

# Erkenntnisse aus Untersuchungen an einer neuen Bodenbearbeitungsmaschine.

Von Karlheinz Köller und Reinhard Reich,  
Stuttgart-Hohenheim\*)

Mitteilung aus dem Sonderforschungsbereich 140 – Landtechnik "Verfahrenstechnik in der Körnerfruchtproduktion" der Universität Hohenheim

DK 631.316:631.51

Eine der wichtigsten Aufgaben der Bodenbearbeitung besteht heute darin, Pflanzenrückstände, besonders Stroh, so in den Boden einzumischen, daß sie einerseits gut verrotten und andererseits einen störungsfreien Einsatz von Saatbettbereitungs- und Sägeräten ermöglichen. Besonders bei Verzicht auf den Einsatz des Pfluges hat das Einarbeiten organischen Materials auch großen Einfluß auf das Lockern und Zerkleinern des Bodens. Aus diesen Gründen hat das Stroheinarbeiten eine besondere Bedeutung in der Verfahrenstechnik der Körnerfruchtproduktion. Das führte zur Entwicklung einer Bodenbearbeitungsmaschine, die in einem Arbeitsgang Stroh einmischt, den Boden lockert und zerkleinert.

In dieser Arbeit werden Ergebnisse aus Feldversuchen mit dieser Maschine veröffentlicht.

## 1. Einleitung

Im Zusammenhang mit der allgemeinen Diskussion über Möglichkeiten der Strohverwertung wurde in den letzten Jahren besonders das Einarbeiten des Strohs in den Boden zur Verbesserung bzw. Erhaltung verschiedener bodenbiologischer und -physikalischer Eigenschaften diskutiert.

Einen zusammenfassenden Überblick und den derzeitigen Erkenntnisstand sowohl hinsichtlich verschiedener Formen der Strohverwertung als auch bezüglich verschiedener Aspekte der Strohdüngung bietet neben den verschiedenen anderen Publikationen die KTBL-Schrift "Möglichkeiten der Strohverwertung" [1].

Derzeit verbleiben etwa 30 % des in der Bundesrepublik Deutschland anfallenden Strohs auf dem Acker und werden in den Boden eingearbeitet. Geht man davon aus, daß aus pflanzenbaulicher Sicht eine Strohdüngung hinsichtlich ihrer Wirkung sowohl auf den Boden als auch auf die Pflanzenentwicklung grundsätzlich positiv zu beurteilen ist, und eine Vielzahl entsprechender Versuche beweist dies, so ist sie letztlich nur als technisches Problem zu betrachten. Diese Betrachtungsweise erscheint zulässig, sind doch das Zerkleinern, Verteilen und Einarbeiten des Strohs grundlegende Voraussetzungen für eine optimale Strohdüngung.

Aus diesem Grunde wurden in den letzten Jahren am Lehrstuhl für Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion des Institutes für Agrartechnik der Universität Hohenheim im Rahmen des DFG-

\*) Dipl.-Ing. agr. Karlheinz Köller und Dipl.-Ing. R. Reich sind wissenschaftliche Mitarbeiter im Sonderforschungsbereich 140 (Fachgebiet: Verfahrenstechnik der Pflanzenproduktion) der Universität Hohenheim.

Sonderforschungsbereiches 140 verschiedene Untersuchungen hinsichtlich der Strohbearbeitung durchgeführt. Dabei wurden neben grundlegenden Untersuchungen auch verschiedene Feldversuche mit Geräten zur Strohbearbeitung angelegt. Erste Erfahrungen und Schlußfolgerungen aus diesen Versuchen führten zur Entwicklung und Erstellung einer Versuchsmaschine zur Stroheinarbeitung, und über Erfahrungen bei deren Einsatz soll nachfolgend berichtet werden.

## 2. Aufgabenstellung

Die wichtigste Aufgabe der Technik im Hinblick auf eine optimale Wirkung der Strohdüngung liegt im gleichmäßigen Verteilen des Strohs im Boden, um einen ausreichenden Kontakt zwischen Stroh und Boden zu ermöglichen.

Diese Aufgabe wird von den in der Praxis verwendeten Geräten nicht immer erfüllt, was, abgesehen von standörtlichen Besonderheiten, häufig darauf zurückzuführen ist, daß das Stroh vor dem Einarbeiten weder ausreichend zerkleinert noch gleichmäßig verteilt wird.

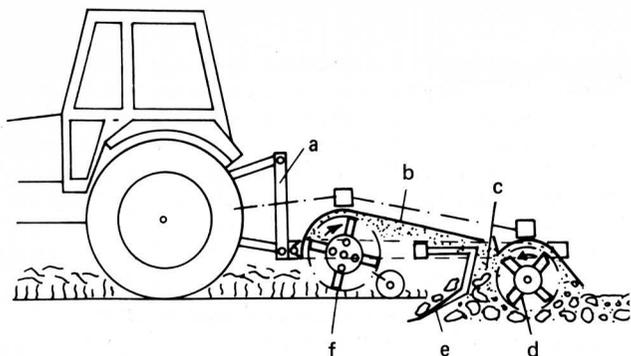
Aus diesem Grunde stellte sich bei der Entwicklung einer Versuchsmaschine nicht nur die Forderung nach einem gleichmäßigen Einmischen des Strohs in den Boden, sondern es sollten auch Voraussetzungen für ein ausreichendes Zerkleinern und Verteilen des Strohs geschaffen werden. Mit der Lösung dieser Aufgaben wurden folgende Ziele angestrebt:

1. Schaffung optimaler Voraussetzungen für das Verrotten des Strohs im Boden.
2. Reduzierung des Strohanteils auf der Bodenoberfläche, um einen störungsfreien Einsatz von Saatbettbereitungs- und Sägeräten ohne vorhergehende Pflugfurche zu ermöglichen.

## 3. Beschreibung der Versuchsmaschine und des Verfahrens

An dieser Stelle soll nur kurz auf die Beschreibung des Verfahrens und der Maschine eingegangen werden. Nähere Einzelheiten wurden bereits in verschiedenen Veröffentlichungen dargestellt [2, 3, 4].

**Bild 1** zeigt schematisch den Aufbau der Maschine. An ihrem Grundrahmen a befinden sich ein gelenkig angebrachter Schlegelhäcksler f, dahinter eine Reihe nebeneinander angeordneter Grubberzinken e mit einem Strichabstand von 45 cm sowie eine Fräse d. Die Zinken lassen sich in Längs- und Querrichtung und im Anstellwinkel verstellen, die Fräse ist hinsichtlich der Werkzeuggeschwindigkeit und der Arbeitstiefe variabel. Diese unabhängig voneinander wählbaren Einstellmöglichkeiten beeinflussen entscheidend die Stroheinarbeitung und ermöglichen, wie bei keinem anderen Gerät, die Berücksichtigung verschiedener Ausgangsbedingungen.

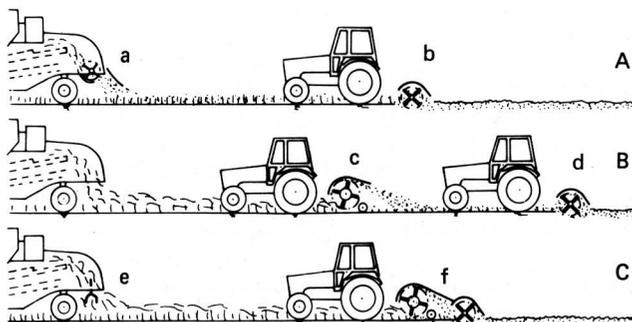


**Bild 1.** Schematischer Aufbau der Versuchsmaschine.

- |   |                    |
|---|--------------------|
| a Grundrahmen                               | d Fräse            |
| b Leitblech                                 | e Grubberzinken    |
| c Mischaum zwischen Grubberzinken und Fräse | f Schlegelhäcksler |

Wie aus dem Bild ersichtlich, wird das gehäckselte Stroh unter einem Leitblech b in den Raum c zwischen Grubberzinken und Fräse gefördert. Dort erfolgt eine Vermischung mit den groben Schollen, die die Zinken aus dem Boden herausbrechen. Ein Teil des Strohs wird in die zurückbleibenden Hohlräume geblasen und gelangt bis zur Bearbeitungstiefe der Zinken (ca. 20 cm). In der von der Fräse bearbeiteten Schicht (ca. 10 cm) werden Stroh und Boden intensiv vermischt. Die Maschine wird am Dreipunktgestänge des Schleppers befestigt. Zur Regelung der Arbeitstiefe der Zinken in Schwimmstellung sind am Grundrahmen Stützräder angebracht.

Das Verfahren zur Stroheinbringung in den Boden unter Verwendung der Kombination aus Häcksler, Grubber und Fräse unterscheidet sich von den bisher in der Praxis üblichen Verfahren. In Bild 2 sind verschiedene Möglichkeiten dargestellt. Der wichtigste Unterschied zwischen den Verfahren A und B einerseits, die in der Praxis am gebräuchlichsten sind, und dem Verfahren C andererseits liegt darin, daß in Variante C das Zerkleinern und das Einarbeiten des Strohs in einer Maschinenkombination zusammengefaßt sind. Das Verteilen des Strohs übernimmt ein Langstrohverteiler am Mähdröschler. (Die Arbeitsbreite des verwendeten Mähdröschers betrug 3 m). Das auf diese Weise breitgestreute Langstroh ist nicht so windanfällig wie gehäckseltes Stroh und ermöglicht eine gleichmäßige Verteilung auf der Feldoberfläche. Sie ist die wichtigste Voraussetzung für ein gleichmäßiges Einmischen in den Boden. Letzteres wird gewährleistet durch die enge Zuordnung von Strohhäcksler und Einarbeitungsgerät. Das Häckseln in Verbindung mit dem Einarbeiten hat außer der zusätzlichen Zerkleinerung der Strohstoppel den Vorteil, daß Störungen durch Verstopfungen der Einarbeitungswerkzeuge nicht auftreten können, da das Stroh nicht in einer Schicht vorliegt, sondern dem Einarbeitungsgerät zugeführt wird.



**Bild 2.** Verschiedene Verfahren für die Strohdüngung.

- A: Zerkleinern und Verteilen des Strohs durch Strohhäcksler am Mähdröschler a, Einarbeiten des Strohs durch Fräse b  
 B: Zerkleinern durch Schlegelhäcksler c, Einarbeiten durch Fräse d  
 C: Verteilen durch Langstrohverteiler e, Zerkleinern und Einarbeiten durch Maschinenkombi. f

#### 4. Versuchsdurchführung

Die beschriebene Maschine sowie das darauf aufbauende Verfahren wurden drei Jahre lang im Rahmen von langfristigen Feldversuchen eingesetzt. Der Einsatz erfolgte in Hohenheim auf einem schluffigen Lehm Boden in einer Fruchtfolge bestehend aus Körnermais, Winterweizen und Sommergerste.

Im Hinblick auf die spätere Diskussion der Versuchsergebnisse ist es wichtig, darauf hinzuweisen, daß die Maschine nachträglich in ein schon bestehendes Feldversuchsprogramm übernommen wurde. Aus versuchstechnischen Gründen blieb keine andere Wahl, als sie auf einer Teilfläche einzusetzen, die nicht nur den höchsten Schluffgehalt der gesamten Versuchspartelle aufwies, sondern sich auch in einer ausgeprägten Senke befand. Darauf zurückzuführen sind im Vergleich mit den übrigen Teilflächen höhere Bodenfeuchtegehalte, langsamere Erwärmung sowie Verschlammungs- und Erosionserscheinungen, die sich z.B. nachteilig auf den Zerkleinerungseffekt, den Pflanzenaufgang und -ertrag auswirken können.

Nach Ernte der genannten Fruchtarten wurde das Stroh in einem Arbeitsgang mit der Maschinenkombination in den Boden eingemischt. Die Arbeitstiefe der Grubberzinken betrug 20 cm, die der Fräse 10 cm, die Fahrgeschwindigkeit lag bei 5 km/h. Im Anschluß an die Stroheinbringung wurde nach Körnermais Winterweizen gesät. Auf der Weizen- bzw. Gerstenparzelle erfolgte ca. 3 Wochen nach der Stroheinbringung ein Arbeitsgang mit einer Eggenkombination, um Ausfallgetreide und Unkraut zu bekämpfen. Danach blieben diese Felder bis zum Saatzeitpunkt im Frühjahr un bearbeitet, d.h. es wurde nach Einsatz der Versuchsmaschine keine tiefere Bearbeitung durchgeführt. Im Frühjahr wurde das Saatbett mit einer herkömmlichen Eggenkombination bearbeitet und anschließend mit einer Drill- bzw. Einzelkornsämaschine eingesät.

Über den gesamten Versuchszeitraum wurden der Arbeitseffekt der Maschine und der Einfluß des Verfahrens auf den Ernteertrag ermittelt.

Zunächst wurde nach der Stroheinbringung der Mischeffekt der Maschine bestimmt. Hierzu wurden über der gesamten Arbeitstiefe mit Hilfe eines Stechrahmens (20 x 30 cm) jeweils 5 cm starke Schichten des Boden-Stroh-Gemisches entnommen. Das Stroh wurde anschließend ausgewaschen, getrocknet und gewogen. Auf diese Weise konnte die Strohverteilung über die Arbeitstiefe ermittelt werden.

Außerdem wurde der Lockerungseffekt der Maschine erfaßt. Über das ganze Jahr verteilt wurde zu verschiedenen Zeitpunkten auf den entsprechenden Versuchspartellen die Festigkeit des Bodens in unterschiedlichen Tiefen gemessen. Diese Messungen wurden mit einem Penetrometer (Cone-Penetrometer, Fa. Soiltest, Evanston/III. USA) durchgeführt. Schließlich wurde der Zerkleinerungseffekt der Maschine mit Hilfe der Schollensiebanalyse bestimmt [5].

Neben den genannten Untersuchungen zur Charakterisierung des Arbeitseffektes wurde auch der Ertrag im Hinblick auf die Bereitstellung von Grundlagen zur ökonomischen Beurteilung des vorgestellten Verfahrens ermittelt.

#### 5. Versuchsergebnisse

Die Versuchsergebnisse des neuen Verfahrens werden im folgenden mit denen verglichen, die zum gleichen Zeitpunkt unter gleichen Bedingungen auf dem gleichen Standort mit einem Pflugverfahren gewonnen wurden. Dieses Verfahren beinhaltet Häckseln und Verteilen des Strohs nach der Ernte mit einem Schlepper-Anbauhäcksler, Stroheinarbeiten mit der Fräse (t = 10 cm), einen Arbeitsgang mit einer Eggenkombination zur Unkrautbekämpfung, das Pflügen im Herbst (t = 20 cm). Mit dem Pflügen wurde das eingefräste Stroh in einer Bodenschicht von 20 cm verteilt, so daß danach die Strohverteilung im Boden, als Vergleichsgrundlage für das neue Verfahren, zu ermitteln war. Die Saat erfolgt nach zweimaligem Einsatz einer Eggenkombination mit einer Drill- bzw. Einzelkornsämaschine.

## 5.1 Strohearbeitung

Ausgehend von einer gleichmäßigen Stroheinmischung in den Boden als Voraussetzung für eine optimale Verrottung sowie von einem maximal zulässigen Strohananteil auf der Bodenoberfläche, lassen sich für jeden Standort anzustrebende Idealverteilungen für das Strohearbeiten aufstellen.

Aufgrund von Verrottungsversuchen und Erfahrungen beim Einsatz verschiedener Saatbettbereitungsgeräte auf strohgedüngten Flächen ohne vorhergehende Pflugfurche werden hinsichtlich einer optimalen Strohearbeitung für den Standort Hohenheim folgende Forderungen gestellt: Gleichmäßiges Einnischen des Stroh in die Bodenschicht 0–20 cm bei einem maximal zulässigen Strohananteil auf der Bodenoberfläche von 10 % (ausgehend von Strohmengen bis zu 120 dt/ha).

Zur Beurteilung der bei den verschiedenen Verfahren erreichten Güte der Strohearbeitung wird jeweils die Verteilung des Stroh im Boden ermittelt und mit der durch die vorstehende Forderung bestimmten Idealverteilung verglichen. Als Kennwert  $\sigma$  für die Güte der Strohearbeitung wird die mittlere quadratische Abweichung der tatsächlichen Verteilung von der Idealverteilung verwendet. Je kleiner  $\sigma$  wird, um so mehr nähert sich das tatsächliche Ergebnis der Idealverteilung an, je größer es wird, um so schlechter ist das Ergebnis zu beurteilen.

In **Tafel 1** werden die Strohearbeitungsergebnisse des neuen Verfahrens denen des Pfluges gegenübergestellt. Es ist zu erkennen, daß (bei vergleichbaren Strohmengen) die Stroheinmischung mit dem neuen Verfahren wesentlich gleichmäßiger ist. Dieses ist hauptsächlich auf die Förderung des Stroh über den Häcksler in den "Mischraum" der Maschine und in die von den Grubberzinken geschaffenen Hohlräume im Boden zurückzuführen. Dazu tragen aber auch die deutlich geringere mittlere Häcksellänge und eine gleichmäßigere Verteilung des Stroh nach der Ernte bei. Es konnte in jedem Versuchsjahr nachgewiesen werden, daß, bedingt durch das neue Verfahren, eine bessere Zerkleinerung (zusätzliches Zerschlagen der Stoppel) und Verteilung (Langstrohverteiler) des Stroh möglich waren. Diese Ergebnisse sind in den **Tafeln 2 und 3** dargestellt.

	Gerstenstroh		Weizenstroh		
	1976	1977	1975	1976	1977
Neues Verfahren	4,6	5,8	9,0	8,5	5,0
Pflugverfahren	24,2	11,1	37,8	19,5	18,8

**Tafel 1.** Strohearbeitungskennziffer  $\sigma$  (%) verschiedener Verfahren.

	Gerstenstroh		Weizenstroh		
	1976	1977	1975	1976	1977
Neues Verfahren	4,1	4,1	4,9	3,9	3,9
Pflugverfahren	6,6	7,1	4,1	5,2	5,2

**Tafel 2.** Mittlere Häcksellänge (cm) verschiedener Verfahren.

	Gerstenstroh		Weizenstroh		
	1976	1977	1975	1976	1977
Neues Verfahren	15,8	10,1	4,6	7,2	4,4
Pflugverfahren	21,3	27,4	33,4	34,7	31,8

**Tafel 3.** Strohverteilung (Standardabweichung in %) auf dem Feld vor der Einarbeitung.

Demgegenüber hatten die Strohmenge (im Bereich 40–120 dt/ha), die Bodenfeuchte sowie die Festigkeit und Aggregatgröße des Bodens keinen nachweisbaren Einfluß auf das Ergebnis der Strohearbeitung mit der Versuchsmaschine.

Die neue Maschine hinterläßt nach der Strohearbeitung eine Feldoberfläche, die einen störungsfreien Einsatz einer nachfolgenden Drillmaschine ermöglicht, **Bild 3**.

Aufgrund der gleichmäßigen Stroheinmischung über 0–20 cm Tiefe war das gesamte Stroh in jedem Versuchsjahr nach Ende der Vegetationsperiode verrottet. Auf der Pflugparzelle dagegen wurde, bedingt durch die ungleichmäßige Einbringung (der größte Teil des Stroh befindet sich stets in der Schicht 15–20 cm), das Stroh weniger abgebaut. Dies zeigt sich deutlich in jedem Herbst, wenn beim Pflügen größere Mengen unverrotteten Stroh von der vorjährigen Ernte an die Oberfläche gewendet werden.

Gleich gute Ergebnisse bei der Strohearbeitung wie mit dem neuen Verfahren können unter günstigen Bedingungen auch mit Grubberverfahren (ohne Pflugfurche) erreicht werden, die aber in der Praxis nicht so verbreitet sind wie das beschriebene Pflugverfahren.

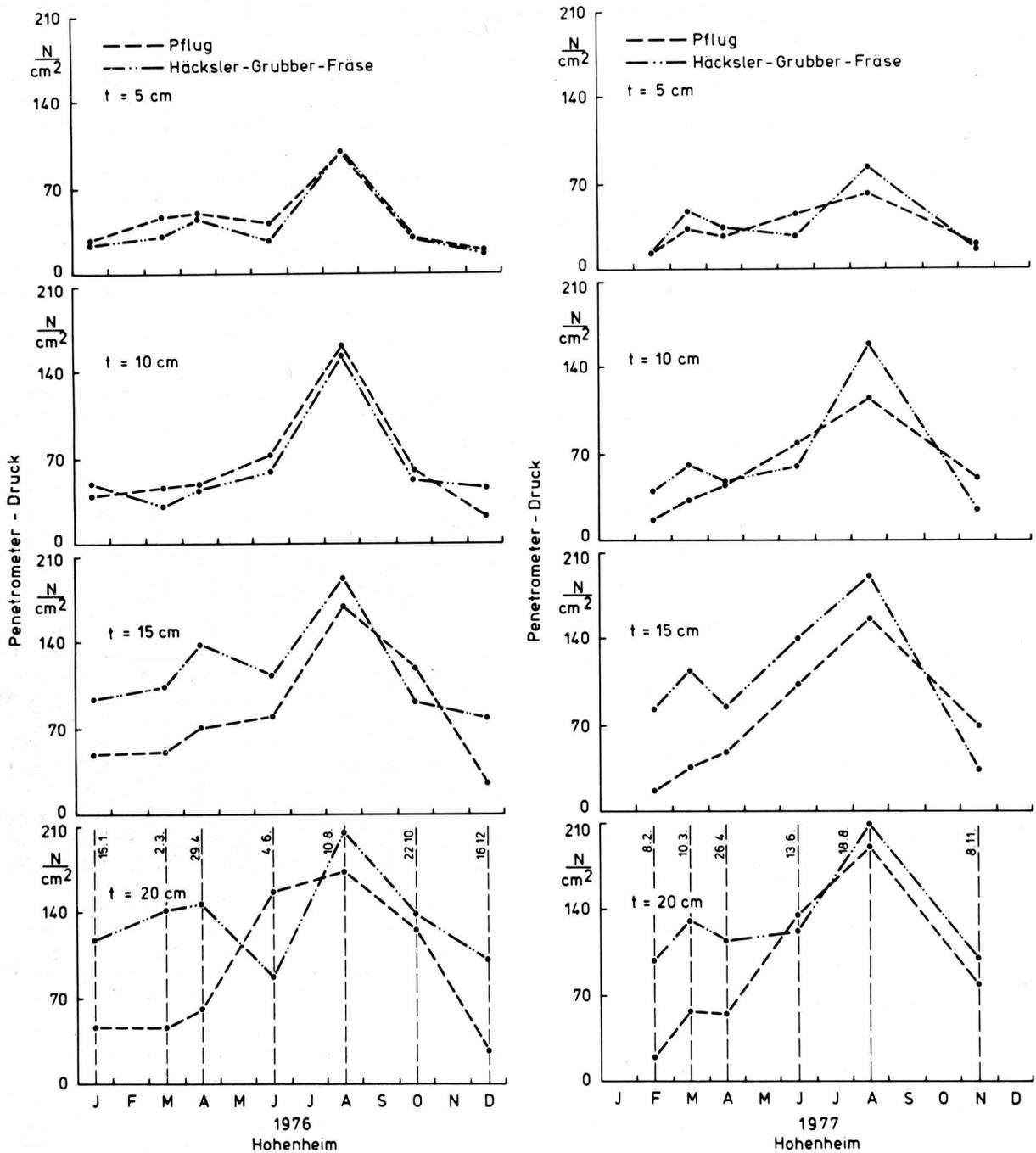


**Bild 3.** Feld mit Getreidestroh vor und nach Bearbeitung mit der Versuchsmaschine.

## 5.2 Bodenlockerung

Zur Ermittlung des Lockerungseffektes der Versuchsmaschine sowie des Pfluges wurde zu verschiedenen Zeitpunkten eines Jahres in unterschiedlichen Tiefen die Bodenfestigkeit mit Hilfe eines Penetrometers ermittelt. In **Bild 4** sind die entsprechenden Meßwerte für die Jahre 1976 und 1977 dargestellt. Ein Meßpunkt gibt jeweils den Mittelwert aus zehn Messungen wieder. Es ist zu erkennen, daß die Werte beider Varianten mit zunehmender Bodentiefe ansteigen und jeweils im Sommer ihr Maximum erreichen.

Versucht man bei gleicher Tiefe zwischen den Verfahren zu differenzieren, so ist festzustellen, daß in 5 cm Tiefe, und dies gilt für jeden Meßpunkt, keine gesicherten Unterschiede zwischen Pflug und Versuchsmaschine bestehen. Diese Aussage gilt auch noch für 10 cm Tiefe. Dagegen deuten in 15 cm Tiefe die höheren Werte für die Versuchsmaschine auf einen besseren Lockerungseffekt des Pfluges hin, der sich besonders deutlich in 20 cm Tiefe abzeichnet. Bezüglich der Bodenlockerung sind Pflug und Maschine bis zu einer Tiefe von 10 cm als gleichwertig zu bezeichnen. In den darunter liegenden Schichten wird der Boden durch den Pflug stärker gelockert. Die geringere Lockerung durch die neue Maschine in diesem Bereich ist auf den Strichabstand der Grubberzinken von 45 cm zurückzuführen, der unter feuchten Bedingungen einen nur unvollständigen Bodenaufbruch ermöglicht.



**Bild 4.** Bodenfestigkeit im Ablauf des Jahres nach unterschiedlicher Bearbeitung.

### 5.3 Saatbettbereitung

Ein wichtiges Kriterium zur Beurteilung eines Saatbettes ist die Größe der Bodenaggregate [5]. Da sie eine Funktion des Zerkleinerungseffektes von Bodenbearbeitungsgeräten ist, ermöglicht ein Vergleich der mittleren Größe der Bodenaggregate eine Beurteilung der Eignung eines Gerätes für die Saatbettbereitung.

**Tafel 4** zeigt die Werte für die mittlere Größe der Bodenaggregate nach Bearbeitung mit der Versuchsmaschine und dem Pflug. Sie wurden vor der Saatbettbereitung zu den angegebenen Fruchtarten im Frühjahr bzw. Herbst ermittelt und sind dargestellt als gewogener mittlerer Durchmesser  $d_m$ .

	Winterweizen			Sommergerste			Mais		
	1975	1976	1977	1975	1976	1977	1975	1976	1977
Neues Verfahren	56,7	39,4	34,2	48,2	8,6	44,0	31,6	9,4	49,0
Pflugverfahren	86,1	75,1	74,1	—	73,2	55,3	—	77,8	82,0

**Tafel 4.** Gewogener mittlerer Durchmesser der Bodenaggregate  $d_m$  (mm) verschiedener Verfahren vor der Saatbettbereitung.

Es ist zu erkennen, daß der Zerkleinerungseffekt der Versuchsmaschine gegenüber dem des Pfluges deutlich besser ist. Für die Praxis ergibt sich daraus als Vorteil die Einsparung mindestens eines Arbeitsganges zur Saatbettbereitung bei Verwendung herkömmlicher Eggenkombinationen.

Vergleichende Untersuchungen haben ergeben, daß der Zerkleinerungseffekt der Versuchsmaschine mehr durch die Bodenfeuchte als durch die Bodenfestigkeit beeinflusst wird. So wurden im untersuchten Feuchtebereich bei einem Feuchtegehalt (Massenanteil) von 18 % die kleinsten und bei 25 % die größten Aggregate erzeugt.

Zur Saatbettbereitung wurde bei beiden Bearbeitungsvarianten eine gezogene Eggenkombination eingesetzt, auf der Pflugparzelle in zwei Arbeitsgängen, nach Einsatz der Versuchsmaschine in nur einem Arbeitsgang.

Tafel 5 zeigt die mittlere Größe der Bodenaggregate nach der Saatbettbereitung (ermittelt aus der Bodenschicht 0–9 cm) vor der Saat von Sommergerste und Mais. Die entsprechenden Ergebnisse vor der Weizensaat werden nicht ausgewiesen, da unterschiedliche Saatbettbereitungsgeräte eingesetzt wurden.

Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Anzahl an Arbeitsgängen zur Saatbettbereitung lassen sich die Ergebnisse als vergleichbar interpretieren, sieht man von dem relativ hohen Wert für das neue Verfahren im Jahr 1977 für Mais ab. Dieser ist auf die Besonderheiten (höherer Schluffgehalt, höherer Bodenfeuchtegehalt z.Zt. der Bearbeitung) der entsprechenden Versuchspartelle zurückzuführen und nicht dem Verfahren anzulasten.

Es liegt nahe, von der Größe der Bodenaggregate eines Saatbettes Beziehungen zum Pflanzenaufgang herzustellen. Betrachtet man die in Tafel 6 aufgeführten Pflanzenzahlen/m<sup>2</sup> von Sommergerste und Mais vor dem Hintergrund der in Tafel 5 angegebenen Durchmesser der Bodenaggregate, so ist zu erkennen, daß trotz nahezu gleicher Größe der Bodenaggregate Unterschiede im Pflanzenaufgang zwischen den beiden Bearbeitungsvarianten festzustellen sind.

Die stets geringeren Pflanzenzahlen nach Bearbeitung mit der Versuchsmaschine sind auf die genannten Besonderheiten der Versuchspartelle, besonders auf die Verschlämmungserscheinungen, die stellenweise den Totalausfall von Pflanzen zur Folge hatten, zurückzuführen.

	Sommergerste		Mais	
	1976	1977	1976	1977
Neues Verfahren	17,5	8,6	6,9	14,0
Pflugverfahren	12,8	9,2	6,7	7,5

Tafel 5. Gewogener mittlerer Durchmesser der Bodenaggregate  $d_m$  (mm) verschiedener Verfahren nach der Saatbettbereitung.

	Sommergerste		Mais	
	1976	1977	1976	1977
Neues Verfahren	310	310	8,3	10,7
Pflugverfahren	381	369	9,1	12,4

Tafel 6. Pflanzenzahl/m<sup>2</sup> nach Einsatz verschiedener Verfahren.

	Sommergerste			Mais			Winterweizen		
	1976	1977	1978	1976	1977	1978	1976	1977	1978
Neues Verfahren	90	102	96	79	92	—	103	110	95
Pflugverfahren	100	100	100	100	100	—	100	100	100

Tafel 7. Kornträge (rel.) nach Einsatz verschiedener Verfahren.

## 5.4 Pflanzenertrag

Trotz aller Kritik an Ertragsvergleichen werden in Tafel 7 die Kornträge verschiedener Fruchtarten nach unterschiedlicher Bearbeitung dargestellt. Sie sollen als Grundlage einer ökonomischen Beurteilung des neuen Verfahrens dienen. Ein Einsatz des neuen Verfahrens kann ökonomisch dann interessant sein, wenn nach Einsatz der Versuchsmaschine zur Stroheinarbeitung auf eine folgende Bearbeitung, z.B. durch den Pflug, verzichtet wird.

Ohne zu stark zu vereinfachen, läßt sich feststellen, daß die Ertragsunterschiede sämtlicher Fruchtarten, bis auf die von Sommergerste und Mais im Jahre 1976, die auf die genannten Verschlämmungserscheinungen zurückzuführen sind, innerhalb der Grenzen liegen, die durch die Bodenunterschiede, Fehler bei Saat, Düngung, Pflege und Ernte sowie bei entsprechenden Probenahmen abgesteckt sind.

Unter den genannten Bedingungen führt der Einsatz des neuen Verfahrens nicht zu Ertragsminderungen, die auf das Verfahren selbst zurückzuführen wären.

Allgemein bleibt also eine Ertragsgleichheit der beiden vorgestellten Verfahren festzuhalten. Differenziert man nach den Fruchtarten, so läßt sich eine relative Vorzüglichkeit des Anbaus von Winterweizen mit Hilfe des neuen Verfahrens erkennen.

## 5.5 Leistungsbedarf

Eine Gesamtbeurteilung eines Gerätes muß auch eine Aussage über dessen Leistungsbedarf enthalten. An der Stroheinarbeitungsmaschine wurden deshalb entsprechende Zugkraft- und Drehmomentmessungen durchgeführt. Die daraus ermittelten Werte für die Antriebsleistung der einzelnen Aggregate sowie für die Gesamtleistung sind in Bild 5 und 6 dargestellt. Alle Angaben gelten für eine Arbeitsbreite von 1,8 m.

Im Bild 5 sind die Zugleistung, die Drehleistung der Fräse und die Gesamtdrehleistung für Fräse und Häcksler in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit dargestellt. Bei einer Geschwindigkeit von 5 km/h setzt sich die Antriebsleistung zusammen aus 30 kW für den Häcksler, 17 kW für die Fräse und 11 kW Zugleistung. Der Häcksler allein benötigt also etwa so viel Leistung wie die Bodenbearbeitungsgeräte. Es ist allerdings zu berücksichtigen, daß die Maschine bei der Messung nur mit vier Grubberzinken ausgerüstet war, was einem Strichabstand von 45 cm entspricht.

In Bild 6 ist die erforderliche Schlepper-Motorleistung dargestellt, wobei die bei der Kraftübertragung auftretenden Wirkungsgrade und der Motorauslastungsgrad berücksichtigt sind. Die Zahlenwerte für die Wirkungsgrade sind aus der Literatur entnommen. Aus dem Diagramm ist zu ersehen, daß bei einer Geschwindigkeit von 6 km/h bereits eine Motorleistung von 90 kW für 1,8 m Arbeitsbreite erforderlich ist.

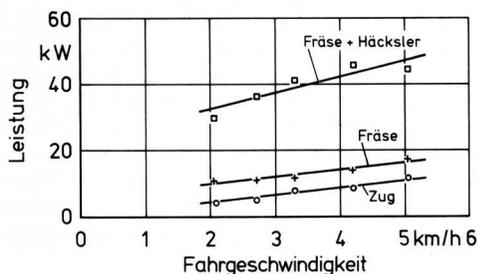
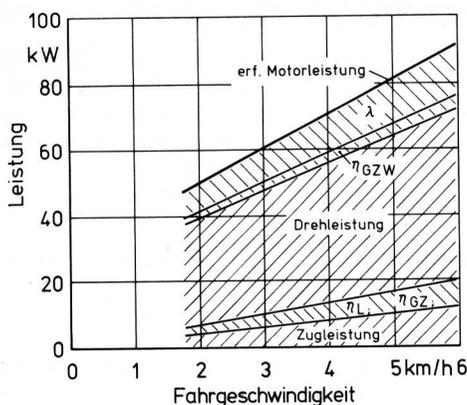


Bild 5. Zug- bzw. Drehleistungsbedarf der einzelnen Komponenten der Versuchsmaschine.

Boden toniger Lehm, 24 % Feuchte (Ihinger Hof)  
 Gerstenstroh 77 dt/ha  
 Arbeitsbreite 1,8 m  
 Arbeitstiefe 20 cm (Grubber); 10 cm (Fräse)  
 Drehzahl (Fräse) 165 min<sup>-1</sup>



**Bild 6.** Gesamtleistungsbedarf der Versuchsmaschine unter Berücksichtigung der Wirkungsgrade (erforderliche Schleppermotorleistung).

Motorauslastungsgrad	$\lambda$	= 0,83
Getriebewirkungsgrad (Zapfwelle)	$\eta_{GZW}$	= 0,93
Getriebewirkungsgrad (Hinterräder)	$\eta_{GZ}$	= 0,85
Laufwerkwirkungsgrad	$\eta_L$	= 0,7

Eine Maschine für den praktischen Einsatz müßte jedoch mindestens 2,5 m breit arbeiten und hätte dann einen Schlepper-Leistungsbedarf von 125 kW und mehr. Allerdings dürfte die Erwartung, den Leistungsbedarf der Maschine reduzieren zu können, gerechtfertigt sein. Aus den Leistungsanteilen der Einzelgeräte geht hervor, daß man zunächst den Leistungsbedarf des Häckslers verringern müßte, auch wenn dies mit einer geringen Zunahme der Häcksellänge verbunden wäre.

## 6. Einsatzmöglichkeiten der Versuchsmaschine in der Praxis

Obwohl bisher nur ein Prototyp der Versuchsmaschine vorhanden ist, erscheint es denkbar, daß sie in bestimmten Fällen sinnvoll in der Praxis einzusetzen ist. Unter günstigen Standortbedingungen, wie sie z.B. in Hohenheim gegeben sind, ist der Einsatz des neuen Verfahrens gegenüber herkömmlicher Bearbeitung kaum mit deutlichen Vorteilen verbunden und eine Anwendung allein für die Stroheinarbeitung erscheint kaum zu rechtfertigen.

Nur dort, wo erst durch Zusammenfassen von verschiedenen Arbeitsgängen bei gleichzeitig hoher Schlagkraft ein bestimmtes Produktionsverfahren (z.B. Anbau von Winterweizen), das bei herkömmlicher Bearbeitung in getrennten Arbeitsgängen nicht zu realisieren wäre, ermöglicht wird, sollte die Maschine eingesetzt werden.

Als bevorzugte Einsatzgebiete erscheinen klimatisch ungünstige Lagen, die verbunden mit schwierigen Bodenverhältnissen nicht nur aus pflanzenbaulichen (Strohverrottung, Einhalten des optimalen Saattermines), sondern auch aus arbeitswirtschaftlichen Gründen besondere Anforderungen an den Einsatz von Bodenbearbeitungsgeräten und -verfahren stellen. Stroheinarbeitung, Bodenlockerung und Saatbettbereitung erfordern unter diesen Bedingungen, besonders in Verbindung mit dem Anbau von Wintergetreide, eine Erledigung in kürzester Zeit, so daß eine Durchführung dieser Arbeiten in einem Arbeitsgang als optimal gelten kann.

Da die Versuchsmaschine nicht nur arbeitswirtschaftlichen Bedürfnissen entsprechen würde, sondern darüber hinaus auch hinsichtlich ihres Arbeitseffektes und der zu erwartenden Pflanzenerträge positiv zu beurteilen ist, erscheint ihr Einsatz vorteilhaft. Über den bevorzugten Einsatzbereich hinaus ergeben sich weitere Möglichkeiten, wenn die in der Maschinenkombination verwendeten Einzelgeräte getrennt oder paarweise verwendet werden.

## 7. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde eine neue Maschine zur Bodenbearbeitung vorgestellt. Sie wurde im Vergleich zum Pflug in mehrjährigen Feldversuchen eingesetzt. Neben dem Arbeitseffekt bezüglich der Stroheinarbeitung, der Bodenlockerung und der Saatbettbereitung wurden der Pflanzenaufgang und -ertrag sowie der Leistungsbedarf untersucht. Die Ergebnisse der Stroheinarbeitungsversuche zeigen, daß die neue Maschine, bzw. das neue Verfahren, ein gleichmäßigeres Einmischen ermöglicht als das Pflugverfahren. Bezüglich der Bodenlockerung unterscheiden sich beide Verfahren kaum bis zu einer Arbeitstiefe von 10 cm. Im Bereich 10–20 cm ist die Lockerungswirkung des Pfluges höher.

Bei der Saatbettbereitung ermöglicht die bessere Zerkleinerungswirkung der neuen Maschine die Einsparung eines Arbeitsganges mit einer herkömmlichen Eggenkombination. Die ermittelten Werte zum Pflanzenaufgang und -ertrag sind aufgrund unterschiedlicher Bodenbedingungen nicht direkt vergleichbar.

Unter Berücksichtigung dieser Einschränkung bleibt festzustellen, daß durch Einsatz des neuen Verfahrens keine Ertragsseinbußen zu erwarten sind.

Vergleicht man den hohen Leistungsbedarf der Maschine mit dem anderer Geräte, so ist stets zu beachten, daß sie verschiedene Einzelgeräte beinhaltet und somit verschiedene Arbeitsgänge in nur einer Überfahrt ermöglicht.

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse erlauben den Schluß, daß die neue Bodenbearbeitungsmaschine besonders unter ungünstigen Standortbedingungen sowohl aus pflanzenbaulichen als auch aus arbeitswirtschaftlichen Gründen für die landwirtschaftliche Praxis interessant sein kann.

## Schrifttum

- [ 1 ] *Achilles, A.:* Möglichkeiten der Strohverwertung. KTBL-Schrift 220. Herausgeber: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft Darmstadt 1977.
- [ 2 ] *Stroppel, A. u. R. Reich:* Technik der Stroheinarbeitung in den Boden. Landtechnik Bd. 30 (1975) Nr. 6, S. 272/76.
- [ 3 ] *Stroppel, A. u. R. Reich:* Bodenbearbeitungsmaschine. Offenlegungsschrift 2506223 des Deutschen Patentamtes (Anmeldetag 14.2.1975).
- [ 4 ] *Köller, K.:* Zerkleinern, Verteilen und Einarbeiten von Stroh. In: "Möglichkeiten der Strohverwertung", KTBL-Schrift 220, 1977, S. 38/58.
- [ 5 ] *Kahnt, G., R. Bausch u. K. Köller:* Auswirkungen einiger den Arbeitseffekt von Bestellwerkzeugen kennzeichnenden Größen auf den Pflanzenaufgang von Getreide. Grundle. Landtechnik Bd. 26 (1976) Nr. 4, S. 140/44.