

Eine der wesentlichen Grundlagen für die Steigerung der Pflanzenerträge ist die erweiterte Reproduktion der Bodenfruchtbarkeit. Dabei steht die Mechanisierung mit an der Spitze der einzusetzenden Intensivierungsfaktoren.

Mit dem nachfolgenden Beitrag beginnen wir eine Artikelserie, in der die Autoren den aus der internationalen Literatur bekannten Stand der Mechanisierung der Bodenbearbeitung und die sich abzeichnenden Tendenzen darstellen. Die Serie enthält entsprechend dem Standard TGL 28 759/01 Beiträge zu den Arbeitsgängen Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung und Teilbrachebearbeitung, die durch Ausführungen zu kombinierten Bodenbearbeitungsmaschinen ergänzt werden.

Die Redaktion

# Internationaler Stand der Entwicklung von Geräten und Maschinen zur Bodenbearbeitung – Grundbodenbearbeitung

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

## 1. Grundbodenbearbeitung mit dem Streichblechpflug

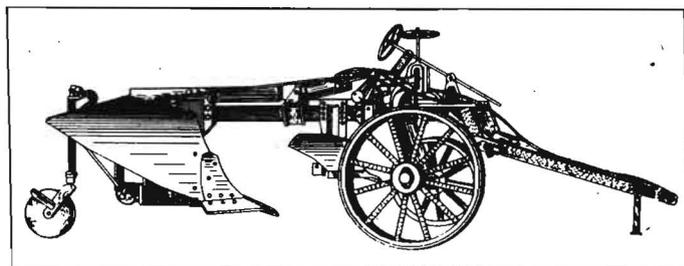
Mit der Grundbodenbearbeitung werden zwei Ziele verfolgt:

- Beseitigen ungünstiger physikalischer Bodenzustände, die in der Ackerkrume im Ergebnis vorangegangener Produktionsprozesse und der Witterung entstanden sind
- Einarbeiten von Pflanzenresten, Unkräutern und organischen oder mineralischen Düngern.

Zu unterscheiden sind die Arbeitsarten Saatfurche, Herbstfurche und pfluglose Grundbodenbearbeitung [1].

Unter den mit der DDR vergleichbaren natürlichen Bedingungen ist der Pflug weltweit nach wie vor das wichtigste Gerät zur Grundbodenbearbeitung [2, 3, 4, 5]. Das kann mit den in Tafel 1 zusammengestellten ersten 6 ackerbaulichen Vorteilen begründet werden. Darüber hinaus fördern die günstigen technisch-technologischen Eigenschaften die Entscheidungen für den Pflug, wenn ein stabiles hohes Ertragsniveau gesichert werden soll [4].

Bild 1  
Tiefkulturpflug, PPU-50A (UdSSR); Arbeitsbreite 0,5 m, Arbeitstiefe 60 cm, Leistung 0,18 ha/h, Anhängegerät für Traktoren der 60-kN-Zugkraftklasse



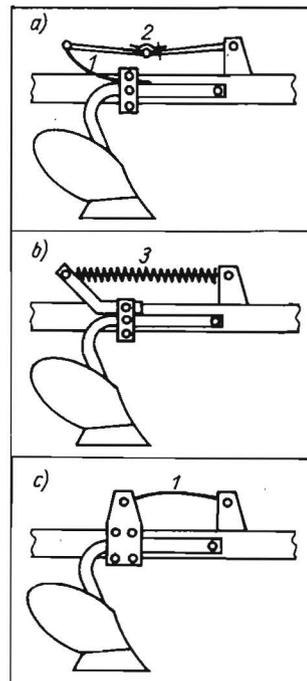
Pflüge werden mit bis zu 12 Körpern – ab Arbeitsbreiten von 4 Furchen vorrangig als Aufsattelgeräte – hergestellt, wobei die Schnittbreiten der Körper zwischen 25 und 35 cm, in Ausnahmefällen bis 45 cm, betragen. Bei geringeren Arbeitskräften überwiegt der Anbaupflug. Anhängerpflüge werden nur für spezielle Bedingungen als Tief-, Plantagen- oder mehrschichtig arbeitende Meliorationspflüge und vorwiegend mit Kettentraktoren als Zugmittel eingesetzt (Bild 1) [6]. In den kapitalistischen Industrieländern Westeuropas dominieren Drehpflüge [3, 7, 8]. Durch das mit diesen Arbeitsmitteln mögliche Ablösen

des Beetpflügens zugunsten des Kehrpfügens wird eine deutliche Verbesserung der Ebenheit durch Wegfall von Zusammenschlägen und Schlußfurchen erreicht. Das ausschließliche Wenden hangaufwärts trägt zum Abbau der Erosionsgefährdung bei [9]. Das beim Kehrpfügen angewendete Schiffchenverfahren ermöglicht durch Verkürzung der Wendezeiten Arbeitszeit- und Kraftstoffersparungen bis maximal 10% [5]. Entsprechend dem vorliegenden Steinbesatz werden Pflüge aller Bauformen ohne oder

Bild 2. Mechanische Steinsicherungen für Pflugkörper;  
a) halbautomatisches System,  
b), c) vollautomatische Systeme  
1 Blattfeder, 2 Gelenk, 3 Spiralfeder

Tafel 1. Charakteristische Eigenschaften des Streichblechpfluges

Vorteile	Nachteile
- Werkzeugwirkung bleibt in relativ großen Bereichen von Textur und Bodenfeuchtigkeit erhalten	- Boden wird von jeder schützenden Bedeckung entblößt
- von Pflanzenrückständen freie Bodenoberfläche für die folgenden Arbeitsgänge	- vorhandene vertikale Porensysteme werden zerstört
- wirksame Bekämpfung aufgelaufener Samenunkräuter und Schädigung von Rhizomunkräutern	- kein Mischeffekt
- gute Bedeckung von organischen Düngern und Pflanzenrückständen mit Boden	- organische Rückstände werden in einer kompakten Schicht abgelegt
- große Mengen oder lange Pflanzenrückstände werden relativ gut untergebracht	- starke Mineralisierung organischer Substanz durch Überlockerung des Bodens
- durch Wenden wird ein Teil der in die unteren Bereiche der Krume ausgewaschenen Nährstoffe und Kolloide wieder nach oben geholt	- es entsteht eine scharfe Grenze zwischen bearbeiteter und unbearbeiteter Schicht mit Nachteilen für die Wurzelentwicklung und die Wasser- und Luftpermeabilität
- Bodenzerkleinerung größtenteils an Grenzflächen vorhandener Strukturen	- Lebensbedingungen für die Mikroflora und -fauna werden schlagartig verändert
- Lockern, Krümeln und Wenden in einem Arbeitsgang	- Vergraben von Unkraut- und Kulturpflanzensamen, die dadurch teilweise konserviert werden und in den Folgejahren den Unkrautbesatz vergrößern
- geringer Energiebedarf für Krümeln und Lockern auf das bearbeitete Bodenvolumen bezogen	- nicht geerntete Kartoffelknollen werden tief eingearbeitet, so daß sie nicht erfrieren und im Folgejahr in der Nachfrucht austreiben
- aufgewendete Energie wird zum großen Teil für Bodenbearbeitungseffekte verbraucht	- geringe Flächenleistung
	- hohe Eigenmasse
	- hoher Energiebedarf
	- großer Abstand des Schwerpunktes vom Anbausystem des Traktors
	- nur schwer mit weiteren Geräten kombinierbar



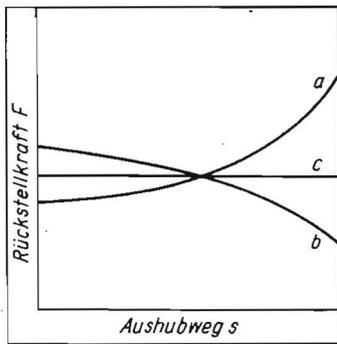


Bild 3. Federkraft in Abhängigkeit vom Aushubweg bei mechanischen Steinsicherungen; a schnell ansprechende Sicherung mit großer Rückstellkraft für Böden mit vielen Haftsteinen  
b Sicherung, die erst bei großem zusätzlichem Arbeitswiderstand anspricht, geeignet für Böden mit hohem Bearbeitungswiderstand und wenig Haftsteinen  
c gleichmäßige Rückstellkraft während des Ansprechens, geeignet unter allen Bedingungen, schwierig zu realisieren

mit halb- bzw. vollautomatischer Steinsicherung angeboten. Zunehmend lösen mechanische Sicherungen [3, 8, 10] die teuren hydraulischen Überlastsysteme ab. Dabei kommen sowohl Blatt- als auch Spiralfedern zum Einsatz (Bild 2b, c). Die zeitweilig diskutierten Flüssigkeitsfedern haben keine serienmäßige Anwendung gefunden. Bei halbautomatischen Sicherungen muß der Körper nach dem Ansprechen der Sicherung je nach Bauform durch Zurückstoßen oder Anheben wieder in Arbeitsstellung gebracht werden (Bild 2a). Für die vollautomatischen Systeme streben die Hersteller unterschiedliche Kraftverläufe während des Aushubweges an, wobei alle Varianten Vor- und Nachteile aufweisen (Bild 3).

In den letzten Jahren wurden zeitweilig durch mehrere Firmen Pflüge mit kontinuierlich verstellbarer Arbeitsbreite auf Ausstellungen gezeigt [11], wobei der Nachweis des ökonomischen Nutzens noch aussteht. Mit diesen technisch sehr aufwendigen Lösungen soll die Motorauslastung des Traktors im optimalen Bereich gehalten werden. Durch die Verstellmöglichkeit des Breiten-Tiefen-Verhältnisses jedes Körpers kann die Bodenwendung und -krümelung den wechselnden Böden angepaßt werden. Die Nutzung des verwendeten mechanischen Prinzips für eine Regelung auf konstante Arbeitsbreite könnte auch unter Hangbedingungen die Eignung des Pfluges für die Kombination mit weiteren Arbeitsgängen (Saatbettbereitung und Aussaat) verbessern. Große Anstrengungen unternahmen alle Hersteller, um die Bedienung der Pflüge zu erleichtern und das erwünschte Arbeitsergebnis exakt zu sichern. Neben der Ausnutzung aller Vorteile der modernen Regelhydraulik sind am Pflug leicht bedienbare Einstellelemente für die Schnittbreite des 1. Körpers, die Gesamtschnittbreite und die Lage der Zuglinie vorhanden. Markierungen erleichtern das schnelle Wiederauffinden bewährter Einstellungen. Trotz der hydraulischen Regelung werden Stützräder in großem Umfang verwendet, um Arbeitstiefenschwankungen bei heterogenen Bodenbedingungen auszuschalten.

Jeder Hersteller bietet unterschiedliche Pflugkörper zur Auswahl an. Allzweckkörper, deren Streichbleche mit Rücksicht auf

die gestiegene Arbeitsgeschwindigkeit einen Übergang zum Halbwendelkörper darstellen, verdrängen die steilen zylindrischen und Kulturformen. Für tonige Böden und den Grünlandumbruch gibt es abgestufte Reihen von Wendelkörpern.

Vor einigen Jahren wurde der sog. Rautenkörper entwickelt, der durch eine verbreiterte Furche Platz für die Antriebsräder leistungsstarker Traktoren schafft. Wenn auf bindigen Böden der rhombusförmige Pflugbalkenquerschnitt nach Durchgang dieses Körpers erhalten bleibt, gelingt das Wenden des Bodens bei verkürzter Pflugbauform. Die teilweise, festgestellten Zugkratteinsparungen waren durch geringeren Schlupf und verringertes Krümeln des Bodenbalkens verursacht. Ein Anbringen von Sechen ist nicht möglich [12]. Wegen der nur örtlich nachweisbaren Vorteile hat der Rautenkörper keine Verbreitung gefunden [12]. In jüngerer Zeit enthielt das Angebotsprogramm der meisten Hersteller auch Streifenkörper, die besonders auf feuchten adhäsiven Böden geringe Zugkratteinsparungen und eine bessere Bodenzerkleinerung ermöglichen [13, 14]. Herstellung und Verschleißteilaustausch dieser Körper sind aufwendig.

Zur Senkung des Reparaturaufwands wird angestrebt, die am meisten beanspruchten Teile der Streichbleche auswechselbar zu gestalten. Für stark steinhaltige Böden werden die Scharspitzen durch nachstellbare Durchsteckmeißel geschützt. Dem Anwender stehen Schare in Form von Wegwerfklingen (Rippenschare) oder Winkelschare mit ausreichender Materialreserve zum Ausschmieden zur Auswahl. Nur auf Böden mit geringem Sandanteil haben plastbeschichtete Streichbleche ausreichende Haltbarkeit und führen zu Zugkratteinsparungen [15] sowie zu geringfügig besserer Wendung. Sie können billiger sein als solche aus Stahl. Zur Zugkratteinsparung trug im Experiment die Schmierung des Streichblechs mit Wasser bzw. wäßrigen Emulsionen bei [16].

Ergänzend zu den Pflugkörpern wird eine reiche Auswahl von Zusatzwerkzeugen (Vor- und Nachschäler, Leichtbleche, Dungeinleger, Strohabweiser, Messer- oder Scheibenseche, Schneidkanten an Scharen) angeboten, die z. T. auch mit Steinsicherungen versehen sind.

Zur Verbesserung der Boden Anpassung großer Pflüge ohne Verwendung eines Rahmengelenks und zur größeren Belastung der Vorderachse leistungsstarker Allradtraktoren wurden in letzter Zeit vorn am Traktor angeordnete geschobene Frontpflüge mit Aufsattel- oder Anbaupflügen kombiniert [8] – meist Drehpflüge mit vorn 3 und hinten 4 Körpern. Diese Lösungen waren trotz geringfügig höherer Flächenleistungen, verminderten Schlupfes und Kraftstoffbedarfs zu teuer, beeinträchtigten die Lenkfähigkeit und die Verkehrssicherheit des Traktors und bereiteten große Probleme beim Transport und bei der Pflugeinstellung und -überwachung [17], so daß sie wieder aufgegeben wurden.

Um einen Hauptnachteil des Scharpfluges, seine große Baulänge, zu vermeiden, wurde versucht, durch Kurzpflüge mit Rahmenwinkeln  $> 30^\circ$  oder durch Parallelpflüge mit einem Rahmenwinkel von  $90^\circ$  zur Fahrtrichtung den Pflug zu verkürzen und den Boden möglichst auf der Stelle zu wenden [18, 19, 20, 21]. Keine dieser Entwicklungen konnte aber bisher zur Serienreife geführt werden.

Zur erfolgreichen Entwicklung des Pflugbaus in der DDR leiten sich aus dem internationalen Stand folgende Schwerpunkte ab:

- Übergang zu mechanischen, automatischen Steinsicherungen auch für Drehpflüge
- Erweiterung des Sortiments an Pflugkörpern und Vorarbeitswerkzeugen
- Vergrößerung des Durchgangs an Pflügen der 20-kN-Klasse
- Erhöhung der Standfestigkeit von Werkzeugen.

Weitere Anstrengungen sind zu unternehmen, um die Bedienung der Pflüge zu erleichtern und zu präzisieren. Die in Tafel 1 aufgeführten ackerbaulichen, technologischen und technischen Nachteile des Streichblechpfluges riefen mannigfaltige Bestrebungen zum Einsatz anderer Geräte für die Grundbodenbearbeitung hervor.

## 2. Pfluglose Grundbodenbearbeitung

### 2.1. Grubber

Die Arbeitsergebnisse von Grubber und Pflug sind miteinander nicht vergleichbar. Mit dem Grubber werden andere Bearbeitungsziele verfolgt. Die Nachteile des Pfluges (Tafel 1) treten beim Grubber nur in verringertem Umfang auf, ohne daß er dabei gleichzeitig die Vorteile des Pfluges aufweist. Aus dem Vergleich der positiven und negativen Wirkungen (Tafel 2) wird deutlich, warum der Grubber unter bestimmten Bedingungen dem Pflug vorgezogen wird. Der Grubber hat sich zur Grundbodenbearbeitung nach Hackfrüchten vor allem zu Winter-, aber auch zu Sommergetreide bewährt [22, 23, 24]. Voraussetzung sind aber ein geringer Unkraut- und Rückstandbesatz sowie eine strukturschonende spurearme Ernte der Hackfrüchte. Der Grubber erreicht seine Einsatzgrenzen bei feuchtem Boden früher als der Pflug [25]. Für den erfolgreichen Grubbereinsatz sind leistungsstarke Traktoren mit hoher Zugkraft erforderlich, damit die Arbeitsbreite des Grubbers die Traktorbreite ausreichend überlappt und die notwendige Arbeitsgeschwindigkeit von über 8 km/h erreicht wird. Zur Grundbodenbearbeitung nach Getreide, zu Getreide oder Hackfrüchten wird der Grubber ebenfalls eingesetzt [26, 27, 28]. Dabei entstehen jedoch oft erhebliche Schwierigkeiten bei der Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung und Aussaat durch Pflanzenrückstände an der Oberfläche, vor allem bei unzureichender Zerkleinerung [27]. Die einsetzende Unkrautentwicklung zwingt zum wiederholten Einsatz unterschiedlicher Herbizide [29, 30]. Auf feinteilreichen Böden in trockenem Zustand erreichen Grubber die erforderlichen Arbeitstiefen mit größerer Sicherheit als andere Geräte (Scheibenege, Pflug). Der Boden wird weniger grobschollig als beim Pflug aufgebrochen und erfordert deshalb weniger Aufwand zur Saatbettbereitung [4, 30, 31]. Für die angestrebte Bodenkrümelung und Einarbeitung organischer Rückstände hat sich in den kapitalistischen Industrieländern Europas das Doppelherzschar (Bild 4, Pos. a) in Verbindung mit starren Grubberzinken (Bild 5, Pos. d) am besten bewährt (Schwergrubber) [13]. Zur verbesserten Bodenwendung und Einarbeitung von Rückständen sind diese Schare auch in gewundener Form als sog. Wendeschare ausgeführt. In der UdSSR, in den USA, in Kanada und in Australien sind breiter schneidende Gänse-

Tafel 2. Charakteristische Eigenschaften des Grubbers

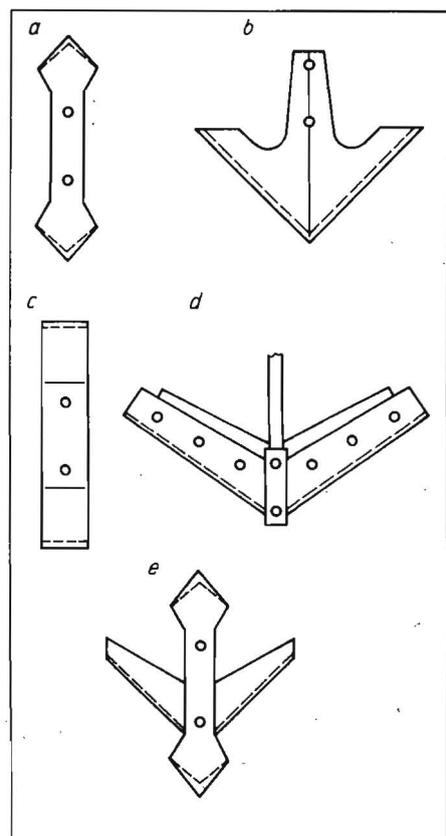
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lockern, Krümeln, Mischen und Einebnen in einem Arbeitsgang</li> <li>- keine übermäßige Mineralisierung von organischer Bodensubstanz</li> <li>- geringe Erosionsdisposition der bearbeiteten Flächen</li> <li>- hohe Flächenleistung</li> <li>- einfach aufgebautes Gerät</li> <li>- keine Bearbeitungssohlen, Zusammenschläge und Schlußfurchen</li> <li>- gute Kombinationsfähigkeit mit weiteren Geräten</li> <li>- geringer Schwerpunktabstand des Geräts vom Traktoranbausystem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kein Wenden des Bodens, unkontrollierte Misch- und Einebnungswirkung</li> <li>- keine einheitliche Arbeitstiefe und Werkzeugwirkung über die gesamte Arbeitsbreite</li> <li>- unbefriedigende Arbeitseffekte im zu feuchten und zu trockenen Boden</li> <li>- organische Rückstände müssen fein zerkleinert und gut verteilt sein</li> <li>- unzureichender Einebnungseffekt</li> <li>- Unkrautsamen, Rhizome sowie Schaderreger werden bei mehrjähriger ausschließlicher Anwendung in der obersten Bodenschicht angereichert</li> <li>- verzögerter oder verminderter Feldaufgang ist möglich</li> <li>- hoher Zugkraftbedarf</li> </ul>

Tafel 3. Charakteristische Eigenschaften der Scheibenegge

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>- störungsfreie Arbeit auf Flächen mit großen Mengen langstenglicher organischer Rückstände an der Oberfläche</li> <li>- Arbeitseffekt bleibt in relativ großen Bereichen von Textur und Bodenfeuchtigkeit erhalten</li> <li>- geringe Empfindlichkeit gegenüber Steinen im oberen Krumbereich</li> <li>- hohe Flächenleistung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- an der der Bearbeitungsgrenze entstehen verschmierte Drucksohlen</li> <li>- Rhizomunkräuter werden durch Zerschneiden zur Vermehrung angeregt</li> <li>- unzureichende Bodenwendung</li> <li>- Mischwirkung oft unzureichend</li> <li>- Bodenunebenheiten an den Rändern der Werkzeugsektionen</li> <li>- erforderliche Arbeitstiefe wird vorrangig durch große Gerätemassen erreicht</li> <li>- nur schwer mit weiteren Geräten kombinierbar</li> <li>- Bodenzerkleinerung unabhängig von vorliegenden Grenzflächen vorhandener Strukturelemente</li> <li>- erhebliche Mineralisierung von organischer Bodensubstanz in der bearbeiteten Schicht</li> </ul>

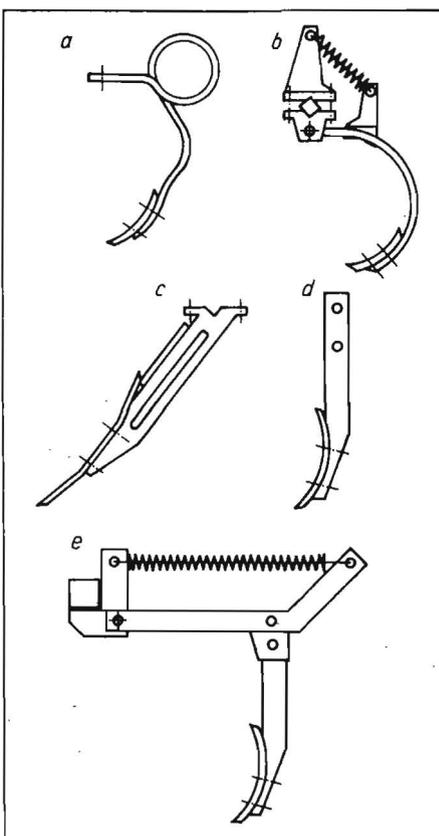
fußschar (Bild 4, Pos. b) in Verbindung mit federnden C-förmigen Zinken (Bild 5, Pos. b) die verbreitetste Form. In den relativ trockenen Getreideanbaugebieten dieser Länder dienen derartige Grubber mit oft großer Arbeitsbreite (10 bis 15 m) dem Abtrennen des Unkrauts und dem flachen Einmischen von Pflanzenrückständen sowohl bei der Grundbodenbearbeitung als auch bei der Saatbettbereitung [32]. Zur tieferen Grundbodenbearbeitung im Herbst vor Hackfrüchten werden meißelförmige Schare (Bild 4, Pos. c) eingesetzt, die an Zinken mit geringem Schnittwinkel (Bild 5, Pos. c) angebracht sind (Chiselgrubber oder -pflüge).

Bild 4. Grubberscharformen; a Doppelherzschar, b Gänsefußschar, c Meißelschar, d Breitschar, e Flügel-schar



Alle Scharformen werden sowohl mit starren als auch mit gefederten Zinken verwendet. Nachteilig wirkt sich beim federnden Zinken aus, daß der Schnittwinkel des Schares beim Einfedern zunimmt und die Arbeitstiefe wegen des sich damit verändernden Einzugschwankt. Der besondere Vorteil des gefederten Zinkens ist seine Unempfindlichkeit gegenüber zeitweiligen Überlastungen. Um die Vorzüge des starren Zinkens auch auf steinigem Böden nutzen zu können, werden in steigendem Maß starre Zinken mit Überlastsicherungen ausgerüstet (Bild 5, Pos. e). Im einfachsten Fall sind das Scherstifte, die nach jeder Überlastung von Hand oder aus

Bild 5. Verbreitete Zinkenformen für Schwergrubber; a Spiralzinken, b Federzinken mit Überlastsicherung, c Meißelzinken, d starrer Zinken, e starrer Zinken mit Überlastsicherung



einem Magazin gewechselt werden. Automatische Sicherungen nutzen die Vorspannung von Spiral- und Blattfedern [4, 33].

Die Strichabstände der Werkzeuge richten sich i. allg. nach der Arbeitstiefe. Da diese aus konstruktiven Gründen meist fest eingestellt sind, betragen sie bei Schwergrubbern mit Doppelherzscharen 200 bis 250 mm, bei Chiselgrubbern mit Meißelscharen, die für größere Arbeitstiefen vorgesehen sind, 250 bis 300 mm. Um diese Strichabstände einzuhalten und eine verstopfungsfreie Arbeit zu sichern, werden die Werkzeugabstände auf mindestens 700 mm eingestellt und die Zinken auf 3 bis 4 Werkzeugbalken verteilt. Diese haben einen Abstand von mindestens 600 mm, während die Rahmenhöhe mindestens 700 mm beträgt [34].

Um die Vorderachsentslastung der Traktoren bei der Kombination des Grubbers mit Saatbettbereitungsmaschinen zu verringern, werden kurze Grubber mit nur 2 oder 1 Werkzeugbalken hergestellt [35]. Damit der Boden trotz des notwendigen Zinkenabstands ganzflächig bearbeitet wird, sind diese Grubber mit Breit- oder Flügel-scharen (Bild 4, Pos. d und e) ausgerüstet [36]. Da derartige Grubber nur eine unzureichende Bodenkrümelung erreichen, haben sie nur in Kombinationen mit angetriebenen Werkzeugen Bedeutung.

## 2.2. Scheibengeräte

Wegen der verstopfungsfreien Arbeit und der hohen Flächenleistung wird die Scheibenegge trotz deutlicher ackerbaulicher Nachteile (Tafel 3) häufig verwendet. Zur Grundbodenbearbeitung sind nur Geräte mit einer Masse von 500 bis 900 kg/m Arbeitsbreite und Scheibendurchmessern über 700 mm geeignet. Hergestellt werden X-förmige Tandem- und V-förmige Offsetscheibeneggen. Trotz technischer Vorrichtungen (wie verringerte Scheibendurchmesser an den Außenseiten und zusätzliche Zinken in den Lücken zwischen den Scheibenbatterien) gelingt es bei den Tandemscheibeneggen nicht, eine ganzflächige Bearbeitung zu sichern und die Entstehung zusätzlicher Unebenheiten zu verhindern. Dem besseren Eindringen in verhärtete Böden und Durchtrennen von Pflanzenrückständen dienen Scheiben mit gezacktem Rand. Zur Verbesserung der Haltbarkeit der Scheiben auf steinigem Böden gibt es durch Blattfedern gesi-

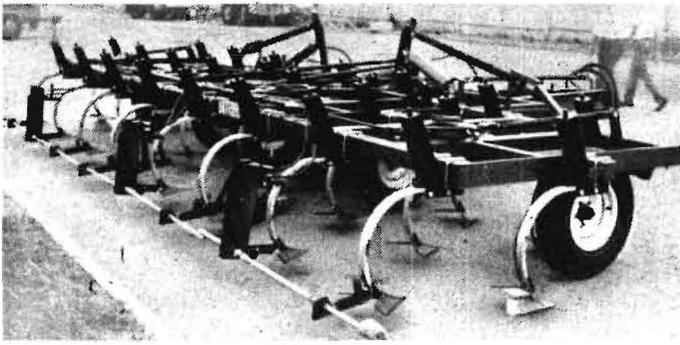


Bild 6. Stangenkultivator der Fa. Edwards (Kanada) an einem Grubber mit breiten Gänsefußschären an Federzinken (die Enden der Stange sind aus Arbeitsschutzgründen für die Ausstellung verkleidet)

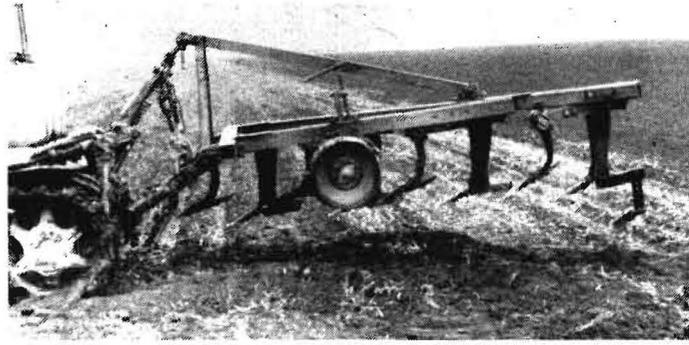


Bild 7. Vierfurchiger sowjetischer streichblechloser Pflug mit zusätzlichen Lockerungswerkzeugen

cherte Scheibenbatterien. Bei entsprechend kurzen Batterien wird damit auch die Einhaltung der Arbeitstiefe über die Arbeitsbreite verbessert. Viele Anstrengungen werden unternommen, um eine schnelle Umrüstung für einen zügigen und gefahrlosen Straßentransport zu sichern (luftbereifte Transportwagen und Klappvorrichtungen). Zur flachen Grundbodenbearbeitung eingesetzte Scheibenschälplüge (alle Scheiben drehen sich mit einer gemeinsamen Welle und haben den gleichen Anstellwinkel) arbeiten im Beetverfahren. Der dabei erforderliche Furchenanschluß gewährleistet gegenüber der Scheibenegge eine bessere Ebenheit der Bodenoberfläche.

Scheibenplüge (jede Scheibe ist gesondert gelagert mit einstellbarem Schnitt- und Anstellwinkel) sind vorrangig in tropischen Ländern zur Urbarmachung und zur Bearbeitung von stark mit Pflanzen und Steinen durchsetzten Böden im Einsatz, in europäischen Ländern in der Forstwirtschaft.

### 3. Geräte zur Grundbodenbearbeitung in erosionsgefährdeten Gebieten

In großräumigen Steppen- und Präriegebieten mit geringer jährlicher Niederschlagsmenge und starker Windexposition treten auf gepflügten Böden Erosionserscheinungen auf, die zum vollständigen Verlust der Ackerkrume führen können. Zur Verhütung der Bodenzerstörung werden deshalb die Pflanzenrückstände nach der Ernte nicht von der Bodenoberfläche entfernt. Grubber mit Breitscharen (Ploskorez, Sweep) (Bild 5, Pos. d) werden zur nichtwendenden flachen

Lockerung des Bodens eingesetzt, damit der größte Teil der Pflanzenrückstände an der Oberfläche verbleibt. Je geringer die Stroherträge sind, desto weniger darf davon eingearbeitet werden. Da hinter jedem Scharstiel die Bedeckung der Bodenoberfläche mit Rückständen beseitigt wird, kommen möglichst wenige und schmale Scharstiele mit breiten Gänsefußmessern zum Einsatz. Auf diese Weise werden Bedeckungsgrade bis 80 % angestrebt. Nach dem Breitschargrubber folgen häufig Nadeleggen, von denen die Rückstände mit der obersten Bodenschicht vermischt und Unkräuter bekämpft werden. Nadeleggen sind scheibeneggen-ähnliche Geräte, bei denen anstelle der sphärischen Scheiben ebene rotierende Zinkensterne Verwendung finden. Das Saatgut wird in die mit den Pflanzenrückständen durchsetzte Schicht durch Stoppeldrillmaschinen mit gänsefußmesserähnlichen Scharen eingebracht.

Zur Vernichtung von aufgelaufenen Samenunkräutern und Ausfallgetreide wird in Kombination mit dem Breitschargrubber ein besonderes Arbeitsorgan, der Stangenkultivator, eingesetzt. Dabei wird eine 25 bis 30 mm dicke Vierkantwelle quer zur Arbeitsrichtung rd. 10 cm tief durch den Boden gezogen, wobei die Welle durch das Fahrwerk in langsame gegenläufige Umdrehung versetzt wird (rd. 1 Umdrehung je m Fahrstrecke) (Bild 6).

Wenn eine Breitschargrubberbearbeitung nicht möglich ist, weil die Werkzeuge nicht in den Boden eindringen oder verstopfen, werden streichblechlose Pflüge eingesetzt,

die z. T. mit Unterbodenlockerungswerkzeugen kombiniert sind (Bild 7). Diese Pflüge dienen auch in Gebieten mit hoher Wassererosionsgefährdung zur Grundbodenbearbeitung. Konventionelle Pflüge werden unter diesen Bedingungen mit Vorrichtungen ausgerüstet, die schachbrettartig verteilte Mulden an der Bodenoberfläche schaffen, die einen schnellen Schmelzwasserabfluß verhindern und die -aufnahme verbessern (Bild 8). Dem gleichen Zweck dienen ähnliche Vorrichtungen in Kombination mit Hackfrucht-pflegeräten.

Da nach mehrjähriger pflugloser Bearbeitung Dichtlagerungen im Krumbereich auftraten, wurde ein Gerät entwickelt, das die Krume bis rd. 40 cm auflockert, ohne die vorliegende Bodenbedeckung zu zerstören. Dieses Gerät (Paraplow, Bild 9) besteht aus einem Pflugrahmen, an dem Zinkenwerkzeuge angebracht sind, die im unteren Teil seitlich (45°) abgewinkelt sind. Der Boden wird damit ohne Zerstörung des Bewuchses an der Oberfläche angehoben und ohne Wendung zur Seite bewegt, wobei es zu einer Auflockerung kommt. Eine verstellbare Krümelplatte hinter dem Zinken dient der Verstärkung dieses Effekts. Das Gerät arbeitet auch bei großen Mengen an Pflanzenrückständen verstopfungsfrei (u. a. durch ein gewelltes Scheibensech) und hinterläßt eine ebene Oberfläche.

### 4. Bodenbearbeitungsmaschinen

Beim Einsatz getriebener Werkzeuge fallen die Arbeitsgänge Grundbodenbearbeitung und Saatbettbereitung durch die intensive

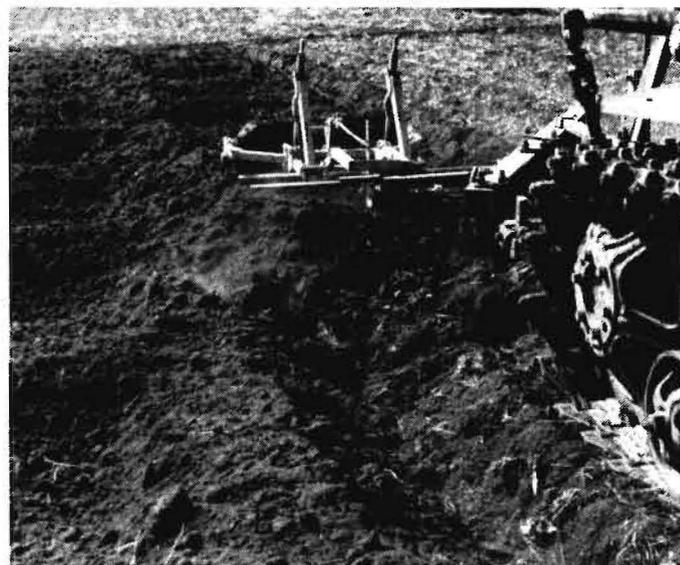


Bild 8 Sowjetisches Gerät zur Ausformung von Vertiefungen auf gepflügtem Boden

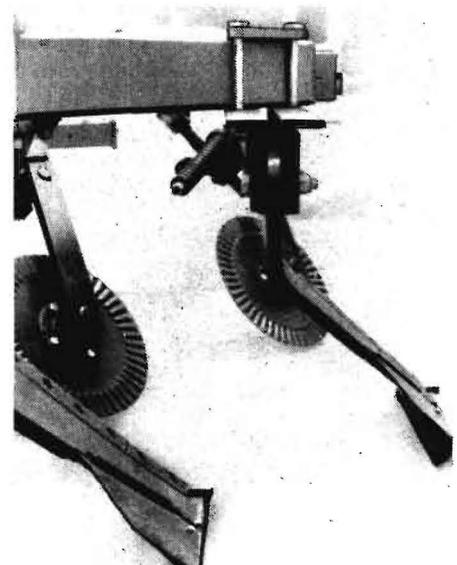


Bild 9 Zinkenwerkzeuge am Paraplow der Fa. Howard (Großbritannien)

Zerkleinerung oft zusammen. Damit sind getriebene Werkzeuge besser zur Kombination mit Arbeitsgängen der Aussaat geeignet als gezogene. Vorteile treten vor allem dann ein, wenn auf feinteilreichen Böden in trockenem Zustand mehrere Arbeitsgänge mit gezogenen Werkzeugen durch einmaligen Einsatz getriebener Werkzeuge abgelöst oder wenn mehrjährige Futterpflanzen umgebrochen werden. Diese positiven Auswirkungen werden in Westeuropa im wesentlichen von mittelbäuerlichen Betrieben genutzt, in denen die hohe Leistung der oft einzigen Arbeitskraft entscheidende Bedeutung hat [4]. Für Großbetriebe tritt dagegen der bessere ackerbauliche Effekt unter schwierigen Bodenbedingungen in den Vordergrund. Obwohl ein höherer Wirkungsgrad bei der Auslastung der Motorleistung für getriebene Werkzeuge nachweisbar ist, tritt insgesamt ein größerer Energieaufwand als bei gezogenen Werkzeugen ein. Die Lebensdauer der Werkzeuge von Bodenbearbeitungsmaschinen erreicht i. allg. etwa 80 ha/m Arbeitsbreite. Moderne Ausführungen sind aber ohne übermäßigen Verschleiß auch auf steinhaltigen Böden einsetzbar [10]. Die verbreitetste Maschine für eine Grundbodenbearbeitung bis zu einer Tiefe von rd. 20 cm ist die Fräse. Durch Auswahl unterschiedlicher Werkzeuge, Verstellung der Rotordrehzahlen mit Schalt- oder Wechselgetrieben und Variation der Arbeitsgeschwindigkeit ist eine Anpassung der Zerkleinerungswirkung (Bissenlänge) an verschiedene Bedingungen möglich. Um ein lückenlos ebenes Arbeitsbild zu erreichen, hat sich der Seitenantrieb durch Stirnrad- oder Kettengetriebe durchgesetzt.

Einige Jahre lang wurde versucht, die Wirkung des Pfluges mit den Fräsen zu verbinden. Die Arbeitsorgane dieser Kreiselpflüge oder Pflugfräsen sind kegelstumpfförmige Fräsrötoren mit vertikaler Drehachse [37]. Das Gerät erreicht gute Bodenlockerung und -mischung sowie weitgehende Unterbringung größerer Mengen auch von längeren Pflanzenrückständen, während die Oberfläche schwerer Böden relativ grobkrümelig hinterlassen wird [38]. Die Produktion ist wieder eingestellt worden.

Bei den Bodenfräsen liegt die Werkzeuggeschwindigkeit wesentlich höher als die Fahrgeschwindigkeit (1:2,5 bis 1:3,5), so daß der Boden beschleunigt und beim Aufprallen auf die Abdeckhaube zerkleinert wird, womit keine exakte Bodenwendung und -ablage möglich ist. Im Gegensatz dazu soll bei anderen Maschinen mit im wesentlichen übereinstimmender Werkzeug- und Fahrgeschwindigkeit der Boden gezielt abgelegt werden. Für solche Wirkprinzipie hat sich der Sammelbegriff „Spatenmaschine“ eingeführt. Bei der als „Rotaspa“ bekannt gewordenen Ausführung [39] werden von einer langsam rotierenden horizontalen Welle angetriebene Spaten so gesteuert, daß der Boden vor dem Ablegen durch das Werkzeug gewendet wird. Bei Arbeitsbreiten von 175 cm und 210 cm und Fahrgeschwindigkeiten bis 4 km/h können auch feuchte Tonböden bis zu einer Tiefe von 30 cm bearbeitet werden. Diese komplizierte Maschine findet fast ausschließlich im Gemüsebau Anwendung. Bei einer anderen Ausführung stechen die Spaten parallel zur Antriebswelle bis maximal 40 cm in den Boden ein, ohne eine seitliche Drehung auszuführen. Diese einfacher gebauten Geräte sind vorrangig im Obst- und

Weinanbau im Einsatz, da sie in einem Arbeitsgang eine ausreichende Bodenzerkleinerung herbeiführen [39].

Beim Rotorpflug sind über die gesamte Arbeitsbreite lange pfeilförmige Messer parallel zu einer horizontalen Antriebswelle angeordnet [40]. Die abgetrennte Bodenschicht soll etwa bei Erreichen des oberen Totpunktes gewendet abgelegt werden. Zu einer Serienfertigung dieser Maschine ist es nicht gekommen.

Von den im wesentlichen zur Saatbettbereitung eingesetzten Kreiseleggen haben unter günstigen Bedingungen nach Hackfrüchten stabile Varianten mit in Drehrichtung angeordneten Werkzeugen auch für die Grundbodenbearbeitung eine Bedeutung (Kreiselgrubber).

#### Literatur

- [1] TGL 28 759/01 Verfahren der Pflanzenproduktion; Bodenbearbeitung. Ausg. Dez. 1980.
- [2] Buckingham, F.: The moldboard plow still destined for a vital role (Der Scharpflug spielt auch weiterhin eine wichtige Rolle). Implement and Tractor, Kansas City, 95 (1980) 12, S. 8–10, 12–14, 16–17, 20–22, 24–25.
- [3] Zeltner, E.: Tendenzen bei der Bodenbearbeitung und Bestellung. Landtechnik, Lehrte 37 (1976) 7/8, S. 310–312.
- [4] Traulsen, H.: Pflügen ja oder nein. Vortrag auf der Landesvorführung „Bodenbearbeitung und Bestellung“ auf Gut Bunthorst. Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Sept. 1982.
- [5] Sieg, R.: Der Pflug ist tot – es lebe der Pflug. die landtechnische Zeitschrift, München 32 (1982) 11, S. 1504–1506.
- [6] PPN-50 und PPU-50 A. Traktorexport Moskau, Prospekte 1986.
- [7] Dawidowski, B., u. a.: Plugi obracalne są potrzebne (Besonderheiten von Drehpflügen). Mechanizacja Rolnictwa, Warschau 25 (1979) 28, S. 18–20.
- [8] Köller, K. H.: DLG-Ausstellung 1980: Bodenbearbeitung und Sätechnik. Landtechnik, Lehrte 35 (1980) 10, S. 444–447.
- [9] Baeumer, K.: Allgemeiner Pflanzenbau. Stuttgart: Verlag E. Ulmer 1971, S. 189.
- [10] Traulsen, H.: Bodenbearbeitung auf steinigem Böden. DLG-Mitteilungen-spezial – Bodenbearbeitung. Frankfurt (Main): DLG-Verlag 1981, S. 34–35.
- [11] Stropfel, A.; Schäfer, W.: Maximierung der Schlagkraft beim Pflügen durch stufenlose Arbeitsbreitenverstellung. Grundlagen der Landtechnik, Düsseldorf 31 (1981) 6, S. 205–210.
- [12] Clausing, F.: Der Rautenpflug – pro und contra. DLG-Mitteilungen-spezial – Bodenbearbeitung. Frankfurt (Main): DLG-Verlag 1981, S. 19–20.
- [13] Köller, K. H.: Neue Entwicklungen in der Bodenbearbeitung aus der Sicht der Praxis. Landtechnik, Lehrte 35 (1980) 3, S. 100–104.
- [14] Fluit, J.: Ploegen met strokenristers biedt weinig voordelen (Pflügen mit Streifenkörpern bringt wenig Vorteile). Landbouwmecanisaatie, Wageningen 36 (1985) 5, S. 507–509.
- [15] Baranovič, B. M.; Čudinovič, V. M.: Plugi s plastmassovym pokrytiem otvalov (Pflüge mit plastbeschichteten Streichblechen). Sel'skoe chozjajstvo za rubežom, Moskau (1983) 3, S. 17.

- [16] Schafer, R. L.; Gill, W. R.; Reavers, G.: Experiences with lubricated plows (Erfahrungen mit geschmierten Streichblechen). Transactions of the ASAE, St. Joseph 22 (1979) 1, S. 7–12.
- [17] Rousselet, M.: Charrue avant: L'essai est concluant (Frontanbaupflug – Erprobung bringt den Beweis). Tract. et. Mech. Agric., Paris (1982) 793, S. 3, 5.
- [18] Krupp, G.; Birnick, H.: Pflug. DDR-Patentschrift 70418. Ausgabetag: 20. Dez. 1969.
- [19] Büttner, H.: Walzenpflug, DE 342 519 4. Ausgabetag: 14. März 1985.
- [20] Karlsson, R.: Pflug zur Bodenbearbeitung. DE 294 772 4 C2. Ausgabetag: 4. Juni 1980.
- [21] Sakun, V. A.: O putjach sniženija energoemkosti obrabotki počvy (Wege zur Senkung des Energieaufwands bei der Bodenbearbeitung). Vestnik sel'skochoz. nauki, Moskau (1978) 3, S. 118–130.
- [22] Köller, K. H.: Nach Mais und Rüben ohne Pflug. agrar-Übersicht, Hannover 33 (1983) 10, S. 26–29.
- [23] Jöri, J.; Soos, S.: Pfluglose Bodenbearbeitung mit kombinierten schweren Kultivatoren. Int. Zeitschrift der Landwirtschaft, Berlin/Moskau (1984) 2, S. 180–182.
- [24] Fülöp, G.: Erfahrungen mit der pfluglosen Bodenbearbeitung. Int. Zeitschrift der Landwirtschaft, Berlin/Moskau (1982) 3, S. 290–295.
- [25] Sieg, R.: Bodenbearbeitung mit wenig Sprit. die landtechnische Zeitschrift, München 33 (1982) 1, S. 20–22.
- [26] Golisch, G.: Zu Zuckerrüben grubbern statt pflügen? DLG-Mitteilungen, Frankfurt (Main) 98 (1983) 19, S. 1070–1072.
- [27] Köller, K. H.: Bodenbearbeitung heute. DLG-Fachbereich Landtechnik, Frankfurt (Main) 1986.
- [28] Seresi, F.: Möglichkeiten zur Einsparung von Zeit und Energie bei der Bodenbearbeitung. Budapest: Agro-inform 1981.
- [29] Patterson, D. E.: Die Anwendung alternativer Bodenbearbeitungssysteme. Agricultural Engineering, Silsoe 37 (1982) 1, S. 8–11.
- [30] Tebrügge, F.; Griebel, J.; Henke, W.: Bodenbearbeitung und Bestelltechnik heute: energie-, arbeits-, kostensparend und bodenschonend. Landtechnik, Lehrte 40 (1985) 2, S. 73–77.
- [31] Sieg, R.: Pflug und Pflügen. RKL-Arbeiten, Wien (1984) S. 73–75.
- [32] Sdobnikov, S. S.; Borzakovskij, I. V.: Osnovy agronomii dlja zony Zapadnoj Sibirii i Severnogo Kazachstana (Grundlagen des Ackerbaus für Westsibirien und Nordkasachstan. Moskau: Verlag Kolos 1972.
- [33] Revjakin, E. L.; Prosvirin, V. G.: Osnovnye napravlenija razvitija počvoobrabatvajuščej tehniki (Grundrichtungen der Entwicklung der Bodenbearbeitungstechnik). Zemledelie, Moskau (1987) 1, S. 54–60.
- [34] Dalleinne, E.; Billot, J. F.: Modern tillage techniques and implement. FAO/ECE Working Party of Mech. of Agriculture, Rom, Sept. 1983.
- [35] Blackstein, R.: Wohin geht die Entwicklung in der Bodenbearbeitung? Zuckerrübe, Hannover 33 (1984) 5, S. 310–314.
- [36] Köller, K. H.: Bodenbearbeitung einfacher, schneller und schonender. top agrar, Münster (1984) 5, S. 126–133.
- [37] Panov, I. M.; Šmonin, V. A.: Issledovanie raboty kombinirovannogo plužnogo korpusa (Untersuchung der Arbeit eines kombinierten Pflugkörpers). Traktory i sel'chozmašiny, Moskau (1969) 8, S. 29–32.
- [38] Radomska, M.: Badania porównawcze nad jakości uprawy wykonywanej plugofrezarka i plugiem (Vergleich der Arbeitsqualität des Kreiselpfluges und des Scharpfluges). Roczniki Nauk roln., Warschau 97 (1970) 1, S. 49–64.
- [39] Bodenbearbeitung mit Spatenmaschinen. Agrartechnik international, Würzburg 61 (1982) 1, S. 13.
- [40] Panov, I. M.; Petrov, S. N.; Melichov, V. V.; Juzbašev, V. A.: Sniženije energoemkosti rotacionnogo pluga (Verminderung des Energiebedarfs eines Rotationspfluges). Mech. i elektr. sel'sk. choz., Moskau (1971) 2, S. 20–22. A 5119