

# Möglichkeiten und Grenzen der Halmgutaufbereitung zur Trocknungsbeschleunigung auf dem Feld

Dipl.-Ing. K. Schmidt, KDT/Dr. agr. H. Stromeyer  
Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

## 1. Einleitung

Welkslage- und Heuproduktion sind gegenwärtig und in Zukunft die bestimmenden Ernte- und Konservierungsverfahren für Halmfutter. Der Verlauf der Welk- und Trocknungsphase auf dem Feld hat dabei einen entscheidenden Einfluß auf die Höhe der Verluste und auf die Futterqualität. Die Ernteverfahren sind deshalb so zu gestalten, daß die witterungsbedingten Möglichkeiten der Feldtrocknung effektiv genutzt werden, um mit hoher Sicherheit ausreichende Trockensubstanzgehalte (TS-Gehalte) in kurzen Feldliegezeiten zu erreichen [1, 2].

Die wichtigste Maßnahme ist eine lockere, durchmischte Breitablage des Mähgutes zur Vergrößerung der trocknungswirksamen Gutoberfläche bei einem Massebelag (Frischgut) von 2 bis 3 kg/m<sup>2</sup>. Mit Hilfe der Ausrüstung des Schwadmähers E303 mit Breitablageeinrichtung bzw. durch entsprechende Rationalisierungslösungen zu den Schwadmähern E301 und E302 ist die gegebene Zielstellung erreichbar [1, 3]. Der Schwadmäher kann damit als universelles Mähgerät sowohl für die Welkgutproduktion als auch für die Heuproduktion eingesetzt werden und schafft die Grundlage, bei guten Witterungsbedingungen die Welkgutreife (TS-Gehalt 35 bis 50%) in 2 Tagen und die Halbheureife (TS-Gehalt 60 bis 70%) in 3 bis 4 Tagen zu erreichen.

Mit den neuen Rotorwendern und -schwadern sowie mit dem perspektivisch eingeordneten Trommelrechwender TRW42 werden den Landwirtschaftsbetrieben der DDR Mechanisierungsmittel bereitgestellt, die den Trocknungsprozeß bei einem angestrebten höheren TS-Gehalt des Erntegutes (Heuproduktion) bzw. nach Niederschlagseinwirkung sehr wirksam unterstützen [4].

Verschiedene Möglichkeiten, über die konventionelle Halmgutbearbeitung hinaus zusätzliche Trocknungseffekte zu erzielen, wurden in den letzten Jahren im In- und Ausland untersucht. Diese beinhalten vor allem spezielle halmgutaufbereitende Behandlungen des Pflanzenmaterials vor oder in Verbindung mit der Mahd zur Veränderung seiner physikalischen, biologischen oder chemischen Beschaffenheit mit dem Ziel der Erhöhung der Wasserabgabefähigkeit der Pflanzen.

Nachfolgend wird über die wichtigsten Ergebnisse und Schlußfolgerungen berichtet.

## 2. Halmgutaufbereitungsmethoden und ihre praktische Bedeutung

Aus der Literatur sind mechanische, chemische, elektrische und thermische Aufbereitungsmethoden bekannt. Von allen hat bisher nur die mechanische Behandlung des Pflanzenmaterials eine größere praktische Bedeutung erlangt. Chemische, thermische und elektrische Verfahren sind demgegenüber noch nicht aus dem Versuchsstadium herausgekommen. Untersuchungen in verschiedenen Ländern, u. a. auch in der DDR,

haben gezeigt, daß der mit ihnen erreichte Nutzen und die hohen Aufwendungen in einem ökonomisch sehr ungünstigen Verhältnis stehen. Für die thermische und elektrische Aufbereitung sind auch in naher Zukunft keine effektiven Anwendungsmöglichkeiten zu erwarten. Die chemische Aufbereitung könnte am ehesten dann praktische Bedeutung erlangen, wenn es gelingt, durch Einsatz geeigneter Mittel neben der Trocknungsbeschleunigung auch die Voraussetzungen für eine verlustarme und sichere Konservierung zu verbessern. Zur Zeit deutet sich jedoch international die Tendenz an, Konservierungsmittel erst unmittelbar bei der Bergung des Gutes vom Feld bzw. bei der Einlagerung einzusetzen [5]. Technische, technologische und ökonomische Vorteile sprechen gegenwärtig eindeutig für die Anwendung mechanischer Aufbereitungsprinzipie. Gegenüber den anderen Aufbereitungsmethoden können sie effektiv mit Maßnahmen zur Verringerung des Massebelags (Breitablage) und der Auflockerung des Mähgutes kombiniert werden.

## 3. Technischer Entwicklungsstand zur mechanischen Halmgutaufbereitung

Das Ziel der mechanischen Halmgutaufbereitung besteht in der Erhöhung der Wasserabgabefähigkeit der Halmfutterpflanzen durch Veränderung ihrer physikalischen Beschaffenheit. Angestrebt wird ein Verletzen der Pflanzenteile, vor allem der schlecht trocknenden Stengel, durch Druck-, Schlag- und/oder Reibwirkung. International durchgesetzt haben sich folgende zwei Wirkprinzipie:

–Walzenaufbereiter

Aufbereitung primär durch Druckwirkung (Quetschen, Knicken), Einsatz in selbstfahrenden oder gezogenen Schwadmähern

–Rotoraufbereiter

Aufbereitung primär durch kombinierte Schlag-Reib-Wirkung, Einsatz in Verbindung mit Rotationsmähwerken (Bild 1).

Walzenaufbereiter gehören bei Schwadmähern zum Stand der Technik. Sie sind in der DDR von den Schwadmähern E301, E302 und E303 her bekannt. Der gegenwärtige internationale Entwicklungsstand ist wie folgt gekennzeichnet:

–zunehmende Verwendung von Walzen mit profilierten Gummibelägen statt reinem Stahlwalzenpaar

–Einsatz breitflächig wirkender Quetschwalzen statt Knickwalzen

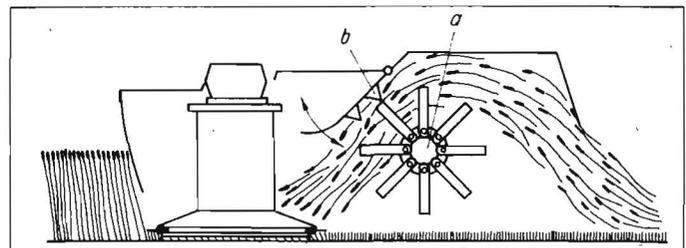
–Vergrößerung der Quetschbreite im Verhältnis zur Mähbreite, teilweise bis zur vollen Mähbreite.

Trotz dieser Verbesserungen lassen sich befriedigende Aufbereitungsergebnisse nur bei dickstengligen Halmgütern (Leguminosen) erzielen. Bei feinstengligen Gräsern reicht die Aufbereitungswirkung für eine effektive Trocknungsbeschleunigung nicht aus. Zur Realisierung der Breitablage mit dem Schwadmäher über Leitbleche haben die Walzenaufbereiter eine neue, zusätzliche Anwendungsmöglichkeit gefunden.

Die erst seit Mitte der 70er Jahre bekannten Rotoraufbereiter wurden speziell für das Aufbereiten von Gräsern entwickelt und sind in einigen westeuropäischen Ländern verbreitet im Einsatz. Das Wirkprinzip der Rotoraufbereiter ähnelt dem des Überkopfzeters. Die höhere Umfangsgeschwindigkeit des Rotors (18 bis 29 m/s), der höhere Werkzeugbesatz (bis 29 Stück je Meter Arbeitsbreite) sowie spezifische Werkzeugformen erzeugen eine schlagend-reibende Bearbeitung des Gutes, die über die Zettwirkung hinaus auch eine Aufbereitungswirkung erkennen läßt. Diese kann durch das Zuschalten bzw. den Einbau passiver Aufbereitungselemente, wie verstellbare, profilierte Abdeckhaube, Schlagleisten, Zinken- oder Bürstenkämme, erhöht werden. Die aktiven Aufbereitungswerkzeuge, aus Stahl oder nichtmetallischen Werkstoffen (Plaste, Hartgummi) gefertigt, sind entweder als Schlegel- oder elastisch eingespannte Zinkenelemente ausgeführt. Ihre Form ist vielgestaltig. Eingesetzt werden Flach- oder Rundstahlstäbe, gekröpfte Elemente sowie Bürstenbüschel bei Verwendung synthetischer Werkstoffe.

Die Effektivität der Rotoraufbereiter wird in der Literatur sehr unterschiedlich eingeschätzt. Sie ist sehr von den natürlichen und technologischen Einsatzbedingungen abhängig. Zur Einschätzung der möglichen Anwendbarkeit unter den Produktionsbedingungen der DDR erwiesen sich eigene Untersuchungen als notwendig.

Bild 1. Wirkprinzip der Gerätekombination Rotationsmähwerk-Rotoraufbereiter; a aktives Aufbereitungsorgan (Rotor mit Schlegeln oder Federzinken), b passive Aufbereitungsorgane (Schlagleisten, Zinkenkamm) Aufbereitungsintensität über Variation der Rotordrehzahl und über passive Aufbereitungselemente einstellbar



#### 4. Eigene Untersuchungsergebnisse zum Einsatz von Rotoraufbereitern

Die Eignung der Rotoraufbereiter zur Trocknungsbeschleunigung von gemähem Halmgut auf dem Feld wurde in zweijährigen Untersuchungen (1983 und 1984) für die Bedingungen der nördlichen Hälfte der DDR in jeweils mehreren Versuchsreihen untersucht. Die experimentellen Untersuchungen beinhalteten Versuche unter Feld- und Modellbedingungen. Während bei den Modelluntersuchungen die direkte Aufbereitungswirkung nachgewiesen wurde, war es das Ziel der Feldversuche, die Wirkung der Aufbereitung in Verbindung mit Gutablage und nachfolgender Gutbearbeitung zu analysieren. Gegenüber dem internationalen Stand erfolgte der Einsatz der Rotoraufbereiter nicht nur in Verbindung mit Rotationsmäherwerken, sondern auch in Verbindung mit den in der DDR vorrangig eingesetzten oszillierenden Schneidwerken. Die Versuche wurden jeweils mit Gräsern im direkten Vergleich mit herkömmlichen Ablage- und Bearbeitungsvarianten durchgeführt.

Den Schwerpunkt bildeten Trocknungsverlaufsuntersuchungen, Verlustmessungen und Messungen zum Antriebsleistungsbedarf.

Die wichtigsten Ergebnisse lassen sich zusammengefaßt wie folgt darstellen:

–Die durchgeführten Versuche bestätigen erneut, daß Breitablage und Gutbearbeitung (Zetten, Wenden) mit herkömmlichen Mechanisierungsmitteln (Schwadmäher mit Breitablage, Rotorwender) sehr effektive Maßnahmen zur Sicherung einer hohen Trocknungsgeschwindigkeit sind. Mit relativ geringen Aufwendungen sind bei richtiger technologischer Anwendung befriedigende Trocknungsraten für die Welkgut- und Heuproduktion erreichbar (Tafel 1).

–Durch den Einsatz von Rotoraufbereitern in Verbindung mit Mäherwerken sind auch für die Bedingungen der DDR zusätzliche trockenungsbeschleunigende Effekte bei der Feldtrocknung speziell von Gras nachweisbar (Bild 2, Tafel 1).

–Dieser trockenungsbeschleunigende Effekt ist im Bereich bis TS = 60% am größten und somit speziell für die Verfahren der Welkgut- und Heuproduktion von Bedeutung. Mit fortschreitender Trocknung (TS  $\geq$  70%) wurde eine Angleichung der Trocknungsverläufe von aufbereitetem und nicht aufbereitetem Gut beobachtet. Diese Feststellung läßt eine praktische Bedeutung der Rotoraufbereiter in der Dürreheuproduktion nicht erwarten.

Tafel 1. Einfluß verschiedener Varianten der Halmgutbearbeitung auf die Trocknungszeit  $t_T$  unter Feldbedingungen (Mittelwerte aus 6 Feldversuchsreihen)

Var. 1)	TS = 40%			TS = 50%			TS = 60%			TS = 70%		
	$t_T$	Verkürzung von $t_T$		$t_T$	Verkürzung von $t_T$		$t_T$	Verkürzung von $t_T$		$t_T$	Verkürzung von $t_T$	
	absolut h	gegenüber Variante 3 h	%									
1	4,2	2,0	32,3	7,4	3,5	32,1	12,4	3,1	20,0	17,4	2,3	11,7
2	5,3	0,9	14,5	9,2	1,7	15,6	14,0	1,5	9,7	19,1	0,6	3,0
3	6,2	0	0	10,9	0	0	15,5	0	0	19,7	0	0
4	6,7	-0,5	-8,1	11,7	-0,8	-7,3	15,8	-0,3	-1,9	20,4	-0,7	-3,6
5	10,7	-4,5	-72,6	15,3	-4,4	-40,7	19,7	-4,2	-27,1	25,4	-5,7	-28,9

1) Varianten:

- 1 nach Mahd Mähgutaufbereitung mit Rotoraufbereiter im Rüstzustand „starke Aufbereitung“
- 2 nach Mahd Mähgutaufbereitung mit Rotoraufbereiter im Rüstzustand „schwache Aufbereitung“
- 3 nach Mahd gezettet mit Rotorwender RW2/200
- 4 Mahd und Breitablage mit Schwadmäher E301 (Breitablage nach Variante „Groß Strömkendorf“)
- 5 Mahd ohne gleichzeitige Gutbearbeitung (Schwadrtrocknung am Schnittag) (über angegebene Bearbeitungsmaßnahmen in Verbindung mit der Mahd hinaus keine weitere Bearbeitung am Schnittag, an den Folgetagen jeweils 1× gewendet mit Rotorwender RW4/415)

Tafel 2. Gesamttrockensubstanzverluste von unterschiedlich bearbeitetem Gut unter Feldbedingungen ( $\beta$  erreichter TS-Gehalt zum Zeitpunkt der Messung)

Variante 1)	Versuch I	Versuch II	Versuch III	Versuch IV
	3 Feldliegetage, kein Niederschlag, gute bis sehr gute Trocknungsbedingungen, 2× Bearbeitung mit Rotorwender RW4/415	6 Feldliegetage, 18 mm Niederschlag wenige Stunden nach der Mahd, ansonsten mäßige bis gute Trocknungsbedingungen, 3× Bearbeitung mit Rotorwender RW4/415	4 Feldliegetage, 22 mm Niederschlag nach Abtrocknung auf TS = 60...70%, ansonsten gute bis sehr gute Trocknungsbedingungen, 2× Bearbeitung mit Rotorwender RW4/415	5 Feldliegetage, 7,5 mm Niederschlag nach Abtrocknung auf TS = 50...60%, ansonsten mäßige Trocknungsbedingungen, 2× Bearbeitung mit Rotorwender RW4/415
1	9,8% $\beta = 68,6\%$	24,6% $\beta = 76,9\%$	25,3% $\beta = 80,8\%$	19,9% $\beta = 88,9\%$
2	9,0% $\beta = 67,8\%$	24,0% $\beta = 75,1\%$	22,4% $\beta = 76,7\%$	12,1% $\beta = 86,1\%$
3	8,6% $\beta = 67,4\%$	20,1% $\beta = 74,9\%$	20,1% $\beta = 74,7\%$	10,6% $\beta = 86,3\%$
5	7,2% $\beta = 61,7\%$	16,1% $\beta = 70,4\%$	21,4% $\beta = 69,3\%$	12,4% $\beta = 84,2\%$

1) Variantenbezeichnung analog Tafel 1; Variante 4 hier nicht berücksichtigt

–Gegenüber dem Zetten mit dem Rotorwender in Verbindung mit dem Mähvorgang sind im Bereich bis TS = 60% Trocknungsvorsprünge von 2 bis 3 effektiven Trocknungsstunden erreichbar. Das gilt jedoch nur für die starke Aufbereitung (maximale Rotordrehzahl mit zugeschalteten passiven Aufbereitungswerkzeugen). Schwache Aufbereitung (minimale Rotordrehzahl ohne passive Aufbereitungswerkzeuge) ist kaum

effektiver als Zetten mit dem Rotorwender bzw. Breitablage mit dem Schwadmäher (Bild 2, Tafel 1).

–In Erweiterung des internationalen Erkenntnisstands konnte diese trockenungsbeschleunigende Wirkung auch für Rotoraufbereiter in Verbindung mit Scherenschnittmäherwerken nachgewiesen werden.

–Die Halmgutaufbereitung durch Rotoraufbereiter kann bei guter technologischer Umsetzung dazu beitragen, Schönwetterperioden noch besser auszunutzen. Bei ungünstiger Witterung ergeben sich jedoch durch Einsatz von Rotoraufbereitern Nachteile, primär durch Erhöhung der Auswaschungs- und Bröckelverluste (Tafel 2). Die technologische Umsetzung der trockenungsbeschleunigenden Effekte und praktischen Einsatzbedingungen muß vor allem wegen der Witterungsanfälligkeit und der Verluste als problematisch angesehen werden.

–Eine wirkungsvolle Halmgutaufbereitung ist an erhöhte materielle und vor allem energetische Aufwendungen gebunden. Unter unterschiedlichen Einsatzbedingungen wurde für Rotoraufbereiter im Rüstzustand „starke Aufbereitung“ gegenüber dem Rotorwender ein um durchschnittlich 80% höherer Antriebsleistungsbedarf nachgewiesen (Bild 3).

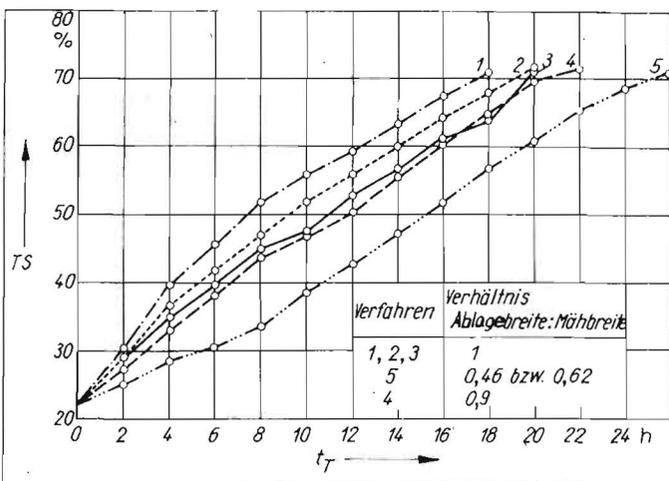


Bild 2 Zusammenfassende Darstellung der Trocknungsverläufe untersuchter Varianten der Halmgutbearbeitung; Bezeichnung der Varianten 1 bis 5 sowie Gestaltung der nachfolgenden Gutbearbeitung analog Tafel 1

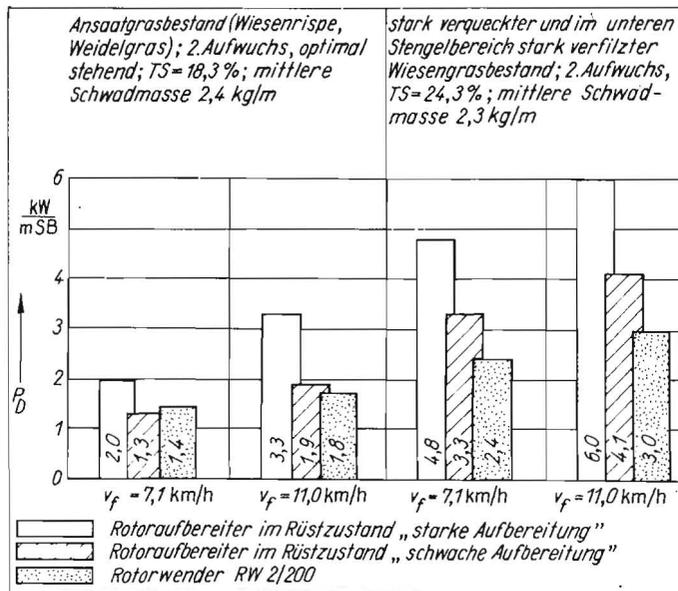


Bild 3. Gegenüberstellung der spezifischen Drehleistungsbedarfswerte  $P_0$  je Meter Schnittbreite für Rotoraufbereiter und Rotorwender (vorgelagertes Mähwerk ŽTR-165);  $v_f$  Fahrgeschwindigkeit

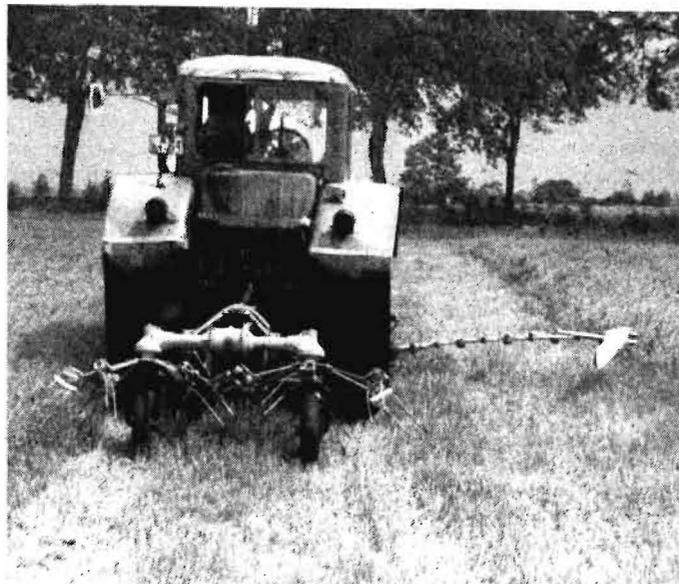


Bild 4. Rotorwender RW 2/200 in Kombination mit dem Seitenanbaudoppelmessermähwerk SMD 19 A

## 5. Schlußfolgerungen

Die bisher ermittelten Ergebnisse zur trocknungsbeschleunigenden Wirkung der Rotoraufbereiter rechtfertigen z. Z. keine breite Anwendung in den Verfahren der Welksilage- und Heubereitung unter den Produktionsbedingungen der DDR.

Schwerpunktaufgaben bleiben die konsequente Durchsetzung der Breitablage beim Einsatz der Schwadmäher und der effektive Einsatz der neuen Halmgutbearbeitungsmaschinen (Rotorwender, Rotorschwader, Trommelrechenwender).

Werden Anbaumähwerke eingesetzt, wird zur Trocknungsbeschleunigung der unmittelbar nachfolgende Zettereinsatz empfohlen. Dazu wurde die Eignung der Gerätekombination Anbaumähwerk und Rotorwender RW 2/200 (Bild 4) nachgewiesen. Ein Zetter für die bekannten Rotationsmähwerke ŽTR-165 aus der ČSSR wurde im Jahr 1985 im

Rahmen der Staatlichen Eignungsprüfung in der DDR erfolgreich untersucht, ein Import dieser Geräte ist vorgesehen.

## 6. Zusammenfassung

Im Beitrag wird über Möglichkeiten und Ergebnisse zur Trocknungsbeschleunigung von gemähtem Halmfutter auf dem Feld durch gezielte Halmgutaufbereitung berichtet. Durch mechanische Halmgutverletzung können begrenzte zusätzliche Trocknungseffekte erreicht werden. Die Effektivität neuartiger Rotoraufbereiter in Verbindung mit dem Mähen reicht gegenwärtig jedoch für eine Praxisanwendung unter den Produktionsbedingungen der DDR nicht aus.

## Literatur

[1] Bachmann, K.: Hinweise und verfahrenstechnische Maßnahmen zur Verbesserung der Welkgutaufbereitung in den Verfahren der Welksilage-

lage- und Heuproduktion. agrartechnik, Berlin 33 (1983) 3, S. 115–116.

[2] Rücker, G.; Knabe, O.: Maßnahmen zur Verlustsenkung und Qualitätserhaltung beim Welken von Gräsern. Feldwirtschaft, Berlin 24 (1983) 4, S. 174–176.

[3] Strobel, W.: Der Schwadmäher E303 – eine Weiterentwicklung aus dem Maschinensystem Halmfutterproduktion. agrartechnik, Berlin 34 (1984) 12, S. 557–559.

[4] Bennewitz, H.: Hinweise zur Einordnung des Rotorschwaders RS2/545 und des Trommelrechenwenders TRW42 in die Verfahren der Heu- und Welksilageproduktion. Feldwirtschaft, Berlin 26 (1985) 4, S. 159–161.

[5] Schmidt, K.; Stromeyer, H.: Literatur- und Patentauswertung zum Thema „Werkzeuge zur Erhöhung der Feldtrocknungsgeschwindigkeit von Gräsern und Leguminosen unter Berücksichtigung geringer Verluste“. Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim, 1984. A 4559

# Konstruktionsmerkmale einer elastisch-spielfreien Doppelmesserrführung für Mähwerke

Dipl.-Ing. G. Krüger, KDT, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

## 1. Einleitung

Entsprechend den unterschiedlichen Mähaufgaben in der Landwirtschaft und in deren Nebenbereichen haben sich Rotations- und Scherenschneidwerke verschiedener Bauform durchgesetzt. Das sind im wesentlichen Trommel- und Scheibenmähwerke bzw. Finger- und Doppelmesserschneidwerke, die jeweils abhängig von den dominierenden Anforderungen der Anwender, sowohl Vor- als auch Nachteile aufweisen [1]. Für die Landwirtschaft der DDR wurde vom Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim gemeinsam mit dem VEB Kombinat Landtechnik Neubrandenburg ein Doppel-

messerschneidwerk mit elastisch-spielfreier Messerrführung entwickelt und für die Produktion vorbereitet (Bild 1), das dem internationalen Trend bei Anbaumähwerken entspricht.

## 2. Konstruktionsmerkmale der elastisch-spielfreien Messerrführung

Doppelmesserschneidwerke haben zwei gegenläufig angetriebene Messer. Ihre Führung ist im Vergleich zum Fingerschneidwerk konstruktiv aufwendiger, da beide Messer spielfrei aufeinander gleiten müssen. In der DDR werden Doppelmesserschneidwerke bisher hauptsächlich zum Schwadmäher E301/E302 und im Seitenanbau zum

Traktor (ZMW 200) eingesetzt. Die Messerrführung erfolgt dabei in starren Druckplatten, die infolge des Verschleißes von Zeit zu Zeit nachgestellt werden müssen. Für die neuen Doppelmesserschneidwerke wird als Messerrführungsprinzip die spielfreie Führung der Ober- und Untermesser durch Verwendung elastischer Elemente angewendet. Dieses Funktionsprinzip erreicht hinsichtlich Arbeitsleistung, -qualität und -sicherheit Spitzenwerte und wird international als „Hochleistungs-Doppelmesserschneidwerk“ bezeichnet. Mit der Aufnahme der Eigenentwicklung eines derartigen Schneidwerks auf der Basis von Bauelementen aus DDR-Produktion ergab sich die Notwendigkeit, eigene Wege