

Vergleichsuntersuchung von zapfwellengetriebenen Eggen

E. Irla

1. Einleitung

Eine kulturgerechte Saatbettvorbereitung – insbesondere auf schweren Böden – lässt sich oft mit gezogenen Geräten nach zwei bzw. drei Arbeitsgängen nicht erreichen. In solchen Verhältnissen bringen die zapfwellengetriebenen Geräte wie Bodenfräsen, Kreiseleggen und Taumeleggen erhebliche Vorteile. Mit diesen Geräten kann die Saatbettvorbereitung, oder in Kombination mit einer Sämaschine eine Bestellsaat, in einem Arbeitsgang durchgeführt werden. Die Antriebstraktoren werden dabei weniger auf Zug, sondern mehr durch die Zapfwelle belastet, was zu geringerem Schlupf bzw. Bodenverdichtung und besserer Ausnutzung der Motorleistung führt. Die Intensität der Bearbeitung lässt sich mit der Fahrgeschwindigkeit und durch die Aenderung der Umfangsgeschwindigkeit der Arbeitswerkzeuge regulieren und dadurch den Einsatzbedingungen anpassen. Das grosse Angebot an verschiedenen Maschinentypen meist ausländischer Herkunft sowie das Fehlen objektiver Unterlagen für die Praxis und Beratung veranlassten uns, die Zapfwelleneggen näher zu überprüfen.

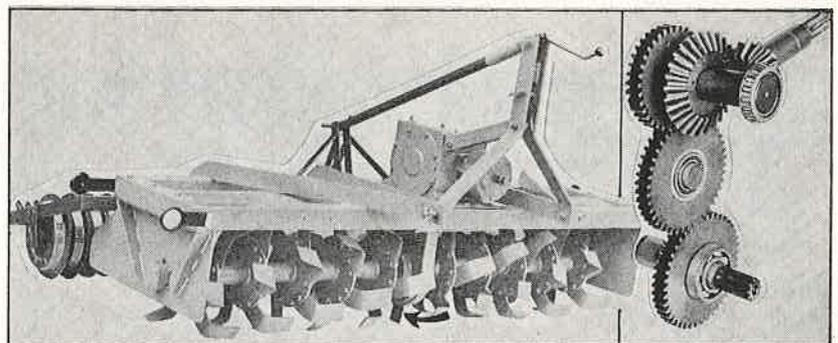
Die eineinhalbjährige Vergleichsuntersuchung von 1978–79 erfasste 22 Maschinen: 10 Bodenfräsen, 11 Kreiseleggen und eine Taumelege. Der Einsatz der Maschinen erfolgte hauptsächlich für die Saatbettvorbereitung sowie Stoppelbearbeitung in mittelschweren und schweren Böden. Die wichtigsten Prüfarbeiten betrafen: Eignung, Arbeitsqualität, Zerkleinerungseffekt und Leistungsbedarf. Für die Beurteilung weiterer Eigenschaften wie Handhabung, Störungsanfälligkeit, Verschleiss usw. wurden die Maschinen in einigen ausgewählten Praxisbetrieben auf je 20–40 ha Fläche eingesetzt. Die wichtigsten technischen Daten und der Leistungsbedarf je Meter Arbeitsbreite sind in den zwei Tabellen getrennt für Bodenfräsen sowie Kreisel- und Taumeleggen aufgeführt (Fabrikatbezeichnung mit Buchstaben).

2. Bodenfräsen

2.1 Ausrüstung und Arbeitsweise

Die Bodenfräse bearbeitet den Boden mit Messern oder Zinken, die an einer waagrecht liegenden Welle spiralförmig ange-

Abb. 1:
Bodenfräse mit Mittelantrieb und zweiteiliger Fräswelle. Das Messersech (Pfeil) hat die Aufgabe, den unbearbeiteten Streifen unter dem Getriebegehäuse aufzulockern (Gehring).



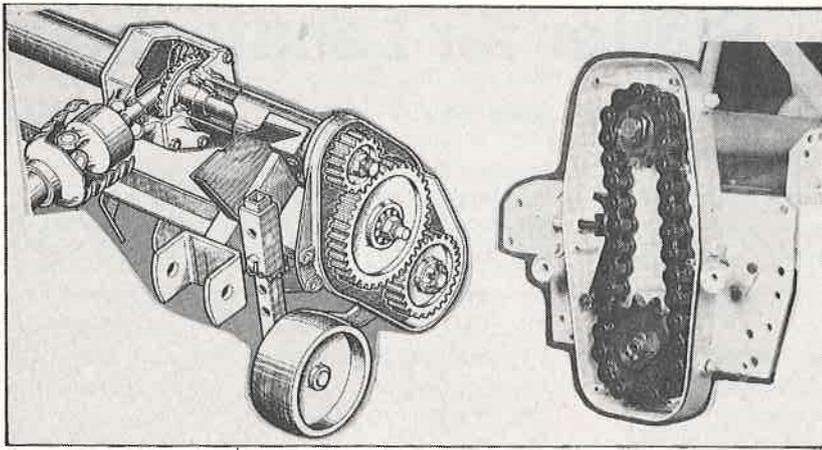


Abb. 2:
Bei Bodenfräsen mit Seitenantrieb wird die einteilige Fräs-
welle über die
seitlich angebrachten
Stirnzahnräder (schwerere
Typen, Kuhn) oder eine
Rollenkette mit Spann-
vorrichtung (leichtere Ty-
pen, Howard) angetrieben.

ordnet sind. Die Fräs-
welle wird von der
Traktorzapfwelle über die Gelenkwelle und
die Untersetzungsgetriebe angetrieben.
Von den in Tabelle 1 aufgeführten Fräsen
besitzt nur G einen Mittelantrieb, die übrigen
hingegen sind mit Seitenantrieb aus-
gerüstet. Beim *Mittelantrieb* (Abb. 1) erfolgt
die Kraftübertragung direkt vom Tellerrad
über Stirnzahnräder auf die zweiteilige
Fräs-
welle. Für das Auflockern des unter
dem Getriebegehäuse bleibenden, un-
bearbeiteten Ackerstreifens ist die Fräse
mit einem Messersech ausgerüstet.

Beim *Seitenantrieb* (Abb. 2) wird die Kraft
vom Getriebe auf die linke Seite der Fräse
geleitet und dann über drei Stirnzahnräder
(E, F, I, J) oder eine Rollenkette an die
Fräs-
welle übertragen. Der Seitenantrieb
bietet folgende Vorteile: ganzflächige Be-
arbeitung (kein un-
bearbeiteter Mittelstreifen); bei einigen
Fabrikaten (B, C, D, I) besteht die Mög-
lichkeit, den Messerrotor gegen einen
Zinkenrotor auszutauschen. Als Ueberlast-
sicherung besitzen die meisten
Fabrikate (Ausnahme G) eine Gelenkwelle
mit einstellbarer Rutschkupplung.

Die Drehzahl der Fräs-
welle kann bei den
meisten Fabrikaten mittels 2- bzw. 3-
Gang-
Schaltgetriebe oder durch das Umstecken
von Wechselrädern (Wechselgetriebe)
ver-
stellt und dadurch den Einsatzbedingungen
sowie der Traktorleistung angepasst wer-
den. Das Schaltgetriebe ist zwar teurer,
aber bequemer in der Handhabung. Das

Wechseln der Zahnräder, die im Schmier-
fett laufen und meist stark erhitzt werden,
dauert länger. Hinsichtlich Funktions-
sicherheit sind die beiden Antriebsarten
ebenbürtig. Das ein- bzw. zweiteilige *Prall-
blech*, das mit Stäben oder Ketten einstell-
bar ist, unterstützt den Zerkleinerungs-
effekt einer Fräse.

2.2 Arbeitsqualität und Einsatzmöglichkeiten

Die Arbeitsqualität einer Bodenfräse hängt
von der Art und Anzahl der Arbeitswerk-
zeuge, ihrer Umfangsgeschwindigkeit so-
wie der Fahrgeschwindigkeit und der Ein-
stellung des Prallbleches ab. Die Messer-
fräsen sind je nach Fabrikat mit 4 bzw. 6
Winkel- oder Sichelmessern je Kranz aus-
gerüstet (Abb. 3).

Die *Winkelmesser* eignen sich infolge des
guten Lockerungs- und Mischeffektes
hauptsächlich für die Stoppelbearbeitung
und zum Unterbringen von Gründüngung
sowie für die Saatbettvorbereitung in
schweren Böden. Die *Sichelmesser* (soge-
nannte Mulchmesser) schöpfen hingegen
weniger Boden, wodurch die organische
Masse weniger gründlich zugedeckt bzw.
eingearbeitet wird. Infolgedessen eignen
sie sich besser für die Saatbettvorbereitung
als für das Stoppelschälen. Die Si-
chelmesser der Marken A und D sind mehr
gebogen als diejenigen der G und H und

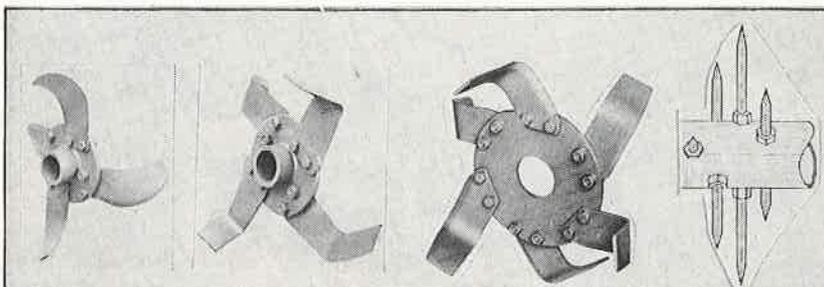


Abb. 3:
Die Bodenfräsen können
je nach Verwendungs-
zweck mit verschiedenen
Arbeitswerkzeugen aus-
gerüstet werden. Von links:
4-Sichel- und Winkelmes-
ser, 6-Winkelmesser, Zi-
kenrotor. Ihre Form beein-
flusst die Arbeitsqualität
und gleichzeitig auch den
Leistungsbedarf.

Tabelle 1: Technische Daten und Leistungsbedarf der Bodenfräsen

Marke/Typ	Verkauft durch	Arbeitsbreite m	Arbeitswerkzeuge				Einstellung			Gesamtbreite cm	Gewicht kg	Preis mit Krümmer Fr.	Leistungsbedarf kW je m Arbeitsbreite	Fahrtgeschwindigkeit: km/h
			Art: S=Sichel- messer W=Winkel- messer Z=Rundzinken Anzahl: je Kranz/ Kranze/Total	Kranzdurchmesser/ Drehzahl bei 540 U/min	Umfangsgeschwindigkeit	Prallblech E=2S 1-teilig Z=2-teilig / mit K=Ketten S=Stäbe	Drehzahl S= Schalt- W= Wechsel- selge- triebe	Tiefe K=Krümmer ϕ / Breite/Anzahl R=Rohre S=Stäbe	cm					
A Maschio B 230	Aebi Sugiez FR	2,30	S 6 / 10 / 54	52/137, 173 212, 260	3,6 / 4,7 5,7 / 7,0	E / 2S 6 R	W	K 35/232	252	730	6'200.- 567.-	13 21 (5,7)	12 20 26 (3,6) (7,0)	
B Krone REVS 225	Aecherli Reiden LU	2,25	W 6 / 10 / 54	50/157 216	4,1 / 5,7	Z / 2K 8 R	S	K 43/240	288	805	8'800.- 473.-	18 22 (5,7)	17 24 26 (4,1) (5,7)	
C Howard HA 230 WZ	Agro-Service Zuchwil SO	2,30	Z 2 / 42 / 84	45/185, 210 235, 265	4,3 / 4,9 5,5 / 6,2	Z / 4S	W	1) 24 / 11	255	545	5'973.- 399.-	12 16 (6,0)	- - -	
D Howard HA 255 WM		2,55	S 4 / 14 / 56	42/185, 210 235, 265	4,1 / 4,6 5,2 / 5,8	Z / 4S	W	K 30/261 6 S	295	725	7'507.- 532.-	17 22 (5,8)	13 17 21 (4,1) (5,8)	
E Pegoraro TS 2050	Althaus Ersigen BE	2,05	S 4 / 10 / 40	50/190 230	4,9 / 6,0	E / 1K	W	K 38/191 7 S	220	650	5'750.- 400.-	15 26 (6,0)	17 25 30 (4,9) (6,0)	
F Kuhn EL 70 230	Bucher-Guyer Niederweningen ZH	2,30	W 6 / 9 / 54	50/145, 183 220	3,8 / 4,8 5,8	Z / 2K Z / 2S	S	K 37/235 16 S	268	850	8'000.- 656.-	18 24 (5,8)	15 20 25 (3,8) (5,8)	
G Mammut GM 250	Gehring Matzingen TG	2,50	S 6 / 14 / 84	52/228	6,2	E / 2S	-	K 31-41/282 2) 7) 7 R	298	975	11'800.- 773.-	16 21 (6,2)	- - - (6,2)	
H Breviglieri B 16V 240 C	Messer Niederbipp BE	2,25	S 4 / 13 / 52	52/180, 201 225, 251	4,9 / 5,4 6,1 / 6,8	Z / 2K	W	K 34/248 7 R	265	880	7'490.- 822.-	19 27 (6,8)	17 22 29 (4,9) (6,8)	
I Celli E 205 C	Silent Dällikon ZH	2,05	Z 2 / 39 / 78	52/145, 170 205, 230	3,9 / 4,6 5,5 / 6,2	E / 2K	W	K 32/207 8 S	226	680	5'470.- 312.-	15 19 (6,2)	- - -	
J Celli F 230		2,30	W 6 / 10 / 54	50/185, 205 225	4,8 / 5,3 5,9	E / 2K	S	K 35/242 3 S 3)	254	785	6'060.- 432.-	20 25 (5,9)	17 21 26 (4,8) (5,9)	

1) Kufen und Stützrollen
 2) Rillenwalze aus Kunststoff
 3) 4-Kantstäbe spiralförmig
 4) Saatbettvorbereitung in schwerem Boden - 15 cm tief
 5) Stoppelbearbeitung in mittelschwerem Boden - 12-8 cm tief
 (-) = Umfangsgeschwindigkeit in m/s

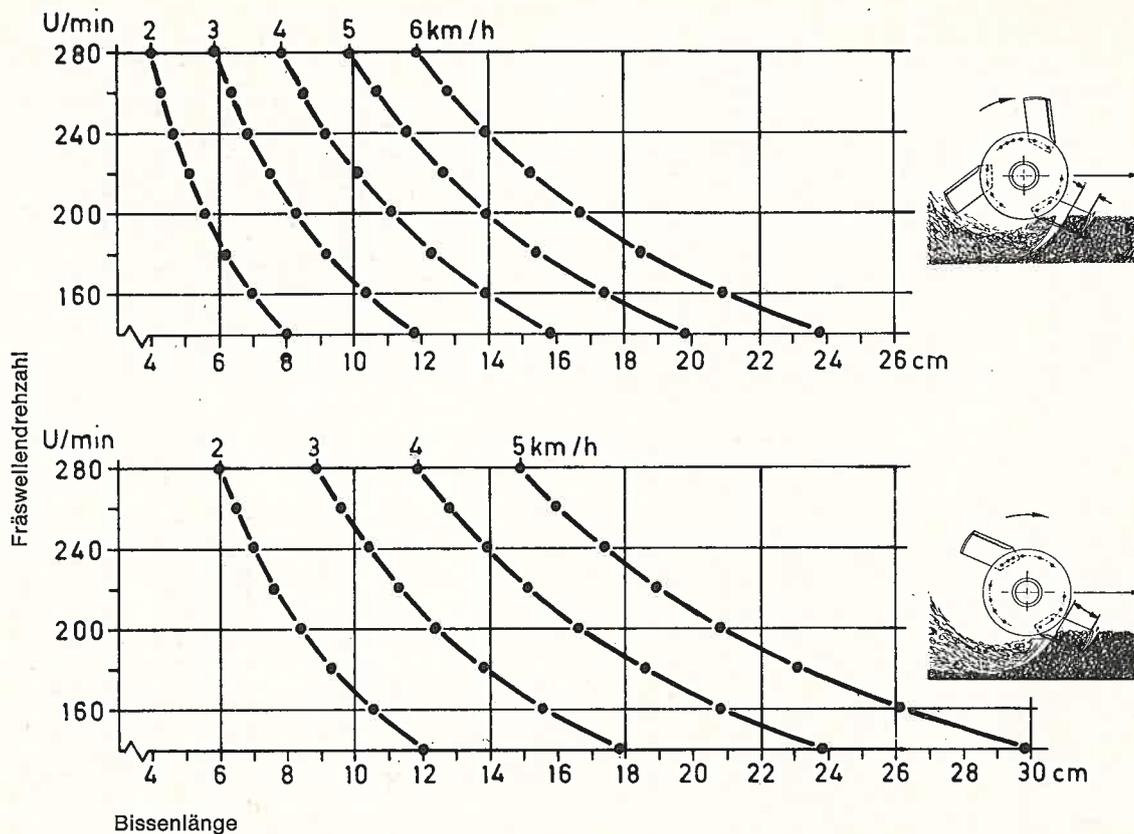


Abb. 4: Bissenlänge bei drei bzw. zwei Messern je Schnittebene (6 bzw. 4 je Kranz) in Abhängigkeit der Fräswellendrehzahl und der Fahrgeschwindigkeit. Eine Steigerung der letzteren bewirkt eine wesentliche Vergrößerung der Bissenlänge (insbesondere bei 4 Messern je Kranz).

können für die Saatbettvorbereitung sowie Stoppelbearbeitung mit etwa gleichem Arbeitseffekt wie die Winkelmesser verwendet werden.

Der *Zerkleinerungseffekt* hängt stark von der *Bissenlänge* der Messer ab (Abb. 4). Für die Bissenlänge sind folgende Merkmale massgebend: Fahrgeschwindigkeit $v \left(\frac{m}{s} \right)$, Fräswellendrehzahl n (U/min) und die Messerzahl z pro Schnittebene.

Formel:

$$\text{Bissenlänge} = \frac{v \cdot 6000}{n \cdot z} \text{ (cm);}$$

$$\text{zum Beispiel: } \frac{0,83 \cdot 6000}{200 \cdot 3} = \frac{4980}{600} = 8,3 \text{ cm}$$

Die Bissenlänge von 8,3 cm entspricht der Fahrgeschwindigkeit von 3 km/h (0,83 m/s), der Rotordrehzahl von 200 U/min und drei Messern je Schnittebene bzw. sechs je Kranz. Um die gleiche Bissenlänge, aber mit zwei Messern je Schnittebene zu erreichen, muss die Fahrgeschwindigkeit von 3 auf 2 km/h reduziert werden. Je nach Arbeitsbedingungen und Anforderungen bezüglich Bearbeitungsintensität ist bei gegebener Messerzahl je Kranz ein genaues Abstimmen der Fräswellendrehzahl

und Fahrgeschwindigkeit von grosser Bedeutung. Eine zu hohe Fahrgeschwindigkeit, beispielsweise über 6–7 km/h, führt praktisch bei allen Fabrikaten zu einer erheblichen Verschlechterung der Arbeitsqualität. Zudem kann die Messerrückseite (besonders bei F, J) über den noch nicht bearbeitenden Boden schleifen und ihn dadurch verdichten. Eine zu hohe Drehzahl der Fräselle im Verhältnis zur Fahrgeschwindigkeit kann hingegen ein Verschlämmen des Bodens beschleunigen.

Die Ergebnisse einer *Schollenanalyse* (Abb. 5) zeigen, dass der Zerkleinerungseffekt mehr durch die Messerzahl je Kranz sowie Fahrgeschwindigkeit und nur unbedeutend durch die Messerart beeinflusst wurde. Die Unterschiede in der Arbeitsqualität zwischen 4 und 6 Sichelmessern – bei etwa gleicher Umfangsgeschwindigkeit – sind hauptsächlich auf die unterschiedlichen Bissenlängen zurückzuführen. Bei der Bearbeitung von verhärteten oder schweren feuchten Böden empfiehlt es sich, das Feld vorgängig mit einem Tiefgrubber aufzulockern, um die starke Beanspruchung der Fräse sowie die Schmierschichtbildung (Abb. 6) zu vermeiden. Mit einer Fräse allein wird ein sehr lockeres Saatbett herge-

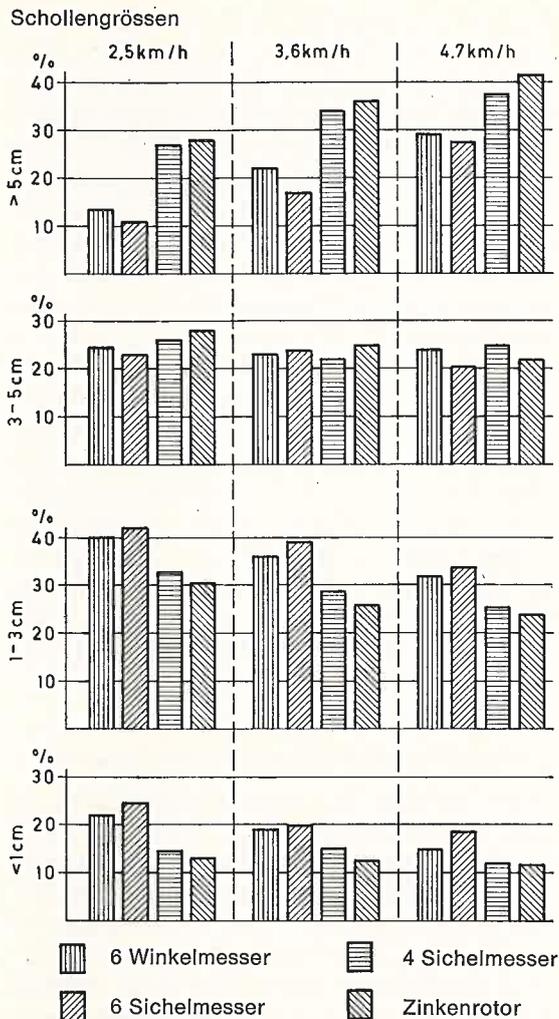


Abb. 5: Der Zerkleinerungseffekt wird bei gleicher Umfangsgeschwindigkeit hauptsächlich durch die Fahrgeschwindigkeit und die Messerzahl je Kranz (Bissenlänge) beeinflusst. (Saatbettvorbereitung nach einer Pflugfurche im Herbst, Schollenanalyse aus 0 bis 10 cm Tiefe, Lehmboden).



Abb. 6: Der Einsatz der Fräsen in schweren, ungelockerten Böden kann zur Schmierschichtbildung führen. Ein vorgängiger Grubbereinsatz, richtige Fräswellendrehzahl und Fahrgeschwindigkeit können hier Abhilfe schaffen.

stellt. Die Verwendung einer Krümmerwalze, die neben der Festigungs- und Einebnungswirkung gleichzeitig eine exakte Arbeitstiefen-Regulierung ermöglicht, ist als günstige Lösung zu betrachten. Für die Frühjahrs- und Herbstbearbeitung sind vor



Abb. 7: Bei der Bearbeitung von feuchteren Böden ist eine grossdimensionierte offene Krümmerwalze vorteilhaft (Krone).

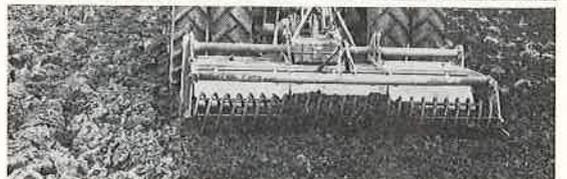
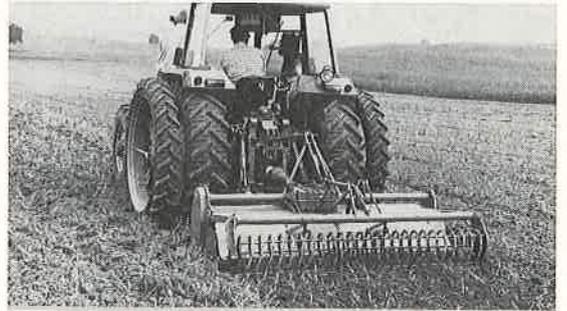


Abb. 8: Der Spiralstabskrümmer arbeitet bei geringer Bodenfeuchtigkeit gut (oben). Im feuchteren Boden (unten) hingegen füllt er sich mit Erde auf, was zu Störungen führt (Celli F 230).

allem grossdimensionierte (ϕ 35–43 cm, Abb. 7), offene Krümmerwalzen wegen der geringen Verstopfunganfälligkeit zu bevorzugen. Die Spiralwalze (J) sowie der Stabskrümmer mit Mittelwelle (D) konnten praktisch nur bei geringer Bodenfeuchtigkeit befriedigen (Abb. 8). Beim Fabrikat (F) kann nach Bedarf der Stababstand durch das Ausziehen von acht Stäben vergrößert werden. Die Walzenbreite soll nicht kleiner (E), aber auch nicht grösser als 20 cm der Arbeitsbreite der Fräse sein. Zu breite Walzen stützen sich im festen schweren Boden am Rande des unbearbeiteten Bodens ab, was eine ungleichmässige Festigung des Saatbettes bewirkt. Die Einstellung der Arbeitstiefe im Bereiche von 7–20 cm mittels zwei Seitenspindeln (B, D, F) oder einer Zentralspindel (übrige Fabrikate, bei C Stützrollen und Kufen) war in gelockerten Böden möglich. In festen schweren Böden wird sie hingegen durch das tiefliegende Getriebegehäuse des Mittelantriebes bzw. durch den Schutzkasten des Seitenantriebes auf 10–12 cm beschränkt. Die Arbeitstiefe über die ganze Fräsbreite kann bei allen Fabrikaten als genügend gleichmäs-

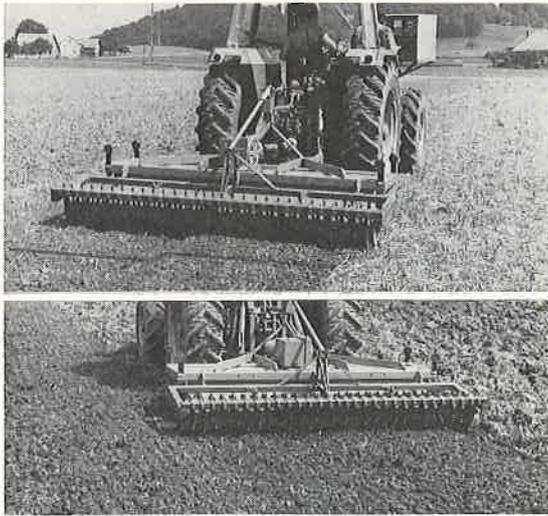


Abb. 9: Bei der Stoppelbearbeitung hat die Fräse mit Mittelantrieb infolge Abstützung des Getriebegehäuses und der Rechtsdrehrichtung der Zapfwelle die Eigenschaft, rechts tiefer zu arbeiten (oben). Im gelockerten Boden (unten) war hingegen die Arbeitstiefe gleichmässiger sowie der Einebnungs-, Krümelungs- und Festigungseffekt der Rillenwalze gut.

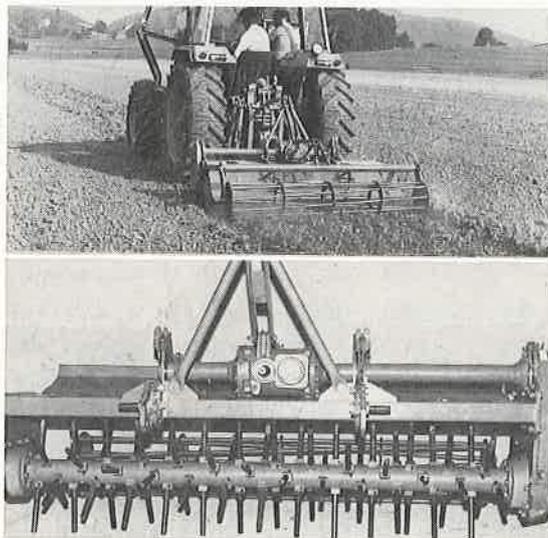


Abb. 10: Eine mit Zinkenrotor ausgerüstete Fräse kann zur Saatbettvorbereitung praktisch in allen Bodenarten (ohne Schmierschichtbildung) eingesetzt werden (Celli).

sig bezeichnet werden. Eine Ausnahme bildet das Fabrikat G, bei welchem die Fräse bei der Stoppelbearbeitung dazu neigt, sich auf der rechten Seite etwas tiefer einzugraben, weil sich das Getriebegehäuse abstützt und die Rechtsdrehung der Zapfwelle die rechte Seite belastet (Abb. 9). Diese Unzulänglichkeit kann laut der Betriebsanleitung bei Fräsen mit Kufen bzw. Stützrädern durch ihre entsprechende Einstellung behoben werden.

Der Zerkleinerungsgrad der Schollen durch den *Zinkenrotor* war annähernd gleich wie bei den Fräsen mit vier Sichelmessern je

Kranz. Die Zinkenfräsen eignen sich für die Saatbettvorbereitung nach einer Pflugfurche oder nach einem Grubbereinsatz. Wegen der weniger intensiven Bearbeitung ohne Schmierschichtbildung können sie besonders auf Böden, die zur Verschlämung neigen, sowie bei der Frühjahrsbestellung grössere Bedeutung erlangen (Abb. 10). Auf steinigem Boden wurden gelegentlich einige Zinken (C) verbogen. Die Befestigung der durchgehenden Zinken mit Spiralspannstiften wurde teilweise nach zirka 20 ha Einsatzfläche stark abgenützt. Dadurch konnten sich die Zinken verschieben, was folglich zur Beschädigung der Abdeckhaube führte. Das Austauschen des Zinkenrotors gegen einen Messerrotor dauert rund 1,5 Stunden. Im allgemeinen ist der Zinkenrotor als günstige Ergänzung der Fräse zu betrachten, wodurch sie praktisch über das ganze Jahr verwendet werden kann.

2.3 Leistungsbedarf und Flächenleistung

Diese hängen von den Einsatzbedingungen, der Arbeitsbreite und -tiefe, der Fahrgeschwindigkeit, der Art sowie der Anzahl und der Umfangsgeschwindigkeit der Arbeitswerkzeuge ab. Der *Leistungsbedarf* der Fräsen wurde bei der Saatbettvorbereitung in schwerem Boden und einer Arbeitstiefe von 15 cm sowie bei der Stoppelbearbeitung im mittelschweren Boden und einer Arbeitstiefe von 8–12 cm im Fahrgeschwindigkeitsbereich von 2,5 bis 5,3 km/h ermittelt. Da die Fabrikate verschiedene Arbeitsbreiten haben, sind die Ergebnisse in Tabelle 1 jeweils je Meter Arbeitsbreite aufgeführt. Für die Berechnung der erforderlichen Traktorleistung einer Fräse soll der angegebene Wert mit der Arbeitsbreite (m) und dem Faktor 1,33 (Verluste, Reserve) multipliziert werden. Ein genauer Vergleich der aufgeführten Werte ist nur bedingt durchführbar, weil die einzelnen Fabrikate zum Teil verschiedene Dreh- bzw. Messerzahlen und dadurch unterschiedliche Bissenlängen aufweisen. Zudem verringerte sich bei der Stoppelbearbeitung mit der Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit von 2,5 auf 4,7 km/h die eingestellte Arbeitstiefe praktisch bei allen Fräsen von 11–12 auf 7–8 cm. Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Fräsen keine Zugkraft benötigen. Sie entwickeln sogar – insbesondere im festen Boden – eine hohe Stoßkraft (300 bis 600 daN bzw. kp), durch welche der Traktor-Rollwiderstand aufgehoben wird. Bei gleicher Ausrüstung und Einstellung steigt der Leistungsbedarf in der nach-

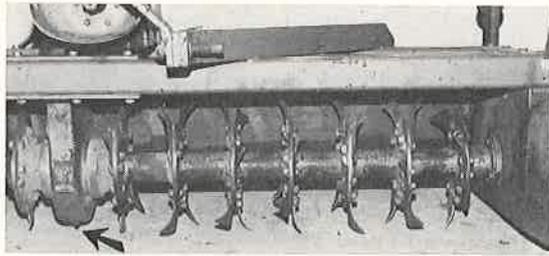


Abb. 11: Die Haltbarkeit der Sichelmesser gegenüber von Winkelmessern ist etwas geringer. Der Lockerer unter dem Getriebegehäuse (Pfeil) ist einem grösseren Verschleiss ausgesetzt.

stehenden Reihenfolge Zinkenrotor, Sichelmesser, Winkelmesser an. Für den Antrieb einer 2,3 m breiten Zinkenfräse sind je nach Einsatzbedingungen Traktoren mit 37 bis 52 kW (50–71 PS) erforderlich, bei einer Messerfräse ein solcher mit 44 bis 81 kW (60–110 PS).

Die *Flächenleistung* beträgt je nach Arbeitsbedingungen und Traktorleistung bei einer 2 m breiten Fräse 0,4 bis 0,7 ha/h bzw. 0,5 bis 1 ha/h bei 2,5 m Arbeitsbreite.

2.4 Weitere Feststellungen

Für den Verschleiss der Messer bzw. Zinken sind die Einsatzbedingungen, Arbeitstiefe, Getriebestufe und die Fahrgeschwindigkeit massgebend. In steinigem Böden wurden gelegentlich einige Sichelmesser (D, G, H) abgebrochen. Die gebrochenen Messer bei G werden nach Firmenangabe kostenlos ersetzt. Ein genauer Vergleich unter den einzelnen Fabrikaten bezüglich Haltbarkeit der Arbeitswerkzeuge lässt sich kaum durchführen, da die Einsatzbedingungen (auswärtige Betriebe) oft sehr unterschiedlich waren. In der Regel wurden die Sichelmesser (D, E, G, H) schneller abgenutzt als die Winkelmesser (Abb. 11). In Abhängigkeit der erwähnten Faktoren und der Arbeitsbreite der Fräsen reicht ein Zinkensatz für eine Einsatzfläche von zirka 25 bis 40 ha aus. Bei den Sichelmessern ist mit einer Einsatzfläche von 25

bis 50 ha und bei den Winkelmessern von 30 bis 60 ha zu rechnen. Ferner ist der Lockerer unter dem Getriebegehäuse des Mittelantriebes einem hohen Verschleiss ausgesetzt und musste nach zirka 15 ha ersetzt werden. Im weiteren konnte kein nennenswerter Verschleiss festgestellt werden.

Die *Handhabung* der Bodenfräsen bereitet keine besonderen Schwierigkeiten. Die meisten Fabrikate besitzen Anbauzapfen der Norm II, Fabrikate B, C, D, F der Norm I und II sowie E eine Unterlenker-Schnellkupplung der Kategorie II. Die Anbauhöhe kann bei A, B, C, D, H, I und J über Anlenkplatten verändert und dadurch der Gelenkwellen-Auslenkwinkel dem Traktor besser angepasst werden. Die Arretierung des eingeschalteten Ganges im Schaltgetriebe (J) mit einem Bolzen ist unzureichend gelöst. Die Einstellmöglichkeiten des Prallbleches sind ausreichend. Bei Arbeitsbreiten über 2,2 m ist ein zweiteiliges Prallblech zu bevorzugen.

3. Kreisel- und Taumeleggen

3.1 Ausrüstung und Arbeitsweise der Kreiseleggen

Die Kreiselegge bearbeitet den Boden mit Zinken oder Messern, die in Zweier- oder Vierer-Gruppen (sogenannten Kreisel) horizontal und gegenläufig um ihre senkrechten Achsen rotieren. Der Antrieb der Kreisel erfolgt bei den meisten Fabrikaten über Gelenkwelle und Winkelgetriebe auf die doppelgelagerte, in Schmierfett laufenden Stirnräder. Da die Kraftübertragung von der Mitte auf alle Kreisel erfolgt, sind die mittleren Stirnräder besonders stark belastet. Bei dem Fabrikat C hingegen werden die fünf Kreisel vom Untersetzungsgetriebe über eine Welle und fünf Winkelgetriebe angetrieben.

Das Untersetzungsgetriebe ist bei einigen Fabrikaten (A, D, F, J) mit einem *Zapfwel-*

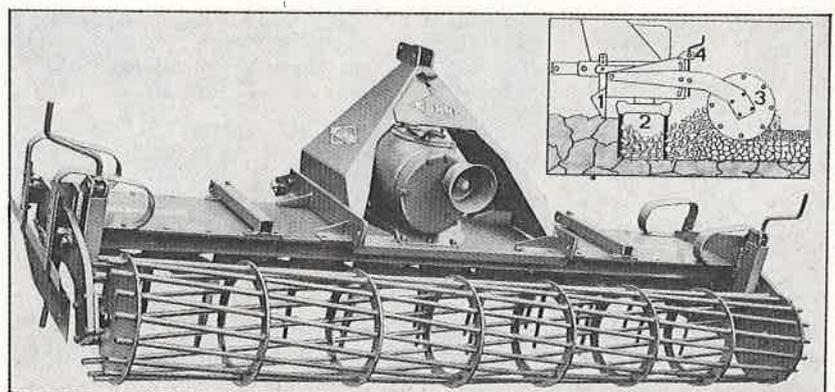


Abb. 12: Kreiselegge mit Zapfwel-lendurchtrieb und Krüm-lerwalze. Oben rechts: 1) Planierschutzbalken, 2) Kreisel, 3) Krüm-lerwalze, 4) Einstellspindel für die Arbeitstiefe (Kuhn).

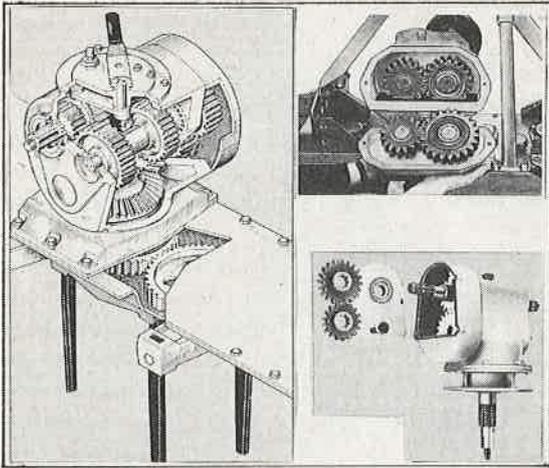


Abb. 13: Mit einem Schalt- oder Wechselzahnradgetriebe kann die Drehzahl bzw. Umfangsgeschwindigkeit der Arbeitswerkzeuge den Einsatzbedingungen und der Traktorleistung angepasst werden (Kuhn links; Falc, Remac ERP unten).

lendurchtrieb ausgerüstet (Abb. 12). Dieser ermöglicht eine Kombination der Kreiselegge mit Zapfwellen-Nachfolgegeräten (zum Beispiel pneumatische Einzelkornsämaschine). Mit Ausnahme der Fabrikate C, H, I und J kann für das Getriebe wahlweise die 540er bzw. 1000er Zapfwelle verwendet werden. Die Kraftübertragung vom Traktor auf die Kreiselegge ist bei 1000 U/min der Zapfwelle schonender, kommt aber erst bei grösseren Traktoren in Frage.

Der Ueberlastsicherung der *Gelenkwelle* kommt bei einer eher steinempfindlichen Kreiselegge noch grössere Bedeutung zu als bei der Fräse. Eine Gelenkwelle mit Scherschrauben-Sicherung bei C, G und I ist billiger als eine solche mit Rutschkupplung (übrige Eggen), erfordert aber eine genaue Anpassung der Schraubenstärke an das maximal zulässige Drehmoment sowie etwas mehr Zeit für das Ersetzen der Schrauben. Der Zinkenbruch kann dadurch

stark reduziert, aber nicht vollkommen ausgeschlossen werden. Der Antriebsstummel ist bei D, G, H und I gegenüber demjenigen des Traktors asymmetrisch angeordnet, was einen gewissen Antriebskraftverlust und stärkere Beanspruchung der Gelenkwelle verursacht. Ähnlich wie bei den Fräsen kann die Umfangsgeschwindigkeit der Arbeitswerkzeuge bei allen Fabrikaten (Ausnahme J) mit einem *Wechsel- bzw. Schaltgetriebe* verändert und dadurch den Einsatzbedingungen und der Traktorleistung besser angepasst werden (s. Tab. 2 und Abb. 13).

3.2 Arbeitsqualität und Einsatzmöglichkeiten

Für die Arbeitsqualität einer Kreiselegge sind die Art und Anzahl der Arbeitswerkzeuge, ihr Anstellwinkel und Umfangsgeschwindigkeit, der Kreiselabstand sowie Fahrgeschwindigkeit und schliesslich die Ausrüstung mit einem Schollenbrecher massgebend. Mit Ausnahme der Marke C sind die Kreiseleggen mit zwei Zinken bzw. Messern je Kreisel ausgerüstet und lassen sich nach der Form annähernd in fünf Gruppen (Abb. 14) einteilen. Die Zinken oder Messer sind leicht schräg bzw. nachlaufend in der Drehrichtung an den Trägern montiert. Bei günstigen Anstellwinkeln (68 bis 82°) wurden praktisch keine feuchten Erdschollen oder Pflanzenreste an die Oberfläche gebracht. Dank diesen Eigenschaften kann der Frühjahrseinsatz der Kreiselegge in schweren Böden etwas früher erfolgen als mit einer Bodenfräse. Die nachlaufende Stellung der Arbeitswerkzeuge hat noch den Vorteil, dass der gelockerte Boden wiederum durch das Eigengewicht teilweise verfestigt wird. Dadurch kann in Verbindung mit der Krümmerwalze ein günstiges Saatbett erreicht werden. Die Kreiseleggen eignen sich haupt-

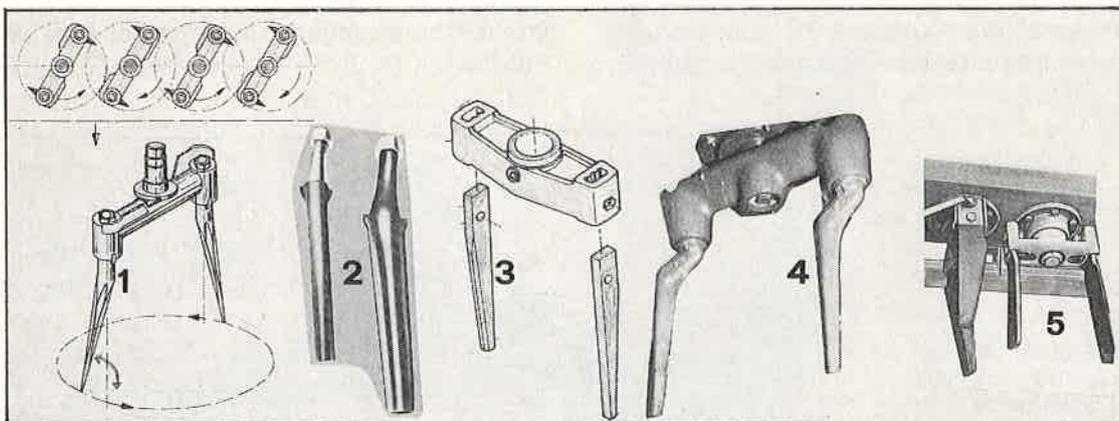


Abb. 14: Die Arbeitswerkzeuge der elf Kreiseleggen lassen sich nach Form und Querschnitt in fünf Gruppen einteilen: 1) Rundzinken I, H; 2) Ovalzinken J, K, E; 3) Stabzinken D, C, G; 4) gekröpfte, drehbare Zinken B; 5) Messer A, F, links - Anstellwinkel in der Drehrichtung.

Tabelle 2: Kreiselegen und Taumlege (L) / Technische Daten und Leistungsbedarf
(schwerer Boden: Arbeitstiefe 15 cm; in Klammer Umfangsgeschwindigkeit in m/s)

Marke/Typ	Verkauft durch	Arbeitsbreite m	Arbeitswerkzeuge		Kreiselabstand / Ø Drehzahl bei 540 U/min	B=Planier- schutz- balken R=Planier- rohr S=Seiten- bleche g=gefedert p=höhen- pendelnd h=höhen- verstellbar	Kremler- Ø / Breite Anzahl: R=Rohre S=Stäbe	Einstellung Dreh- zahl L=Spindel S=Schraub- en W=Wech- selge- triebe	Ge- samt- breite cm	Ge- wicht kg	Preis mit Krümmer Fr.	Leistungs- bedarf kW je m Arbeits- breite Fahrgeschwin- digkeit km/h
			cm / °	cm / U/min								
A Maschio HB 2500	Aebi Sugiez FR	2,55	M / 12 / 24 26 / 78	21 / 22 189 - 358	2,2 / 2,7 3,3 / 4,1	B, g, h S, p	35/257 6 R	W 1 L	263	830	7'000 324	16 26 (4,1)
B Krone KE 300	Aecherli Reiden LU	3,00	Z / 12 / 24 25 / 78	25 / 26 253, 297	3,4 / 4,0	B, g, h S, g, h	40/311 8 R	S 2 L	328	905	10'500 576	14 21 (4,0)
C Toronado 2500 S	Bärttschi Hüswil LU	2,50	Z / 5 / 20 20 / 68	50 / 50 103 - 202	2,7 / 3,2 4,5 / 5,3	B, g, h S, g	37/237 8 S	W 1 L	260	770	7'800 280	15 21 (4,5)
D Kuhn HR 240	Bucher-Guyer Niederweningen ZH	2,40	Z / 8 / 16 22 / 78	29 / 29 234, 277	3,5 / 4,2	B, h S, g, h	37/238 16 S	S 2 L, S	255	790	7'800 462	14 22 (4,2)
E Trident T 30 V 250	Messer Niederbipp BE	2,50	Z / 10 / 20-30 24 / 84	24 / 24 235, 265	2,9 / 3,3	R S, g	35/250 7 R	W 1 L	265	617	6'520 441	11 18 (3,3)
F Falc 2500	Ott Worb BE	2,55	M / 12 / 24 26 / 78	21 / 22 189 - 358	2,2 / 2,7 3,3 / 4,1	B, g, h S, h	35/257 6 R	W 1 L	263	760	6'500 384	16 26 (4,1)
G Rau- Pegoraro KM 25	Service Company Dübendorf ZH	2,50	Z / 10 / 20 22 / 86	24 / 24 250, 310	3,1 / 3,9	R, g, h S, g	35/258 7 R	W 2 L, S	274	725	6'900 290	12 19 (3,9)
H Celli L 250	Silent Dällikon ZH	2,50	Z / 10 / 20 23 / 82	24 / 25 254, 288	3,3 / 3,8	B, g S, p	33/256 8 S	W 2 L	267	710	6'500 226	13 21 (3,8)
I Lelyterra 250/20	VGL Ebikon LU	2,50	Z / 10 / 20 23 / 82	24 / 25 211, 298	2,8 / 3,9	B, g S, p	33/244 6 R	W S	257	650	6'980 380	12 21 (3,9)
J Remac ERM 2500	VLG Ins BE	2,50	Z / 11 / 22 23 / 79	22 / 24 294	3,7	B S	32/265 6 R	- 1 L	278	720	6'600 330	16 26 (3,7)
K Remac ERP 3000	Ins BE	2,85	Z / 12 / 24 27 / 78	23 / 27 221 - 306	3,1 / 3,5 3,9 / 4,3	R S, h	42/292 7 R	W 1 L	307	1090	8'550 420	16 25 (3,9)
L Niemeyer TE 250	Rapid Dietikon ZH	2,50	Z / 10 / 20 30 / -	25 / 23 270	-	S, g, h	43/265 9 R	- 2 L	287	953	8'700 416	13 21 (4,1)

sächlich zur Saatbettvorbereitung in ge-
lockerten Böden. Für eine direkte Stoppel-
bearbeitung in mittelschwerem oder schwe-
rem Boden können sie trotz der intensiven
Lockerung (insbesondere mit Messern)
aber wegen dem unzureichenden Einmul-
chen der Pflanzenreste und der erheblichen
Beanspruchung nicht empfohlen wer-
den (Abb. 15). Nach einem Grubbereinsatz

mit gutem Wende- und Mulcheffekt leisten
sie hingegen eine befriedigende Nach-
arbeit.

Die *Bearbeitungsintensität* wird durch das
Verhältnis der Fahrgeschwindigkeit zur
Kreisdrehzahl (auch Umfangsgeschwin-
digkeit) bestimmt. Mit zunehmendem Vor-
schub ziehen sich die Zykloidsbahnen aus-
einander, was eine grobere Bodenstruktur

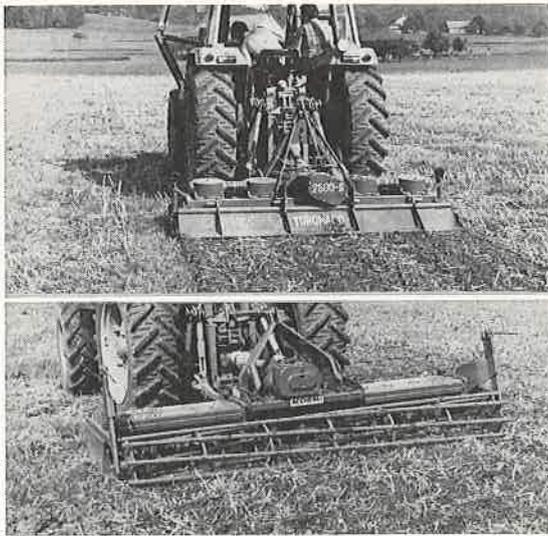


Abb. 15: Der Einsatz der Kreiseleggen für die Stoppelbearbeitung ist zwar möglich, jedoch wegen ungenügender Mulchwirkung und starker Beanspruchung nicht zu empfehlen (oben Bätschi, unten Krone; gilt auch für übrige Marken).

verursacht. Eine zu hohe Kreiseldrehzahl kann hingegen zu Erdstauungen vor der Egge führen (besonders bei C). Die Ergebnisse des Zerkleinerungseffektes (Schollenanalyse, Abb. 16) fielen zugunsten der Kreiseleggen mit hinten angebrachtem Schollenbrecher (A, F) aus. Zwischen den verschiedenen Zinkenarten bzw. -zahlen und den Messern konnten hingegen keine wesentlichen Unterschiede festgestellt werden. Die etwas feinere Bodenstruktur bei vier Zinken je Kreisel ist auf die höhere Umfangsgeschwindigkeit und das Nivellierblech am Krümmler zurückzuführen. Mit der Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit von 2,5 auf 3,6 km/h nahm der Schollenanteil über 5 cm ϕ etwas zu. Je nach Bodenart kann ein Saatbett im Herbst bei einer Fahrgeschwindigkeit von 2,5 bis 4 km/h und im Frühjahr bei 4 bis 6 km/h in einem Arbeitsgang hergestellt werden.

Beim Bearbeiten von steinigem Böden bieten die gefederten Dreikant-Planierschutzbalken einen gewissen Schutz der Zinken-träger (Abb. 17). Die starren Rohr-Planierbalken E, J und K hingegen üben nur eine nivellierende Funktion aus (Abb. 18). Durch das Verklemmen der Steine wurden der Planierbalken (J) und die starren Seitenbleche verbogen. Der Planierschutzbalken und die Seitenbleche sollen grundsätzlich gefedert und in der Höhe verstellbar sein, um sie besser an die Arbeitstiefe oder Zinkenlänge anpassen zu können. Die schwenkbaren Zinken (B) weichen runden Steinen zirka 15–20 cm ϕ noch aus, plattenförmige Steine hingegen verursachten gelegentlich Zinkenverbiegungen. In

Schollengrößen

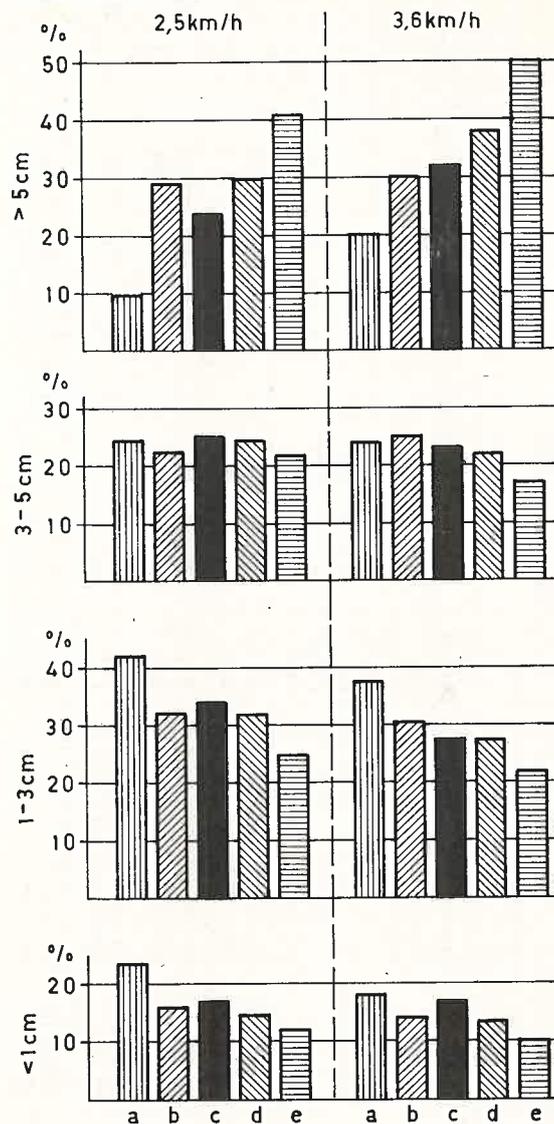


Abb. 16: Zerkleinerungseffekt des Bodens, je nach Ausrüstung der Kreiseleggen und Fahrgeschwindigkeit. (Einsatzbedingungen wie bei den Fräsen, gemäss Abb. 5).

- a) 2 Messer- und Schollenbrecher, A, F } (U = 4,1)
- b) 2 Messer, A, F
- c) 4 Zinken, C (U = 4,5)
- d) 2 Zinken, übrige Fabrikate (U = 3,7 bis 4,2)
- e) 2 Zinken, Taumelegge (U = Umfangsgeschwindigkeit in m/s)

schweren Lehmböden mit flachen Kalksteinen (Jura) haben sich die Kreiseleggen mit Messer besser als diejenigen mit Zinken bewährt. Die Ursache liegt hauptsächlich in einer grösseren Lauf- bzw. Gleitlänge der Messer. Die Dreizinken-Kreisel (E) können in steinlosen Böden eine gewisse Bedeutung erlangen. In steinigem Böden wurden sie hingegen oft verbogen. Die erforderliche Arbeitstiefe von 7 bis 15 cm liess sich mit Hilfe der Krümmlerwalze (bzw. Streichblech bei C) bei allen Fabrikaten einstellen und einhalten. Dabei ist eine Tiefenregulierung mit einer oder zwei Spin-

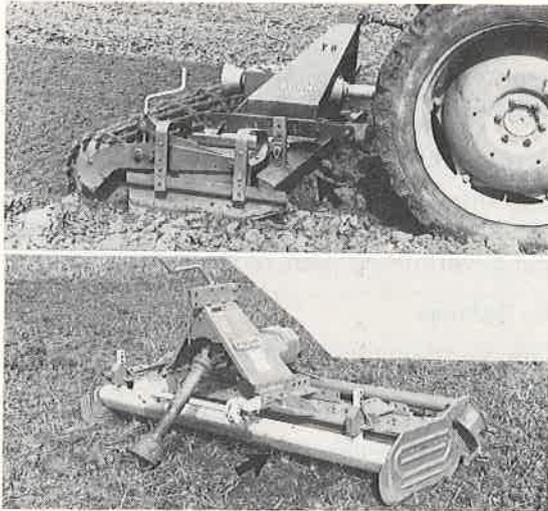


Abb. 17: Ein gefederter und in der Höhe verstellbarer Dreikant-Planierbalken bildet gleichzeitig einen gewissen Steinschutz (Kuhn, Maschio unten).

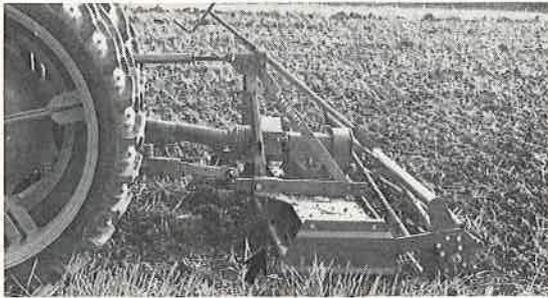


Abb. 18: Der Planierbalken aus einem Rohr hat nur eine ausebnende Wirkung (Trident).

den derjenigen mit Schrauben vorzuziehen. Die Krümlerwalze bei H und J neigt infolge geringem Durchmesser und einer Mittelwelle bzw. Anordnung der Stäbe zu Verstopfungen (Abb. 19).

3.3 Taumelegge

Die Taumelegge (L) bearbeitet den Boden mit Doppelzinken, die an den Federstahlträgern und einer Welle mit Taumellagern montiert sind. Durch die Taumbewegung der Zinken werden die unteren Bodenschichten bedeutend intensiver als die oberen bearbeitet, was ein schnelleres Absetzen des Bodens bewirkt (Abb. 20). Ander-

Abb. 20: Die Taumelegge eignet sich dank der speziellen Arbeitsweise besonders gut zur Saatbettvorbereitung auf frischgepflügten bzw. schwer absetzbaren oder zur Verschlammung neigenden Böden (Niemeyer).

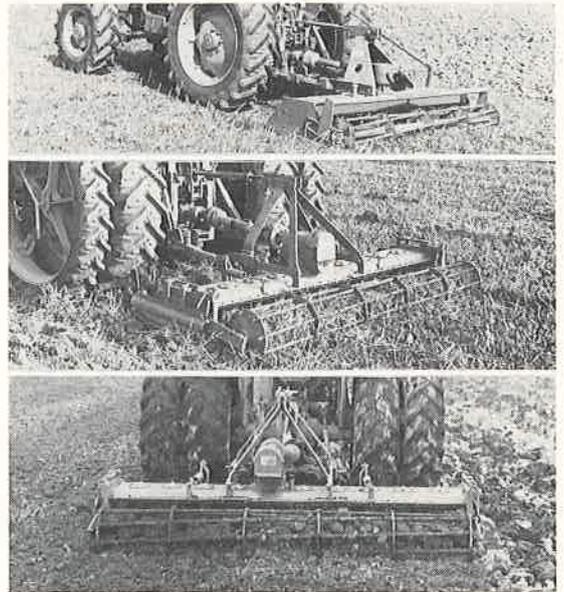
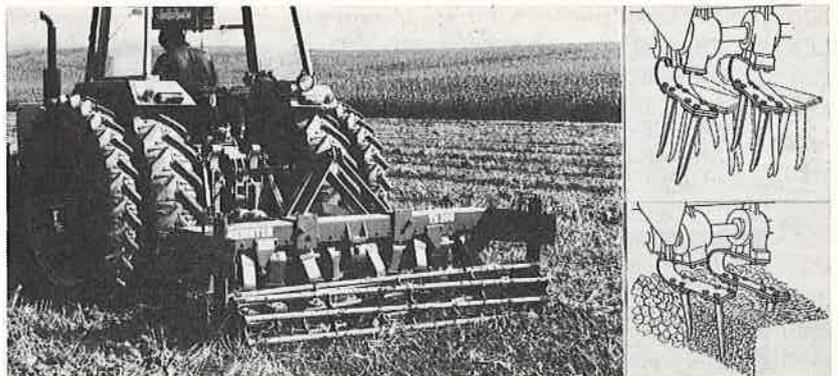


Abb. 19: Eine Krümlerwalze mit zu geringem Durchmesser und einer Mittelwelle (oben Remac) oder auch mit nur leicht schräger Anordnung der Stäbe ist verstopfungsanfälliger (Celli).

seits hinterlässt die Egge in schweren Böden eine etwas gröbere Oberflächenstruktur (s. Abb. 16) als eine Kreiselegge. Das Gerät ist gegen Steine bedeutend unempfindlicher als die übrigen Zapfwelleneggen. Die Egge eignet sich für die Saatbettvorbereitung auf gelockerten Böden. Sie kann besonders in schwer absetzbaren oder zur Verschlammung neigenden Böden (Arbeitstiefe 8 bis 20 cm) eine grössere Bedeutung erlangen. In schweren Böden ist oft wegen der scholligen Oberfläche ein zweiter Durchgang (Fahrgeschwindigkeit 2,5 bis 5 km/h) erforderlich. Die Taumellager sind stark belastet und erfordern eine sorgfältige Wartung.

3.4 Leistungsbedarf und Flächenleistung

Die Kreisel- und Taumelegge(n) benötigen im Gegensatz zu den Fräsen neben der Zapfwellenleistung eine Zugkraft, die für die 2,5 m breiten Kreiseleggen 400 bis 650 daN bzw. kp, bei 3 m (B) 350 bis 550 daN sowie 450 bis 850 daN für die Taumelegge

beträgt. Der relativ geringe Zugkraftbedarf bei B ist den drehbaren Zinken, die mit der Schneide den Trägern nachlaufen (ruhiger Lauf), zuzuschreiben. Der hohe Zugkraftbedarf bei J (550 bis 750 daN) und K (650 bis 900 daN) hingegen ist teilweise auf die starren Seitenbleche und das hohe Eigengewicht zurückzuführen. Für die Berechnung der erforderlichen Traktorleistung ist der jeweilige Wert von Tabelle 2 mit der Arbeitsbreite (m) und Faktor 1,33 zu multiplizieren. Für eine 2,5 m breite Kreiselegge mit Zinken ist je nach Einsatzbedingungen ein Traktor mit 37 bis 83 kW (50 bis 113 PS) und für eine solche mit Messern ein Traktor mit 40 bis 90 kW (55 bis 122 PS) erforderlich. Der etwas höhere Leistungsbedarf bei Messern (bei 4,7 km/h) wird durch eine grössere seitliche Reibung der bis zu 6 cm breiten Messer sowie die höhere Kreiselzahl verursacht.

Die *Flächenleistung* lag bei 0,5 bis 1 ha/h für 2,5 m und bei 0,6 bis 1,2 ha/h für 3 m breite Kreiseleggen sowie 0,5 bis 0,9 ha/h für die Taumellegge. Sie wird hauptsächlich durch die Einsatzbedingungen und die Traktorleistung bestimmt.

4. Weitere Feststellungen

Der Verschleiss der Arbeitswerkzeuge hängt hauptsächlich von den Einsatzbedingungen, der Arbeitstiefe sowie der Fahr- und Umfangsgeschwindigkeit ab. In steinigen Böden wurden gelegentlich 1 bis 4 Zinken (M, I, J, K) abgebrochen. In Abhängigkeit von den erwähnten Faktoren reicht ein Zinkensatz für eine Einsatzfläche von zirka 35 bis 50 ha bei A, C, E, F, H, I und J sowie von 40 bis 80 bzw. 90 ha bei B, D, G, L und K aus. Die Zinken sollen nicht mehr als bis zirka 14 cm Länge abgenützt werden, da der nachfolgende Zinkenträger-Verschleiss bedeutend teurer kommt als ein neuer Zinkensatz. Ausser den unter Punkt 3.2 erwähnten Verbiegungen der Seitenbleche, Planierbalken bzw. Zinken, konnte kein nennenswerter Verschleiss festgestellt werden.

Die *Handhabung* der Maschinen ist einfach. Die meisten Fabrikate besitzen bewegliche Anbauzapfen (Ausnahme C) Norm II (D, C, F Norm I und II) sowie A und G eine Unterlenker-Schnellkupplung. Sie können zudem bei A, E, F, G, H, I, J und K in der Fahrtrichtung verstellt und dadurch dem Traktortyp besser angepasst werden. Die Schollenbrecher lassen sich mit Krümler sowie zusätzlich mit Bolzen (A) bzw. Schrauben (F) in der Höhe und in Längsrichtung verstellen. Die *Wartungszeiten*

sind gering. Die Mehrheit der Fabrikate weist vier bis sechs Schmiernippel auf, die Marken G, E und L hingegen 13, 15 und 18 Stück.

5. Signalisierung und Unfallschutz

Die Anmelder wurden über die festgestellten Mängel durch die Beratungsstelle für Unfallverhütung (BUL – Brugg) orientiert.

6. Schluss

Die Vergleichsuntersuchung von 22 Zapfwelleneggen zeigte, dass in der Geräteentwicklung wesentliche Fortschritte bezüglich Ausrüstung, Arbeitsqualität sowie Funktionssicherheit und Handhabung erzielt worden sind. Unter günstigen Einsatzbedingungen kann eine Saatbettvorbereitung in einem Arbeitsgang grundsätzlich mit einer Bodenfräse, Kreisel- oder Taumellegge durchgeführt werden.

Eine *Bodenfräse* eignet sich darüber hinaus für die Stoppelbearbeitung und das Einarbeiten von Gründüngung. Eine Ergänzung mit einem Zinkenrotor ist besonders für die Frühjahrsbearbeitung vorteilhaft. Für die Saatbettvorbereitung in mittelschweren bis schweren, nicht extrem steinigen Böden kann einer *Kreiselegge* mit gutem Ausebnungs- und Krümelungseffekt den Vorzug gegeben werden. Die Taumellegge kann hingegen bei der Bearbeitung von schwer absetzbaren oder zur Verschlammung neigenden Böden eine grössere Bedeutung erlangen.

Im Hinblick auf die Verwendung von Traktoren mit Doppelbereifung (Saatbettvorbereitung mit Kreiseleggen) bzw. eine Kombination mit Sä- und Legemaschinen ist eine entsprechende Standardisierung der Arbeitsbreiten, zum Beispiel 2,5 bzw. 3 m, empfehlenswert.

Die Zapfwelleneggen stellen hingegen hohe Anforderungen an die Traktorleistung, insbesondere in schweren Böden sowie bei höherer Drehzahl der Arbeitswerkzeuge bzw. der Fahrgeschwindigkeit. Das Ausrüsten der Bodenfräsen und der Kreiseleggen mit Schalt- oder Wechselgetriebe ist wegen der besseren Anpassung der Drehzahl der Arbeitswerkzeuge an die Einsatzbedingungen und die Traktorleistung vorteilhaft.

Abschliessend ist noch zu bemerken, dass bei einigen Fabrikaten während und nach der Untersuchung gewisse Verbesserungen bzw. Ergänzungen vorgenommen worden sind. Nach Angaben der meisten Firmen wurde ein grosser Teil der im Bericht erwähnten Unzulänglichkeiten (aus Platzgründen nicht aufgeführt) bereits behoben.