1,29	2,1	39
Durchschnitt \bar{x} : 5,5 MD	$\frac{7,48 \text{ TE}}{5,5 \text{ MD}} = 1,36$	2,8 ¹	64,4 ²

$$^1 \frac{2,8 \cdot 5,5}{60} \approx 0,25 \text{ h } T_{44}\text{MD/Komplex} \cdot \text{Schicht}$$

$$^2 \frac{64,4 \cdot 7,48}{60} \approx 8,00 \text{ h } T_{44}\text{TE/Komplex} \cdot \text{Schicht}$$

$$\text{Sa.: } \frac{8,25 \text{ h } T_{44}\text{MD} + \text{TE/Komplex} \cdot \text{Schicht}}$$

— aus der statistischen Verlustzeitanalyse optimierter Mähdruschkomplexe nähere Aufschlüsse über gewisse Unterschiede zwischen Optimierungsergebnissen und den Ergebnissen einer Abstimmung nach dem „klassischen“ Ansatz zu erhalten, ferner Aufschlüsse über die Streuung der Verlustzeitzuschläge, ihre auf verschiedene Teilzeitsummen abgestellten Mittelwerte u. ä.

Die Analyse stützt sich auf die Auswertung von 900 optimierten Mähdruschvarianten (9/, Var. 1/1...90/10). Es handelt sich bei diesen Varianten um die Ernte der fünf Getreidearten Wi.-Weizen, Wi.-Roggen, Wi.-Gerste, So.-Gerste und Hafer, aufgefächert in jeweils drei fruchtartenspezifische Ertragsstufen (Durchsatzstufen), zehn Komplexgrößen (1...10 MD E 512) sowie zwei typische Fahrzeugkombinationen, wobei die LKW-Kombinationen in vier (4, 8, 16 und 32 km), die Traktorenkombinationen in zwei (4 und 8 km) Entfernungsstufen untergliedert sind. Nähere Einzelheiten bzgl. dieser und weiterer Unterstellungen sind aus 9/ zu ersehen. Zielfunktion der für diese „Komplexoptimierung“ von KASTEN /10/, /11/ entwickelten Modellkonstruktion sind minimale T_{44} -Kosten der am Fließarbeitsprozeß beteiligten Arbeitskräfte und landtechnischen Arbeitsmittel.

2.1. Statistische Maßzahlen, Häufigkeitsverteilungen

Über die arithmetischen Mittelwerte, die Variationskoeffizienten und weitere statistische Maßzahlen der wichtigsten Primärdaten und Ergebnisse dieser Stichprobe informieren die Tafeln 1 und 2. Von besonderem Interesse ist Tafel 2.

Die auf die Transporteinheiten entfallenden Abtaktverluste bleiben mit durchschnittlich 7,96 h T_{05} TE je Komplex und Schicht (Zeile 1) annähernd 2 h unter den auf analytischem Wege errechneten mittleren Verlustzeiten von 10 h T_{44} TE. Diese Differenz beruht nicht in methodischen Unterschieden der Kalkulation bzw. Auswertung, sondern in gewissen Unterschieden der sachlichen Prämissen. Während der analytische Ausdruck (2) volle produktive Ausschöpfung des Fließarbeitszeitfonds der beladenden Einheiten voraussetzt, Abtaktverluste T_{44} also nur bei den Transporteinheiten zuläßt, schließt das Optimalitätskriterium „minimale T_{44} -Kosten“ die Möglichkeit gewisser Wartezeiten der Erntemaschinen ein, wenn dies billiger ist als die Hineinnahme einer weiteren, nur schlecht ausgenutzten Transporteinheit. In der Tat lassen die in Tafel 2, Zeile 2 ausgewiesenen 8,22 h Gesamt- T_{44} erkennen, daß auf die Mähdrusch je Schicht und Komplex durchschnittlich 0,26 h T_{44} TE entfallen.

Detaillierte, auf die einzelne Produktivkraft bezogene Angaben hierzu finden sich in Tafel 3: Je größer die Anzahl m gemeinsam eingesetzter Mähdruschere ist, um so enger wird nicht nur das Verhältnis zwischen Transporteinheiten und Mähdruschern, sondern um so kleiner wird auch die je Schicht im Durchschnitt auf eine Produktivkrafteinheit entfallende Verlustzeit T_{44} . Im Mittel aller Komplexgrößen sind dies in einer Schicht kaum 3 min T_{44} je MD, aber immerhin rd. 65 min T_{44} je TE. Aufgrund der relativ weiten Relation der Kosten je MD-h und TE-h sind also die im Zug der Optimierung bei den Mähdruschern zugelassenen Abtaktverluste nahezu Null, oder anders ausgedrückt, die Überlegenheit der Komplexoptimierung über den „klassischen“ Abstimmungsansatz äußert sich neben anderen Vorteilen darin, daß rechnerisch je Komplex und Schicht durchschnittlich 2 h T_{44} TE bzw. 0,2 Transporteinheiten weniger aufgewendet werden, ohne daß auf Seiten der Mähdruschere für diese Einsparung nennenswerte technologische Verlustzeiten in Kauf genommen werden müssen.

Dieser Unterschied kommt annähernd auch in der Gegenüberstellung der Daten in Tafel 2, Zeile 3 und 4, zum Ausdruck: Der statistisch ermittelte mittlere prozentuale T_{44} -Zuschlag zur T_{44} -frei kalkulierten Umlaufzeit der Transporteinheiten (Zeile 4) beträgt 24,4 Prozent. Das arithmetische Mittel des mit Gl. (2) für jedes der 900 Stichprobenelemente berechneten Verlustzeitzuschlags (Zeile 3) beläuft sich demgegenüber auf 27,6 Prozent.¹

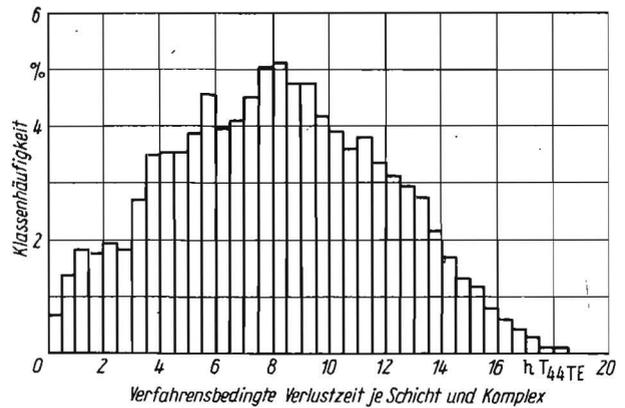


Bild 1. Häufigkeitsverteilung der in optimierten Mähdruschkomplexen zu erwartenden zyklischen verfahrensbedingten Verlustzeit der Transporteinheiten in h T_{44} je Schicht und Komplex; $n = 900$ Optimierungsvarianten zur Getreideernte (9/ Varianten 1/1...90/10); arithmetisches Mittel $\bar{x} = 7,96$ h T_{44} TE je Schicht und Komplex. Variationskoeffizient $s/\bar{x} = 0,49$; landtechnische Arbeitsmittel: Mähdruschere E 512 und W 50 LAK + HK 5 bzw. ZT 300 + 2 HW 80 als Transporteinheiten TE, Schichtzeit 10 h T_{05}

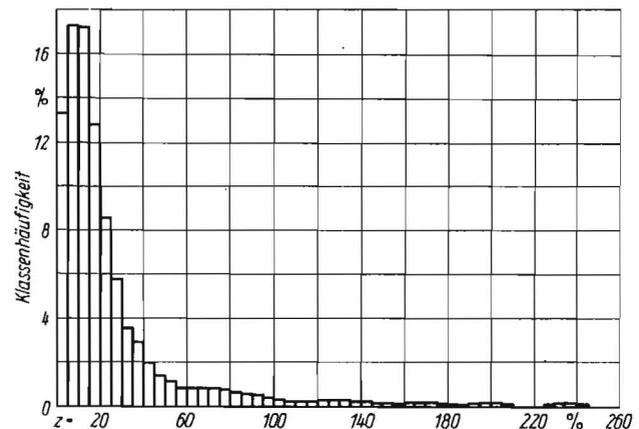


Bild 2. Häufigkeitsverteilung des Verlustzeitzuschlages z zur T_{44} -frei kalkulierten Umlaufzeit T_U (T_{05}) der Transporteinheiten bei der Getreideernte mit optimierten Mähdruschkomplexen. $n = 900$ Optimierungsvarianten (9/ Varianten 1/1...90/10); arithmetisches Mittel des Verlustzeitzuschlages $\bar{z} = 24,4\%$, häufigster Wert $z' = 9\%$; Variationskoeffizient $s/\bar{z} = 1,37$; landtechnische Arbeitsmittel: Mähdruschere E 512 und W 50 LAK + HK 5 bzw. ZT 300 + 2 HW 80 als Transporteinheiten

Für eine (grobe) normative Verlustzeitvorgabe von Bedeutung ist schließlich das Verhältnis der in Tafel 2, Zeile 4, 6 und 7 mitgeteilten Mittelwerte. Der Verlustzeitzuschlag wird um so niedriger, je größer die Teilzeitsumme ist, auf die er abgestellt wird. Bezogen auf die T_{44} -frei kalkulierte Normzeit T_{06} der Transporteinheiten und Mähdruschere beträgt er im Durchschnitt nur rd. 11 Prozent gegenüber durchschnittlich 24 bis 25 Prozent bei einem Bezug auf die T_{44} -frei kalkulierte Stückzeit T_{05} der Transporteinheiten.

Für die in Tafel 2 enthaltenen Positionen

- h T_{44} TE je Komplex und Schicht (Z. 1) sowie
- prozentualer T_{44} -Zuschlag zur T_{44} -frei kalkulierten Umlaufzeit der Transporteinheiten (Z. 4)

zeigen die Bilder 1 und 2 die Verteilung der relativen Häufigkeiten (nach dem Verfahren der gleitenden Durchschnitte aus je drei aufeinanderfolgenden Klassen).

¹ Werden die in Tafel 1 mitgeteilten arithmetischen Mittelwerte direkt in Gl. (2) eingesetzt, errechnet sich der mittlere Verlustzeitzuschlag zu $z = 15,4$ Prozent. Diese Differenz erklärt sich aus dem nicht-linearen Verhältnis zwischen z und der Komplexgröße m , siehe auch Bild 3

Tafel 4. Abhängigkeit des Verlustzeitzuschlages z zur T_{44} -frei kalkulierten Umlaufzeit T_U [h T_{05}] der Transporteinheiten von der Anzahl m eingesetzter Beladeinheiten (Beispiel: Mähdrusch von Getreide mit dem MD E 512)

Komplexgröße m	Prozentualer Verlustzeitzuschlag z					
	Statistische Analyse ¹ von $n=900$ Varianten /9/		Analytischer Ausdruck ²	Mehrfache Regressionsanalyse ³ von $n=900$ Varianten /9/		
MD je Schicht u. Komplex	$z = \frac{T_{44}}{T_U} \cdot 100$	$z = \frac{T_P}{T_U} \cdot 100$	$z = \frac{T_P}{T_U} \cdot 100$	linearer Ansatz	nicht-linearer Ansatz	
	1	2	3	4	5	6
1	103,0	94,6	84,6	55,4	96,3	
2	36,1	48,0	42,3	48,5	45,6	
3	20,6	31,9	28,2	41,6	28,7	
4	20,9	23,6	21,2	34,7	20,2	
5	16,3	19,0	16,9	27,8	15,1	
6	11,5	15,8	14,1	20,9	11,8	
7	10,0	13,3	12,1	14,0	9,3	
8	9,3	11,8	10,6	7,2	7,5	
9	8,2	10,5	9,4	0,3	6,1	
10	7,7	9,5	8,5	-6,6	5,0	

¹ Klassenhäufigkeit je 90

² Die z -Werte gelten für:

$$\left. \begin{aligned} B &= 1,31 \text{ t/Bu} \\ N &= 10,40 \text{ t/TE} \\ l &= 5,55 \text{ t/h } T_{05} \\ E &= 12,0 \text{ km} \\ v &= 20,67 \text{ km/h } T_{05} \end{aligned} \right\} = \text{arithmetische Mittelwerte von}$$

Nutzmasse d. Bunker
Nutzmasse d. Transporteinh.
Durchsatzleistung d. MD
Transportentfernung
Transportgeschwindigkeit

Die in optimierten Mähdruschkomplexen je Schicht und Komplex zu erwartende Verlustzeit T_{44} der Transporteinheiten ist normalverteilt. Das arithmetische Mittel beträgt rd. 8 h T_{44} und stellt zugleich den häufigsten Wert dar. Der Variationskoeffizient beträgt $s' = 0,49$. Bei Verwendung des „klassischen“ Abstimmungsansatzes würde die Verteilungskurve um etwa 2 h T_{44} in der vom Ursprung wegführenden Richtung verschoben sein.

Der Verlustzeitzuschlag z zur T_{44} -frei kalkulierten Umlaufzeit der Transporteinheiten ist dagegen stark linksschief verteilt (arithmetischer Mittelwert 24,4 Prozent, häufigster Wert 9 Prozent) und weist zudem mit einem Variationskoeffizienten von $s' = 1,37$ eine weit höhere Streuung als die normalverteilten Abtaktverluste je Schicht und Komplex auf. Diese relativ hohe Streuung unterstreicht einerseits die Notwendigkeit, für Zeitvorgaben und andere technologische Planungszwecke die Berücksichtigung der Abtaktverluste auf normative Verlustzeitzuschläge im Sinne des analytischen Ausdrucks (2) zu beschränken, legt aber andererseits den Vorschlag nahe, die für den Einzelfall aus der Verwendung von Durchschnittswerten folgende Unsicherheit durch einen zusätzlichen Zeitaufschlag abzufangen.

2.2. Regressionsanalyse

Ein wesentlicher Beitrag zur statistischen Verifizierung der analytischen T_{44} -Formel (2) ist von der mehrfachen Regressionsanalyse der Abtaktverluste der optimierten Mähdruschvarianten zu erwarten. Schwierigkeiten ergeben sich hierbei in der Programmierung komplizierter nichtlinearer Ansätze. Ein dem analytischen Ausdruck (2) strukturell voll entsprechender Regressionsansatz mußte deshalb vorerst zurückgestellt werden.

Gerechnet wurde u. a. mit einem nichtlinearen Ansatz, bei dem die Komplexgröße m im Nenner steht. Er führte zu folgendem Ergebnis:

$$z = \frac{7,03 B + 14,37 N + 6,48 v - 25,14 l - 4,37 E}{m} - 5,16 \quad (3)$$

Mit einem Bestimmtheitsmaß von $B = 0,84$ erklärt diese Regressionsgleichung nahezu restlos die Streuung des statistischen Ausgangsmaterials. Die mit Beziehung (3) errechneten Werte stimmen ferner sehr gut mit den gemäß Beziehung (2) deterministisch vorkalkulierten Verlustzeitzuschlägen überein.

Deutlich kommt das in der vergleichenden Gegenüberstellung einiger mit unterschiedlichen Methoden ermittelter T_{44} -Zuschlagsreihen (Tafel 4 und Bild 3) zum Ausdruck. Die Reihen bzw. ihre graphische Darstellung zeigen die Abhängigkeit des Verlustzeitzuschlages z von der Anzahl m gemeinsam eingesetzter Mähdrescher.

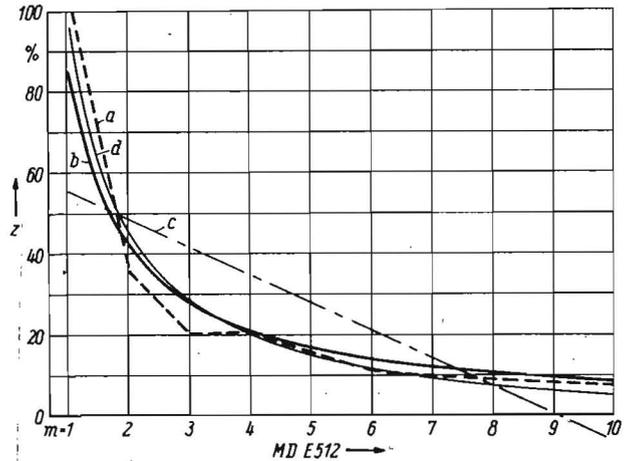


Bild 3. Verlustzeitzuschlag z zur T_{44} -frei kalkulierten Umlaufzeit T_U (T_{05}) der Transporteinheiten bei der Getreidernte in Abhängigkeit von der Anzahl m komplex eingesetzter MD E 512; a statistisch ermittelt aus $n=900$ optimierten Mähdruschvarianten (/9/ Varianten 1/1...90/10); $\bar{z} = 24,4\%$; b errechnet mit Hilfe

des analytischen Ausdrucks $z = \frac{\text{Periode } T_P}{\text{Umlaufzeit } T_U}$;

c durch Mehrfachregression (linearer Ansatz) aus den z -Werten der obengenannten 900 Varianten berechnet; $\bar{z} = 24,4\%$; $B = 0,43$;
 d durch Mehrfachregression errechnet (nichtlinearer Ansatz), $B = 0,84$.

Bei b , c und d sind für die sonstigen veränderlichen Arbeitsbedingungen folgende Werte (arithmetische Mittelwerte aus a) unterstellt:

MD-Durchsatz $l = 5,55 \text{ t/h } T_{05}$, Zeit je Abbunkerung $T_U = 0,07 \text{ h}$ je Bunker, Nutzmasse je Bunker $B = 1,31 \text{ t}$, Nutzmasse je Transportentfernung $E = 12,00 \text{ km}$, Transportgeschwindigkeit $v = 20,67 \text{ km/h } T_{05}$

Tafel 4, Sp. 2, weist die durch unmittelbare statistische Analyse festgestellten z -Zuschläge aus; es handelt sich hierbei um arithmetische Mittelwerte der zehn MD-Häufigkeitsklassen.

In Tafel 4, Sp. 3, wurde demgegenüber zunächst für jede der 900 Varianten mit Hilfe von Gl. (2) der mittlere T_{44} -Zuschlag berechnet und anschließend analog zu Sp. 2 zu arithmetischen Mittelwerten der einzelnen Häufigkeitsklassen verdichtet. Der Gesamtdurchschnitt beträgt hierbei $z = 27,8\%$ gegenüber $z = 24,4\%$ in Sp. 2.

Tafel 4, Sp. 4, zeigt Werte des analytischen Ausdrucks (2), die mit Hilfe der in Tafel 1 näher bezeichneten arithmetischen Mittelwerte des Variantenrasters unmittelbar für jede der zehn MD-Häufigkeitsklassen berechnet wurden.

Sp. 5 und 6 enthalten schließlich Wertereihen eines linearen und des durch Gl. (3) beschriebenen nichtlinearen Regressionsansatzes, die wie Sp. 4 wiederum auf den arithmetischen Mittelwerten des Variantenrasters aufbauen.

Die gute Übereinstimmung des statistischen Ausgangsmaterials, d. h. der Verlustzeitzuschläge von 900 ausgewerteten optimierten Mähdruschvarianten (Sp. 2)

- mit den Ergebnissen der nichtlinearen mehrfachen Regressionsanalyse (Sp. 6) einerseits und
- den auf analytischem Weg nach Gl. (2) vorauskalkulierten Werten (Sp. 3 und 4) andererseits

spiegelt sich nicht zuletzt eindrucksvoll im Bild 3 wider. Es bestätigt überzeugend die Richtigkeit und Brauchbarkeit des vorgeschlagenen deterministischen Ansatzes zur normativen Vorausberechnung der technologischen Verlustzeiten T_{44} transportverbundener Fließarbeitsverfahren.

3. Schlußfolgerungen

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse führen zu folgenden Schlußfolgerungen:

3.1. Durch die Optimierung bzw. richtige Disposition transportverbundener Fließarbeitsverfahren werden organisatorische Verlustzeiten T_{72} vermieden; es verbleiben jedoch erhebliche Abtaktverluste, die aus der Unteilbarkeit der eingesetzten Produktivkräfteinheiten hervorgehen und mit der technologischen Verlustzeit T_{44} identisch sind. Beim Mähdrusch beträgt der notwendige T_{44} -Zuschlag zur T_{44} -frei kalkulierten Umlaufzeit (T_{05}) der Transporteinheiten im Durchschnitt etwa 25 Prozent (Variationskoeffizient $s' \approx 1,40$). Dieser erhebliche Umfang zeigt, daß es nicht länger angeht, die Teilzeit T_{44} bei der operativen Einsatzplanung, der Leistungsnormung und dem Verfahrensvergleich zu vernachlässigen, sondern daß es erforderlich ist, einerseits diese Teilzeit als legitimen Bestandteil der Zeitnorm anzuerkennen, andererseits eingehend die Möglichkeiten ihrer Verringerung zu erforschen.

3.2. Die Erforschung dieser Möglichkeiten muß damit beginnen, die Zusammenhänge zwischen der technologischen Verlustzeit T_{44} und den sie beeinflussenden Faktoren zu quantifizieren. Zur Vorkalkulation der unter bestimmten Bedingungen zu erwartenden mittleren Abtaktverluste empfiehlt sich hierzu der von uns vorgeschlagene deterministische Weg (analytischer Ausdruck), zur Nachkalkulation dagegen die massenstatistische Analyse optimierter Fließarbeitsabläufe. Der am Beispiel des Mähdruschs dargelegte Vergleich beider Wege hat exemplarische Bedeutung: Er zeigt einerseits die feineren Unterschiede zwischen „klassischem“ Abstimmungsansatz und dem Optimalitätskriterium „minimale T_{44} -Kosten“ auf, verifiziert andererseits die auf der Periode und der Umlaufzeit der Fließarbeitsabläufe aufbauende Formel zur Berechnung des T_{44} -Zuschlages und rechtfertigt drittens, auch andere, bislang nicht optimierte transportverbundene Fließarbeitsverfahren mit Hilfe entsprechender analytischer Ausdrücke auf ihre Austaktung hin zu durchleuchten.

3.3. Je nach dem durch das Variantenraster abgesteckten Zusammentreffen T_{44} -beeinflussender Bedingungen lassen die T_{44} -Zuschläge sowohl eine erhebliche Variationsbreite als auch einen vergleichsweise großen Variationskoeffizienten erkennen. Im Sinne der Normung nivelliert der analytische Weg diese Streuung mehr oder weniger, indem er jeweils den für den einzelnen Fall typischen mittleren Verlustzeitzuschlag ausweist; zugleich eröffnet er aber die Möglichkeit, für unterschiedliche Bedingungen abgestufte *normative Verlustzeitzuschläge* zu berechnen.

3.4. Bei einer Abstimmung von transportverbundenen Fließarbeitsverfahren unter dem Gesichtspunkt minimaler T_{44} -Kosten entfallen die Abtaktverluste aufgrund des allgemein weiten Verhältnisses der Einsatzkosten von Schlüsselmaschi-

nen und Fahrzeugen vorwiegend auf die Transporteinheiten und sind insgesamt geringer als bei einer Abstimmung nach dem klassischen Ansatz, der die Abtaktverluste ausschließlich auf die Transporteinheiten konzentriert. Beispielsweise stehen beim Mähdrusch die nach beiden Methoden errechneten Abtaktverluste durchschnittlich im Verhältnis $8,25 h T_{44}/\text{Schicht} \cdot \text{Komplex} : 10 h T_{44}/\text{Schicht} \cdot \text{Komplex}$.

Der spezifische Vorteil minimierter T_{44} -Kosten besteht also in einer besseren Ausnutzung des Zeitfonds der Transporteinheiten.

Literatur

- 1/ —: Zeitgliederung in der Landwirtschaft (Begriffe, Kurzzeichen, Erläuterungen). Fachbereichstandard TGL 80-22-289, Gruppe 110/324, ausgearbeitet unter Federführung der Zentraleu Prüfstelle für Landtechnik Potsdam-Bornim, März 1970
- 2/ Zimmermann, W.: Technologische Probleme in Wechselfließeihen der Instandsetzung. Deutsche Agrartechnik 19 (1969) H. 9, S. 417 bis 419
- 3/ Fleischer, E.: Zyklische verfahrensbedingte Verlustzeiten transportverbundener Fließarbeitsverfahren und Möglichkeiten ihrer Senkung. Deutsche Agrartechnik 19 (1969) H. 1, S. 36–40
- 4/ Finn, E. A. / L. N. Komsakowa: Die statistische Modellierung der Prozesse der Fließerte von landwirtschaftlichen Kulturen. Mechanisierung und Elektrifizierung der Landwirtschaft, Moskau (1970) H. 7, S. 46–49
- 5/ Otto, K.-F.: Vergleich mechanisierter Verfahren beim Füttern, Ausmisten und Einstreuen im Anbindestall und im Laufstall. Berichte über Landtechnik 96, S. 1–128, München-Wolfratshausen 1966
- 6/ Fleischer, E.: Zu einigen technologischen Gesetzmäßigkeiten transportverbundener Fließarbeitsverfahren und ihrer Nutzung für die Praxis. Deutsche Agrartechnik 21 (1971) H. 11, S. 501–504 und H. 12, S. 567–570
- 7/ Kasten, A. / E. Fleischer: Optimale Erntekomplexe — katalogisierte Entscheidungsvorschläge für Einsatzleiter der kooperativen Pflanzenproduktion. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin (in Vorbereitung)
- 8/ Fleischer, E.: Zur Ableitung von Mindestkomplexgrößen aus einem oberen Limit normativer Abtaktverluste. Internationale Zeitschrift der Landwirtschaft, Moskau/Berlin (im Druck)
- 9/ Kasten, A. / E. Fleischer / H.-J. Brückner, u. a.: Optimale Mähdruschkomplexe — Ein Beitrag zur Optimierung transportverbundener Fließarbeitsverfahren bei Kooperation in der Pflanzenproduktion. Halle (Saale) und Quedlinburg, 1970
- 10/ Kasten, A.: Optimierte Komplexgrößen für den Einsatz der Maschinen bei kooperativer Pflanzenproduktion. Deutsche Agrartechnik 19 (1969) H. 11, S. 539–543
- 11/ Kasten, A.: Optimale Maschinensysteme und Transportketten für die Pflanzenproduktion. Internationale Zeitschrift der Landwirtschaft, Moskau/Berlin (1972) H. 1, S. 90–99 A 8349

VT-Neuerscheinungen

Autorenkollektiv, Herausgeber: Tränkner, G.: Taschenbuch Maschinenbau. Band 3/I Stoffumformung. 1. Aufl., 14,7 cm \times 21,5 cm, 826 Seiten, 1052 Bilder, 170 Tafeln, Kunstleder, 36,— M

Vielhauer, P.: Theorie der Übertragung auf elektrischen Leitungen. 2. Aufl., 14,7 cm \times 21,5 cm, 164 Seiten, 1 Beilage, zahlr. Bilder u. Tafeln, kartoniert, 12,— M

Brack, G.: Automatisierungstechnik, Band 115: Dynamische Modelle verfahrenstechnischer Prozesse. 2., bearbeitete Aufl., 14,7 cm \times 21,5 cm, 72 Seiten, 33 Bilder, kartoniert, 6,40 M — Sonderpreis für die DDR 4,80 M

Leupold, W. / J. Löttsch: Automatisierungstechnik, Band 126: Programmierung des daro Cellatron D 8205 — Maschinencodeorientierte Interpretiersysteme — 1. Aufl., 14,7 cm \times 21,5 cm, 76 Seiten, 16 Bilder, kartoniert, 6,40 M — Sonderpreis für die DDR 4,80 M

Peschel, M.: Automatisierungstechnik, Band 100: Kybernetische Systeme. 2., berichtigte Aufl., 14,7 cm \times 21,5 cm, 96 Seiten, 39 Bilder, kartoniert, 6,40 M — Sonderpreis für die DDR 4,80 M

AK 8722