

Bild 5. Veränderung des spezifischen Energieverbrauches $\frac{N}{Q}$, der Körnerabscheidung η_g und des Ausdruschgrades ϵ in Abhängigkeit von der Belastung bei einem Korn-Stroh-Verhältnis von $\delta = 1,5$;
 — Trommeldurchmesser 800 mm; $v = 27$ m/s
 - - - Trommeldurchmesser 600 mm; $v = 30$ m/s
 - · - · Trommeldurchmesser 400 mm; $v = 32$ m/s

zifische Energieverbrauch N/Q wichtig. Der Einfluß der Trommelbelastung auf den spezifischen Energieverbrauch, auf die Körnerabscheidung und den Ausdruschgrad ist bei den als optimal angenommenen Geschwindigkeiten im Bild 5 dargestellt.

Wie bei geringerer Belastung (etwa bis 2,66 kg/s) zu erwarten wäre, hat man aufgrund des geringeren Energiebedarfes im Leerlauf bei einer Trommel mit einem Durchmesser von 400 mm einen geringeren spezifischen Energieverbrauch. Bei größeren Belastungen (über 5 kg/s) wird bereits der Vorteil

einer Trommel mit großem Durchmesser deutlich. Während diese Trommel bei 7,5 kg/s⁴ stabil lief, arbeitete die Trommel mit einem Durchmesser von 400 mm bei 5,5 kg/s und darüber nicht mehr stabil und verstopfte oft. Es ist charakteristisch, daß der spezifische Energieverbrauch bei einer Trommel mit einem großen Durchmesser nicht nur niedriger ist als bei den anderen, sondern auch ungefähr konstant bleibt bei einem großen Schwankungsbereich der Belastung. Die von uns durchgeführten Untersuchungen über den Einfluß des Trommeldurchmessers auf einige technologische und energetische Kennziffern der Trommeln berechtigen zu dem Schluß, daß bei der Konstruktion von Mähreschern mit höherer Leistungsfähigkeit unbedingt Dreschtrommeln mit einem Durchmesser von etwa 800 mm zu verwenden sind, nachdem der Prozeß in den konkreten Konstruktionen vollständig und allseitig untersucht und das Dreschwerk mit den Trennorganen abgestimmt worden ist.

Literatur

- /1/ Klepin, N. I., u. a.: K voprosu o molotil'nom ustrojstve s bil'nym barabanom bo'sogo diametra (Zum Problem eines Schlagleistendreschwerkes mit großem Durchmesser). Traktory i sel'chozmasiny (1970) H. 11
- /2/ Pustygin, M. A.: K voprosu o celesoobraznosti primenenija molotil'nych ustrojstv s bil'nym barabanom bol'sogo diametra (Zur Zweckmäßigkeit von Schlagleistendreschwerken mit großem Durchmesser). Traktory i sel'chozmasiny (1970) H. 12
- /3/ Rusanov, A. I.: Zavisimost' raboty molotil'no-separirujuščego ustrojstva ot diametra barabana i dliny podbaraban'ja (Abhängigkeit der Arbeit der Dresch- und Trenneinrichtungen vom Dreschmeldurchmesser und der Korblänge). In Mechanizacija i elektrifikacija soc. sel'skogo chozjajstva, 1971, 8
- /4/ Arnold, R. E.: Die Bedeutung einiger Einflußgrößen auf die Arbeit der Schlagleistentrommel. Grundlagen der Landtechnik (1964) H. 21
- /5/ Bauder, W.: Schlagleistenzahl und Trommeldurchmesser Grundlagen der Landtechnik (1964) H. 21

A 8618

⁴ Die Versuche wurden nur bei einem Dreschspalt von 20/7 mm durchgeführt.

Zur Optimierung der Schnitthöhe bei Getreide¹

1. Einfluß der Schnitthöhe auf die Arbeit des Mähreschers

Die Leistungsfähigkeit des Mähreschers hängt in entscheidendem Maße vom Korn-Stroh-Verhältnis des aufgenommenen Getreides ab.

Mit steigendem Strohanteil erhöhen sich die Belastungen der einzelnen Baugruppen und die Kornverluste, während sinkender Strohanteil Reduzierung der Kornverluste bedeutet. Wird beispielsweise das Korn-Stroh-Verhältnis bei gleichbleibendem Gesamtdurchsatz zugunsten des Kornes verschoben, verringern sich die Schüttlerverluste (Bild 1) /1/ /2/ /3/ /4/. Das ermöglicht eine zusätzliche Durchsatzhöhung bei Vergrößerung der Stoppellänge und indirekt eine Steigerung der Flächenleistung des Mähreschers bei gleichen Bestandsverhältnissen.

Größere Schnitthöhen bewirken weitere, günstige Einflüsse auf die Arbeit des Mähreschers, wie z. B. Verringerung des Grüngutbesatzes und Rückgang der Feuchtigkeit des zu verarbeitenden Ernteguts.

Gleichzeitig führt jedoch eine größere Schnitthöhe zum Ansteigen der Schneidwerkskörnerverluste. Darunter sollen diejenigen Kornverluste verstanden werden, die durch unterhalb oder in der Schnittebene liegende, nicht oder nur teilweise abgetrennte Ähren entstehen.

^{*} Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik der TU Dresden (Direktor: Prof. Dr. agr. habil. R. Thurm)

¹ Vortrag auf der Wissenschaftlich-technischen Tagung „Getreideernte und -lagerung“ vom 9. bis 11. März 1972 in Dresden

Hochschulung. W. Große*

DK 631.55.03

2. Optimierungskriterien

Für die Optimierung des Abstandes der Schnittebene von der Bodenoberfläche ist die Abhängigkeit folgender Einflußgrößen von der Schnitthöhe wesentlich:

- Flächenleistung
- Schneidwerkskörnerverluste
- Dresch- und Trennverluste

Den Hauptbestandteil der Dresch- und Trennverluste bilden die Schüttlerverluste. Die Kenntnis des Zusammenhangs Korn-Stroh-Verhältnis — Schnitthöhe ist notwendig, um die Beziehung zwischen Flächenleistung und Schnitthöhe bzw. Dresch- und Trennverlusten und Schnitthöhe darstellen zu können.

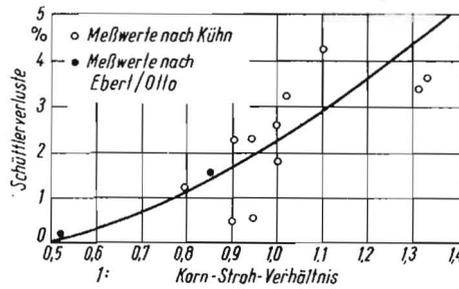
Auf die Ermittlung und Darstellung der Zusammenhänge Korn-Stroh-Verhältnis — Schnitthöhe und Schneidwerkskörnerverluste — Schnitthöhe soll im folgenden näher eingegangen werden.

3. Zusammenhang Schneidwerkskörnerverluste — Schnitthöhe

Theoretische Ermittlungen des Zusammenhangs Schneidwerkskörnerverluste — Schnitthöhe erfordern die Erfassung charakteristischer Merkmale der Getreidebestände.

In zweijährigen Untersuchungen an Getreideparzellen wurden diese Kenngrößen zum Zeitpunkt der Mährescherernte bestimmt. Als Meßgröße wurde der senkrechte Abstand

Bild 1
 Schüttelverluste in Abhängigkeit vom Korn-Stroh-Verhältnis bei konstantem Durchsatz $Q = 5 \text{ kg/s}$ Winterweizen; Regressionsfunktion: $y = -0,360 - 0,930x + 3,519x^2$; $B_{yx} = 0,673$



Ährenansatzpunkt bzw. Ährenspitze — Bodenoberfläche erfaßt.

Die Zuordnung Schneidwerkskörnerverluste — Schnitthöhe erfolgte aufgrund dieser Meßgrößen mit Hilfe der mathematischen Statistik.

Voraussetzung ist, daß eine bestimmte Anzahl von Halmen in den Parzellen rein zufällig als Stichproben ausgewählt werden. Die gekennzeichneten Stichproben liefern die Erwartung für den Mittelwert des Ährenansatzpunktes der Grundgesamtheit. Aus der Anzahl der Einzelmessungen läßt sich gleichfalls der Erwartungswert der Streuung für die untersuchte Grundgesamtheit errechnen.

Zunächst muß die vorliegende Stichprobenauswahl bezüglich der Höhe des Ährenansatzpunktes nach der Form ihrer Verteilung untersucht werden. Es wurde eine Normalverteilung des Ährenansatzpunktes bei Winterweizen festgestellt. Dieses Ergebnis wird von Georgiev /2/ bestätigt.

Die Fläche unter der Gaußschen Glockenkurve stellt die Summe aller Elemente einer normalverteilten Grundgesamtheit dar /5/. Dabei kann in einem Abstand t vom Mittelwert μ der Grundgesamtheit aus ein- oder zweiseitig eine Grenze gezogen werden, innerhalb der eine bestimmte Anzahl der Elemente der Grundgesamtheit liegen.

Sollen innerhalb eines statistischen Toleranzbereiches 100γ Prozent der untersuchten Grundgesamtheit mit der Wahrscheinlichkeit β liegen, so ermittelt man die Grenzen dieses Bereiches aus dem Zusammenhang

$$x_\gamma = m \pm k \cdot d / 6 / \quad (1)$$

Darin bedeuten

x_γ Grenzen des Toleranzbereiches

m Erwartungs- oder Schätzwert des Mittelwertes μ der Grundgesamtheit

d Streuung der Grundgesamtheit bzw. ihr Schätzwert

k Toleranzkoeffizient

Da im speziellen Fall nur diejenigen Ähren Kornverluste verursachen können, die vom Mittelwert des Ährenansatzes aus nach unten abweichen, ist die Toleranzgrenze nur einseitig zu ziehen.

Damit ergibt sich aus (1)

$$x_\gamma = m - k \cdot d \quad (2)$$

Entsprechendes Tabellenmaterial zu diesem Problem wurde von Liebermann /7/ veröffentlicht.

Durch Variation von γ , und damit von k , erhält man den Zusammenhang zwischen der einseitigen Toleranzgrenze, die der Schnitthöhe entspricht, und der außerhalb dieser Grenze verbleibenden Restfläche, im speziellen Fall den Schneidwerkskörnerverlusten. Da über Mittelwert und Standardabweichung der Grundgesamtheit lediglich die Erwartungswerte bekannt sind, wird für das Zutreffen der Aussage die Wahrscheinlichkeit β angegeben.

Im Bild 2 sind die Ergebnisse zweijähriger Messungen an der sowjetischen Winterweizensorte Kawkaz dargestellt. Diese Winterweizensorte hat in Saatzuchtbetrieben der

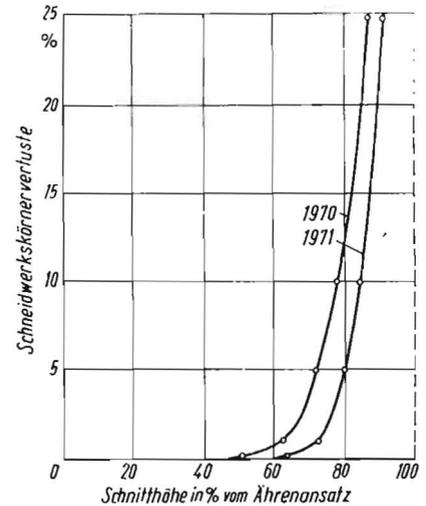


Bild 2. Abhängigkeit zwischen Schnitthöhe und Schneidwerkskörnerverlusten bei Winterweizen Kawkaz (1970/71);

$$x_\gamma = m - k \cdot d$$

1970

$m = 67,4 \text{ cm}$

$d = 7,4 \text{ cm}$

$\beta = 0,99$

$$y = -56,199 + 2,223x - 0,011x^2 - 0,445 \cdot 10^{-3}x^3 + 0,470 \cdot 10^{-5}x^4$$

$B_{yx} = 0,999$

$$u' = -286,715 + 8,892x - 0,023x^2$$

$$-0,146 \cdot 10^{-2}x^3 + 0,116 \cdot 10^{-4}x^4$$

$B_{yx} = 0,999$

1971

$m' = 73,8 \text{ cm}$

$d' = 6,6 \text{ cm}$

$\beta = 0,99$

Sowjetunion bewiesen, daß sie über ein Kornertragungspotential von 70 bis 80 dt/ha verfügt. Kawkaz hat eine gute Standfestigkeit und reagiert positiv auf starke Stickstoffdüngung bzw. zusätzliche Bewässerung /8/. Die Abweichung der beiden Verlustkurven voneinander ist auf unterschiedliche Mittelwerte des Ährenansatzpunktes und dessen Streuung zurückzuführen.

Um trotz verschiedener Mittelwerte der beiden Untersuchungsjahre einen Vergleich zu ermöglichen, wurde die Schnitthöhe relativ zum Mittelwert des Ährenansatzpunktes angegeben. Es wird vorausgesetzt, daß die Höhe der Ährenspitzen über der Bodenoberfläche im Bestand gemessen größer oder gleich der Höhe des Ährenansatzpunktes ist. Messungen am Winterweizen Kawkaz bestätigten diese Annahme.

Bei Getreidesorten mit hängenden Ährenspitzen muß der Abstand Bodenoberfläche — Ährenspitze als Bezugswert für die Ermittlung der Schneidwerkskörnerverluste benutzt werden.

4. Abhängigkeit Schnitthöhe — Korn-Stroh-Verhältnis

Die zielgerichtete Beeinflussung des Strohanteils am geernteten Gut erfordert Kenntnis über den Zusammenhang Schnitthöhe — Korn-Stroh-Verhältnis. Ausgangspunkt dafür ist die Ermittlung der spezifischen Strohmasseverteilung über der Halmlänge.

Es bietet sich an, den Getreidehalm in gleichlange Abschnitte einzuteilen und die spezifische Strohmasse jeweils für diese Halmstücke zu bestimmen. Es wird jedoch beispielsweise für mechanisch-dynamische Untersuchungen an Halmmaterial notwendig sein, den Verlauf der spezifischen Strohmasse in den Internodien zu kennen. Deshalb wurde diese Methode angewendet.

Zunächst muß mit Hilfe der vorhandenen Stichprobenauswahl der Grundgesamtheit Nodienverteilung und Halmlänge des Halmes bestimmt werden, der dem mittleren Halm der

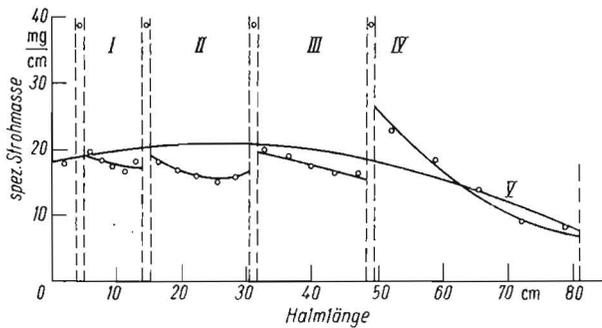


Bild 3. Spezifische Strohmasseverteilung bei Winterweizen Kawkaz;

Regressionsfunktionen	B_{yx}
I: $y = 16,169 - 0,182x + 0,311 \cdot 10^{-2}x^2$	0,636
II: $y = 34,361 - 1,427x + 0,027x^2$	0,931
III: $y = 19,467 + 0,128x - 0,454 \cdot 10^{-2}x^2$	0,942
IV: $y = 112,291 - 2,449x + 0,014x^2$	0,989
V: $y = 18,030 + 0,203x - 0,420 \cdot 10^{-2}x^2$	0,332

Grundgesamtheit nahe kommt. Die spezifische Strohmasseverteilung gleicher Internodien wird auf das jeweilige Internodium des mittleren Halmes übertragen.

Die Laborergebnisse zur spezifischen Strohmasseverteilung an abgelagerten Getreidehalmen müssen auf die Feuchtigkeitswerte zum Zeitpunkt der Ernte übertragen werden. Als Bezugsgröße wurde ein mittlerer Feuchtigkeitsgehalt von 20 Prozent zum Zeitpunkt der Mähdruschernte angenommen [9].

Im Bild 3 sind die Untersuchungsergebnisse vom Winterweizen Kawkaz dargestellt. Der Verlauf der spezifischen Strohmasseverteilung wurde in den Internodien und als geschlossene Funktion über die gesamte Halmlänge ermittelt.

In den einzelnen Internodien zeigt der spezifische Strohmasseverlauf eine ähnliche Tendenz. Die spezifische Strohmasse sinkt innerhalb eines Internodiums mehr oder weniger stark ab. Der Anfangswert des nachfolgenden Internodiums liegt stets höher als der Endwert des vorherigen Halmabschnittes. Für die spezifische Nodienmasse wurde ein Mittelwert insgesamt gebildet. Aus der Abweichung vom Mittelwert war im Gegensatz zur spezifischen Strohmasse keine Tendenz zu erkennen. Nodien haben etwa die doppelte spezifische Strohmasse wie Internodien.

Unter Korn-Stroh-Verhältnis soll im folgenden das Verhältnis Kornmasse zur Masse von Halm und Ährenorganen verstanden werden.

Die Bestimmung des Kornertrages erfolgte über ährentragende Halme je m^2 , Kornzahl je Ähre und Kornmasse. Das Ergebnis wurde mit dem geernteten Kornertrag der Parzelle verglichen und nötigenfalls korrigiert, um Abweichungen vom Realertrag und damit Verfälschungen der Ergebnisse auszuschalten.

Entgegen Angaben in der Literatur [2] [9] wurde neben dem Stroh auch die Masse der Ährenorgane in das Korn-Stroh-Verhältnis einbezogen. Der Anteil der Ährenorgane an der Gesamtstrohmasse beträgt bei Kawkaz 25 Prozent. Da bei Untersuchung der Schnitthöhe der unterschiedliche Einfluß des Korn-Stroh-Verhältnisses auf die Baugruppen des Mähdruschers interessiert und die Ährenorgane speziell die Reinigung bedeutend beeinflussen, müssen sie berücksichtigt werden.

Zur Ermittlung des Korn-Stroh-Verhältnisses in Abhängigkeit von der Schnitthöhe auf rechnerischem Weg wurde der geschlossene Funktionsverlauf der spezifischen Strohmasseverteilung über die Halmlänge benutzt. Durch Integration erhält man die absolute Strohmasse über der Schnitthöhe, die abgewandelt dem Bild Schnitthöhe—Korn-Stroh-Verhältnis entspricht.

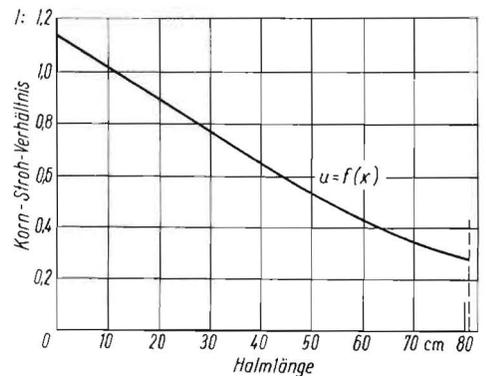


Bild 4. Korn-Stroh-Verhältnis in Abhängigkeit von der Schnitthöhe bei Winterweizen Kawkaz; Regressionsfunktion der spezifischen Strohmasseverteilung:

$$y = 18,030 + 0,203x - 0,420 \cdot 10^{-2}x^2$$

$$u = \frac{\int y dx + C}{m_K \bar{\lambda}}$$

$$u = 1,13 - 11,082 \cdot 10^{-3}x - 0,063 \cdot 10^{-3}x^2 + 0,086 \cdot 10^{-5}x^3$$

$m_K \bar{\lambda}$ Kornmasse je Ähre

Für Winterweizen Kawkaz ergibt sich der im Bild 4 gezeigte Zusammenhang. Feldversuche werden zeigen, wieweit die theoretischen Zusammenhänge durch die Praxis bestätigt werden.

5. Zusammenfassung

Die Kenntnis des Einflusses der Schnitthöhe auf die Arbeitsqualität des Mähdruschers ist entscheidend, um diese Erntemaschine effektiv einsetzen zu können.

Es werden die grundlegenden Optimierungskriterien genannt. Das Auffinden des Zusammenhangs Schnitthöhe—Schneidwerkskörnerverluste erfolgt über die statistische Auswertung von Parzellenuntersuchungen. Die dazu notwendigen Überlegungen werden kurz erläutert.

Zur Ermittlung der Abhängigkeit Schnitthöhe—Korn-Stroh-Verhältnis wird vom Verlauf der spezifischen Strohmasse entlang des Halmes ausgegangen. Durch Integration und Einbeziehung der Masse von Körnern und Ährenorganen ergibt sich der gesuchte Zusammenhang.

Die theoretischen Überlegungen werden am Beispiel der sowjetischen Winterweizensorte Kawkaz aufgezeigt. Das im Getreidebestand vorliegende Korn-Stroh-Verhältnis von Kawkaz betrug 1971 unter Versuchsbedingungen 1:1,13, der Kornertrag im Mittel von 2 Jahren 61 dt/ha. Der mittlere Ährenansatzpunkt lag 1970 bei 67 cm und 1971 bei 74 cm.

Literatur

- [1] Ebert, D. / R. Otto: Erste Erfahrungen und Ausblick auf die Probleme beim Anbau von Kurzstrohformen bei Getreide. *agroforum* 4 (1970) H. 5/6, S. 145 bis 149
- [2] Georgiev, I., u. a.: Möglichkeiten zur Steigerung der Leistungsfähigkeit der Getreidemähdruschere durch Verringerung des Strohanteils der Getreidemasse. Broschüre vom Internationalen Symposium über Probleme der komplexen Mechanisierung der Ernte von Getreidekulturen vom 2. bis 7. Sept. 1969 in Russe, Bulgarien, S. 59 bis 72
- [3] Koswig, M.: Ährenmähdrusch — ein neues Verfahren zur Rationalisierung der Getreideernte. *Deutsche Agrartechnik* 13 (1963) H. 6, S. 258 bis 260
- [4] Heimbürge, H.: Ährenruschverfahren — eine neue Erntemethode. *Deutsche Agrartechnik* 12 (1962) H. 7, S. 304 bis 306
- [5] Mudra, A.: Statistische Methoden für landwirtschaftliche Versuche. Berlin und Hamburg 1958, S. 37 ff.
- [6] Jilek, M. / O. Likar: Statistische Toleranzbereiche. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden* 11 (1962) H. 6, S. 1253 bis 1256
- [7] Liebermann, G. J.: Tables for one-sided statistical tolerance-limits. *Industrial Quality Control* 14 (1958) H. 10, S. 7 bis 9
- [8] Lukjanenko, P.: Auch 1970 Höchsterträge von „Aurora“ und „Kawkaz“. *agroforum* 5 (1971) H. 1, S. 19 bis 20
- [9] Ebert, D.: Rund um das Stroh. *agroforum* 4 (1970) H. 12, Seite 363 bis 366

A 8646