

Feldaufgangs und ist demzufolge besser zum Vergleich geeignet. Sie bezeichnet den Prozentsatz von allen aufgelaufenen Pflanzen, die im ersten und vielfachen Kornablageabstand innerhalb eines Bereichs $\pm 2,5$ cm von der Sollablagestelle stehen. Dabei sind deutliche Unterschiede zwischen den Varianten A697 B02, Unicorn 2 sowie Exakta S nachweisbar.

Die Exakta S hat bei der niedrigen Fahrgeschwindigkeit gegenüber den beiden weiteren Mechanismen eine um rd. 10% und bei 8 km/h eine um rd. 18% verringerte Standgenauigkeit. Zwischen den Varianten A697 B02 und Unicorn 2 sind keine Unterschiede nachweisbar. Bei allen Maschinen ist die Tendenz zu erkennen, daß eine höhere Fahrgeschwindigkeit eine Verschlechterung der Standgenauigkeit nach sich zieht.

Die Darstellung der Feinklassierung der Kornabstände im Bild 3 verdeutlicht nochmals den Einfluß einer hohen Kornabgabegeschwindigkeit auf die Standgenauigkeit der Pflanzen. In den Histogrammen zur Standgenauigkeit sind die Ergebnisse aus dem Jahr 1987 dargestellt.

Im Labor haben alle drei Maschinen eine gute Ablagegenauigkeit. Diese wird nicht durch die Verrollung der Pillen beeinflusst, da durch das verwendete Leimband eine so-

fortige Fixierung der abgegebenen Pillen erfolgt.

Die gleichmäßigste Kornabgabe erzielt die Exakta S, wobei 94% bzw. 85% der Körner im Bereich von KAA $\pm 1,5$ cm fixiert wurden.

Die Auftreffpunkte der Körner bei der A697 B02 streuen demgegenüber stärker. Trotz der exakteren Kornabgabe verschlechtert sich die Standgenauigkeit der Pflanzen bei der Exakta S am meisten. Dies wird durch die geringe Abgabegeschwindigkeit der Pillen und die daraus resultierende flache und zur Verrollung neigende Flugbahn hervorgerufen.

Unter der Voraussetzung einer gleichen Laborablagegenauigkeit bei allen drei Mechanismen würde der Unterschied zwischen der Standgenauigkeit der Pflanzen bei hoher Abgabegeschwindigkeit gegenüber niedriger Abgabegeschwindigkeit noch gravierender ausfallen. Um eine hohe Standgenauigkeit zu erzielen, ist neben der optimalen Umfangsgeschwindigkeit eine exakte Kornabgabe und Rillenausformung durch das Schar erforderlich.

Die Untersuchungen belegen, daß durch Erhöhung der Abgabegeschwindigkeit der Körner in die Größenordnung der Arbeitsgeschwindigkeit eine Verbesserung der Stand-

genauigkeit der Pflanzen erreicht wird. Dieser Effekt verstärkt sich mit zunehmender Arbeitsgeschwindigkeit. Bei allen drei untersuchten Mechanismen vermindert sich die Standgenauigkeit beim Übergang der Arbeitsgeschwindigkeit von 5 auf 8 km/h. Geringe Abweichungen vom Verhältnis $v_a/v_0 = 1$, wie bei der Unicorn 2 zur einfachen Veränderung des Kornabstands angewendet, haben keine Auswirkungen.

Literatur

- [1] Fritsch, K.: Probleme der Standraumzumessung bei der industriemäßigen Zuckerrübenproduktion. Wissenschaftliche Zeitschrift der Martin-Luther-Universität Halle XXIV (1975) 1, S. 103.
- [2] Bufton, L. P.: The Influence of Seed Drill Design on the Spatial Arrangement of Seedlings and on Seedlings Emergence (Der Einfluß der Sämaschinenkonstruktion auf die räumliche Anordnung und das Aufgehen der Sämlinge). National Institute of Agricultural Engineering (NIAE) Silsoe (Großbritannien), Bericht-Nr. 27.
- [3] Irla, E.: Vergleichsprüfung Einzelkornsämaschine und Granulatstreuer. Agrartechnik international, Würzburg 63 (1984) 2, S. 18; 21–25.
- [4] Einzelkornsämaschine Kleine-Unicorn 2 für Rübenaussaat. Prüfbericht Nr. 3526, Gruppe 5a/99. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e. V. (DLG), Frankfurt (Main). A5148

Zur Wirkpaarung Schar – Boden bei Einzelkornsämaschinen

Dipl.-Ing. Sibylle Kretschmar, KDT, Martin-Luther-Universität Halle – Wittenberg, Sektion Pflanzenproduktion

1. Einleitung und Problemstellung

Auf die Bestandsbildung nehmen folgende Faktoren im einzelnen und in gegenseitiger Verflechtung Einfluß:

- Feldaufgang
- Verunkrautung und deren mechanische und chemische Bekämpfung
- Schädlinge und deren Bekämpfung
- Krankheiten und deren Bekämpfung
- Witterungseinflüsse
- Bodenzustand.

Bei der Einzelkornsäat von Zuckerrüben war der Feldaufgang in den Jahren 1975 bis 1983 wesentlich zu niedrig, um einen optimalen Pflanzenbestand von 80000 bis 100000 Pflanzen/ha erreichen zu können. In den Jahren von 1984 bis 1986 wurde eine Erhöhung der Feldaufgangswerte erreicht, die mit Werten von 64 bis 67% die notwendige Pflanzenanzahl gewährleisten konnte. Damit konnte aber nicht die optimale Verteilung bzw. die Standraumzumessung gesichert werden, so daß das nächste Ziel ein Feldaufgang von 70% bei einer Ablage auf Endabstand von 20 cm sein mußte. Nach [1] liegen mit dieser Kombination optimale Zustände vor.

Zur Erhöhung des Feldaufgangs tragen die Verbesserung der Saatbettbereitung, die Erhöhung der Keimfähigkeit des Saatgutes und die Art und Weise der Einbettung des Saatgutes in den Boden durch die Arbeitselemente der Einbettungsbaugruppe von Einzelkornsämaschinen bei. Die Untersuchungen zur Wirkung und zur Gestaltung geeigneter Arbeitselemente ist daher in den Komplex der Maßnahmen zur Erhöhung des Feldaufgangs einzuordnen.

2. Theoretische Betrachtungen

Das Verfahren der Einzelkornsäat wird durch folgende Operationen charakterisiert:

- Trennen des Samenkornes vom Saatgutvorrat (Vereinzeln)
- Fördern des Samenkornes
- Verteilen.

Die Vorgänge der Einbettung sind dem Verteilen zuzuordnen. Damit beginnt das Einbetten an dem Punkt, an dem das Förderorgan das Korn freigibt.

Die Arbeitselemente der Einbettungsbaugruppe müssen nachgeordneten Forderungen genügen:

- Ablage des Samenkornes verrollungsfrei auf verfestigtem Untergrund mit Anschluß an das Kapillarwasser
- Bedeckung mit lockerem Boden
- keine Störung der durch die Vereinzeln vorgegebenen Körnerfolge.

Die Vorgänge, die zur Einbettung erforderlich sind und die durch die verschiedensten Arbeitselemente verwirklicht werden müssen, sind:

- Klutenräumen bzw. -zerkleinern
- Vorverdichten der Krume
- Saatrillenausformung
- Andrücken des Kornes
- Bedecken mit lockerem Boden.

Eine Variation der Vorgänge, angepaßt z. B. an die vorliegenden Bodenverhältnisse, ist durchaus möglich, aber immer muß die Baugruppe ihre Funktion erfüllen. Unter diesem Aspekt betrachtet, zeigt sich, daß dazu nicht auf die Saatrillenausformung verzichtet werden kann. Sie stellt die Primärfunktion dar. Das zuzuordnende Arbeitselement ist das

Schar unter der Bedingung der Saatrillenausformung durch eine translatorische Bewegung eines Werkzeugs (Schar im Boden). Bei der Neu- und Weiterentwicklung von Scharvarianten dominierte bisher eine Verknüpfung der empirischen Entwicklungsmethode mit der Methode der systematischen Untersuchung. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sagen nichts über das Wirken des Schares im Boden und den Kraftangriff am Schar aus. Die Kenntnis dieser Zusammenhänge ist jedoch wichtig, um zu einer ausgeprägten konstruktiven Gestaltung von Scharen für die Einzelkornsäat zu gelangen. Daraus leitet sich die Aufgabenstellung ab, Schare, gekennzeichnet durch geometrische Grundgrößen, experimentell zu untersuchen, um die Zusammenhänge zwischen den Konstruktions-, Betriebs- und Stoffparametern zu klären.

3. Untersuchungsgegenstand und -methode

Die wechselseitige Beeinflussung von Werkzeug und Stoff der Wirkpaarung Schar – Boden ist vergleichbar mit der von im Boden arbeitenden Werkzeugen, wie Eggen oder Grubberzinken. Bild 1 zeigt die Darstellung dieser Zusammenhänge. Aus der Gesamtheit der Beziehungen wurde auf die Untersuchung der Beanspruchung des Werkzeugs durch Kräfte und Momente sowie die Bewertung des Endzustands des Bodens, also der Saatrille mit Bodenaufwurf zu beiden Seiten, orientiert. Für die Durchführung der Experimente wurde die Kombination der Untersuchung eines Modellarbeitselements in ei-

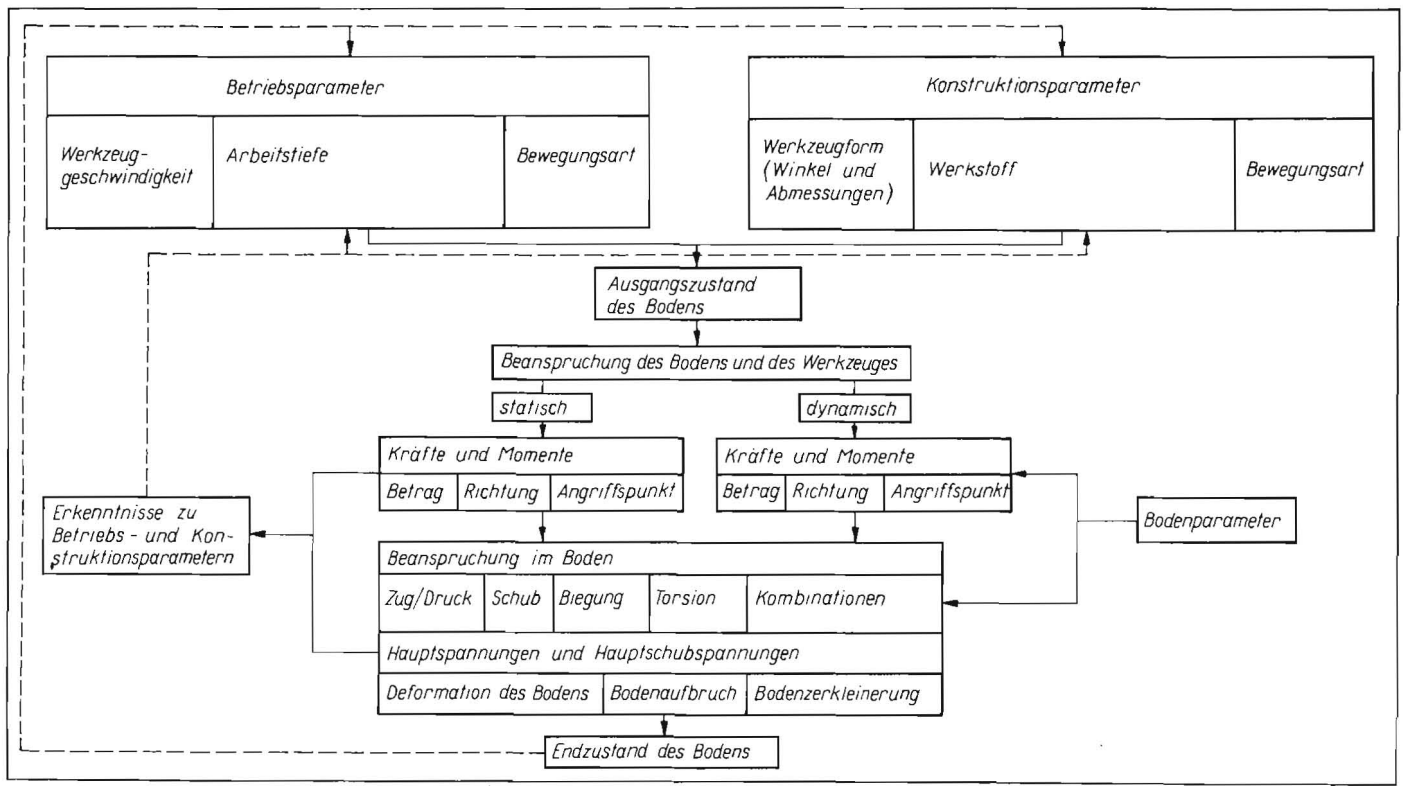
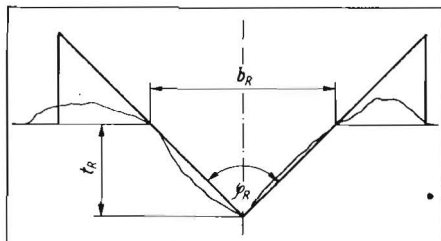


Bild 1. Charakterisierung der Wirkpaarung Schar–Boden während der Saatrillenausformung in Analogie zur Bodenbearbeitung

nem Originalstoff mit Modellform und -abmessung nach [2] gewählt. Zur Bestimmung der Werkzeugform wurden in Analogie zu bodenschneidenden Werkzeugen der Schneidewinkel und der Schneidenstellwinkel als geometrische Größen herangezogen. Eine weitere Dimension ergab sich aus der Betrachtung der Vorgänge bei der Formung der Rille. Die Saatrille kann im Extremfall durch Eindrücken, d. h. Verdrängen des Bodens, oder durch Ausheben bzw. Auswerfen der Bodenteilchen entstehen. Vorstellbar ist ebenso die Kombination beider Möglichkeiten. Wie groß die Anteile des einen oder des anderen Prinzips aus dieser Kombination sind und welche Auswirkungen dies auf die Kräfte und die Saatrillenform haben sollte, galt es im Experiment zu beurteilen. Die nach Durchgang des Werkzeugs „Schar“ vorliegende Rille stellt den Maßstab dar. Sie ist durch die Tiefe und den Rillenöffnungswinkel gekennzeichnet (Bild 2). Damit ergeben sich die geometrischen Kenngrößen für die Modellschar (Bild 3). Die Varianten der Winkel und die damit verbundenen Parameter ergeben neun Formen für das Modellschar (nachfolgend Schargrundkörper genannt). Die Untersuchung der Schargrundkörper erfolgte unter Laborbedingungen in

Bild 2. Geometrie der Saatrille;
 b_R Saatrillenbreite, t_R Saatrillentiefe,
 φ_R Saatrillenöffnungswinkel



Tafel 1. Variation der Einflußparameter

Schneidenwinkel	25, 35, 45°
Schneidenstellwinkel	30, 45, 60°
Masse	wird durch Nullabgleich über gesamte Meßkette kompensiert
Fahrgeschwindigkeit	0,5; 1,5; 2,5 m/s
eingestellte Tiefe	2, 3, 4 cm
Bodenart	Lö 2
Trockenrohdichte	1,3 g/cm ³
Bodenfeuchte	in den Grenzen von 15 bis 17% (Massenanteil)

einem Bodenkanal. Bild 4 gibt Aufschluß über die Parameter, die beim Experiment Berücksichtigung fanden, und Tafel 1 zeigt deren Variation. Der Bodenkanal war mit Boden der Standorteinheit Lö 2 (pH -Wert 6,9, Anteil organischer Substanz 2,64%, Korngrößenzusammensetzung lehmiger Schluff) gefüllt. Die Schar wurden an einem Gerätewagen befestigt und mit einem Seilzug durch den Boden gezogen. Aufgrund der symmetrischen Gestaltung der Schargrundkörper konnte der Kraftangriff aus dem Raum in die Ebene, in diesem Fall die Symmetrieebene, gelegt werden (Bild 5). Die Meßgrößen waren somit die horizontale Kraftkomponente F_x und die vertikale Kraftkomponente F_y des Bodenwiderstands. Ihre Erfassung erfolgte mit einem Oktagonringgeber, von dem ein zusätzliches Signal für das Moment um die z-Achse abgenommen wurde. Bild 6 stellt die Struktur des Meßsystems für die Kräfte messung dar. Für die Messung an der Saatrille einschließlich des Bodenaufwurfs wurde ein spezielles Meßgerät entwickelt. Ein induktiver Wegaufnehmer mit verlängertem Taststift wird quer zur Fahrtrichtung über das Profil bewegt und nimmt alle 5 mm den Höhen- bzw. Tiefenwert auf (Bild 7).

4. Auswertung der experimentellen Untersuchungen

Die Versuche wurden mit dem Ziel durchgeführt, die funktionelle Abhängigkeit des Bodenwiderstands bzw. seiner Komponenten von der Schargrundkörperform, der Fahrgeschwindigkeit und der Arbeitstiefe zu untersuchen. Mit Hilfe der gewonnenen Erkenntnisse waren dann Schlußfolgerungen auf die Wirkung der Kräfte, die Bewegung des Bodens und die Form der Saatrille zu ziehen. Von der Überlegung ausgehend, daß zu jedem Zeitpunkt des Experiments das Meßobjekt Schar unter dem Einfluß aller Prüffaktoren stand, erfolgte die Auswertung mit mehrfaktorieller Regressionsanalyse. Der Ansatz entsprechend Gl. (1) erwies sich als aussagekräftig:

$$y_i = a_0 + a_1x_1 + a_2x_1^2 + a_3x_2 + a_4x_2^2 + a_5x_3 + a_6x_3^2 + a_7x_4 + a_8x_4^2 + a_9x_1x_2 + a_{10}x_3x_4; \quad (1)$$

- y_1 horizontale Kraftkomponente
- y_2 vertikale Kraftkomponente
- y_3 Biegemoment
- y_4 Gesamtmoment
- y_5 Richtungswinkel der Gesamtkraft
- y_6 Gesamtkraft
- x_1 Fahrgeschwindigkeit
- x_2 eingestellte Tiefe
- x_3 Winkel α
- x_4 Winkel β .

Die Wichtung des Einflusses einzelner Prüffaktoren wurde durch Berechnung der Pfadkoeffizienten ermittelt. Die Auswertung der Profilmessungen ergab nach Mittelwertbildung und Mittelwertvergleich die grafische Darstellung der Profile symmetrisch zur Mittelachse der Schargrundkörper in Abhängigkeit von den Prüffaktoren Scharform, Fahrgeschwindigkeit und eingestellter Tiefe. Um auch hier eine Quantifizierung des Einflusses der Prüffaktoren auf die Rillen- und Aufwurfbildung vornehmen zu können, erfolgte die

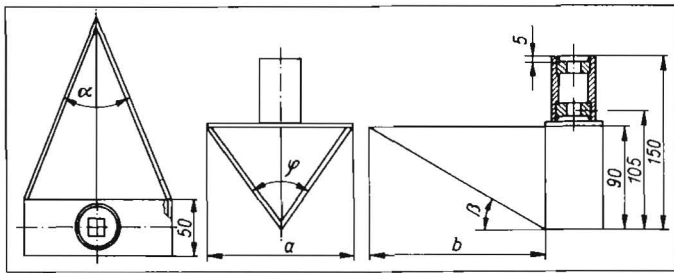


Bild 3. Formen der Schargrundkörper;

Scharform	α °	β °	φ °	a mm	b mm
1	45	30	72	130	156
2	35	30	57	98	156
3	25	30	42	69	156
4	45	45	45	75	90
5	35	45	35	57	90
6	25	45	25	40	90
7	45	60	27	43	52
8	35	60	20	33	52
9	25	60	15	23	52

α Schneidwinkel, β Schneidstellwinkel, φ Keilwinkel

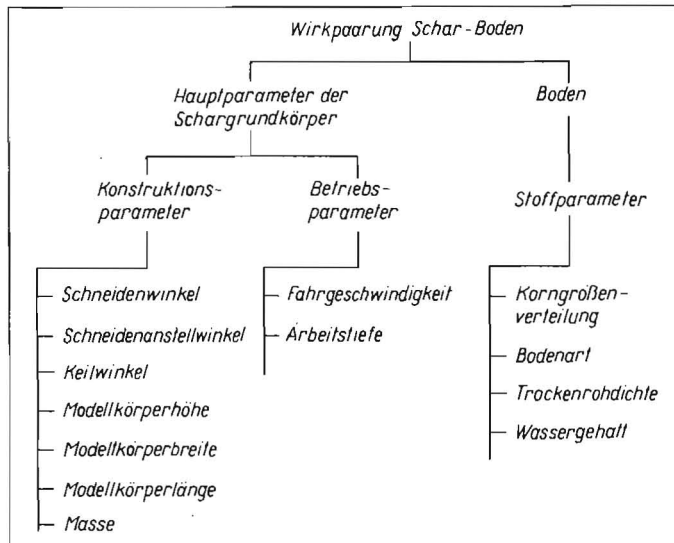


Bild 4. Einflußparameter bei der experimentellen Untersuchung der Wirkpaarung Schar-Boden

Verrechnung der Meßwerte nach dem Ansatz entsprechend Gl. (2):

$$y_i = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_1^2 + a_5x_2^2 + a_6x_3^2; \quad (2)$$

- y_1 maximale Aufwurfhöhe
- y_2 Entfernung des Punktes der maximalen Aufwurfhöhe von der Mittelachse
- y_3 Aufwurfbreite
- y_4, y_5 Differenz zwischen Soll- und Istquerschnitt (vor und nach Mittelwertvergleich)
- x_1 Fahrgeschwindigkeit
- x_2 Keilwinkel, für den gilt $\varphi = f(\alpha, \beta)$
- x_3 eingestellte Tiefe.

Im Ergebnis der Regressionsanalyse wurden folgende Abhängigkeiten festgestellt. Die horizontale Komponente F_x , ausschlaggebend für den Zugkraftbedarf, wird qualitativ von der Fahrgeschwindigkeit nicht beeinflusst (Bild 8, oben). Durch den Pfadkoeffizienten werden als Haupteinflußgrößen t^2 , gefolgt von α^2 und $\alpha\beta$, ausgewiesen. Auch bei der vertikalen Kraftkomponente F_y zeigt sich die

ser Zusammenhang (Bild 8, unten), wobei hier die rechnerisch ermittelten Haupteinflußgrößen β^2 , gefolgt von β (mit negativem Vorzeichen) und $\alpha\beta$, sind [3].

Bei der Auswertung der Rillenprofile erwies sich der Keilwinkel φ als Haupteinflußgröße auf die Tiefenstabilität, wobei gilt $\varphi = (\alpha, \beta)$. Winkel φ unter 30° ergaben in keinem Fall stabile Böschungen, die Rillen fielen zusammen. Auf Aufwurfweite und -höhe nimmt die Geschwindigkeit den größten Einfluß, die Qualität der Rillenausformung nimmt allerdings exponentiell mit der Tiefe ab.

5. Zusammenfassung

Die experimentelle Untersuchung von Schargrundkörpern unter Laborbedingungen ist ein Beitrag zur Erarbeitung von Grundlagen zu Betriebs- und Konstruktionsparametern der Einbettungsbaugruppen von Einzelkorn-sämaschinen. Mit den wenigen im Beitrag vorgestellten und aus dem Gesamtumfang herausgelösten Ergebnissen wurde versucht, die Komplexität der Aufgabe zu zeigen. Erste zusammenfassende Erkenntnis ist, daß auf die unterschiedlichen Wirkungen auf den Stoff

Bild 5 Angriff des Bodenwiderstands am Schargrundkörper; F_w resultierender Bodenwiderstand, F_x, F_x' horizontale Komponente des Bodenwiderstands, F_y, F_y' vertikale Komponente des Bodenwiderstands, in z-Richtung gilt $F_z - F_z' = 0$, v_f Fahrgeschwindigkeit

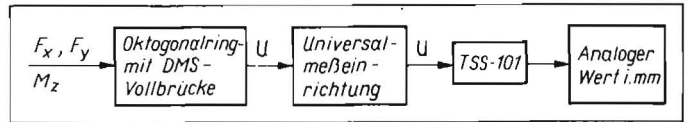
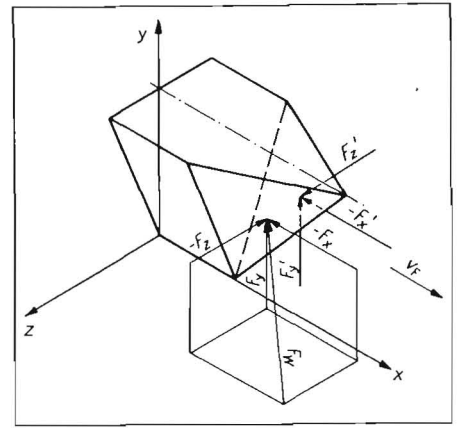


Bild 6. Struktur des Meßsystems für die Kräfte- und Momentenmessung; TSS-101 Technischer Schnellschreiber, U Übertragungsspannung

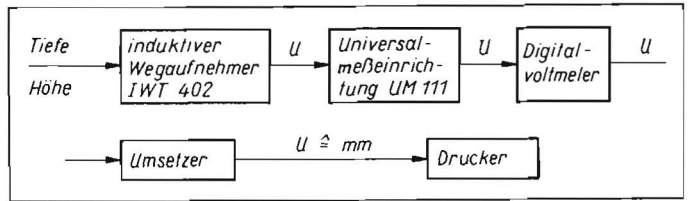
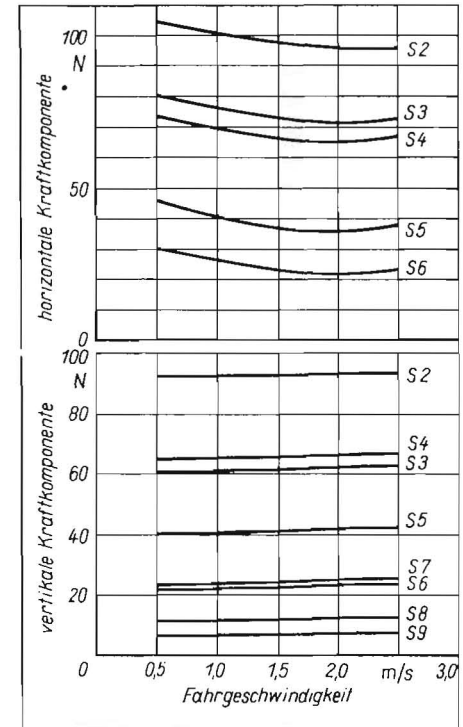


Bild 7. Struktur des Meßsystems zur Saatrillenprofilmessung

Bild 8 Einfluß der Fahrgeschwindigkeit auf die Kraftkomponenten (eingestellte Tiefe 3 cm); S Schargrundkörperform



Boden im wesentlichen die Form des Werkzeugs Einfluß hat. Interessant wird daher die Klärung der Frage, ob durch die Form des Schares der in vielen Vergleichsuntersuchungen von Einzelkornsämaschinen festgestellte negative Einfluß der Geschwindigkeit auf die Standgenauigkeit kompensierbar wäre (Bild 8), oder ob die Verschlechte-

Fortsetzung auf Seite 20

Vergleich von Zuckerrüben-Einzelkornsämaschinen in Ungarn

Prof. Dr. P. Soós/Dozent Dr. Z. Szüle, Agraruniversität Gödöllő
 Dr. J. Füzy, Institut für Landtechnik (MÉMMI) Gödöllő (Ungarische VR)

Die Zuckerrübenanbaufläche in der Ungarischen VR betrug in den letzten Jahren rd. 100000 ha, wobei Durchschnittserträge von 360 bis 420 dt/ha erzielt wurden.

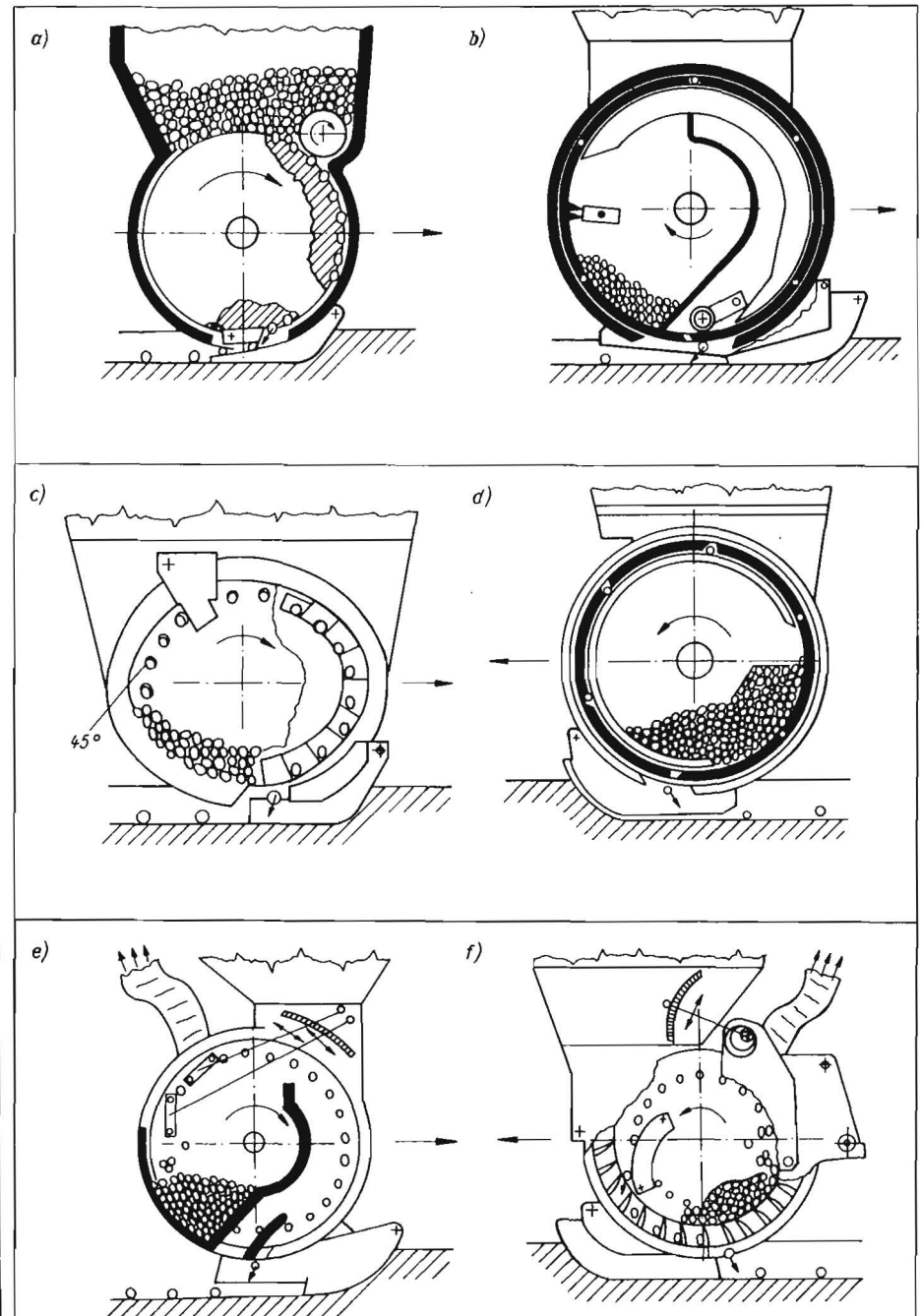
Einer der wichtigsten Arbeitsprozesse des Anbaus aller Feldkulturen ist die Aussaat, weil sie die Menge und Qualität des zu ergebenden Erntegutes grundlegend mitbestimmt. Das gilt besonders für den Zuckerrübenanbau, wo die kleinen Samen einzeln in eine feuchte, verdichtete Bodenschicht, in gleichem Abstand voneinander, in gleichmäßige Tiefe, ohne Beschädigungen und in optimaler Zeitspanne ausgebracht werden sollen. Die Güte der Aussaat beeinflusst unmittelbar den Pflanzenbestand je Hektar, den Aufgang des Bestands, die gleichmäßige Entwicklung der Pflanzen und dadurch den Ernteerfolg.

Daraus folgt, daß für die Aussaat von Zuckerrüben spezielle Einzelkornsämaschinen erforderlich sind. In Ungarn erfolgt die Rübenaussaat überwiegend (rd. 95 %) durch die mechanischen Geräte Rau-Exakta/Rau-Exakta S. Die zur Befüllung der Zellen zur Verfügung stehende Zeit ist bei diesen Geräten gering, weil die Zellen auf dem Mantel des Zellenrades angeordnet sind, so daß im Interesse der akzeptablen Arbeitsqualität und Aussaatgleichmäßigkeit eine Arbeitsgeschwindigkeit von nur 4 bis 5 km/h zugelassen werden kann. Bekannt sind aber auch Einzelkornsämaschinen mit mechanischen und pneumatischen Arbeitsprinzipien, die gute Qualitätskennwerte auch noch bei einer Arbeitsgeschwindigkeit von 7 bis 8 km/h vorweisen. Mit Hilfe dieser Geräte kann nicht nur die Qualität der Rübenaussaat verbessert, sondern auch die in Ungarn optimale Aussaatzeitspanne von 5 bis 7 Tagen besser einge-

halten werden, da sich wegen der höheren Fahrgeschwindigkeit die Flächenleistung fast verdoppelt. Zur technischen Weiterentwicklung der Rübenaussaat wurde eine Vergleichsprüfung von vier mechanischen (Rau-Exakta S, Rau-Betasem, Schmotzer-UD 2000, Kleine-Unicorn 2) und zwei pneumatischen (Rau-Multisem III bzw. Kleine-Multicorn) Einzelkornsämaschinen durchgeführt. Im Bild 1 sind die Funktionsprinzipie der Saelemente der geprüften Maschinen dargestellt. Die technische Bewertung, die Prüfung der Arbeitsqualität und die einsatzgerechten Meßuntersuchungen wurden nach den

Normvorschriften durchgeführt. Die Dosiergenauigkeit sowie die durch das Saelement verursachte Kornbeschädigung wurden bei den einzelnen Sämaschinen unter Laborbedingungen ermittelt und die Beziehungen des Saatgutes zum Saelement bewertet. Die Dosiergleichmäßigkeit in Längsrichtung wurde unter echten Einsatzbedingungen bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten bestimmt. Dazu wurden die oberflächlich ausgesäten Samen gezählt und vermessen. Die Gleichmäßigkeit der Tiefenhaltung bei der Aussaat wurde durch Ausgraben der Samen aus dem Boden ermittelt. Die Funktion der

Bild 1. Funktionsprinzip der Säaggregate der geprüften Maschinen;
 a) Rau-Exakta S, b) Rau-Betasem, c) Schmotzer-UD 2000, d) Kleine-Unicorn 2, e) Rau-Multisem III, f) Kleine-Multicorn



Fortsetzung von Seite 19

... rung der Standgenauigkeit bei höherer Fahrgeschwindigkeit ihre Ursache im Wirken anderer Arbeitselemente hat.

Literatur

- [1] Kästner, B.: Über die Nutzung mathematischer Modelle als Entscheidungshilfe zum Vorgehen bei der Standraumzumessung. Referat auf der 4. Wissenschaftlichen Arbeitstagung „Mechanisierung der Zuckerrübenproduktion“ vom 13. bis 15. Oktober 1987 in Halle (unveröffentlicht).
- [2] Souček, R.; Regge, H.: Grundsätze für die Konstruktion von Landmaschinen. Berlin: VEB Verlag Technik 1979.
- [3] Einzelkornsämaschine/Standraumzumessung; Parameter und Empfehlungen zum Sächar. Martin-Luther-Universität Halle – Wittenberg, Sektion Pflanzenproduktion, Zwischenbericht 1987. A 5156