

Ergebnisse von Versuchen mit Zuckerrüben-Einzelkornsämaschinen

Dipl.-Ing. W. Timmermann, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

Die im Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim durchgeführten Untersuchungen zur Arbeitsqualität von Einzelkornsämaschinen waren auf folgende Fragestellungen ausgerichtet:

- Einfluß der Umfangsgeschwindigkeit des Vereinzelungsorgans auf die Kornerfassung
- Auswertung der Standgenauigkeit der Pflanzen im Vergleich zur Laborablagegenauigkeit der Mechanismen.

Ziel moderner Einzelkornsämaschinen ist eine hohe Standgenauigkeit der Pflanzen bei gleichzeitig hohem Feldaufgang. Voraussetzung dafür ist eine maximale Kornerfassung, verbunden mit einem Kornabgabe- und Einbettungsvorgang, der nur minimale Verschiebungen oder Verrollungen der Körner in der Saatfurche zuläßt.

Niveau der Einzelkornerfassung von Zuckerrüben-Einzelkornsämaschinen

International ist bereits ein Niveau der Einzelkornerfassung auf Prüfständen erreicht worden, das mehr als 95% beträgt (Bild 1). Die Auswertung von Prüfergebnissen, vor allem von DLG-Prüfberichten (BRD), bestätigt diese Feststellung. Aus der Darstellung von Mittelwerten der veröffentlichten Laboruntersuchungsergebnisse kann jedoch nicht abgeleitet werden, daß Einzelkornsämaschinen unter allen Bedingungen diese Werte erreichen. Die Angaben stellen immer optimale Ergebnisse unter Beachtung der Parameter Arbeitsgeschwindigkeit, Kornsollabstand (KSA), Saatgut und Einstellparameter der jeweiligen Maschine dar. Selbst die zur Anwendung kommende Prüfmethode hat Einfluß. Die im Bild 1 dargestellten Ergebnisse des Instituts für Landbautechnik und Rationalisierung Wageningen (Niederlande) liegen um einige Prozentpunkte unter den DLG-Ergebnissen.

Die Einzelkornerfassung der Mechanismen ist von der Umfangsgeschwindigkeit des Vereinzelungsorgans abhängig. Je nach dem zur Anwendung kommenden Vereinzelungsprinzip ergeben sich unterschiedliche Kennlinien der Einzelkornerfassung in Abhängigkeit von der Erfassungsgeschwindigkeit. Die

Kenntnis dieser Zusammenhänge ermöglicht erst den optimalen Einsatz.

International gesehen ist die Verbesserung der Einzelkornerfassung kein beherrschendes Entwicklungsziel mehr. Die Bestrebungen laufen auf die Umsetzung einer hohen Einzelkornerfassung in eine gute Standgenauigkeit der Pflanzen sowie auf die Verringerung des Herstell- und Bedienungsaufwands hinaus. In vielen Publikationen wird dargestellt, daß eine annähernd der Arbeitsgeschwindigkeit entsprechende, aber dieser entgegengerichtete Abgabegeschwindigkeit der Körner eine hohe Standgenauigkeit begünstigt [1, 2].

Die Einzelkornsämaschine A697 ist eine der wenigen Maschinen, bei der eine solche Kornabgabegeschwindigkeit realisiert wird. Zu den praktischen Auswirkungen der realisierten Kornabgabegeschwindigkeit v_u auf die Gleichmäßigkeit der Pflanzenfolge liegen allerdings kaum Ergebnisse vor.

Um diese Frage zu untersuchen, war es notwendig, eine Vergleichsprüfung von solchen Sämaschinen vorzunehmen, deren Kornabgabegeschwindigkeit sich im Verhältnis zur Arbeitsgeschwindigkeit der Maschine – also im Verhältnis v_a/v_u – deutlich unterscheidet.

Vergleichsuntersuchungen zur Einzelkornerfassung

Voraussetzung zur Beurteilung der Pflanzenfolge ist die Kenntnis der Kornvereinzelungsqualität der einzelnen Sämechanismen. Diese Messungen erfolgten zweckmäßigerweise im Labor. In die Untersuchungen wurden drei verschiedene mechanische Vereinzelungssysteme einbezogen:

- A697 (VEB Landmaschinenbau Bernburg, DDR)
- Unicorn 2 (Fa. Kleine, BRD)
- Exakta S (Fa. Rau, BRD).

Bei allen drei Maschinen handelt es sich um Zellenysteme. Die A697 hat eine räumlich geneigt liegende Zellen Scheibe, die Exakta S ein außenbefüllendes Zellenrad, und die Unicorn 2 weist ein innenbefüllendes Zellenrad mit Abgabe der Körner durch die Zelle nach außen auf.

Die Untersuchungen wurden auf einem Leimband mit feststehender Einzelkornsäeinheit und bewegtem Band durchgeführt. Die ermittelten Kornabstände wurden einer Feinklassierung mit einer Klassenbreite von $0,1 \times$ Kornablageabstand (KAA) sowie einer Klassierung mit den folgenden Klassengrenzen unterzogen:

- $(0...0,5)$ KAA $\hat{=}$ Doppelablage
- $(> 0,5...1,5)$ KAA $\hat{=}$ Normalablage
- $> 1,5$ KAA $\hat{=}$ Fehlablage.

Je Versuchseinstellung betrug der Meßwertumfang rd. 1000 Kornabstände. Als Einflußfaktor für die Laborversuche wurde die Umfangsgeschwindigkeit des Erfassungsorgans einer Einzelkornsämaschine gewählt. Teilweise wird in der Literatur die Fahrgeschwindigkeit als Bewertungskriterium herangezogen. Untersuchungen unter Angabe der Fahrgeschwindigkeit sind jedoch nur vergleichbar, wenn der verwendete Kornsollabstand, die Anzahl der Vereinzelungselemente sowie die Größe des Vereinzelungsorgans angegeben werden.

Die Laborergebnisse zur Einzelkornerfassung der untersuchten Mechanismen in Abhängigkeit von der Umfangsgeschwindigkeit sind im Bild 2 dargestellt. Der Mechanismus der Exakta S hat ein ausgeprägtes Optimum im Umfangsgeschwindigkeitsbereich von 0,13 bis 0,18 m/s. Abweichungen von diesem Bereich haben einen Anstieg der Doppel- bzw. Fehlbelegungen zur Folge. Dies bedeutet, daß die Maschine durch Austausch der Zellenräder unterschiedlichen Kornabständen bzw. Fahrgeschwindigkeiten angepaßt werden muß.

Bei den Maschinen Exakta S und Unicorn 2 sind Erfassungsgeschwindigkeit des Vereinzelungsorgans und Abgabegeschwindigkeit identisch. Demgegenüber weist die A697 einen Beschleunigungskegel auf, der nach der Erfassung der Pillen durch die Zellen Scheibe diese auf eine Abgabegeschwindigkeit beschleunigt, die der Arbeitsgeschwindigkeit entspricht.

Die A697 erreicht im Umfangsgeschwindigkeitsbereich zwischen 0,3 m/s und 0,5 m/s fast die Werte für die Einzelkornerfassung der Exakta S. Dies ist ausreichend, um mit

Bild 1. Unter Laborbedingungen ermittelte Ablagegenauigkeit (Kornabstand $\pm 50\%$) von Zuckerrüben-Einzelkornsämaschinen für pilliertes Saatgut;

- Werte aus DLG-Prüfberichten (BRD)
- x Ergebnisse des Instituts für Landbautechnik und Rationalisierung Wageningen (Niederlande)

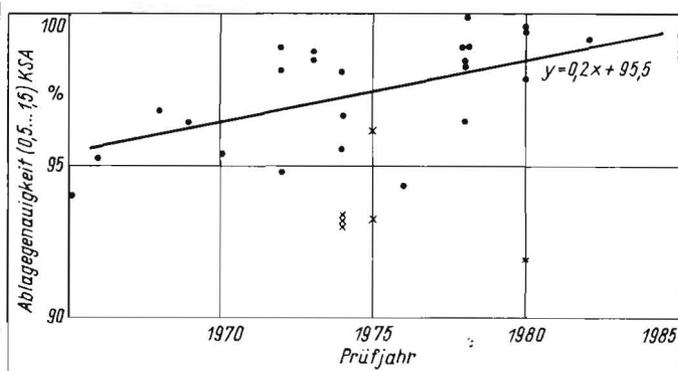
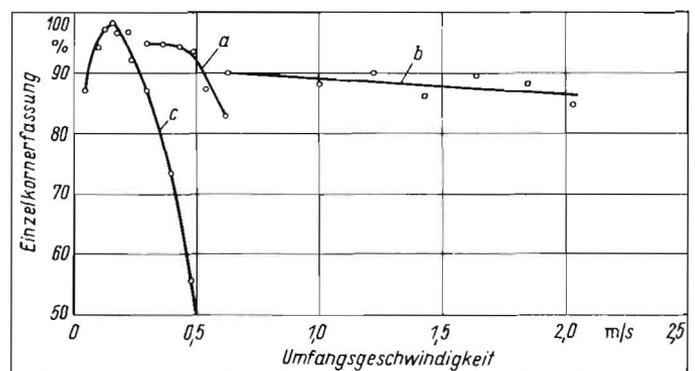


Bild 2. Unter Laborbedingungen ermittelte Ergebnisse der Einzelkornerfassung in Abhängigkeit von der Umfangsgeschwindigkeit des Erfassungsorgans;

- a A697, b Unicorn 2, c Exakta S



Arbeitsgeschwindigkeiten von 5 bis 8 km/h arbeiten zu können.

Um diese Werte mit der A697 zu erreichen, ist jedoch eine exakte Einstellung der Maschine notwendig. Werte internationaler Vergleichsprüfungen stimmen in beiden Fällen gut mit den gewonnenen Ergebnissen überein. Demgegenüber konnten mit den gewonnenen Kennwerten zur Unicorn 2 die Angaben fremder Untersuchungen nicht bestätigt werden. Eine zum Einsatz kommende Kalibergröße von 4,0 bis 5,5 mm führte mit zunehmender Versuchsdauer zur Entmischung der Pillen, wobei der steigende Anteil von Übergrößen zu vermehrten Fehlbelegungen der Zellen führte. Mit Pillen des Kalibers 3,5 bis 4,5 mm des VEB Saat- und Pflanzgut werden die dargestellten Ergebnisse erreicht. Die Maschine Unicorn 2 ist in der Lage, die Kornerfassung bis zu Umfangsgeschwindigkeiten von 2,0 m/s zu realisieren. Eine in der Schweiz durchgeführte Vergleichsprüfung [3] sowie die Prüfung der DLG [4] ergeben Einzelkornerfassungen > 95% für diesen Mechanismus.

Eine Untersuchung zweier unterschiedlicher Pillensorten in einem engen Kaliberbereich wies eine dominierende Abhängigkeit der Einzelkornerfassung von der Pillenform nach. Vermutlich haben die geometrische Form und die Oberflächenbeschaffenheit der Pille – bedingt durch die höheren Umfangsgeschwindigkeiten bei der Kornaufnahme – einen Einfluß auf die Vereinzelungsqualität der Unicorn 2.

Tafel 1
Gleichmäßigkeit der Pflanzenabstände, Kornabstände, Standgenauigkeit der Pflanzen und Laborablagegenauigkeit in Abhängigkeit von Maschinentyp und Arbeitsgeschwindigkeit

Parameter	Maschinentyp					
	A 697 B 02		Unicorn 2		Exakta S	
	v_a km/h	\bar{x} %	v_a km/h	\bar{x} %	v_a km/h	\bar{x} %
Sollablagebereich (0,5...1,5) KAA; Leimband	5,5	94,7 ^{1) 2)}	5,0	89,2 ²⁾	5,0	97,6
	8,0	93,2 ¹⁾	8,0	89,3 ²⁾	8,0	92,9
Sollstellenbereich (0,5...1,5) KAA; Feldversuch	5,4	68,8	5,4	69,0	5,1	63,7
	7,9	67,9 ²⁾	7,8	68,6 ²⁾	7,7	56,5
Ablagegenauigkeit KAA ± 1,5 cm; Leimband	5,5	72,8 ^{1) 2)}	5,0	86,1 ²⁾	5,0	94,3
	8,0	57,8 ^{1) 2)}	8,0	81,4	8,0	85,0
Standgenauigkeit KAA ± 2,5 cm; Feldversuch	5,4	69,6 ²⁾	5,4	71,9 ²⁾	5,1	60,0
	7,9	64,8 ²⁾	7,8	66,4 ²⁾	7,7	46,7

1) signifikanter Unterschied zum Wert der Unicorn 2

2) signifikanter Unterschied zum Wert der Exakta S

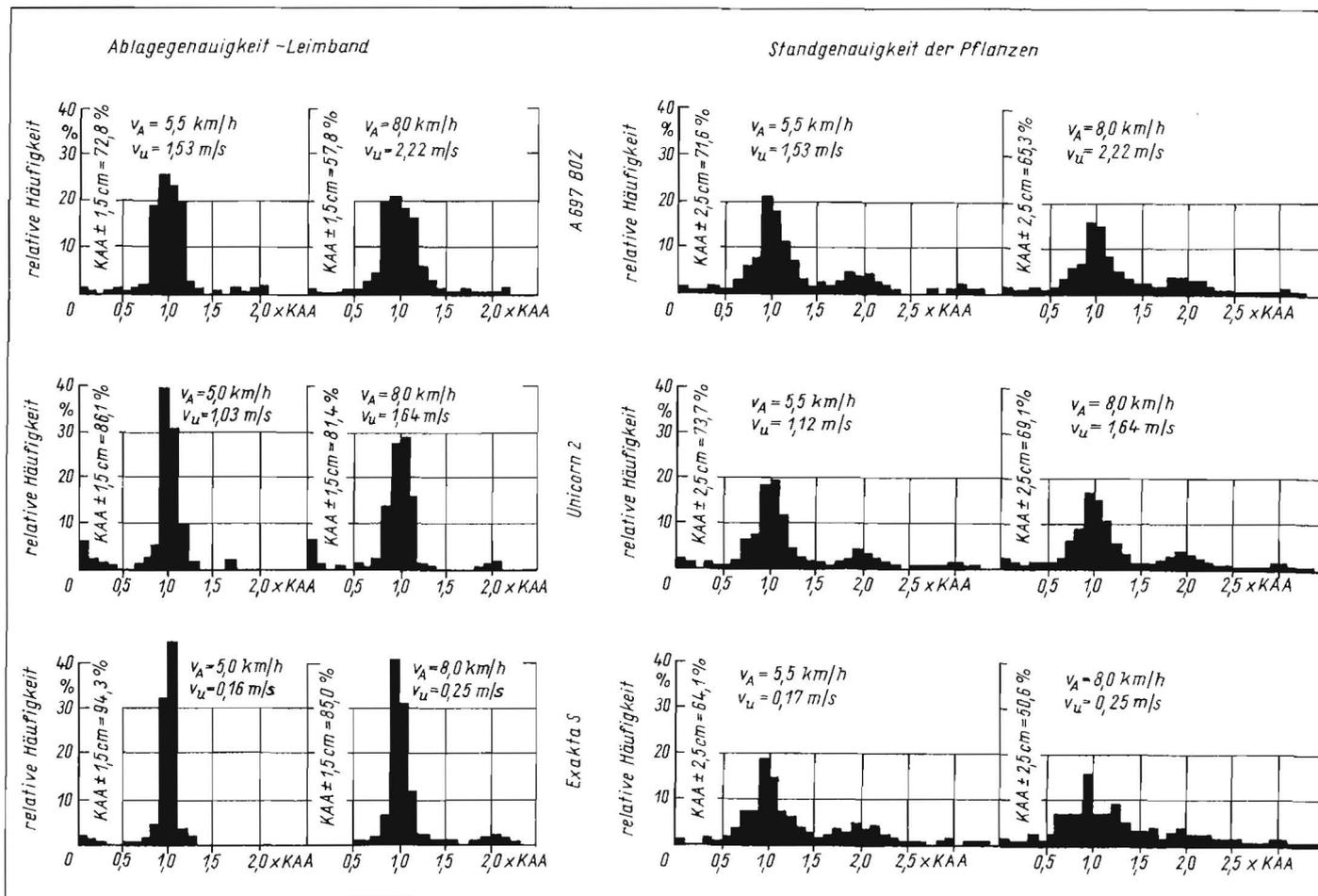
Einfluß der Kornabgabegeschwindigkeit auf die Standgenauigkeit

Den Laboruntersuchungen schlossen sich Feldversuche in den Jahren 1985, 1986 und 1987 zur Ermittlung der Standgenauigkeit der Pflanzen an. Die Auswertung der Pflanzenverteilung für die Maschinen A697 B02, Exakta S und Unicorn 2 gegenüber der Laborablagegenauigkeit müßte zwischen den Maschinen zu gravierenden Unterschieden führen. Die Mechanismen der A697 B02 und der Unicorn 2 arbeiten mit einem Verhältnis der Arbeitsgeschwindigkeit zur Umfangsgeschwindigkeit von $v_a/v_u = 1,0$ bzw. 1,4. Dies ist Voraussetzung für eine verrollungsarme Ablage. Demgegenüber weist die Exakta S ein Verhältnis von 8,9 auf.

Bei der Arbeitsgeschwindigkeit von 5,0 km/h tritt bei allen drei Maschinen eine annähernd gleiche Verschlechterung der Pflanzenverteilung gegenüber der Laborablagegenauigkeit auf (Tafel 1).

Die Gleichmäßigkeit der Pflanzenabstände im Sollstellenbereich von (0,5...1,5) KAA gegenüber dem gleichen Kornablagebereich auf dem Band wird hauptsächlich durch den Feldaufgang gemindert. Die stärkere Verschlechterung bei der Exakta S ist neben dem Feldaufgang weiterhin auf Verrollungen in der Saatrille zurückzuführen. Dies wird besonders beim Übergang der Arbeitsgeschwindigkeit von 5,1 auf 7,7 km/h deutlich. Die Standgenauigkeit der Pflanzen als Bewertungskriterium eliminiert den Einfluß des

Bild 3. Klassierte Korn- und Pflanzenabstände (Versuchsjahr 1987)



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 nachgenannten Forderungen genügen:

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