

Internationaler Stand der Entwicklung von Geräten und Maschinen zur Bodenbearbeitung – Saatbettbereitung

Dr. sc. agr. C. Bernard, KDT/Dr. agr. R. Herzog
Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg der AdL der DDR

Die Saatbettbereitung ist das der Grundbodenbearbeitung [1] folgende mechanische Bearbeiten zur Vorbereitung des Bodens für die Aussaat oder das Pflanzen. Sie dient dem Einneben der Ackeroberfläche, der Schaffung fruchtartenspezifischer optimaler Lagerungsdichten und Aggregatgrößenverteilungen sowie der Unkrautbekämpfung und dem Einarbeiten von Agrochemikalien [2].

Für die Saatbettbereitung ist eine große Anzahl von Einzelgeräten, vor allem aber von Kombinationen verschiedener Werkzeuge, für unterschiedliche Einsatzbedingungen, Standorte und Fruchtarten entwickelt worden.

1. Saatbettbereitungsgeräte zur Kombination mit der Grundbodenbearbeitung

Durch Kombination der Saatbettbereitung mit der Grundbodenbearbeitung wird der frisch aufgebrochene Boden unmittelbar weiterbearbeitet, um ein Austrocknen oder Verschlämmen zu vermeiden. Dabei wird der Boden mit geringerem Energieaufwand als bei späteren getrennten Arbeitsgängen zerkleinert, eingeebnet, rückverdichtet und teilweise durchmischt [3].

In Geräten zur Kombination mit dem Pflug

sind Krumpenpacker (Guß-, Linsen- und Scheibenpacker), Croskill- und Cambridgewalzen sowie Sternkrümler in einen gemeinsamen Rahmen eingebaut. Die rollenden Werkzeuge können entsprechend den Erfordernissen gegeneinander ausgetauscht werden. Die Einordnung von Zinkenwerkzeugen wurde bisher nicht verwirklicht.

An Beetpflügen werden die Saatbettbereitungsgeräte mit Ketten und Streben befestigt, nur wenige von ihnen sind mit einem Fahrwerk für den Straßentransport in Verbindung mit dem Pflug und einer vom Traktorsitz aus zu betätigenden Aushubvorrichtung für die Fahrt auf dem Vorgewende ausgerüstet (z. B. FORTSCHRITT B603). Die meisten Geräte müssen getrennt vom Pflug am Dreipunktgestänge des Traktors transportiert werden (Bild 1).

Bei Drehpflügen ist es üblich, die Saatbettbereitungsgeräte vom Traktorsitz aus durch Seilzug, Hydraulik oder elektromagnetisch am Vorgewende abzuhängen. Nach dem Wendevorgang werden sie von einem Fanghaken erfaßt und wieder angekoppelt. Wegen dieses etwas beschwerlichen Wendeverfahrens müssen die Geräte vor- und rückwärts mit der gleichen Werkzeugreihenfolge

eingesetzt werden. Eine Staffelung der Werkzeuge entsprechend dem Bearbeitungserfordernis ist dadurch nicht möglich. Dieser Nachteil wird mit Wendepackern (Bild 2) vermieden, bei denen das hintere Werkzeug um einen Drehzapfen in die neue Fahrtrichtung einschwenkt.

In Kombination mit dem Grubber ist eine Saatbettbereitung besonders wichtig, weil die entstehenden Bodenaggregate aus der obersten Schicht schnell austrocknen und verhärten können und der gekrümelte Boden von der Oberfläche in tiefere Schichten sortiert wird. Pflanzenrückstände und an den Bodenaggregaten haftende Unkräuter erfordern eine abgestimmte Werkzeugauswahl. In diesen Fällen werden Eggen unterschiedlicher Masse, Spatenrolleggen, Zahnwalzen, Krümler, Schiebenbatterien sowie Schlepp- und Feingrubberzinken eingesetzt (Bilder 3 und 4, Pos. i, m). Aus diesen Werkzeugen zusammengestellte Geräte sind über Schnellkoppelvorrichtungen mit den Grubbern austauschbar zu verbinden, sie tragen wesentlich zu dem beim Grubber gegenüber dem Pflug verringerten Saatbettbereitungsaufwand bei. Der VEB Kombinat Fortschritt Landmaschinen hat als wichtige Verbesse-



Bild 1. Für den Transport am vorderen Anbausystem des Traktors befestigter Krumpenpacker

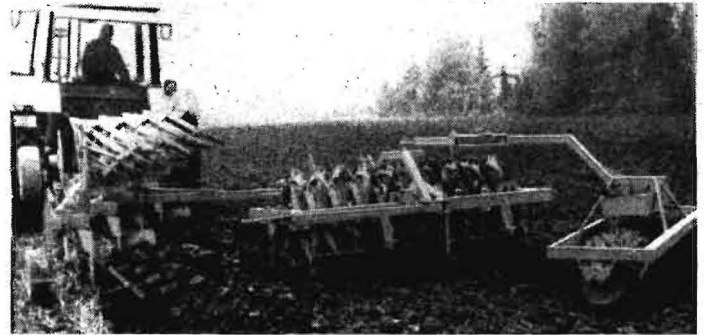


Bild 2. Wendepacker der Bayerischen Pflugfabrik GmbH Landsberg (BRD) während des Wendens mit einem Streifenkörper-Drehpflug

Bild 3. Krümlerbauformen;
a Schrägstabkrümler, b Zahnkrümler, c Spiralkrümler, d Drahtwälzgege

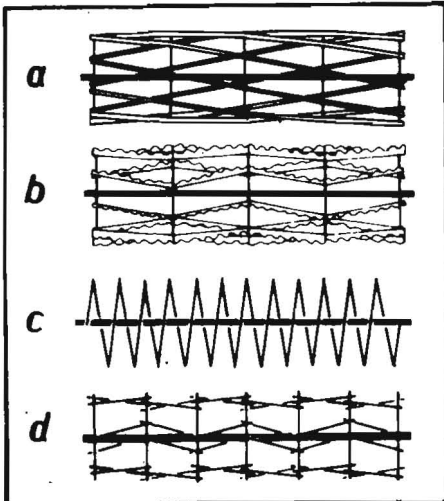
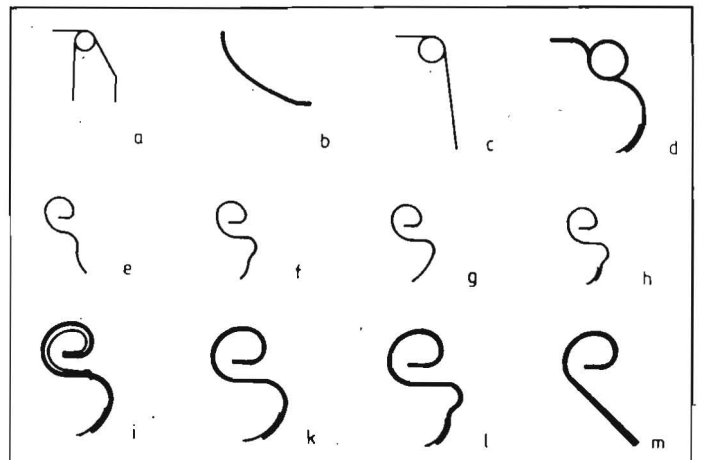


Bild 4
Zinkenwerkzeuge für die Saatbettbereitung;
a leichter Federzinken, b Strichgezinken, c Federzinken, d Spiralfederzinken, e Garezinken, schleppend (meistens in der 1. Reihe), f Garezinken, steile Ausführung, g Garezinken, Normalform, h Garezinken mit Schar, i Feingrubberzinken mit Zusatzfeder, k Feingrubberzinken, Normalform, l Feingrubberzinken, steile Form, m Schleppzinken



zung zur Saatbettbereitung in Kombination mit Scheibeneggen einen Eggenträger (Bild 5) für die Scheibenegge B402 entwickelt.

Ein- oder zweibalkige Kurzgrubber werden mit Fräsen oder Kreiseleggen kombiniert eingesetzt (z. B. Grubberfräse). Durch den Einsatz getriebener Werkzeuge besteht die Möglichkeit, den vom Kurzgrubber nur grobschollig bearbeiteten Boden ohne Verstopfungen ausreichend fein zu zerkleinern.

2. Saatbettbereitungskombinationen

Obwohl schon in großem Umfang eine Saatbettbereitung in Kombination mit der Grundbodenbearbeitung erfolgt, ist unter europäischen Verhältnissen beim Einsatz gezogener Werkzeuge noch jährlich in einem Umfang, der etwa dem 2- bis 3fachen der Ackerfläche entspricht, eine getrennte Saatbettbereitung erforderlich, um die notwendige Qualität zu erreichen. Dabei wird die Werkzeugauswahl entscheidend davon beeinflusst, ob die Saatbettbereitung im Frühjahr nach Herbstfurche bei abgesetztem, feuchtkrümeligem Boden oder im Herbst nach Saatfurche bei ausgetrocknetem Boden durchgeführt wird. Anstelle der üblichen Kopplungsbalken und -wagen haben sich kompakte Geräte mit einer Kombination von 3 bis 5 gestaffelten austauschbaren Werkzeugarten als Baukastensystem durchgesetzt (Bild 6). Als erstes Werkzeug wird in den Geräten meistens ein abgefedertes Einebnungswerkzeug und als erstes oder zweites Werkzeug eine Zinkensektion eingesetzt. Das können für die flache Saatbettbereitung (3 bis 6 cm) im Frühjahr Eggenfelder mit unterschiedlicher Masse und Zinkenform sein. Dem gleichen Zweck dienen 4- bis 5reihige Garezzinkenfelder (Bild 4, Pos. e bis h). Die relativ kleinen Garezzinken können mit engem Strichabstand (6 cm) eingesetzt werden. Dieser und die Fähigkeit der Zinken zum Vibrieren ermöglichen eine besonders flache feinkrümelnde Bearbeitung. Einen gleichen Zweck erfüllen sog. Doppelzinken (zwei Zinkenspitzen an einem verkürzten Feingrubberzinkenschaft).

Für die etwas tiefere Bearbeitung (6 bis 12 cm) werden in großem Umfang Feingrubberzinken verwendet, die für die bessere Arbeitstiefeneinhaltung auf feinteilreichen Böden mit Zusatzfedern (Bild 4, Pos. i) versehen werden. Für besonders dichtgelagerte Böden und Arbeitstiefen bis 15 cm stehen

Spiralfederzinken (Bild 4, Pos. e) zur Verfügung.

Feingrubber- und Garezzinken sind wahlweise mit einer steileren Form des Zinkenschaftes ausrüstbar, womit eine verbesserte Krümelung angestrebt wird (Bild 4, Pos. f, l).

In zweiter, dritter oder letzter Position dienen zur Feinkrümelung und Einebnung Schlepp- oder Federzinken (Bild 4, Pos. c, m). Hervorzuheben ist, daß diese Werkzeuge weder Pflanzenreste noch feuchten Boden an die Oberfläche fördern. Für alle Zinkenformen steht eine Vielzahl auswechselbarer Schare zur Verfügung (Spitz-, Gänsefuß-, Breit-, Doppelherzschare usw.).

An dritter oder vierter Stelle sind Krümler angeordnet. Die einzelnen Krümler (Bild 3) unterscheiden sich in der Art der als Wirkelement am Umfang angeordneten Stahlprofile. Zur besseren Einebnung sollen spiralförmig angeordnete Blechstreifen in den Spiralkrümlern beitragen. Entscheidendes Konstruktionsmerkmal für den erzielbaren Arbeitseffekt der Krümler ist der Werkzeugdurchmesser. Wegen der zunehmenden Eigenmasse werden international selten Krümler mit einem Durchmesser über 250 mm hergestellt. Zur lückenlosen Überdeckung der Arbeitsbreiten werden meist 2 Reihen versetzt angeordneter Krümler verwendet. Untersuchungen in der DDR haben gezeigt, daß als Wirkelement der Krümler Winkelstähle den besten Effekt haben. Eine Reihe von Krümlern mit größerem Durchmesser (380 mm) und engem Abstand hat bessere Arbeitseffekte als 2 Reihen kleinerer Krümler [4].

Als letztes Werkzeug im Gerät sind entweder Krümler – meistens aber Stricheggen – oder Federzinken angeordnet.

Stützräder tragen zur Einhaltung einer gleichmäßigen Arbeitstiefe der Geräte bei. Dabei wird angestrebt, die Tiefenhaltung

ausschließlich durch die Regelhydraulik zu gewährleisten, um Lücken in der bearbeiteten Fläche durch die Spuren der Stützräder zu vermeiden. Die hintere Abstützung der Geräte übernehmen die Krümler, deren Belastung außerdem über den Oberlenker des Traktors oder weitere mechanische bzw. hydraulische Zwischenglieder verstellbar wird. Bei feuchtem Boden im Frühjahr können die nur mit Zinken- und Einebnungswerkzeugen ausgerüsteten Geräte ausschließlich durch die Traktorhydraulik getragen werden.

Spezielle Zinkenwerkzeuge zur oberflächigen Auflockerung und Einebnung der Traktorspuren gehören zur Ausstattung der Geräte. Die Werkzeugauswahl wird so getroffen, daß mit Geschwindigkeiten von 8 bis 10 km/h gearbeitet werden kann.

Durch verstärkte Bereitstellung von Traktoren mit vorderem und hinterem Anbausystem haben konstruktive Bestrebungen zur Aufteilung von Saatbettbereitungsgaräten auf beide Anbau Räume neuen Auftrieb erhalten [5]. Problematisch ist dabei die gleichmäßige Bearbeitung des Bodens auch in den Fahrspuren.

Große Anstrengungen werden von den Herstellern unternommen, daß die Geräte beim Transport die zulässigen Abmessungen im Straßenverkehr nicht überschreiten und die Bodenbearbeitungswerkzeuge Verkehrsteilnehmer nicht gefährden. Prinzipielle Gedanken zur Schaffung eines derartigen Systems für die DDR wurden in [6] dargelegt.

Zur Bearbeitung feinteilreicher Böden in trockenem Zustand im Herbst müssen sehr viele Werkzeuge in die Geräte angeordnet werden. Nur durch eine Aufsattelachse sind bei diesen schweren Geräten unzulässige Entlastungen der Traktorstützachse zu vermeiden. Gleiches trifft meist bei Arbeitsbreiten über 8 m zu.

Extrem schwere Einsatzbedingungen (Tonböden in Trockenlagen) erfordern so schwere

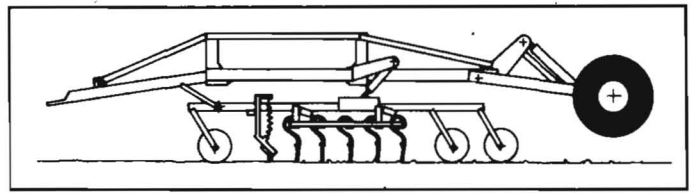
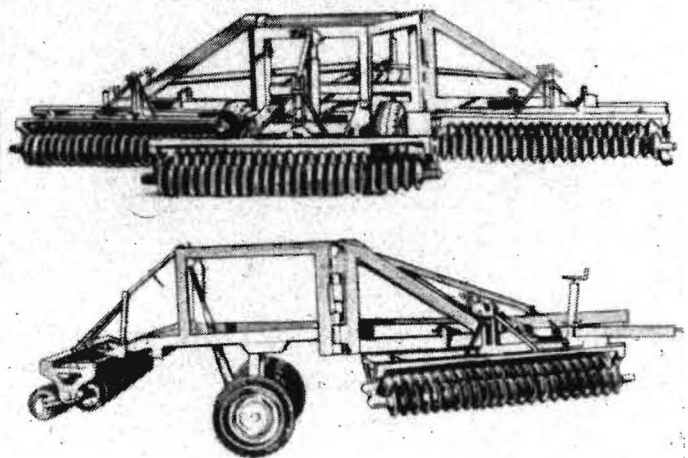


Bild 6. Saatbettbereitungskombination „Germinator“ der Fa. Kongskilde (Dänemark), bestehend aus einer Reihe Krümler, einer Planiereinrichtung, einem Garezzinkenfeld und weiteren 2 Krümlern

Bild 5. Scheibenegge B402 mit Eggenträger



Bild 7. Walzenräger mit horizontal schwenkbaren Auslegern



Tafel 1. Charakteristische Eigenschaften von getriebenen Werkzeugen

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> - Zerkleinern extrem trockenharter Bodenaggregate oder -schichten in einem Arbeitsgang - gutes Verteilen organischer Rückstände und Dünger im Boden - Arbeitseffekte durch veränderbare Drehzahlen und Fahrgeschwindigkeiten sowie Austausch von Werkzeugen einstellbar - Ausschalten witterungsbedingter Störungen durch Erledigung der Saatbettbereitung oder Bestellung in einem Arbeitsgang - weniger Überfahrten je Flächeneinheit - Eignung für die Aufgangsstimulierung von Unkräutern und Ausfallgetreide - verlustarme Energieübertragung vom Traktor zum Bodenbearbeitungswerkzeug - geringer Zugkraftbedarf - verminderter Raddruck und -schlupf beim Antriebsmittel - gute Kombinierbarkeit mit Saatbettbereitungs- und Aussaatorganen wegen kompakter Bauform 	<ul style="list-style-type: none"> - Zerstören der Bodenaggregate unabhängig von natürlichen Spalt-, Riß- oder Bruchstellen - Schaffung instabiler Strukturen durch zu intensive Zerkleinerung und Lockerung, die zu Verschlämmungsneigung und Erosion führt - Verursachen von Strukturschäden an der Bearbeitungsgrenze, Unterbrechung vertikaler Leitbahnen - trotz intensiver Zerkleinerung kein genügendes Auflockern innerer Verdichtungen in trockenharten Aggregaten - Neigung zu unerwünschtem Sortieren der Bodenaggregate - verstärkte Mineralisierung von organischer Substanz - Anhäufung von Unkrautsamen in der oberen Schicht - Einarbeitung von Rückständen befriedigt nicht vollständig - ungenügende Boden Anpassung bei großen Arbeitsbreiten - unbefriedigende Flächenleistungen, begrenzte Einsatzbereiche - hoher spezifischer Energiebedarf - hoher Anschaffungs-, Wartungs- und Reparaturaufwand - geringe Lebensdauer - starker Materialverschleiß - hohe Störanfälligkeit

Spezialwerkzeuge, daß ihre Einordnung in das Baukastensystem üblicher Saatbettbereitungskombinationen nicht sinnvoll ist. Für diese Zwecke stehen deshalb Sondergeräte zur Verfügung, wie Multitiller (BRD) [7], RWK-3,6 (UdSSR) [8] und Dyna-Drive (Großbritannien) [9]. Letzteres Gerät hat eine ungewöhnliche Konstruktion. Eine Zinkenwalze treibt über ein Kettengetriebe beim Abrollen ein weiteres rollendes Werkzeug an.

3. Walzen

Die nach wie vor sehr wichtigen schweren Rauwalzen werden ebenfalls nicht in kombinierfähige Saatbettbereitungsgeräte eingebaut. Ihre optimale Arbeitsgeschwindigkeit liegt wesentlich niedriger als bei anderen Werkzeugen. Ihre hohe Eigenmasse würde so stabile schwere Rahmen erfordern, wie sie für den Einsatz keines der anderen Werkzeuge benötigt werden. Um trotzdem Walzen in Einmannbedienung einsetzen und transportieren zu können, werden besondere Walzenwagen verwendet (Bild 7).

4. Maschinen mit getriebenen Werkzeugen

Auf feinanteilreichen Böden wird mit gezogenen Werkzeugen in ein bis zwei Arbeitsgängen oft nicht die erwünschte Saatbettqualität erreicht. Die in den kapitalistischen Staaten Westeuropas unter solchen Bedingungen genutzten Maschinen mit getriebenen Werkzeugen erzielen in einem Arbeitsgang mit bis zu 30% geringerem Aufwand die geforderte Arbeitsqualität [5, 10, 11]. Vor- und Nachteile der getriebenen Werkzeuge sind in Tafel 1 zusammengestellt.

Die auch für die Grundbodenbearbeitung eingesetzten Fräsen werden zur Saatbettbereitung mit verringerter Arbeitstiefe und höherer Arbeitsgeschwindigkeit verwendet. Häufig sind sie mit anderen Rotoren ausgerüstet. Sichelförmige Messer oder gerade, spitze Zinken charakterisieren Abwandlungen der Fräse, die als Rotoregge, Rotorkrümler oder Zinken- und Spikerotor bezeichnet werden. Der Arbeitseffekt dieser Maschinen ist durch Änderung des Verhältnisses von Umfangsgeschwindigkeit der Werkzeuge zur Fahrgeschwindigkeit und der Stellung der Abdeckung zum Rotor regulierbar. Unter

feuchten Bodenbedingungen erreichen Fräsen schnell ihre Einsatzgrenze. Sie haben Arbeitsbreiten bis zu 4 m.

Die größte Verbreitung unter den Bodenbearbeitungsmaschinen zur Saatbettbereitung haben Kreiseleggen gefunden. Die an einer vertikal angeordneten Welle rotierenden Halter (Kreisel) tragen Zinken oder Messer, die meist in Drehrichtung geneigt („schleppend“) ausgebildet sind. Die einzelnen Fabrikate unterscheiden sich vorrangig in der Art des Antriebs sowie in der Zinkenform und -befestigung, die teilweise eine gewisse Überlastsicherungsfunktion ausübt. Kreiseleggen sind auch auf Böden einsetzbar, die für die Fräse bereits zu feucht sind. Ihre Arbeitsqualität ist durch Ändern der Kreisdrehzahl und der Fahrgeschwindigkeit einstellbar. Arbeitsbreiten bis 6 m werden erreicht.

Rüttelegen werden nur noch von wenigen Herstellern produziert. Ihr Einebnungs- und Zerkleinerungseffekt ist nicht so gut wie bei der Kreiselegge. Bei neueren Ausführungen ist neben der Fahrgeschwindigkeit auch die Schwingfrequenz zur Variation des Arbeitseffekts nutzbar. Die von der Maschine auf den Traktor übertragenen Schwingungen sind für den Mechanisator unangenehm. Rüttelegen sind in Arbeitsbreiten bis zu 6 m im Angebot. Taumeleggen und Taumelwäleggen haben bisher keine größere Verbreitung gefunden. Sie wirken im Boden ähnlich wie Rüttelegen, verursachen durch den komplizierten Taumelantrieb aber weniger Vibrationen.

Der Gesamtleistungsbedarf getriebener Saatbettbereitungsmaschinen schwankt in Abhängigkeit von der Arbeitsgeschwindigkeit und dem erreichten Arbeitseffekt in weiten Grenzen [10]. Während Fräsen und Rotoregen ausschließlich Antriebsleistung benötigen, erfordern Kreisel- und Taumeleggen etwa zu $\frac{1}{3}$ Zugleistung und zu $\frac{2}{3}$ Antriebsleistung und die Rüttelegen zu $\frac{2}{3}$ Zugleistung [10, 12]. Durch das Wirkprinzip bedingt, nimmt der Gesamtleistungsbedarf in der Reihenfolge Kreiselegge, Fräse, Rotoregge, Rüttelege und Taumelegge ab (Tafel 2).

Tafel 2. Gesamtleistungsbedarf von Bodenbearbeitungsmaschinen zur Saatbettbereitung [5, 9, 10, 11]

Gerät	Arbeitsgeschwindigkeit m/s	Leistungsbedarf kW/s
<i>Fräse mit:</i>		
Winkelmesserrotor	1,5	20...35
Zinkenrotor	0,7...1,1	16...18
Sichelmesserrotor	0,7...1,1	19...25
Zinkenrotor	1,7	25
<i>Kreiselegge</i>		
Zinkenwerkzeuge	0,7...1,3	15...33
Messerwerkzeuge	0,7...1,3	16...36
<i>Rüttelege</i>		
	1,1	12
	1,3	15
<i>Taumelegge</i>		
	1,4	13
	1,8	15
	2,2	18

Literatur

- [1] Bernard, C.; Herzog, R.: Internationaler Stand der Entwicklung von Geräten und Maschinen zur Bodenbearbeitung – Grundbodenbearbeitung. agrartechnik, Berlin 38 (1988) 3, S. 103–107.
- [2] TGL 28 759/01 Verfahren der Pflanzenproduktion, Bodenbearbeitung. Aug. Dez. 1980.
- [3] Bosse, O.; Kalk, W.-D.; Hofmann, B.: Sicherung einer guten Arbeitsqualität bei der Saatfurchung mit den Traktoren ZT 300/303 durch Einsatz des Saatbettbereitungsgeräts B603. Feldwirtschaft, Berlin 24 (1983) 8, S. 354–356.
- [4] Bosse, O.; Sünder, M.; Kalk, W.-D.: Vorschlag zur Verbesserung der Arbeitsqualität des Grubbers 56-KON-800. agrartechnik, Berlin 28 (1978) 8, S. 364–365.
- [5] Palauer, P.: Bodenbearbeitung mit zapfwellengetriebenen Geräten. Der fortschrittliche Landwirt, Graz 65 (1987) 7, S. 4–5.
- [6] Lucius, J.: Probleme der konzeptionellen Entwicklung neuer Landmaschinen am Beispiel der Maschinen und Geräte der Bodenbearbeitung. agrartechnik, Berlin 35 (1985) 10, S. 450–452.
- [7] Köller, K.-H.: Er zermüht selbst schwerste Böden. DLG-Mitteilungen, Frankfurt (Main) 94 (1979) 24, S. 1368–1370.
- [8] Muchin, Ju. S.; Kusnecov, Ju. I.; Drosdov, B. N.: Semejstvo kombinirovannyh orudij tipa RWK dlja predpovevoj podgotovki počvy (Familie der kombinierten Saatbettbereitungsgeräte RWK). Traktory i sel'chozmašiny, Moskau 55 (1985) 9, S. 43–46.
- [9] Köller, K.-H.: Dyna-Drive nur für Großbetriebe geeignet? Ein gut arbeitendes aber teures Gerät. DLG-Mitteilungen, Frankfurt (Main) 97 (1982) 18, S. 1068–1069.
- [10] Stoppel, A.; Reich, R.: Vergleichsuntersuchungen an Geräten zur Saatbettbereitung mit zapfwellengetriebenen rotierenden Werkzeugen. Grundlagen der Landtechnik, Düsseldorf 32 (1982) 3, S. 86–95.
- [11] Irla, E.: Vergleichsuntersuchungen von zapfwellengetriebenen Eggen. Schweizer Landtechnik, Brugg 42 (1980) 4, S. 233–248.
- [12] Ergänzung zu den DLG-Maschinen-Prüfberichten. DLG-Merkblatt 110, Frankfurt (Main), 1979. A 5142