

# Einfluß der Transportentfernung auf die Auswahl der Strohernteverfahren

Dr. agr. Sabine Dammer/Prof. Dr. sc. agr. J. Papesch, KDT/Dr. agr. N. Uebe, KDT  
Martin-Luther-Universität Halle – Wittenberg, Sektion Pflanzenproduktion

## 1. Einleitung

An die Verfahren der Strohernte werden hinsichtlich Schlagkraft (Voraussetzung für das Einhalten der agrotechnischen Termine bei den Folgekulturen) und Strohqualität (Voraussetzung für den effektiven Einsatz des Strohs in der Tierproduktion) hohe Anforderungen gestellt. Mit den in der DDR angewendeten Verfahren der Strohernte in Form von Kleinballen, Lang- oder Schneidgut (ungebundenes Preßgut, Ladewagengut) und Häckselgut kann diesen Anforderungen jedoch nicht genügend entsprochen werden, da bei der durchgängigen Gestaltung der Ernteprozesse, ausgehend von der Strohaufnahme und -konsistenzänderung über Strohtransport und -einlagerung bis zur Strohlagerung, folgende Schwierigkeiten auftreten:

- Schüttdichten von nur 40 bis 50 kg/m<sup>3</sup> bei der Ernte von Hochdruckpreßballen bedingen eine ungenügende Auslastung von Transport- und Bergeraum [1, 2].
- Bei der Einlagerung von Kleinballen in nicht befahrbare erdlastige sowie deckenlastige Bergeräume ist die durchgängige Mechanisierung nicht gewährleistet.
- Strohernte und Freilagerung sind mit z. T. hohen Verlusten verbunden.

International haben in den letzten Jahren Verfahren der Strohernte mit Großballenpressen an Bedeutung gewonnen [3, 4, 5]. Im Vergleich zur Hochdruckpresse K453/454 können beim Einsatz von Großballenpressen die Aufwendungen an Energie, Material und lebendiger Arbeit erheblich reduziert wer-

den [5]. Aufgrund der in Quadergroßballen erreichbaren hohen Dichte ( $\geq 150 \text{ kg/m}^3$ ) ist die Reduzierung der Aufwendungen bei der Strohernte mit Quadergroßballenpressen besonders sichtbar.

Im vorliegenden Beitrag soll geprüft werden,

inwieweit die Auswahl zweckmäßiger Strohernteverfahren durch die Transportentfernung beeinflusst wird.

## 2. Methodik

### 2.1. Zusammenstellung der Verfahrensvarianten

Die Bewertung von Verfahren für einen bestimmten Zweck setzt die Analyse möglicher Varianten voraus. Die Basisvarianten der Strohernte ergaben sich zunächst aus der geforderten Form des zu erntenden Strohs. Um eine technologisch-ökonomische Einschätzung der Strohbergevarianten vornehmen zu können, wurden die Erntemaschinen mit den bis zur Einlagerung benötigten Transport- und Umschlagmitteln kombiniert. Jede Variante widerspiegelt so eine Maschinenlinie für die Prozeßfolge von der Strohaufnahme über Umschlag, Lagerung und Transport bis zum Verbrauch.

In der Variantenaufstellung wurden Maschinen berücksichtigt, die z. Z. in der DDR eingesetzt bzw. erprobt werden und solche, die sich im Ausland bewährt haben. Den Schwerpunkt bildeten hierbei die Erntemaschinen Feldhäcksler, Kleinballenpressen, Ladewagen, Rundballen- und Quadergroßballenpressen.

### 2.2. Ermittlung der Anwendungsparameter

Für die Bewertung der zum Vergleich herangezogenen Varianten wurden folgende sechs voneinander unabhängige Kriterien genutzt:

Bild 1. Arbeitszeitbedarf verschiedener Strohbergevarianten in Abhängigkeit von der Transportentfernung bei Bergeraumlagerung

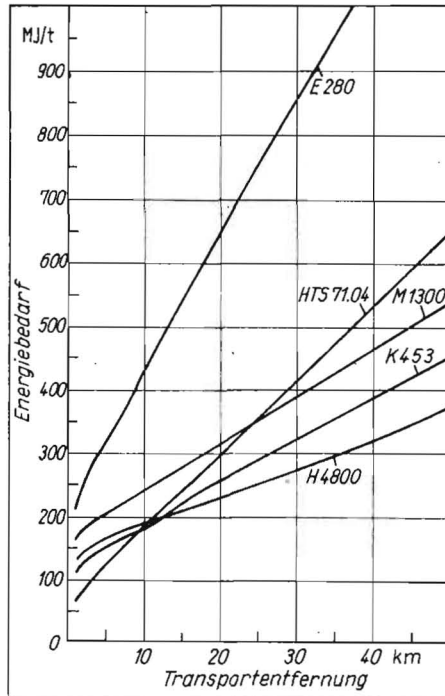
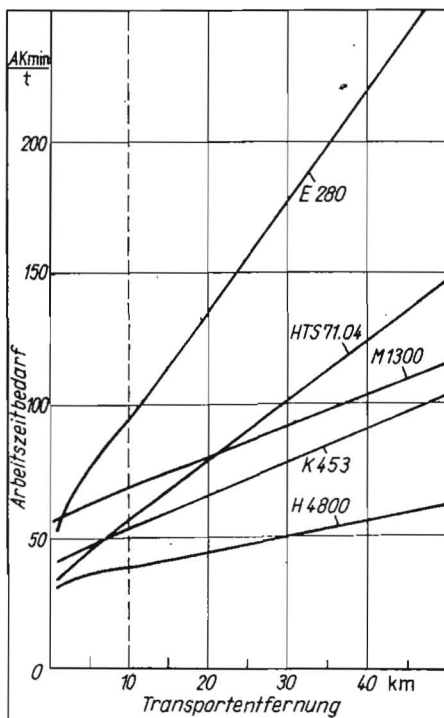


Bild 2. Energiebedarf verschiedener Strohbergevarianten in Abhängigkeit von der Transportentfernung bei Bergeraumlagerung

Bild 3. Materialbedarf verschiedener Strohbergevarianten in Abhängigkeit von der Transportentfernung bei Bergeraumlagerung

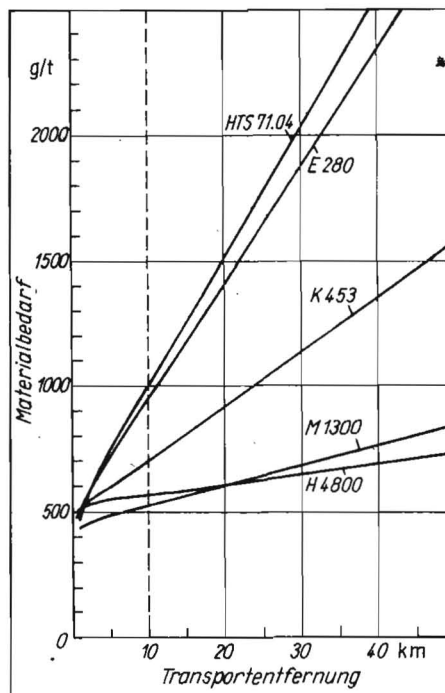
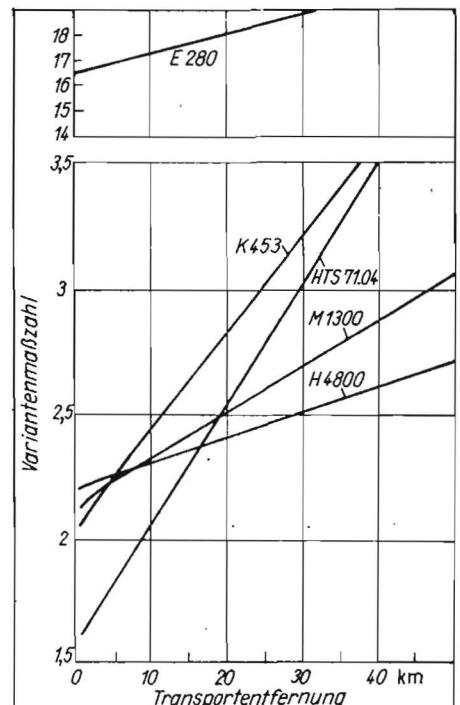


Bild 4. Änderung der Variantenmaßzahl verschiedener Strohbergevarianten in Abhängigkeit von der Transportentfernung bei Diemenlagerung



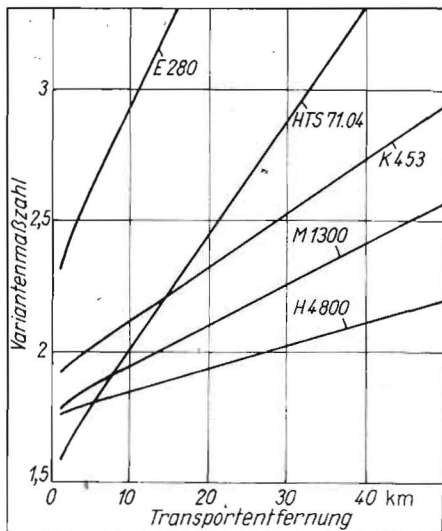


Bild 5. Änderung der Variantenmaßzahl verschiedener Strohbergevarianten in Abhängigkeit von der Transportentfernung bei Bergeraumlagerung

- Arbeitszeitbedarf (AKmin/t)
- Energiebedarf (MJ/t)
- Materialbedarf an Stahl (g/t)
- Kosten für Maschinen und Bergeräume (M/t)
- Ernte- und Lagerungsverluste (%)
- Bodenbelastung (MPa · m<sup>2</sup>/t).

Die errechneten Werte dieser Kriterien (Anwendungsparameter) beziehen sich auf die nach der Lagerung noch als Futter oder Einstreu nutzbare Strohmasse. Ihre Höhe wird bei den ersten vier Kriterien erheblich von der Transportentfernung beeinflusst. Unter Berücksichtigung dieser Abhängigkeit wurden die Anwendungsparameter für die Bewertungskriterien Arbeitszeitbedarf, Energiebedarf, Materialbedarf und Kosten mit Hilfe des Anwenderprogramms „DET.SIM“ [6] berechnet. Der Einfluß der Transportentfernung auf die Anwendungsparameter wurde hierbei über die Umlaufzeiten der Transporte erfaßt. Berücksichtigung fanden Entfernungen von 1 bis 50 km.

### 2.3. Bewertung der Verfahrensvarianten

Das Wesen der Bewertung besteht in der Berechnung und im Vergleich des Niveaus der Varianten, das in den Erfüllungsgraden der Kriterien seinen Ausdruck findet. Die große Anzahl der Verfahrensvarianten erfordert eine Bewertungsmethode, mit der die Werte der einzelnen Kriterien zu einer synthetischen Kennzahl zusammengefaßt werden können.

Um die Varianten mit dem geringsten Gesamtaufwand für die vorgegebenen Transportentfernungen zu ermitteln, wurde in Anlehnung an [7] und an den für jedes Kriterium geschaffenen Notenrahmen [8] folgende Beziehung zur Berechnung der Variantenmaßzahlen, d. h. des Niveaus der Varianten, aufgestellt:

$$VMZ_i = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n N_{ij} f_j \quad (1)$$

- VMZ<sub>i</sub> Variantenmaßzahl der Variante i
- N<sub>ij</sub> Note des Bewertungskriteriums j der Verfahrensvariante i
- f<sub>j</sub> Wichtungsfaktor des Bewertungskriteriums j.

Durch die in Gl. (1) mit enthaltene Wichtung wird die Bedeutung der Kriterien im Hinblick auf die Zielsetzung quantifiziert. Im vorlie-

Tafel 1 Anwendungsparameter der Kriterien von Verfahrensvarianten zur Strohbergung (Ernte, Umschlag, Transport, Lagerung) bei einer Feldentfernung von 5 km und Lagerung des Strohs im Bergeraum

Kriterium	Ernteverfahren		Preßgutlinie		Quadergroßballen	
	Losegutlinie Häckselgut	Ladewagen-gut	Kleinballen	Rundgroßballen		
Flächenleistung in T <sub>08</sub>	ha/h	1,4	0,6	1,4	0,9	2,1
Arbeitszeitbedarf	AKmin/t	75	45	47	63	35
Energiebedarf	MJ/t	321	124	148	203	160
Materialbedarf (Stahl)	g/t	721	740	596	483	543
Kosten <sup>1)</sup>	M/t	83,74	61,59	82,39	45,40	52,42
Lagerungsbedarf	m <sup>3</sup> /t	17	20	15	10	6
Lagerungsbedarf	%	113	133	100	66	40

1) Kosten für Maschinen und Bergeraum

genden Variantenvergleich wurde mit folgenden Wichtungsfaktoren gearbeitet:

- Materialbedarf 0,20
- Arbeitszeitbedarf 0,20
- Energiebedarf 0,20
- Kosten 0,15
- Verluste 0,15
- Bodenbelastung 0,10.

Die Berechnung der Variantenmaßzahlen, ihr Vergleich und damit die Ermittlung der Rangfolge der Varianten erfolgte mit Hilfe des Anwenderprogramms „BEWERTUNG“ [9].

Neben der Transportentfernung ging die Lagerungsart des Strohs (Diemen bzw. Bergeraum) in die Bewertung mit ein. Die Quantifizierung der Lagerungsbedingungen erfolgte über Lagerungskosten und Lagerungsverluste. Die Bergeraumkosten liegen je nach Dichte des Erntegutes und Raumnutzungsgrad sowie unter Berücksichtigung der Bauform des Bergeraumes zwischen 6,10 M und 70,70 M/t einzulagerndes Stroh. Die Kosten für die Diemeneinlagerung betragen durchschnittlich 2,00 M/t.

Die Lagerungsverluste wurden mit 15 % bzw. 30 % bei der Diemenlagerung je nach Anwendung des Überblasschutzes und mit 1 % bei der Bergeraumlagerung veranschlagt.

### 3. Ergebnisse

Wird der Einfluß der Transportentfernung auf die Änderung der Anwendungsparameter der Einzelkriterien betrachtet, ergeben sich die in den Bildern 1, 2 und 3 anhand von ausgewählten Verfahrensvarianten dargestellten Kurvenverläufe. Die für die Darstellungen ausgewählten Mechanisierungsvarianten setzten sich wie folgt zusammen:

**Variante 1: Quadergroßballenpresse H4800** (Hesston) mit Akkumulatort (Strohaufnahme, Pressen) – Mobil-lader T174 (Beladen am Feldrand) – NKW W50 + 1 Anhänger HW80.11 (Transport) – Mobil-lader T174 (Stapeln im Bergeraum)

**Variante 2: Kleinballenpresse K453** mit Schurre (Strohaufnahme, Pressen und Übergabe auf Transporteinheit) – Traktor ZT300 + Anhänger HTS50.04 (Transport) – Kettenförderer (Einlagern)

**Variante 3: Rundballenpresse M1300** (Strohaufnahme, Pressen) – Mobil-lader T174 (Beladen auf dem Feld) – NKW W50 + 1 Anhänger HW80.11 (Transport) – Mobil-lader T174 (Stapeln)

**Variante 4: Ladewagen HTS71.04** (Strohaufnahme, Verdichten und Transport) – Kettenförderer (Einlagern)

**Variante 5: Feldhäcksler E280** (Strohaufnahme, Zerkleinern und Übergabe auf Transporteinheit) – Traktor ZT300 + 2 Anhänger HW80.11, EAS (Transport) – Kettenförderer (Einlagern).

Wie aus Bild 1 hervorgeht, weist die Variante 1 (Quadergroßballen) ständig den niedrigsten Arbeitszeitbedarf auf. Dieses Kriterium stellt bei Einmannbedienung einer Maschine den einfachen Reziprokwert der Leistung dar und deutet somit auf die hohe Leistung der Quadergroßballenpresse hin (2,1 ha/h in T<sub>08</sub>). Ballenmassen von 500 kg lasten darüber hinaus die Transportmittel sehr gut aus.

Im Bild 2 wird die Doppelfunktion des Ladewagens, die Ernte und den Transport auszuführen und somit die Feldfahrstrecke der Transporteinheit einzusparen, durch die geringen Energiebedarfswerte verdeutlicht. Mit zunehmender Transportentfernung steigt der Energiebedarf des Ladewagens aufgrund des Leistungsabfalls auf weiten Fahrstrecken und geringerer Lademasse schneller an, als der bei den Varianten mit Quadergroßballenpresse, Kleinballenpresse und Rundballenpresse.

Nach Bild 3 haben die Varianten 1, 2 und 3 (Ballenpressen) die niedrigsten Materialbedarfswerte. Der hohe Materialbedarf der Varianten 4 und 5 (Ladewagen und Feldhäcksler) ist einerseits auf den Leistungsabfall des Ladewagens mit zunehmender Transportentfernung und andererseits auf die sehr geringe Schüttdichte des Häckselgutes (35 kg/m<sup>3</sup>) zurückzuführen.

Die Bewertung der Varianten, getrennt nach Diemen- und Bergeraumlagerung, unter Berücksichtigung aller eingangs aufgeführten Kriterien ergab, daß bei der Strohlagerung in Diemen die Variante mit dem Ladewagen HTS71.04 im Bereich der Transportentfernung von 0 bis 15 km die günstigste ist (Bild 4). Bei der Gesamtbeurteilung der Verfahrensvarianten sichern die hohe Leistung und besonders die gute Auslastung von Transportmitteln (rd. 7 t Stroh auf 2 HW80.11) und Bergeräumen der Variante 1 (Quadergroßballen) mit zunehmender Entfernung den vorderen Rang (Bild 5). In Tafel 1 ist dargestellt, welche Werte die entfernungsabhängigen Bewertungskriterien bei einer Transportentfernung von 5 km annehmen. Außerdem werden die den Berechnungen zugrunde gelegten Leistungen und der spezifische Lagerungsbedarf angegeben.

Für die perspektivische Gestaltung der Stroh-

ernteverfahren lassen sich einige Schlußfolgerungen ableiten. Auch zukünftig wird die Strohernte mit mehreren Verfahrensvarianten, die Erntemaschinen verschiedener Wirkprinzipie enthalten, durchgeführt werden. Dabei ist bei Diemenlagerung der Einsatz des Ladewagens HTS71.04 für die Bergung von Lang- und Schneidgut zu empfehlen. Der Anteil der Hochdruckballenlinie wird bis zur Einführung der Quadergroßballenpresse in der DDR etwa bestehen bleiben. Dann wird er aus Gründen der Steigerung der Arbeitsproduktivität und der besseren Ausnutzung der Bergeräume zugunsten der Quadergroßballenlinie zurückgehen. Die Quadergroßballen sind im Interesse der Qualitätserhaltung und Verlustsenkung unter Dach zu lagern.

#### 4. Zusammenfassung

Das Energieproblem und die rückläufige Tendenz des Arbeitskräftebestands in der Landwirtschaft der DDR zwingen dazu, auch auf dem Gebiet der Strohernte nach Wegen zu suchen, die eine höhere Verfahrensökonomie gewährleisten. Besonders die

noch zu geringen Schüttdichten bieten Reserven, um die Effektivität durch Erhöhung der Gutdichten und damit durch bessere Auslastung des Transport- und Lagerraumes zu steigern. Auf dieser Grundlage wurde eine technologisch-ökonomische Bewertung von Verfahrensvarianten der Strohernte einschließlich Transport, Umschlag und Lagerung durchgeführt. Besondere Berücksichtigung fand dabei der Einfluß der Transportentfernung auf die Höhe der Gesamtaufwendungen.

Die Ergebnisse lassen erwarten, daß die Varianten

- Ladewagen mit anschließender feldnaher Diemenlagerung und
  - Quadergroßballenpresse mit Lagerung der Großballen im Bergeraum
- perspektivisch die Gestaltung der Strohernte bestimmen werden.

#### Literatur

- [1] Uebe, N.; Herrmann, K.: Stand und Entwicklung der Strohernteverfahren in der DDR. Kongreß- und Tagungsberichte der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (1985) 40, S. 79-86.

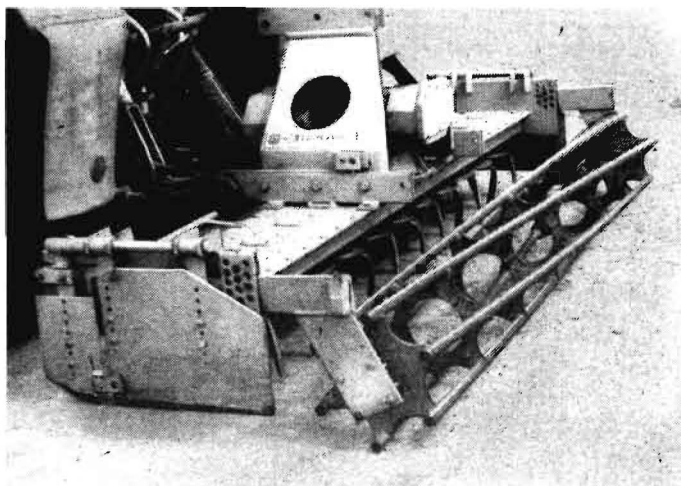
- [2] Heimbürge, H.: Größere Lademassen und höhere Effektivität beim Strohrtransport. agrartechnik, Berlin 38 (1988) 7, S. 301-303.
- [3] Hänel, V.: Stand und Technik der Großballenverfahren - Erfahrungen aus dem praktischen Einsatz bei der Strohernte. agrartechnik, Berlin 34 (1984) 5, S. 222-224.
- [4] Bernhardt, H.; Scherbarth, L.: Großballen bei der Strohernte und ihre Perspektiven in der DDR. Feldwirtschaft, Berlin 29 (1988) 6, S. 263-266.
- [5] Malef, J.: Erfahrungen beim Einsatz von Großballenpressen zur Strohernte. internationale agrar-industrie-zeitschrift, Moskau/Berlin (1989) 1, S. 74-77.
- [6] Fechner, W.: Anwenderprogramm „DET.SIM“. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 1987.
- [7] Papesch, J.: Zur technologischen Beurteilung von Verfahren. Tagungsberichte der AdL der DDR, Berlin (1984) 224, S. 411-416.
- [8] Dammer, S.: Technologische Untersuchungen zur zukünftigen Gestaltung der Strohernteverfahren in der DDR. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Sektion Pflanzenproduktion, Dissertation A 1988.
- [9] Fechner, W.: Anwenderprogramm „BEWERTUNG“. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 1987. A 5673

## Zentrale Prüfstelle für Landtechnik Potsdam-Bornim - Gutachten

Gutachten-Nr.: 724

Kreiselegge MKE300

Hersteller: Landmaschinenwerk „Rekard“ Győr (UVR)



#### Beurteilung

Die Kreiselegge MKE300 des Landmaschinenwerks „Rekard“ Győr (UVR) ist in Verbindung mit 60-kW-Traktoren aufgrund der intensiven Krümel- und Mischwirkung besonders auf schwer bearbeitbaren Böden gut einsetzbar. Der hohe Antriebsleistungsbedarf und die geringe Produktivität schränken den Einsatzbereich auf spezielle Einsatzbedingungen und Saatbetanforderungen ein. Wegen der robusten Ausführung der Werkzeuge und ihres Bewegungsablaufs ist auf steinigere Flächen eine gute Haltbarkeit zu erwarten. Für den Einsatz zu speziellen Aufgaben wird der Import einer kleinen Anzahl dieses Geräts empfohlen.

#### Technische Daten

Länge/Breite/Höhe	2 300 mm/3 150 mm/1 210 mm
Masse	805 kg
Arbeitsbreite	2 950 mm
Krümlerdurchmesser/-länge	400 mm/2 950 mm
Anzahl/Durchmesser der Stangen	6/35 mm
Anzahl der Stützsterne	7

Anzahl der Messerflansche (Eggenkreisel)	12
Durchmesser der Kreisel	270 mm
Anzahl der Messer je Kreisel	2
Länge der Messer	270 mm
Getriebekasten (Tiefe × Höhe)	400 mm × 100 mm
Basisbreite	800 mm
Durchmesser der Tragzapfen	28 mm

#### Beschreibung

Die Kreiselegge MKE300 ist ein Anbaugerät für Traktoren mit einer Motorleistung von mindestens 60 kW. Sie dient zur intensiven Krümelung und Durchmischung des Bodens und ist besonders für die Saatbettbereitung auf schwer bearbeitbaren Böden oder für Kulturen mit hohen Ansprüchen an die Saatbettqualität vorgesehen.

Das Gerät besteht aus einem drei Meter breiten Getriebekasten, an dessen Unterseite sich 12 Messerflansche (Eggenkreisel) mit senkrechter Drehachse befinden. An jedem Messerflansch sind zwei nach unten gebogene Messer angeschraubt. Auf der Oberseite des Getriebekastens liegt das Winkelgetriebe, das über die Gelenkwelle vom Traktor aus angetrieben wird. Die Kreiseldrehzahl kann durch Wechselräder verändert werden. Ein Rollkrümmer am Heck dient der zusätzlichen Tiefeneinstellung sowie der Krümelung und Verdichtung des durchgearbeiteten Bodens. Das Gerät wird ausschließlich vom Mechanisator bedient.

#### Begutachtungsergebnisse und deren Einschätzung

Aufgrund der guten Zerkleinerungs- und Mischwirkung ist die Kreiselegge MKE300 besonders auf schweren und verhärteten Böden zur Saatbettbereitung einsetzbar. Unter schweren Einsatzbedingungen kann in den meisten Fällen in einem Arbeitsgang eine gute Saatbettqualität erreicht werden. Bei normalen Einsatzbedingungen wird eine Saatbettqualität für hohe Ansprüche erzielt. Nach den bisherigen Erfahrungen kann die Kreiselegge zur Saatbettbereitung im Frühjahr für Spezialkulturen, nach der Saarfurche auf schweren Böden für feinsamige Kulturen und bei der Bodenbearbeitung ohne Pflugeinsatz gut verwendet werden. Aus dem hohen Antriebsleistungsbedarf (45 kW) und den teilweise daraus resultierenden geringen Arbeitsschwindigkeiten (2 bis 4 km/h) ergeben sich jedoch ökonomische und technologische Einschränkungen des Gebrauchswerts ( $W_{02} = 0,5 \dots 0,7$  ha/h). Das Spezialgerät hat nur unter besonderen Einsatzverhältnissen eine Berechtigung und ersetzt herkömmliche Geräte. Der Verschleiß an den Hauptverschleißteilen, den Messern, ist gering. Dipl.-Ing. S. Rusch