

Aufgaben und Erfolge bei der Entwicklung einer höheren Mechanisierungsstufe im Maisbau

Von **M. Estler, H. Stanzel** und **A. Strehler**, Weihenstephan

Aus den Arbeiten des Instituts für Landtechnik der Technischen Hochschule München-Weihenstephan

Innerhalb weniger Jahre hat sich der Maisanbau auch in der Bundesrepublik zu einem äußerst interessanten Betriebszweig entwickelt. Die günstige Mechanisierbarkeit aller Arbeitsgänge von der Saat bis zur Erntegut-Aufbereitung gewährleistet die rationelle, zeitgerechte Arbeitsdurchführung und eine hohe Arbeitsproduktivität. Neue, in den vergangenen Jahren mit besonderer Intensität entwickelte und erprobte Mechanisierungslösungen bei der Saat, Ernte und Konservierung tragen dazu bei, den Maisanbau auch in klimatisch weniger begünstigten Anbaugebieten rentabler, sicherer und kostengünstiger durchzuführen.

Wohl selten zuvor hat der Anbau einer Fruchtart in derart kurzer Zeit einen solchen Aufschwung erlebt, wie dies zur Zeit bei Silomais und vor allem bei Körnermais festzustellen ist. In der Bundesrepublik hat sich die Anbaufläche für Körnermais seit 1957 verzehnfacht; in den letzten Jahren lag die Steigerungsrate bei 30 bis 40% pro Jahr. Für diese neue „Maiswelle“ in Europa — ein letzter Höhepunkt lag vor etwa 30 Jahren — waren in erster Linie folgende Faktoren maßgebend:

- neugezüchtete, ertragreiche Hybridmais-Sorten gewährleisteten hohe und vor allem sichere Ernteerträge, auch unter weniger günstigen Anbaubedingungen;
- neue Mechanisierungsverfahren im Rahmen kompletter Arbeitskettens bewirkten eine wesentliche Verringerung des Arbeitskräfteeinsatzes. Früher vorhandene Arbeitsspitzen und -überschneidungen mit anderen Fruchtarten konnten abgebaut werden.
- Leistungsfähige und kostengünstige Konservierungsmethoden, vor allem Warmlufttrocknung und Einsäuerung, stellen eine zügige Verarbeitung der — mit Kornfeuchten von 35 bis 45% und darüber anfallenden — hohen Erntemengen sicher.

Das Zusammenwirken dieser drei Faktoren und die von betriebswirtschaftlicher Seite klar herausgearbeiteten Vorzüge (hohe Naturalerträge, gesteigerter innerbetrieblicher Wert, Verringerung der Arbeitskosten usw.) haben bewirkt, daß der Maisanbau zur Zeit verstärkt in klimatisch weniger begünstigte Anbaugebiete vordringt, in denen die relative Anbauwürdigkeit des Maises gegenüber konkurrierenden Früchten besonders positiv zur Wirkung kommt.

Eine Übersicht über die Teilbereiche des Maisanbaues mit ihren zahlreichen und vielgestaltigen Einfluß- und Bestimmungsfaktoren, **Bild 1**, läßt erkennen, daß die Mechanisierung im Rahmen der Gesamtorganisation dieses Betriebszweiges eine ausgesprochene Schlüsselstellung einnimmt und hierdurch die Voraussetzungen für eine rationelle Arbeitserledigung und damit eine hohe Arbeitsproduktivität schafft. Dies gilt in besonderem Maße für die Mechanisierung bei der Aussaat, Ernte und Konservierung.

Kombinieren von Bestellung und Saat

Mehrjährige und unter verschiedenen Klima- und Bodenverhältnissen durchgeführte Versuche ergaben, daß der Maisanbau in ungünstigen Klimatalagen neue Bodenvorbereitungs- und Aussaatmethoden erforderlich macht, wenn ausreichend hohe und sichere Ernteerträge gewährleistet werden sollen.

Dr. agr. Manfred Estler ist wissenschaftlicher Mitarbeiter für die Mechanisierung im Maisbau im Institut für Landtechnik der Technischen Hochschule München-Weihenstephan; Dipl.-Landw. Hans Stanzel und Landw. Assessor Arno Strehler sind Sachbearbeiter auf dem Gebiet der Maissaat und der Maistrocknung in demselben Institut.



Bild 1. Systematik des Maisanbaues.

Im Rahmen dieser Untersuchungen wurde eine Maschinenkombination entwickelt und erprobt, von der folgendes gefordert wurde:

1. durch ein Zusammenfassen der Arbeitsgänge „Saatbettbereitung“ und „Aussaat“ den bislang hohen Arbeitsbedarf und die Fahrspuren auf dem Feld zu senken, gleichzeitig eine höhere Schlagkraft bei der Bestellung zu erreichen und hiermit die Arbeitsdurchführung zum optimalen Zeitpunkt sicherzustellen, und
2. neben der normalen Flachbettsaat sollte auch eine Dammsaat möglich sein, um hierdurch eine spürbare Steigerung der Bodentemperaturen zu erreichen und damit die Voraussetzungen für eine rasche und sichere Keimung des Maises zu schaffen.

Die Maschinenkombination, **Bild 2**, setzte sich aus drei Teilen zusammen: einer schweren Ackerfräse (Arbeitsbreite 1,5 m), einem Rahmen mit zwei schmalen Packern und zwei Einzelkornsägeräten.

Eine Vorkalkulation des Arbeitszeitbedarfes unter Verwendung von Unterlagen des Kuratoriums für Technik in der Landwirtschaft (KTL) ließ bereits einen Vorteil der Gerätekombination gegenüber der üblichen Bestell- und Säarbeits erwarten: **2,1 AK h/ha** für die Fräs-Saatkombination (ein Arbeitsgang mit 1,5 m Arbeitsbreite und 5 km/h Arbeitsgeschwindigkeit) und **2,5 AK h/ha** für die konventionelle Bestellung und Saat (zwei Arbeitsgänge mit Saatbettkombination, 3 m Arbeitsbreite, 8 km/h Arbeitsgeschwindigkeit + ein Arbeitsgang mit Einzelkornsägerät, 3 m Arbeitsbreite, 5 km/h Arbeitsgeschwindigkeit).

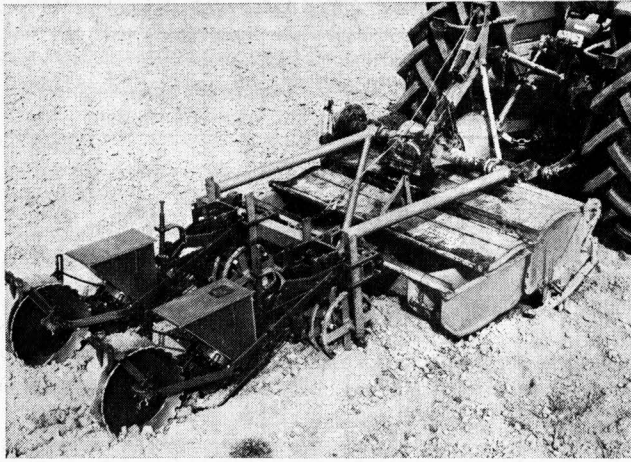


Bild 2. Gesamtansicht der Kombination Fräse-Packer-Sägeräte zum Bestellen und Säen von Mais.

Die Ackerfräse konnte in drei Varianten arbeiten:

- die Rotorwelle war mit sieben Werkzeugkränzen besetzt und bearbeitete die ganze Arbeitsbreite von 1,50 m;
- da der Mais mit 75 cm Reihenabstand gebaut wurde, war auch eine Streifenbearbeitung mit nur zweimal zwei Werkzeugkränzen möglich, indem die äußeren und der mittlere Kranz entfernt wurden, und
- um mehr Boden zu bekommen, konnten unter dem Prallblech der Fräse vier Erdleitbleche angebracht werden. Diese Bleche ließen sich so weit verstellen, daß damit auch 20 cm hohe Dämme geformt werden konnten, **Bild 3**.

Für die Reihenkultur Mais erwiesen sich die Leitbleche als sehr günstig. Nur hiermit war es möglich, die Fräse ganz flach in der optimal trockenen Bodenschicht arbeiten zu lassen und trotzdem auch auf rauher Herbstfurche ein genügend feines und ebenes Saatbett zu erhalten. Besonders für die Streifenbearbeitung waren bis zur Rotorwelle reichende Bodenleitbleche erforderlich, um auf den Saatstreifen genügend bearbeiteten Boden zu erhalten. Einen Überblick über den Leistungsbedarf der Fräse bei den verschiedenen Einstellungen gibt **Tafel 1**.

Tafel 1. Messung des Leistungsbedarfs der Ackerfräse.

Bodenzustand: rauhe Winterfurche
 Fahrgeschwindigkeit 5,1 bis 5,3 km/h
 Drehzahl der Fräse 225 U/min (Zapfwelle $n = 540$ U/min)
 Arbeitstiefe etwa 14 cm
 Fahrstrecke je Versuch 2×120 m

Bodenart	Bodenfeuchte Vol.-%	Werkzeugkränze			
		7 mit	7 ohne	2×2 mit	2×2 ohne
		Leitbleche			
		PS	PS	PS	PS
sandiger Lehm	24,5	32,5	26,2	19,3	15,7
lehmiger Sand	21,4	30,8	24,1	18,4	14,3
i. M.		31,6	25,1	18,8	15,0
relativ %		100	79,5	59,6	47,4

Dieser Leistungsbedarf liegt durchaus im Bereich eines 50-PS-Schleppers, besonders wenn man berücksichtigt, daß in der ersten Einstellung unnötig tief gearbeitet wurde. Bei 14 cm Arbeitstiefe brachten selbst 2×2 Werkzeugkränze ohne Leitbleche (Tafel 1, letzte Spalte) noch genügend Boden.

Der lockere Boden nach der Fräse ist nur nach zusätzlicher Verdichtung für die Maiskeimung geeignet. Die Arbeit der üblichen Wälzegen, die sich in diesen Kombinationen am leichtesten unterbringen ließen, konnte nicht befriedigen. Am besten bewährten sich hier zwei schwere Packer, **Bild 4**, auf denen zusätzlich viel Rahmengewicht lagerte. Dieser Rahmen war an das Hauptwellengehäuse der Fräse angelekt, **Bild 2**.

Die Sägeräte sind am Rahmen der Packer gelenkig angebaut und werden dadurch genau und ruhig geführt. Der

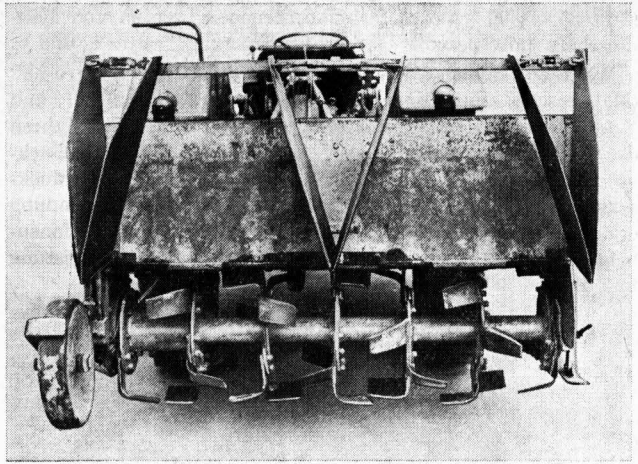


Bild 3. Hochgeklapptes Prallblech der Ackerfräse mit Leitblechen zur Dammformung.

unmittelbare Anbau an die Fräse hat sich nicht bewährt, da die auftretenden Schwingungen der Fräse die Säärbeit beeinträchtigen.

Alle drei Teile waren so aneinander gekoppelt, daß sie gegeneinander relativ große Bewegungen ausführen, trotzdem aber von der Dreipunkthydraulik des Schleppers ausgehoben werden konnten. Zu diesem Zweck wurde der Rahmen für die Sägeräte und Packer über ein Drahtseil an einem tiefliegenden Punkt des Schlepperhecks angebracht, der sich an jedem Schlepper finden ließ, **Bild 5**.

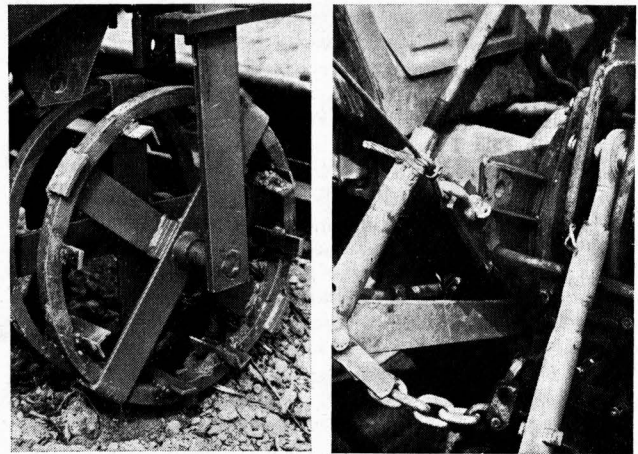


Bild 4 (links). Packer mit drei auf der Welle losen Ringen.

Bild 5 (rechts). Tiefliegender Anlenkpunkt für das Zugseil zum Ausheben der Sägeräte und Packer.

Der Einsatz dieser Kombination von Bodenbearbeitungs- und Sägeräten brachte insbesondere auf feuchten, kalten Standorten pflanzenbauliche Vorteile, die sich in einem rascheren Aufgang, besserer Jugendentwicklung und unter Umständen auch höheren Ernteerträgen äußerten. Als Nebeneffekt ergab sich eine sehr gute Wirkung gegen Quecke, die auf solchen Böden sehr häufig anzutreffen ist. Auf trockenen Standorten brachte der Einsatz dieser Kombination Mindererträge gegenüber der üblichen Bodenvorbereitung und Saat.

Hoher Mechanisierungsgrad bei der Körnermaisernte

Seitdem der Anbau von Körnermais zu Konsumzwecken in der Bundesrepublik einen nennenswerten Umfang erreichte, wurde das Hauptaugenmerk der Entwicklung und Erprobung auf technische Lösungen für eine leistungsfähige und verlustarme Ernte gerichtet. Für die Getreideernte waren bereits Mähdrescher in großen Stückzahlen vorhanden und es lag nahe, diese auch für die Körnermaisernte einzusetzen und ihnen durch den erweiterten Einsatzbereich einen höheren Ausnutzungsgrad und damit Kostendegression zu verschaffen. Heute haben diese „Direktverfahren“ eine überragende Bedeutung erlangt und

etwa 85 bis 90% des Konsumkörnermaises werden von Mäh-dreschern mit spezieller Maisernteausüstung geerntet, **Bild 6**.

Während anfangs vor allem das Verfahren „Mähdrusch“ (Mähdrescher mit Maismähvorsatz) aus funktionellen und Kostengründen bevorzugt wurde, hat in den letzten fünf Jahren das „Pflückdrusch“-Verfahren (Mähdrescher mit Maispflück-vorsatz) unter Verwendung eines neuen Pflückprinzips (Pflück-schienen mit Reißwalzen) eindeutig die größte Anwendung erlangt. Wesentliche Gründe hierfür sind die geringere Maschinen-belastung mit Maisstroh, die höhere Flächen- und Druschleistung und die gleichzeitig sinkenden Ernteverluste.



Bild 6. Harte Einsatzbedingungen für den Mähdrescher in der Körnermaisernte.

Die Ernteverluste, ein wesentliches Kriterium für die Beurteilung von Ernteverfahren, sind bei den verschiedenen Ver-fahren der Körnermaisernte mit den Mähdreschern hinsichtlich Höhe und Verteilung auf die verschiedenen Verlustquellen sehr unterschiedlich und zeigen eine starke Abhängigkeit von Mais-sorte, Erntezeitpunkt und Pflanzenzustand. Die Verlust-bilanzen in **Bild 7** lassen deutlich erkennen, daß beim „Mäh-drusch“ hauptsächlich die Schüttler, beim „Pflückdrusch“ hin-gegen die Pflück-(Aufnahme-)Vorrichtungen die wesentlichen Verlustquellen bilden. Aufgrund dieser Untersuchungserge-bnisse wurden neuerdings gewisse Bauelemente von Maisernte-maschinen umgestaltet.

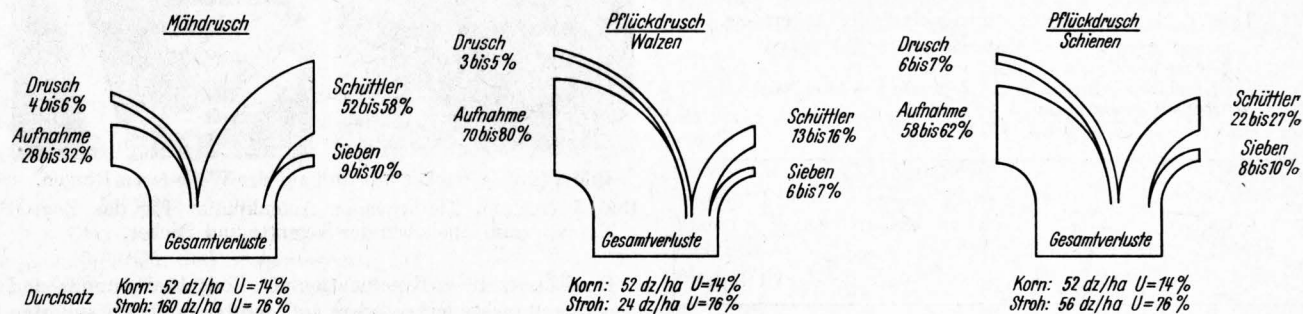


Bild 7. Verlustbilanzen für Mäh- und Pflückdrusch. Pflanzenbestand: 6 bis 7 Pfl./m², stehend

Konstruktiv, besonders auch hinsichtlich der Werkstoffwahl, sind die Mähdrescher in der Regel auf die in der Getreideernte auftretenden Beanspruchungen ausgelegt. In der Körnermaisernte, vor allem beim „Mähdrusch“-Verfahren, werden jedoch durch die Verarbeitung des gesamten, sperrigen Maisstrohes einzelne Arbeitselemente mechanisch erheblich höher beansprucht, vor allem das Dreschwerk einschließlich Strohleit-trommel, erste Schüttlerstufe und Strohhäcksler. Dazu kommen typische Korrosionserscheinungen in den Innen-räumen, wodurch die Mähdrescher erhöhtem Verschleiß aus-gesetzt sind. Ursache hierfür ist das beim Dreschvorgang frei-gesetzte Stengelwasser, welches alle Mähdrescherinnenteile be-netzt und dessen Gehalt an organischen Säuren, **Tafel 2**, bei geringem Korrosionswiderstand der Blechteile und Luftzutritt zu erhöhter Rostbildung führen kann. Dabei ist eine kombinierte mechanisch-korrosive Wirkung anzunehmen: die mechanische Beanspruchung bewirkt flächen- und punktförmige Abtragungen

Tafel 2. Säurekonzentration in Maispflanzen.

Datum der Probe-nahme	Feuchte-gehalt U %	Essig-säure %	Milch-säure %	pH-Wert	Gesamt-säure*)	lösliche Chloride %
1965						
20. 10.	83,6	0,08	0,17	5,4	35,0	0,09
25. 10.	74,3	0,15	0,16	5,6	34,5	0,12
2. 11.	72,3	0,24	0,40	5,0	53,5	0,21
8. 11.	76,7	0,35	1,31	4,6	121,5	0,18
15. 11.	72,1	0,33	1,10	5,2	58,5	0,38
1966						
3. 10.	80,2	0,31	1,17	3,9	146,5	0,05
10. 10.	80,0	0,26	1,29	3,9	128,0	0,04
17. 10.	81,0	0,30	1,50	3,8	132,5	0,09
24. 10.	77,6	0,34	0,34	4,9	66,0	0,14
1. 11.	73,5	0,29	0,31	4,3	76,0	0,12
1968						
15. 10.	80,9	0,27	1,51	4,3	—	0,62
22. 10.	74,1	0,25	0,85	5,1	—	0,57
6. 11.	74,3	2,04	2,11	5,1	—	0,59

*) = ml n/10 NaOH für 100 g Substanz

des Korrosionsschutzes, wonach die im Stengelwasser enthaltenen Säuren Lokalelemente bilden und verstärkte Korrosions-erscheinungen verursachen. Die zunehmende Mähdrescher-verwendung bei der Körnermaisernte hat viele Hersteller ver-anlaßt, den Fragen des Korrosionsschutzes verstärkte Beachtung zu schenken.

Neuentwickelter Unterbau-Strohschläger für Pflückvorsätze

Als wesentlicher Vorteil des „Mähdrusch“-Verfahrens wird angesehen, daß in einem Arbeitsgang der Mais gedroschen und das Stroh von angebauten Strohschlagern zerkleinert als „Stroh-teppich“ auf das Feld abgelegt werden kann. Dieser Vorteil des „Einmal darüber — alles vorüber“ war bislang bei Verwendung von Maispflückvorsätzen nicht gegeben, sondern es war ein zusätzlicher Arbeitsgang mit Schlegelfeldhäcksler, Rotorschneider oder ähnlichem für die Strohzerkleinerung erforderlich.

Um diese Lücke in der Maiserntekette zu schließen wurden im Rahmen eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft unterstützten Forschungsvorhabens verschiedene Lösungen von Unterbau-Strohschlagern für Pflückvorsätze entwickelt und erprobt. In Zusammenarbeit mit Ingenieur Gerhard Rödel von

der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik und durch dessen konstruktive Unterstützung konnte eine der unter-suchten Lösungen zur Funktions- und Praxisreife entwickelt werden, **Bild 8**. Als besondere Vorzüge dieses neuentwickelten

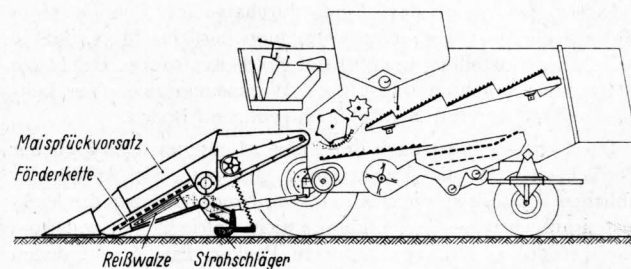


Bild 8. Schematische Darstellung des am Maispflückvorsatz des Mähdreschers untergebauten Strohschlägers.

Drehzahl des Strohschlägers $n_s = 1350$ U/min
Umfangsgeschwindigkeit $v_s = 35,4$ m/s
Kettenradübersetzung 1:1

Strohschlägers, der unter dem Pflückvorsatz angebracht ist und das von den Reißwalzen niedergebrosene Maisstroh sauber abschlägt, zerkleinert und verteilt, können gelten:

1. Handliche Einzelaggregate für jede Reihe, die wahlweise an ein- oder mehrreihige Pflückvorsätze angeordnet werden können.
2. Die Strohzerkleinerung erfolgt vor den Laufrädern des Mähdreschers; ein Niederwalzen noch nicht zerkleinerten Strohes wird durch diese Anordnung vermieden.
3. Eine Parallelogrammführung des Strohschlägers gewährleistet in Verbindung mit höhenverstellbaren Schleifkufen das Abschlagen der Stengel in einer vorwählbaren Höhe über dem Boden, **Bild 9**.
4. Die Führung der vier horizontal rotierenden Schlägermesser, **Bild 10**, in zwei übereinanderliegenden Ebenen bewirkt ein exaktes Zerkleinern der Maisstengel, **Bild 11**.
5. Der Zerkleinerungsgrad läßt sich durch Verstellen eines Auslaufbegrenzungsringes an der Rückwand des Strohschlägergehäuses (**Bild 9**) und durch Ändern der Fahrgeschwindigkeit des Mähdreschers einfach und sicher festlegen.
6. Der Kettenantrieb erlaubt das Ändern der Übersetzung von 1:1 (normale Verhältnisse) auf 1:2 (hoher Strohanfall, stärkere Zerkleinerung).

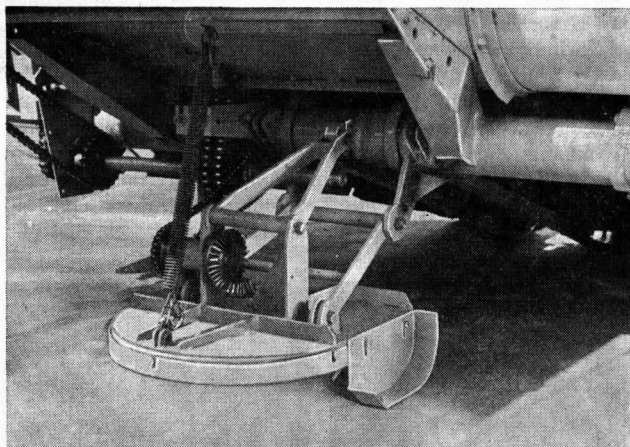


Bild 9. Parallelogrammführung und Antrieb des Maisstrohschlägers, angebaut unter dem Pflückvorsatz.

Die Gleitkufen sind in der Höhe verstellbar, ebenso der hintere Begrenzungsbogen am Auslauf.

Die Verwendung derartiger Strohschläger zum Anbau unter Pflückvorsätzen läßt erwarten, daß der Gesamtarbeitsaufwand für die Körnermaisernte einschließlich Kornabfuhr im „Pflückdrusch“-Verfahren um etwa 3 AK h/ha, d. h. bei vierreihigem Pflückdrusch auf insgesamt etwa 2,5 AK h/ha, gesenkt werden kann.

Diese Entwicklungen tragen dazu bei, die berechtigten Forderungen nach einer möglichst schlagkräftigen Bewältigung der Körnermaisernte zu erfüllen. Andererseits ergeben sich aus der hohen Schlagkraft erhebliche Probleme bei der konti-

nuierlichen Verarbeitung der dabei anfallenden hohen Erntegutmengen, so daß in der breiten Praxis nach wie vor die Konservierung häufig einen leistungsbegrenzenden Faktor für die Maisernte bildet.

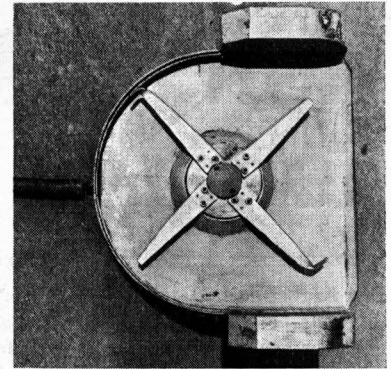


Bild 10. Form und Anordnung der in zwei Ebenen übereinander horizontal rotierenden Schlägermesser.



Bild 11. Arbeitsbild von Strohschlägern.

Im Hintergrund niedergebrosenes Maisstroh vom normalen Pflückdrusch, vorn abgeschlagene Maisstengel nach Einsatz des Strohschlägers

Probleme bei der Warmlufttrocknung von Körnermais

Neben den Verfahren der Einsäuerung von Körnermais könnte die Warmlufttrocknung auch in den Betrieben, welche ihren Mais verfüttern, dann verstärkt an Bedeutung gewinnen, wenn es gelänge, diese kostengünstig durchzuführen. Dazu gilt es in erster Linie die Kapitalkosten gering zu halten. Der Schlüssel hierzu liegt in der sinnvollen Leistungsfestsetzung der Trocknungsanlage, die eine volle Auslastung gewährleistet. Die Kapitalkosten können bei 7jähriger Abschreibung unter 1 DM/dz Trockengut liegen, ohne dabei Zugeständnisse an die Arbeitswirtschaft und an die Qualität des Trockengutes machen zu müssen. Entscheidend ist eine lange Einsatzdauer während der Kampagne sowie Tag- und Nachtbetrieb von preisgünstigen und auch bei extrem feuchtem Mais funktionstüchtigen Anlagen.

Das Hauptproblem der Maistrocknung liegt in dem hohen Feuchtegehalt des geernteten Körnermaises, der sich je nach Witterung, Klimalage und Maissorte zwischen 30% und 50% bewegt. Zur Trocknerauslegung wählt man das Mittel von 40%.

Tafel 3. Beziehung zwischen dem Feuchtegehalt des geernteten Körnermaises, dem Wärmeaufwand und dem zur Trocknung notwendigen Ölverbrauch bei einem spezifischen Wärmeaufwand von 1200 bzw. 1500 kcal/kg entzogenen Wassers. Ausgangsmasse des Feuchteguts, Wärmeaufwand und Ölverbrauch zur Erzielung von 1 dz Trockengut mit einem Feuchtegehalt von $U = 14\%$.

Feuchtegehalt U %	Ausgangsmasse des Feuchteguts dz	Wasserentzug kg	Wärmeaufwand bei spez. Wärmeaufwand von		Ölverbrauch ($H_u = 10\,000$ kcal/kg) bei spez. Wärmeaufwand von	
			1 200 kcal/kg H_2O kcal/dz	1 500 kcal/kg H_2O kcal/dz	1 200 kcal/kg kg/dz	1 500 kcal/kg kg/dz
Feuchtmals 20 25 30 35 40 45 50 55 60 70 80 90	1,075	7,5	9 000	11 250	0,9	1,1
	1,146	14,6	17 500	21 900	1,75	2,2
	1,228	22,8	27 300	34 200	2,73	3,4
	1,323	32,3	38 900	48 500	3,89	4,8
	1,432	43,2	51 900	64 800	5,19	6,5
	1,562	56,2	67 500	84 300	6,75	8,4
	1,720	72,0	86 400	108 000	8,64	10,8
	1,910	91,0	109 000	136 500	10,9	13,6
	2,15	115	138 000	172 500	13,8	17,2
	2,87	187	225 000	281 000	22,5	28,1
	4,30	330	396 000	495 000	39,6	49,5
8,60	760	912 000	1 140 000	91,2	114,0	

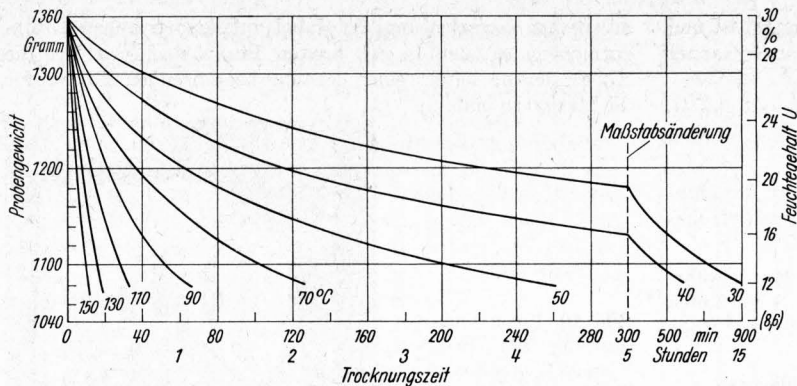


Bild 12. Trocknungsverlauf von Körnermaisproben bei verschiedenen Trocknungslufttemperaturen und konstanter Luftgeschwindigkeit.

Maissorte Inti
 Sortierung: Rundlochsiebe
 Obersieb 12 mm
 Untersieb 10 mm
 Schütthöhe: 20 mm
 Luftgeschwindigkeit: 0,26 m/s
 Warmlufttemperatur: 30° bis 150°C
 Beimengungen: keine
 Verfärbung des Gutes: keine

Der Körnermais ist bei diesen Erntegutfeuchten nur sehr beschränkt haltbar und muß in der Regel spätestens einen Tag nach der Ernte getrocknet werden. **Tafel 3** zeigt, welche Wassermengen dem Feuchtgut bei unterschiedlichen Ausgangsfeuchten zu entziehen sind und welcher Wärmeaufwand zur Erlangung von 1 dz Trockengut mit 14% Feuchtegehalt nötig ist.

Bei der Maistrocknung in konventionellen Anlagen schwankt der spezifische Wärmeaufwand zwischen 1200 und 1500 kcal/kg Wasserentzug. Beide Grenzfälle wurden in **Tafel 3** berücksichtigt. Die für eine Trocknungsleistung von 1 dz/h benötigte Wärmemenge läßt sich den Spalten „Wärmeaufwand“ dieser **Tafel** entnehmen. Für beliebig gewünschten Trockengutdurchsatz kann die notwendige Heizleistung des Trocknerofens durch entsprechende Vervielfachung der Werte in **Tafel 3** errechnet werden. Sehr wesentlich ist die Tatsache, daß zur Trocknung von 1 dz Mais von 40% auf 14% mehr als die 5fache Wassermenge zu entziehen ist, als bei der Getreidetrocknung von 20% auf 14%. Hieraus erklärt sich auch der entsprechend höhere Energieaufwand bei der Maistrocknung. Zur Bestimmung der Stundenleistung des Trockners ist von einem 24stündigem Einsatz pro Tag und von mindestens 20 Trocknungstagen pro Jahr auszugehen, wenn die Kapitalkosten den oben erwähnten Betrag nicht überschreiten sollen. Besonders teure Anlagen verlangen natürlich eine entsprechend längere Einsatzdauer.

Ein weiteres Problem bildet die Wahl der Trocknungslufttemperatur. **Bild 12** zeigt, wie stark die Trocknungsgeschwindigkeit bei zunehmender Trocknungslufttemperatur ansteigt. Je höher die Trocknungslufttemperatur, desto geringer ist die benötigte Luftmenge zum Entzug einer bestimmten Wassermenge. Dementsprechend kann bei Anwendung höherer Trocknungslufttemperaturen auch der Trocknungsbehälter für eine bestimmte Leistung kleiner gehalten werden, wodurch die Kapitalkosten der Trocknung gesenkt werden können. Diese Tatsache ist von großer Bedeutung für den Trockner im landwirtschaftlichen Betrieb, der durch seine meist schlechte Auslastung hohe Kapitalkosten verursacht. Fahrbare Trocknungsanlagen, meist in der Hand von Lohnunternehmern, die auch die Trocknung der Maisernte übernehmen, müssen möglichst kleine Trocknungsbehälter haben, um den Transport zu vereinfachen und damit zu verbilligen.

Den trocknungstechnischen Vorzügen der Verwendung höherer Trocknungslufttemperaturen steht jedoch die Gefahr der Wertminderung des Trocknungsgutes durch zu lange Einwirkungszeiten bestimmter Temperaturen auf das Korn gegenüber. In Schweinemastversuchen wird in Zusammenarbeit mit der Landesanstalt für Tierzucht in Grub diesen Fragen nachgegangen. Zu diesem Zweck wurde in Satz- und Durchlauftrocknern verschieden reifes Erntegut mit Temperaturen, gestaffelt bis zu 150°C, bei einer Luftgeschwindigkeit von 0,4 m/s getrocknet. Untersuchungen auf Alkoholergiebigkeit zeigten, daß die Anwendung höherer Temperaturen auch im Satz- und Durchlauftrockner nicht die gefürchtete Schädigung im energetischen Teil des Mais brachte. Stärkeanalysen untermauern diese Erkenntnis.

Eine Eiweißschädigung trat unter bestimmten Trocknungsbedingungen ein. Lysin zeigt sich hier als besonders gefährdet. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Tierphysiologie der Universität München (Direktor: Prof. Dr. Brüggemann) konnte eine Beziehung zwischen der Wertminderung des Eiweißes (veranschaulicht im Fütterungsversuch) und der analytischen Lysinbestimmung geschaffen werden. Diese Korrelation ermöglicht die kostengünstige Untersuchung eines breiten Spektrums von Trocknungsproben.

Bei zum Verkauf bestimmten Körnermais beeinflusst u. a. das Aussehen des Gutes den Preis. Zu hohe Trocknungsgeschwindigkeiten bewirken Verfärbungen am Korn und einen hohen Bruchkornanteil. Braunverfärbung der Körner tritt bei unreifem Mais schon bei relativ geringen Temperaturen auf. Ungenügend abgereifter Mais bildet bei Verwendung hoher Trocknungsgeschwindigkeiten Hohlräume im Korninneren, **Bild 13**. Das Schüttgewicht verringert sich dadurch entsprechend. Außerdem führen überhöhte Trocknungslufttemperaturen besonders bei sehr feuchten Maiskörnern zum Aufplatzen, **Bild 14**.

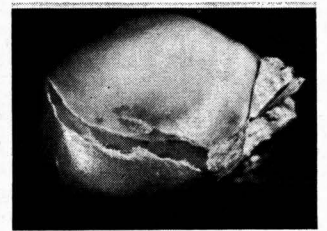
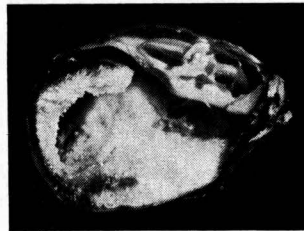


Bild 13 (links). Schnitt durch unreifes Maiskorn, das bei 150°C und 1,0 m/s Luftgeschwindigkeit getrocknet wurde, zeigt Verfärbungen und Hohlräume.

Bild 14 (rechts). Bei überhöhten Trocknungslufttemperaturen (150°C, $v_L = 1,5$ m/s) neigen besonders sehr feuchte Maiskörner zum Aufplatzen.

Im Mittelpunkt der weiteren Arbeit in der Körnermaistrocknung steht die Abgrenzung der höchstzulässigen Trocknungsgeschwindigkeiten bei verschiedenen Temperaturen, Gutschichtstärken und Reifegraden auf ein Maß, welches eine Futterwertminderung und eine negative Beeinflussung des Aussehens von Trockengut ausschließt und eine möglichst hohe Wirtschaftlichkeit der Warmlufttrocknung berücksichtigt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Untersuchungen und Entwicklungsarbeiten dazu beigetragen haben, einen hohen Stand der Mechanisierung des Maisanbaues und damit eine höhere Schlagkraft bei den einzelnen Arbeitsgängen sowie die sichere Ausnutzung der vorhandenen Arbeitsspannen sowohl in den traditionellen als auch in den neu hinzugekommenen Anbaugeschieden zu erreichen. Für die in ungünstigen Anbaugeschieden noch bestehenden Probleme bei der Saat und Konservierung stehen Lösungen in Aussicht, die auch dort einen ertragreichen Maisanbau sicherstellen werden.



© VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1969

Schriftleitung: Oberg. Theodor Stoppel, Braunschweig

Printed in Germany. Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil dieser Schriftenreihe darf in irgendeiner Form — durch Photokopie, Mikrokopie oder ein anderes Verfahren — ohne schriftliche Genehmigung des Verlages, auch nicht auszugsweise, reproduziert werden. — All rights reserved (including those of translation into foreign languages). No part of this issue may be reproduced in any form, by photoprint, microfilm, or any other means, without written permission from the publishers. — Gesamtherstellung: Hang-Druck, Düsseldorf.