

Kurzzeitzwischenlagerung ermöglicht auch den Pflanzenproduktionsbetrieben die Erschließung solcher Reserven, indem die Transportentfernungen vom Mährescher zum Zwischenlager sehr klein gehalten werden und in den Nachtstunden (dritte Schicht) der Abtransport erfolgen kann. Damit wird eine hohe Auslastung der LKW für den Körnertransport erreicht.

Diese Kurzzeitzwischenlager üben praktisch keine Lagerfunktion aus, sondern stellen einen technologischen Puffer dar, von dem aus das während der Einsatzzeit der Mährescher transportseitig nicht bewältigte Getreide zu den VEB Kombinat für Getreidewirtschaft transportiert wird. Der hierbei entstehende zusätzliche Umschlag verursacht nach Reinicke [3] Kosten in Höhe von etwa 2,00 M/t bis 2,50 M/t.

Da der Erfüllungsort der Verträge zwischen den Betrieben der Pflanzenproduktion und dem VEB Kombinat für Getreidewirtschaft das Kombinat für Getreidewirtschaft bleibt, gehen diese Kosten zu Lasten des Erzeugers, genauso wie die technische Sicherung und Betreuung dieser Kurzzeitzwischenlager.

Diese „Mehrkosten“ sind aus der größeren Effektivität größerer Mährescherkomplexe zu bestreiten. Im Praxiseinsatz mit dem E 512 und in Versuchen mit dem E 516 hat sich erwiesen, daß mit zunehmender Komplexgröße die Verfahrenskosten je Einsatzstunde für Folgearbeiten, wie Transport, Versorgung usw., nur degressiv parallel dazu ansteigen. So sinken nach Bernhardt u. a. [4] die Verfahrenskosten für Folgearbeiten nach dem Mähdrusch bei 3 E 516 im Komplex von 50,00 M/h auf 39,00 M/h bei 6 E 516. Ähnliche Relationen sind für den Mährescher E 512 gegeben.

Ein anderes ökonomisches Äquivalent entsteht dadurch, daß bei Verzicht auf Kurzzeitzwischenlagerplätze der weniger transporteffektive Traktor eingesetzt werden muß. Der Traktortransport über 15 und 20 km verursacht gegenüber dem LKW-Transport etwa 1,80 M/t bzw. 2,40 M/t Mehrkosten, was etwa den höheren Kosten für den zweiten Umschlag (z. B. mit dem Frontlader T 182) entspricht. Die wesentlich höhere Produktivität beim LKW-Transport ist außerdem ein erheblicher Vorteil, der auf alle Fälle völlig ausgenutzt werden muß.

Weitere effektivitätsbestimmende Faktoren beim Getreidetransport

Die Transportökonomie wird wesentlich davon bestimmt, wie groß der Zeitfonds für effektive Transportarbeit im Verhältnis zur Gesamtarbeitszeit ist, d. h., die Be- und Entladung müssen schnell erfolgen, technologisch bedingte Wartezeiten sind zu vermeiden.

Beim Getreidetransport ist die Beladung der Transporteinheiten insbesondere dadurch charakterisiert, daß sie diskontinuierlich (mehrere Bunkerfüllungen je Fahrzeugladung) mit Zwischenfahrzeiten von Mährescher zu Mährescher erfolgt. Zur Verminderung dieser Zwischenfahrzeiten sind folgende Hinweise zu beachten:

- Die Beete sollten mit dem Mährescher von innen her angeschnitten und links herum geerntet werden. Dadurch bleibt den Transporteinheiten bei der Fahrt von Mährescher zu Mährescher der lange Außenweg zum nächsten Mährescher erspart.
- Die Mährescher sollten in Staffelformation ernten, so daß keine größeren Querfahrten erforderlich werden.
- Die Anzahl der in einem Beet arbeitenden Mährescher sollte so groß wie möglich sein, um die Zwischenfahrzeiten und eventuelle Wartezeiten auf die nächste Bunkerfüllung maximal zu verkürzen und damit immer Mährescher in Sichtweite der Fahrer der Transportmittel zu haben.

Die Zwischenfahrzeiten sollten je Bunker bei einer Schlaglänge von 1000 m unter 3 min liegen. Höherer Zeitbedarf signalisiert fehlerhafte Organisation bei der Abstimmung der Mährescher und Transportkapazitäten auf einem Feld. Im Interesse eines störungsfreien Arbeitsablaufs von Mähdrusch und Transport sollte je 3 bis 4 E 512 eine Transporteinheit W 50 LA/Z + HW 80.11 ständig auf dem Feld zur Verfügung stehen. Dies ergibt sich aus der benötigten Zwischenfahrzeit plus Abbunkerzeit, aus der Mähdruschleistung und aus der mittleren Bunkerfüllmasse von 1,5 t.

In der Praxis werden meist gesamte Schlagkomplexe gleichzeitig abgeerntet, die mehrere voneinander getrennte Schläge in sich vereinen. Deshalb sollten die Fahrer der Transportmittel genau wissen, zu welchem Schlag sie fahren müssen. Ein wertvolles Hilfsmittel hierzu ist der Sprechfunk, mit dessen Einsatz Wartezeiten vermieden werden können.

Senkung der Transportverluste

Beim Mähdrusch wird seit Jahren ein energischer Kampf um die Verlustminderung geführt. Auch beim Transport werden diesbezüglich in jüngster Zeit vielfältige Initiativen von Neuern, erfahrenen Praktikern und Wissenschaftlern entwickelt.

Bei Untersuchungen des Bereichs Meißen des Forschungszentrums für Mechanisierung wurde festgestellt, daß bei horizontal und vertikal mit Abdichtleisten abgedichteten Ladepritschen noch Rieserverluste in Höhe von 0,02 Masse-% je Transportfahrt bei 16 km auftreten. Bei unabgedichteten Ladepritschen waren Rieserverluste von etwa 0,4 Masse-% zu verzeichnen. Die Ritzen und Spalten der Ladepritschen wurden daraufhin mit PUR-weich-Schaum abgedichtet. Solcherart abgedichtete Fahrzeuge sind mit Erfolg zum Einsatz gekommen, wobei Rieserverluste ausgeschlossen wurden. Das Abdichten mit PUR-weich-Schaum kann durch Aufkleben von Abfällen bzw. durch Ausspritzen erfolgen. Weitere Maßnahmen zur Senkung der Transportverluste sind:

- Keine Überladung des Fahrzeugs und damit keine übermäßige Schüttkegelbildung, da sonst Getreide über die Bordwände rieselt
- vorsichtige Fahrweise in Kurven und Anbringung einer Laderaumabdeckung, um Verwehungsverluste auszuschließen; bewährt hat sich hierbei eine Neuerlösung vom VEB Ausrüstungen ACZ Liebertowitz, die zur agra 76 vorgestellt wurde
- Anpassung der Fahrgeschwindigkeit des Mähreschers an das jeweilige Fahrgeschwindigkeitsvermögen der Transporteinheiten bei der Übergabe des Getreides; hauptverantwortlich für eine verlustlose Beladung sollte der Mährescherfahrer sein, da er die bessere Übersicht hat.

Literatur

- [1] Hey, W.: Wichtige Einflußgrößen auf die Transportleistungen. agrartechnik 25 (1975) H. 6, S. 268—270.
- [2] Eberhardt, M.; Gramer, O.: Erste Erfahrungen beim kooperativen Einsatz großer Maschinenkomplexe. Feldwirtschaft 17 (1976) H. 1, S. 8—11.
- [3] Mündliche Information des Instituts für Getreidewirtschaft Biesdorf.
- [4] Bernhardt, H. u. a.: Verfahren der Getreideernte einschließlich Körner- und Strohttransport sowie der Strohverteilung auf der Grundlage des Mähreschers E 516. Institut für Getreideforschung Bernburg-Hadmersleben, Abt. Technologie, Forschungsbericht 1976 (unveröffentlicht).

A 1657

Zur Optimierung einiger Siebwerkparameter von Getreide- reinigungsmaschinen mit Hilfe von Extremwertversuchen

Dozent Dr.-Ing. A. Mitkow/Dr.-Ing. N. Orloev

Hochschule für Maschinenbau, Mechanisierung und Elektrifizierung der Landwirtschaft (WIMMESS) Russe, VR Bulgarien

Dipl.-Ing. A. Atanassow, Institut für Landmaschinenbau (ISSM) Russe, VR Bulgarien

Konzentration und Spezialisierung der landwirtschaftlichen Produktion erfordern auch bei der Getreideernte die Anwendung von industriemäßigen Verfahren. Neben neuen hochleistungsfähigen Erntemaschinen wurden gleichzeitig Getreidereinigungsmaschinen mit einem Durchsatz von 50 bis 60 t/h entwickelt. Diese hohe Leistung der Getreidereinigungsmaschinen wird hauptsächlich durch größere Arbeitsorgane und in geringem Maß durch vollkommenere konstruktive Lösungen er-

reicht. Einen nicht geringen Anteil bei der Klärung der Möglichkeiten für die Vervollkommnung der Reinigungsmaschinen und für die weitere Verbesserung ihrer qualitativen und quantitativen Kennwerte hat die Bestimmung ihrer optimalen konstruktiven, kinematischen und technologischen Parameter. Die Lösung dieser Aufgabe mit Hilfe des klassischen einfaktorielles Versuchs ist unmöglich, weil diese Maschinen komplizierte, mehrfaktorielles Systeme darstellen. Die mathematische Mo-

dellierung und Optimierung von solchen Systemen wurde erst in den letzten 10 bis 15 Jahren dank der Weiterentwicklung der Methodik mehrfaktorielles Versuche [1], besonders dank der Methode des Extremwertversuchs [2] [3], möglich.

Das Ziel der vorliegenden Untersuchungen war die Bestimmung der optimalen Werte einiger Grundparameter des Siebwerks vorhandener Getreidereinigungsmaschinen, für deren Vervollkommnung keine grundsätzlichen konstruk-

tiven Änderungen notwendig sind. Um das zu erreichen, wurde ein aktiver Versuch [3] nach einem Plan zweiten Grades durchgeführt, der die Ermittlung eines mathematischen Modells zweiter Ordnung erlaubt. Dafür wurde der Plan H_{25} gewählt, der nur 27 Versuche erfordert und gute Charakteristiken besitzt [4] [5]. Die Versuchseinrichtung (Bild 1) ermöglicht mit hinreichender Genauigkeit eine Wiedergabe des technologischen Vorgangs von verschiedenen Getreidereinigungsmaschinen. Als steuerbare Faktoren wurden lediglich diejenigen konstruktiven, kinematischen und technologischen Parameter des Siebwerks gewählt, die sich an der bulgarischen Maschine SMS-50 am leichtesten realisieren lassen:

- x_1 Drehzahl der Antriebswelle in U/min
- x_2 Kurbelradius in mm
- x_3 spezifische Belastung des Siebwerks in $\text{kg}/\text{dm} \cdot \text{h}$
- x_4 Anteil von Kleinbeimengungen im zu reinigenden Aufgabegut in %
- x_5 Neigungswinkel der mittleren Lage der Aufhänger, gemessen gegenüber der Senkrechten, in °.

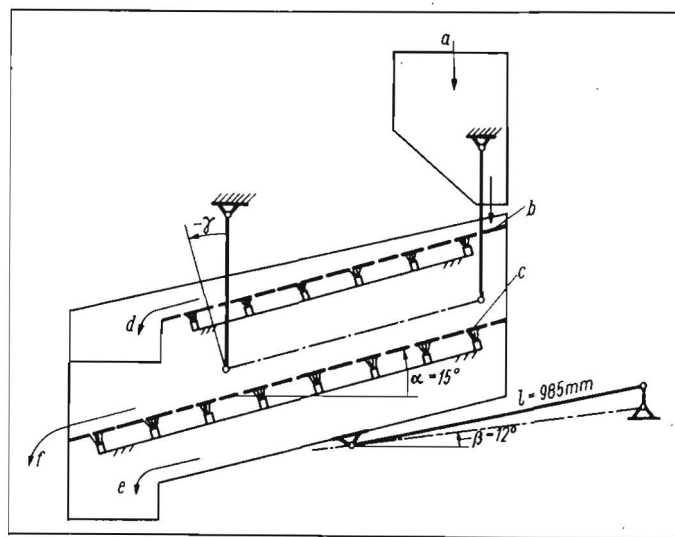
Das mittlere, obere und untere Niveau der Faktoren, ihre Variationsbreiten und der Versuchsplan sind in Tafel 1 angegeben. Die Variationsbreiten der Faktoren x_2 , x_3 und x_4 wurden so gewählt, daß man eine umfangreiche Information über den technologischen Vorgang bei sich stark unterscheidenden Betriebsarten gewinnen kann. Ihre Wahl erfolgte unter Beachtung der Parameter der bekannten hochleistungsfähigen Getreidereinigungsmaschinen.

Die Werte der anderen Parameter des Siebwerks der Versuchseinrichtung entsprechen jenen der Maschine SMS-50. Die kleinere Länge des Obersiebs führt zu einer Zunahme der Körnerverluste im Obersiebabgang. Deshalb wurden diese Verluste nur als ein zusätzlicher Optimierungsparameter betrachtet.

Als Grundparameter der Optimierung wurde der Reinigungseffekt (Trennungsvollständigkeit) festgelegt. Anfänglich wurden von dem zu reinigenden Gut (Weizen) alle leichten Beimengungen getrennt. Dann wurde es zehnmal mit der Versuchseinrichtung bei einer minimalen Leistung, die dem unteren Niveau von x_3 ($750 \text{ kg}/\text{dm} \cdot \text{h}$) entspricht, gesiebt. Auf diese Weise wurden aus dem Korn alle Groß- und Kleinbeimengungen abgesondert. Danach wurde der prozentuale Anteil der bei jeder einzelnen Absiebung ausgeschiedenen Kornmengen im Verhältnis zur Gesamtmenge der getrennten Beimengungen ermittelt. Zum so vollständig gereinigten Korn wurden nun Kleinbeimengungen entsprechend dem gewünschten Anteil im Gut und gemäß ihrem Anteil in den einzelnen Absiebungen zugegeben. Bei jedem Versuch wurden die Versuchsdauer, die getrennte Kleinkornmenge und die Körnerverluste im Obersiebabgang je dreimal ermittelt.

Die gewonnenen Ergebnisse für die Optimierungsparameter sind in Tafel 1 angegeben. Das beste Ergebnis für den Reinigungseffekt wurde im Versuch 14 ($y_1 = 68,2\%$) erzielt. Die zugehörigen Körnerverluste betragen hier $y_2 = 0,19\%$. Sie sind zwar nicht die minimalsten, aber noch zu vertreten. Ganz offensichtlich werden die besten Ergebnisse erreicht, wenn sich x_2 auf oberem, x_1 aber auf unterem Niveau befindet. Das heißt, daß die Antriebswelle einen großen Kurbelradius und eine kleine Drehzahl haben muß. Der Faktor x_5 ist in diesem Punkt +1, d. h., daß die Aufhänger nach vorn zu neigen sind. Selbstverständlich wurden diese Ergeb-

Bild 1
Kinematisch-technologisches Schema der Versuchseinrichtung;
a Getreideeinlauf,
b Obersieb (Länge 1200 mm, Breite 600 mm, Schlitzöffnung 4,0 mm),
c Untersieb (Länge 1500 mm, Breite 600 mm, Schlitzöffnung 2,2 mm),
d Obersiebabgang,
e Untersiebabgang,
f gereinigtes Getreide



Tafel 1. Versuchsplan und Ergebnisse

	Faktoren in natürlichen Einheiten					Faktoren in Kodeart				
	x_1 U/min	x_2 mm	x_3 $\text{kg}/\text{dm} \cdot \text{h}$	x_4 %	x_5 °	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
mittleres Niveau	400	8	1 125	7	0	0	0	0	0	0
Variationsbreite	50	3	375	5	9	1	1	1	1	1
oberes Niveau	450	11	1 500	12	+9	+1	+1	+1	+1	+1
unteres Niveau	350	5	750	2	-9	-1	-1	-1	-1	-1

Planungsmatrix Vers.- nummer	steuerbare Faktoren in Kodeart					mittl. Reinigungs- effekt der Klein- beimengungen y_1 %	mittl. Körnerver- luste im Obersieb- abgang y_2 %
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5		
1	+1	+1	+1	+1	+1	26,0	17,7
2	-1	+1	+1	+1	-1	31,6	0,25
3	+1	-1	+1	+1	-1	23,3	0,03
4	-1	-1	+1	+1	+1	18,4	1,07
5	+1	+1	-1	+1	-1	59,1	2,08
6	-1	+1	-1	+1	+1	55,1	1,27
7	+1	-1	-1	+1	+1	51,3	0,13
8	-1	-1	-1	+1	-1	32,7	0,003
9	+1	+1	+1	-1	-1	42,9	2,23
10	-1	+1	+1	-1	+1	33,4	1,36
11	+1	-1	+1	-1	+1	30,5	0,60
12	-1	-1	+1	-1	-1	20,7	0,10
13	+1	+1	-1	-1	+1	21,0	26,8
14	-1	+1	-1	-1	-1	68,2	0,19
15	+1	-1	-1	-1	-1	52,7	0,02
16	-1	-1	-1	-1	+1	39,4	0,01
17	+1	0	0	0	0	44,2	1,12
18	-1	0	0	0	0	34,5	0,05
19	0	+1	0	0	0	43,9	1,18
20	0	-1	0	0	0	29,5	0,03
21	0	0	+1	0	0	25,5	0,31
22	0	0	-1	0	0	54,1	0,08
23	0	0	0	+1	0	38,6	0,12
24	0	0	0	-1	0	46,1	0,16
25	0	0	0	0	+1	35,3	0,51
26	0	0	0	0	-1	39,4	0,05
27	0	0	0	0	0	38,1	0,18

nisse auf dem unteren Niveau der Belastung und des Beimengungsanteils ermittelt. Ohne eine weiterreichende Auswertung ermöglichen sie noch nicht die Festlegung allgemeiner Tendenzen und Gesetzmäßigkeiten.

Aus den Angaben der Tafel 1 ist weiter ersichtlich, daß sich bei zunehmendem Reinigungseffekt y_1 eine Tendenz zur Verminderung der Körnerverluste y_2 auf dem Obersieb einstellt, d. h., daß zwischen y_1 und y_2 eine negative Korrelation besteht. Diese Korrelation ermöglicht eine Bestimmung der optimalen Parameter des Siebwerks mit Hilfe eines dieser

beiden Kriterien. Wie erwähnt, wurde im gegebenen Fall der Reinigungseffekt y_1 als Grundparameter der Optimierung angenommen. Mit Hilfe eines Programms der mehrfachen Regressionsanalyse [5] wurde für diesen Parameter ein mathematisches Modell in Form eines Polynoms zweiter Ordnung bezüglich der Faktoren x_1 bis x_5 gesucht. Das erarbeitete Modell erwies sich jedoch als nicht adäquat. Eine Ursache dafür kann die große Variationsbreite einiger Faktoren sein. Das wird am Beispiel des Parameters y_1 (18,4% im Versuch 4, 68,2% im Versuch 14) sichtbar.

Zur Ermittlung eines adäquaten Modells wurde eine Teilung der Planungsmatrix in Untermatrizen zur Verringerung der Variationsbreite einiger Faktoren vorgenommen, die den stärksten Einfluß auf y_1 ausüben. Die Höhe dieses Einflusses wurde mit Hilfe des absoluten Betrags Δy (Differenz zwischen den Werten des Parameters y_1 , die dem unteren und dem oberen Niveau des jeweiligen Faktors bei konstanten Niveaus der übrigen Faktoren entsprechen) eingeschätzt. Eine solche Möglichkeit bieten z. B. die Versuche 17 bis 27. Dabei zeigt sich, daß die Größe Δy den größten absoluten Betrag für die Faktoren x_3 und x_2 hat; entsprechend beträgt sie $\Delta y_3 = 29\%$ (Versuche 21 und 22) und $\Delta y_2 = 14\%$ (Versuche 19 und 20). Da für die Praxis ein Modell bedeutungsvoller ist, das den betrachteten Vorgang bei der Änderung der Belastung in einem breiten Bereich beschreibt, wurde entschieden, die Teilung der Planungsmatrix in Untermatrizen nach dem Faktor x_2 (Kurbelradius) vorzunehmen. Die Teilung in Untermatrizen wurde folgendermaßen ausgeführt: Die Versuche, in denen sich der Faktor x_2 auf mittlerem und auf oberem Niveau befindet ($x_2 = 0$ und $x_2 = +1$) bilden die Untermatrix I. Die Versuche, in denen x_2 die Werte 0 und -1 annimmt, bilden die Untermatrix II. Eine Besonderheit des neuen Plans mit 18 Versuchen besteht darin, daß er die Eigenschaften des Ausgangsplans Ha_5 nicht mehr vollständig besitzt (Tafel 2). Ein Grund dafür ist der Faktor x_2 , der nur noch auf zwei Niveaustufen gesetzt wird, wobei er in den ersten 8 Versuchen (Plankern) ein konstantes Vorzeichen hat. Infolgedessen stellt der Faktor x_5 in den ersten 8 Versuchen nur ein Produkt aus den Faktoren x_1 , x_3 und x_4 dar, wogegen für den Plankern der Tafel I die Beziehung $x_5 = x_1 x_2 x_3 x_4$ gilt.

Daraus folgt, daß die Beziehungen $x_1 x_5$, $x_3 x_5$ und $x_4 x_5$ von den Beziehungen $x_3 x_4$, $x_1 x_4$ und $x_1 x_3$ linear abhängig sind. Die Beziehungen $x_1 x_3$, $x_1 x_5$ und $x_3 x_5$ wurden vernachlässigt, weil sie sich im Plan der Tafel I als unbedeutend erwiesen haben. Aus analogen Gründen wurde auch das quadratische Glied mit x_2^2 aus dem Modell ausgeklammert. Auf diese Weise vermindert sich die Gesamtzahl der Glieder für das volle quadratische Modell (einschl. des freien Gliedes) von 21 auf 17.

Mit Hilfe eines speziellen Programms für die mehrfache Regressionsanalyse wurde für die Angaben aus Tafel 2 das folgende mathematische Modell ermittelt:

$$y_1 = 41,66 + 1,785 x_2 - 11,49 x_3 - 1,46 x_4 - 5,16 x_5 - 4,90 x_1 x_2 + 4,47 x_1 x_4 + 2,79 x_2 x_3 + 2,26 x_2 x_4 - 3,13 x_2 x_5 - 5,48 x_3 x_4 + 5,90 x_4 x_5 - 0,727 x_1^2 + 2,22 x_4^2 - 2,72 x_5^2$$

In diesem Modell besitzen die Glieder, die x_1 und x_3^2 enthalten, einen geringen Einfluß. Der ermittelte F-Wert beträgt 1,0056 bei Freiheitsgraden $k_1 = 3$ und $k_2 = 36$, der Tabellentest $F_{0,05; 3; 36} = 2,88$. Auf diese Weise führte die Teilung des Ausgangsplans in Untermatrizen zu einem adäquaten Modell in einer der beiden Untermatrizen (Untermatrix I). In der zweiten Untermatrix verbesserte sich das Modell, jedoch ist es immer noch nicht adäquat.

Das oben angegebene mathematische Modell kann außer bei verschiedenen technologischen Berechnungen auch zur Bestimmung der optimalen Grundparameter des Siebwerks verwendet werden. So wurden beispielsweise bei einer Belastung des Siebwerks $x_3 = 0$ (1125 kg/dm³ h), die der effektiven Belastung der Reinigungsmaschine SMS-50 bei der Reinigung von Weizen entspricht, folgende opti-

Tafel 2. Untermatrix I

	Faktoren in natürlichen Einheiten					Faktoren in Kodeart				
	x_1 U/min	x_2 mm	x_3 kg/dm ³ h	x_4 %	x_5 °	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
mittleres Niveau	400	9,5	1 125	7	0	0	0	0	0	0
Variationsbreite	50	1,5	375	5	9	1	1	1	1	1
oberes Niveau	450	11	1 500	12	+9	+1	+1	+1	+1	+1
unteres Niveau	350	8	750	2	-9	-1	-1	-1	-1	-1

Planungsmatrix Vers.- nummer	steuerbare Faktoren in Kodeart					mittl. Reinigungs- effekt der Klein- beimengungen y_1 %	mittl. Körner- verluste im Obersiebabgang y_2 %
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5		
1	+1	+1	+1	+1	+1	25,95	17,66
2	-1	+1	+1	+1	-1	31,94	0,253
3	+1	+1	-1	+1	-1	59,11	2,07
4	-1	+1	-1	+1	+1	55,20	1,27
5	+1	+1	+1	-1	-1	42,95	2,19
6	-1	+1	+1	-1	+1	33,33	1,36
7	+1	+1	-1	-1	+1	21,00	26,77
8	-1	+1	-1	-1	-1	68,17	0,19
9	+1	-1	0	0	0	44,23	1,12
10	-1	-1	0	0	0	34,52	0,05
11	0	+1	0	0	0	43,89	1,18
12	0	-1	+1	0	0	25,50	0,31
13	0	-1	-1	0	0	54,08	0,08
14	0	-1	0	+1	0	38,60	0,12
15	0	-1	0	-1	0	46,08	0,16
16	0	-1	0	0	+1	35,34	0,51
17	0	-1	0	0	-1	39,40	0,05
18	0	-1	0	0	0	38,08	0,13

male Werte der übrigen Faktoren mit Hilfe eines Programms [6] für eine EDV-Anlage errechnet:

$$x_1^* = -1 \quad (x_1^* = 350 \text{ U/min});$$

$$x_2^* = +1 \quad (x_2^* = 11 \text{ mm});$$

$$x_4^* = -1 \quad (x_4^* = 2\%); \quad x_5^* = -1 \quad (x_5^* = -9^\circ).$$

Der Wert des Optimierungsparameters im optimalen Punkt ist $y_1^* = 65\%$, und er ist wesentlich größer als derjenige der Maschine SMS-50, der nach Literaturangaben [7] 50% beträgt und im Experiment unter normalen Arbeitsbedingungen nur 42% erreichte.

Bei einem Anteil der Kleinbeimengungen von 7% und 12% beträgt der Optimierungsparameter im optimalen Punkt 53,2% bzw. 45,8%.

Im Bild 2 sind die Kurven für konstanten Reinigungseffekt bei $x_3 = 0$, $x_4 = -1$, $x_5 = -1$ sowie für x_1 und x_2 , die sich von -1 bis $+1$ ändern, eingetragen. Diese Kurven liefern eine genaue Vorstellung von der Änderung des Optimierungsparameters, wenn die variablen Faktoren im genannten Bereich variieren. Ändern sich die Parameter x_1 und x_2 nur so weit, daß der Punkt (x_1, x_2) im schraffierten Feld

verbleibt, dann ändert sich der Reinigungseffekt nur zwischen 60% und 65%. Die Kurven für konstanten Reinigungseffekt ermöglichen eine Analyse des gemeinsamen Einflusses der Faktoren auf die Optimierungsparameter. So kann man beispielsweise feststellen, ob die kinematische Kennzahl $k = \omega^2 r/g$ in allen Punkten einer Kurve konstanten Reinigungseffekts unverändert bleibt. Aus Bild 2 läßt sich ermitteln, daß dies nicht der Fall ist. Im Punkt A beträgt $k_A = 1,76$, im Punkt B ist dagegen $k_B = 1,36$.

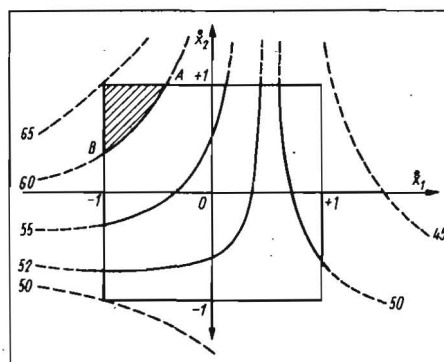
Da sich das beste Ergebnis für den Optimierungsparameter innerhalb des Variationsbereichs der Faktoren ($x_1 = -1$; $x_2 = +1$; $x_4 = -1$; $x_5 = -1$) befindet, ist abzuleiten, daß ein anderer Punkt außerhalb dieses Bereichs existiert, in dem der Optimierungsparameter noch bessere Werte erreichen wird.

Aus den Ergebnissen lassen sich folgende Schlußfolgerungen ziehen:

- Größere Werte für den Kurbelradius und kleinere Drehzahlen der Antriebswelle sind bei den hier angenommenen Variationsbreiten der Faktoren für die Arbeitsqualität des Siebwerks der Getreidereinigungsmaschinen günstiger als kleinere Werte für den Kurbelradius und größere Antriebsdrehzahlen.

- Bei einer spezifischen Belastung von 1125 kg/dm³ h und bei Änderung der übrigen steuerbaren Faktoren in den festgelegten Grenzen (Tafel 1) hat der Reinigungseffekt den Höchstwert $y^* = 65\%$ bei einer Drehzahl der Antriebswelle $x_1 = 350$ U/min, einem Kurbelradius $x_2 = 11$ mm, einem Anteil von Kleinbeimengungen $x_4 = 2\%$ und einem Neigungswinkel der Aufhänger gegenüber der Senkrechten $x_5 = -9^\circ$. Bei derselben Belastung und einem Anteil der Kleinbeimengungen von 2% wurde ein Reinigungseffekt für die Maschine SMS-50

Bild 2. Kurven konstanten Reinigungseffekts (in %) bei spezifischer Belastung $x_3 = 1125$ kg/dm³ h, Kleinkornanteil $x_4 = 2\%$ und Neigungswinkel der mittleren Lage der Aufhänger $x_5 = -9^\circ$



Fortsetzung auf Seite 266

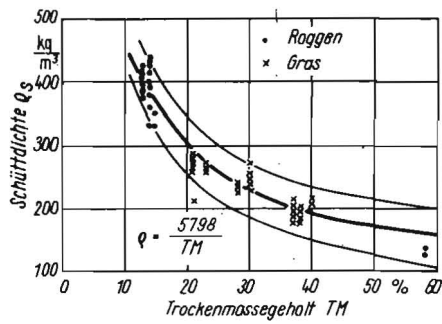


Bild 4
Abhängigkeit der Schütt-
dichte des Gutes vom
Trockenmassegehalt

Bild 5
Zusammenhang zwischen
Durchsatz und
dem Quotienten aus
Preßstranghöhe und
Trockenmassegehalt

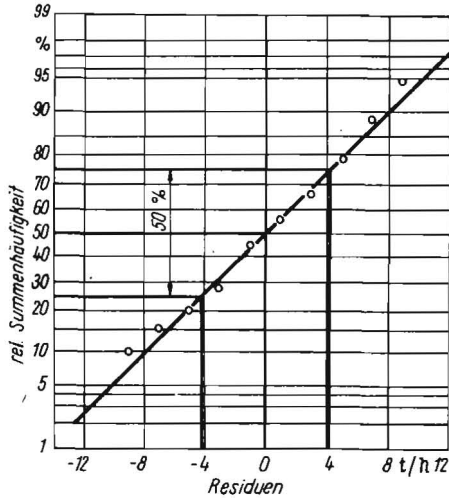
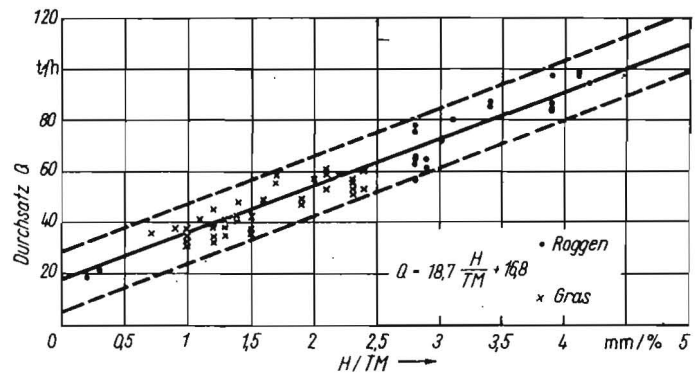


Bild 6. Verteilung der Meßwerte um die Regressionsgerade (Residuen) im normalverteilten Wahrscheinlichkeitsnetz

Durchsatzmessung zu untersuchen. Zur Messung bzw. Aufzeichnung der Gutstranghöhe h diente die im Bild 3 skizzierte Vorrichtung, die auf der Basis eines URSAACORD-Fahrtschreibers aufgebaut wurde. Die Veränderung der Gutstranghöhe h wird durch einen mit einer Rückzugfeder (1) vorgespannten und an der Preßwalze befestigten Bowdenzug (2), die Seilscheibe (3), die Welle (4), das Ritzel (5) auf die Zahnstange (6) und den Schreibstift (7) übertragen. Der Schreibstift ritzt in der Wachspapirscheibe (8), die durch eine Uhr (9) gedreht wird, einen Linienzug ein, der der Preßstranghöhe h proportional ist.

Für eine genaue Auswertung der Preßstranghöhe h wären die Fläche unter dem geschriebenen Linienzug zu bestimmen und über der Zeit

der Mittelwert zu bilden. Das verwendete Aufzeichnungssystem läßt eine solche Auswertung nicht zu, da der Aufzeichnungsmaßstab zu klein ist. Dafür läßt sich aber die mittlere Preßstranghöhe H relativ gut einschätzen und mit einem Maßstab ausmessen. Bei zukünftigen Meßverfahren muß hierfür eine Verbesserung erreicht werden.

Neben der Messung der Preßstranghöhe h waren Durchsatz, Trockenmassegehalt und Schüttdichte zu bestimmen. Die Durchsatzmessung erfolgte durch Zeitmessung mit Stoppuhr und Wiegen der Transportfahrzeugzuladung. Der Trockenmassegehalt wurde durch Trocknung und Differenzwägung mehrerer Proben je Tag ermittelt. Die Schüttdichte des Häckselgutes auf dem Transportfahrzeug ist näherungsweise aus Zuladung des Transportfahrzeugs und Ladevolumen ermittelt worden.

Die Messungen konnten nur an zwei Gutarten (Gras und Futterroggen) sowie bei Kurzhäcksel durchgeführt werden.

Im Bild 4 ist die Abhängigkeit der Schüttdichte der Häckselgüter vom Trockenmassegehalt dargestellt. Der sich ergebende Zusammenhang entspricht Gl. (3).

Im Bild 5 ist die Beziehung (4) zwischen Durchsatz Q und dem Quotienten aus mittlerer Preßstranghöhe H und dem Trockenmassegehalt TM dargestellt. Das sich ergebende absolute Glied stellt den Restspalt zwischen Preß- und Glattwalze dar. Abweichungen zwischen den beiden Gutarten erwiesen sich als nicht statistisch gesichert. Zur Abschätzung der Genauigkeit des Meßverfahrens ist im Bild 6 die Verteilung der Abweichungen der einzelnen Meßpunkte vom jeweiligen Wert der Regressionsgeraden dargestellt. Als mittlerer Fehler des Durchsatzes, bezogen auf den Mittelwert der gemessenen Durchsatzwerte, ergibt sich

$\Delta Q/Q = \pm 8\%$. Dieser Wert ist durch die Ungenauigkeit der Kalibriermessungen des Durchsatzes beeinflusst und kann durch Anwendung eines exakteren Aufzeichnungs- und Auswertgeräts weiter gesenkt werden.

Die Aufzeichnung der Gutstranghöhe mit Hilfe eines umgebauten Fahrtschreibers ist wegen der geringen Zuverlässigkeit und des hohen Auswertaufwands abzulehnen. Andere Aufzeichnungs- und Auswertvarianten sind jedoch technisch realisierbar.

Wie die Untersuchungen zeigen, kann man die Preßstranghöhe in Verbindung mit dem Trockenmassegehalt für die Bestimmung des Durchsatzes an Feldhäckseln nutzen. Zur Schaffung eines praxisreifen Meßverfahrens ist ein hinreichend genaues und zuverlässiges Gerät zu schaffen, das die Bestimmung der mittleren Preßstranghöhe über der Zeit realisiert. Mit diesem Gerät wäre nicht nur die Bestimmung des Durchsatzes, sondern in Verbindung mit der Zeitmessung auch die Bestimmung der gehäckselten Masse möglich. Damit könnten erhebliche Einsparungen erzielt werden, da das Wiegen der Transportfahrzeuge nicht mehr notwendig wäre.

Literatur

- [1] Bedienanweisung Feldhäcksel E 280. VEB Kombinat Fortschritt — Landmaschinen — Neustadt, Juli 1973.
- [2] Hamann, E.: Erfassung und Auswertung von Einflüssen auf mechanische Belastung und Zuverlässigkeit der Arbeitsorgane des Feldhäckslers. TU Dresden, Ingenieurpraktikumsarbeit 1976 (unveröffentlicht). A 1645

- 1) Vertragsforschung der TU Dresden mit dem VEB Kombinat Fortschritt — Landmaschinen — Neustadt in Sachsen

Fortsetzung von Seite 264

($x_1 = 375$ U/min; $x_2 = 7,5$ mm; $x_3 = 0^\circ$) von rd. 42% gefunden. Das zeigt, daß an der Maschine SMS-50 weitere Reserven zur Steigerung der Arbeitsqualität vorhanden sind.

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird die Anwendung der Methode der statistischen Versuchsplanung zur Optimierung der Parameter des Siebwerks von hochleistungsfähigen Getreidereinigungsmaschinen dargestellt. Grundziel der Arbeit ist die Klärung des Einflusses und die Bestimmung der optimalen Werte derjenigen konstruktiven, kinematischen und technologischen Parameter (Faktoren) des Siebwerks, die am einfachsten bei der Vervollkommnung vorhandener Ma-

schinen ohne grundsätzliche konstruktive Änderungen realisiert werden können.

Im angeführten Beispiel werden die Möglichkeiten zur Steigerung des Reinigungseffekts der Getreidereinigungsmaschine SMS-50 von 42% auf 65% durch eine entsprechende Änderung des Kurbelradius und der Drehzahl der Antriebswelle sowie des Neigungswinkels der Aufhänger des Siebwerks dargelegt.

Literatur

- [1] Adler, Ju. P.; Markova, E. V.; Granovskij, Ju. V.: Zur Versuchsplanung bei der Suche nach optimalen Bedingungen. Sofia: Nauka 1971.
- [2] Boshanov, E.; Vučkov, J.: Statistische Methoden zur Modellierung und Optimierung polyfaktorierter Objekte. Sofia: Technika 1973.
- [3] Golikova, T. J.; Pančenko, L. A.: Die Systemati-

sierung von Plänen für die Bewertung polynomialer Modelle zweiter Ordnung. In: Planung optimaler Versuche, Ausg. 48 (1975).

- [4] Minkov, D.: Algorithmus und Programm für die Bestimmung globaler Extremwerte bei quadratischen Funktionen. Naučny trudove na WIM-MESS Russe, Bd. XVII (im Druck).
- [5] Mitkov, A. L. u. a.: Programme für die Versuchsdatenbearbeitung mit Hilfe von ZEIM. Tagungsberichte der 1. Nationalen Konferenz über Organisation und Automatisierung in der experimentellen Forschung, 1974.
- [6] Nalimov, V. V.; Černova, N. A.: Statistische Methoden der Planung von Extremwertversuchen. Sofia: Nauka 1965.
- [7] Stanev, S.; Orloev, N.: Untersuchungen zur technologischen Wirkung hochproduktiver Getreidereinigungsmaschinen. Sel'skостopanska Technika (1973) H. 1.

A 1473