

## DIE SCHEIBENPFLÜGE

Von Walter Söhne

Während sich der Scheibenflug im Ausland, insbesondere in den USA, Südamerika, Nord- und Südafrika, z.T. auch in Frankreich und England, einer grossen Beliebtheit erfreut und sich in den letzten 25 Jahren immer mehr verbreitet hat, ist er in der deutschen Landwirtschaft nur sehr selten anzutreffen. Der Grund scheint darin zu liegen, dass die Vorzüge des Scheibenpfluges unter den deutschen klimatischen Verhältnissen und bei den in Deutschland angebauten Kulturen weniger in Erscheinung treten als in den obigen Ländern und der Streichblechpflug in seinen mannigfaltigen Ausführungsformen den meisten deutschen Kulturböden gut gerecht wird. Die deutsche Pflugindustrie sah deshalb bisher keine Veranlassung, neben den schweren Scheibenpflügen für den Export speziell für deutsche Verhältnisse geeignete Scheibenpflüge zu entwickeln.

Mit fortschreitender Verbesserung der Geräte ist es denkbar, dass sich auch in Deutschland Anwendungsgebiete für den Scheibenflug finden werden; es wurde daher im *Institut für Landtechnische Grundlagenforschung* damit begonnen, die Eignung des Scheibenpfluges für deutsche Verhältnisse zu untersuchen und konstruktive Richtlinien für solche Scheibenpflüge festzulegen<sup>1)</sup>.

Im folgenden werden behandelt:

1. die besonderen Merkmale der Scheibenpflüge,
2. die Kräfte an Scheibenpflügen,
3. die Verbindung Schlepper-Scheibenpflug in den konstruktiven Möglichkeiten als Anhäng-, als Anbau- und als Aufsattelscheibenpflug,
4. konstruktive Einzelheiten anhand ausgeführter amerikanischer Scheibenpflüge und schliesslich
5. die Vor- und Nachteile der Anwendung der Scheibenpflüge.

### A. DIE BEIDEN SCHEIBENPFLUGARTEN

#### 1. Der Vertikalscheibenpflug

Als erstes wird der Vertikalscheibenpflug betrachtet, der meistens als Scheibenschälflug eingesetzt wird. Gegenüber der Scheibenege ist der Vertikalscheibenpflug schwerer und mit Rädern ausgerüstet. Üblich sind drei Räder, davon zwei geneigt stehende, mit Spurkranz versehene Furchenräder zur Aufnahme der beträchtlichen Seitenkräfte. Das Landrad ist im allgemeinen mit Greifern ausgerüstet und betätigt eine Aushebevorrichtung. Sämtliche Scheiben stehen vertikal und laufen auf einer Achse oder sind zu Gruppen zusammengefasst, die miteinander gekuppelt sind.

Für die Arbeit dieses Pfluges ist ein Winkel entscheidend, nämlich der Scheibenrichtungswinkel  $\beta$ , der Winkel zwischen Scheibenebene und Pflugrichtung (Bild 1). Da der Scheibenzwischenraum konstant ist, hängt von diesem Winkel auch die Schnittbreite ab. Je kleiner der Winkel ist, umso grösser ist die Schnittbreite. Dieser Winkel kann in einem Bereich von  $35^\circ$  bis  $55^\circ$  verstellbar sein; der

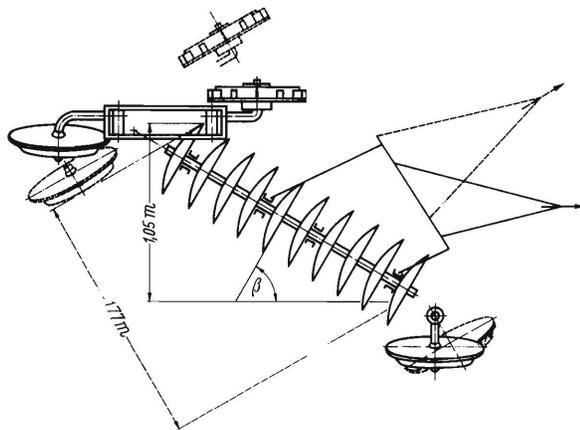


Bild 1. Vertikalscheibenpflug mit einer Schnittbreite von 1,05 bis 1,77 m.

übliche Arbeitsbereich für normale Bedingungen ist  $40^\circ$  bis  $45^\circ$ . Bei extrem harten Böden arbeitet man mit grossen Winkeln, d.h. kleiner Schnittbreite.

Der Scheibendurchmesser schwankt zwischen 18'' und 26'' bzw. 460 und 660 mm. Der Radius der Scheibenwölbung beträgt bei den mehr zum Schälen bestimmten Geräten mit 18'' Durchmesser etwa 610 mm, das sind 132% des Scheibendurchmessers. Bei dem mehr zum Pflügen bestimmten Vertikalscheibenpflug mit 24'' Scheiben – die Amerikaner nennen ihn *Wheatland disc plow* – beträgt der Wölbungsradius 550 mm, das sind 90% des Scheibendurchmessers. Die Wölbung ist also bei den zum Pflügen bestimmten Geräten grösser als bei den Schälpflügen.

#### 2. Der Normalscheibenpflug

Im Gegensatz zum Vertikalscheibenpflug ist beim Normalscheibenpflug (Bild 2) jede Scheibe einzeln an einem Scheibenträger gelagert. Dadurch ist es möglich, die Scheibenebene gegenüber der Vertikalen zu neigen. Es muss also hierbei zwischen dem Scheibenneigungswinkel  $\alpha$  und dem Scheibenrichtungswinkel  $\beta$  unterschieden werden.

Während man beim Streichblechpflug eine Vielfalt von Streichblechformen hat, um den verschiedenen Bodenarten gerecht zu werden, genügt es, beim Scheibenpflug den Scheibenneigungswinkel und den

<sup>1)</sup> Es sei auch an dieser Stelle der Firma *Gebr. Eberhardt*, Pflugfabrik, Ulm, für die freundliche Überlassung ihrer Geräte für die Untersuchungen gedankt.

Scheibenrichtungswinkel zu variieren. Meistens sind diese beiden Winkel auch verstellbar. Im allgemeinen kann man den Scheibenneigungswinkel  $\alpha$  von  $15^\circ$  bis  $25^\circ$  verstellen. Es gibt aber auch Pflüge, bei denen dieser Winkel von  $3^\circ$  bis  $25^\circ$  verstellbar ist. Technische Lösungen der Verstellung zeigen Bild 16 und 17. Bei feststehenden Scheiben wählt man Winkel von  $18^\circ$  bis  $20^\circ$ . Für bindige und feuchte Böden

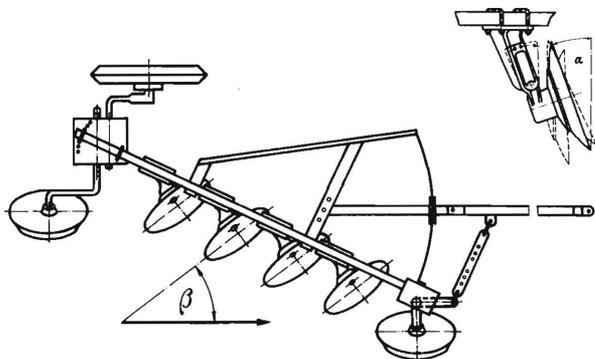


Bild 2. Normalscheibenpflug. Verstellmöglichkeit für den Scheibenrichtungswinkel  $\beta$  und den Scheibenneigungswinkel  $\alpha$ .

empfiehlt sich ein grösserer Neigungswinkel, für Sandboden stellt man die Scheiben steiler, also auf kleinere Neigungswinkel ein.

Der übliche Arbeitsbereich für die Scheibenrichtungswinkel  $\beta$  ist  $42^\circ$ - $45^\circ$ . Je grösser der Scheibenneigungswinkel  $\alpha$  ist, umso weniger Freiheit hat man, den Scheibenrichtungswinkel  $\beta$  zu verstellen, da sonst die Scheibe auf ihrer Rückseite an der Furchenkante reibt. Bei extrem harten Böden stellt man die Scheiben steil (kleines  $\alpha$ ) und wählt einen grösseren Scheibenrichtungswinkel  $\beta$  zwischen  $45^\circ$  und  $50^\circ$ .

Die Verstellbarkeit von  $\beta$  geschieht im allgemeinen dadurch, dass man den Pflugbalken (Bild 2), also den Hauptträger auf der hinteren Plattform (Bild 18), schwenkt, wodurch sich gleichzeitig die Schnittbreite ändert. Auch hier gilt, wie beim Vertikalscheibenpflug: je kleiner der Winkel  $\beta$ , umso grösser die Schnittbreite. Zuweilen kann man auch jeden Scheibenträger am Pflugbalken einzeln verdrehen (Bild 19). Einzelne Scheiben kann man entfernen und dadurch die Gesamtschnittbreite oder die Einzelfurchenbreite verändern.

Der Scheibendurchmesser schwankt zwischen 22 und 32", bzw. 560 und 810 mm. Die derzeitige Tendenz geht dahin, den Durchmesser zu vergrössern. Der Wölbungsradius beträgt bei einer 26" Scheibe, also einer Scheibe von 660 mm  $\varnothing$ , etwa 560 mm, das sind 85% vom Scheibenradius.

Der Normalscheibenpflug hat im allgemeinen zwei geneigte Furchenräder und ein mit Greifern versehenes Landrad, welches das Aushebegetriebe betätigt. An den Scheiben befinden sich Abstreifbleche, von denen es verschiedene Formen, unter anderem die rotierenden Abstreiferscheiben, gibt. Stark gewölbte, steil zur Scheibe stehende Abstreifer in Streichblechsollen die Wendung verbessern.

## B. KRÄFTE AM SCHEIBENPFLUG

Von besonderem Interesse für den Konstrukteur ist die Frage, welche Kräfte an den Scheiben auftreten und welche Richtung sie haben. Die Amerikaner haben darüber eine Reihe von Sechskomponentenmessungen gemacht [2, 3, 4].

Das besondere Merkmal der Kräfte am Scheibenpflug gegenüber dem Streichblechpflug ist, dass die Seitenkraft  $S$  von gleicher Grössenordnung wie die Längskraft  $L$  ist und die Vertikalkraft  $V$  meistens nach oben gerichtet ist, wobei sie bei hartem Boden sehr gross werden kann.

Bild 3 zeigt die Kraftkomponenten auf eine Scheibenegge. Der Scheibenrichtungswinkel  $\beta$  ist dabei bedeutend kleiner als beim Scheibenpflug. Die Scheibe ist wenig gewölbt. Auf der linken Bildseite sieht man die Kraftkomponenten in Abhängigkeit vom Scheibenrichtungswinkel bei konstanter Scheibenlast. Die Seitenkraft ist erheblich grösser als die Längskraft. Beide nehmen mit dem Scheibenrichtungswinkel zu. Rechts ist bei konstantem Scheibenrichtungswinkel die Längs- und Seitenkraft in Abhängigkeit von der Vertikalkraft, also Vergrösserung des Gewichtes auf der Scheibe, mit ihren Streubereichen dargestellt. Oben rechts wird die Zerlegung

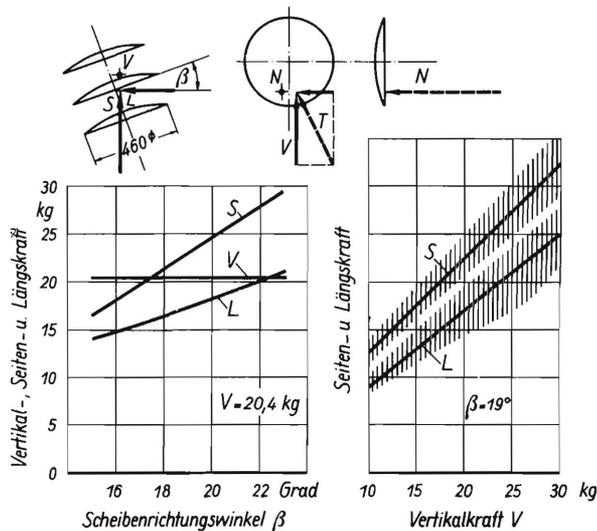


Bild 3. Kräfte auf eine Scheibe einer Scheibenegge nach Clyde [4].

Scheibendurchmesser 18". Sandiger Lehm, 16% Feuchtigkeit.

der Kraftkomponenten in eine Normalkraft  $N$  auf die Scheibe und eine resultierende Kraft  $T$  in der Scheibenebene gezeigt. Sie lassen sich nicht zu einer einzigen Resultierenden, sondern nur zu einem Kraftkreuz oder einer Resultierenden und einem Restmoment zusammenfassen.

Bild 4 zeigt die Kräfte auf eine 24" Scheibe eines Vertikalscheibenpfluges (Wheatland). Der Radius der Scheibenwölbung beträgt 550 mm, das sind 90% vom Scheibendurchmesser. Der Scheibenrichtungswinkel ist  $38^\circ$ . Die Seitenkraft zeigt bei grösserer

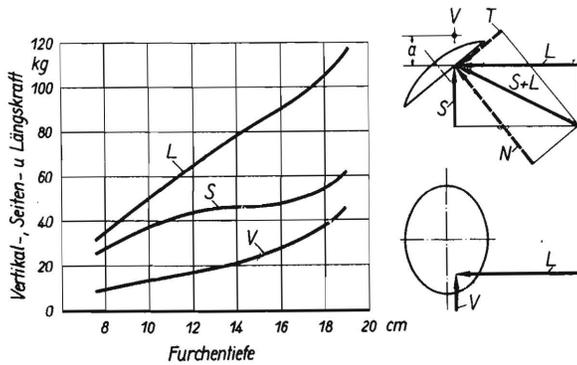


Bild 4. Kräfte auf die Scheibe eines Vertikalscheibenpfluges (Wheatland) nach Clyde [4].  
Scheibendurchmesser 24''  $\beta = 38^\circ$   
Schwerer Lehm, 20% Feuchtigkeit.

Furchentiefe einen S-Schlag. Das bedeutet, dass bei grösserer Furchentiefe die Scheibe auf ihrer Rückseite mit der Schneide an der Furchenkante reibt und dadurch ein Teil der Seitenkräfte unmittelbar auf die Furchenwand übertragen wird. Diese zusätzliche Reibung ist mit einem verstärkten Anstieg der Vertikalkraft und der Längskraft verbunden.

Nach weiteren Messungen ergibt sich bei Sandboden und bei Lehm ein Minimum der spezifischen Zugkraft bei einem Scheibenrichtungswinkel von  $42^\circ - 45^\circ$ . Die Seitenkraft nimmt hierbei mit zunehmendem Scheibenrichtungswinkel ab. Die Vertikalkraft ist sehr stark von der Trockenheit und Härte des Bodens und der Schärfe der Schneide abhängig.

Folgende spezifischen Zugkräfte wurden gemessen [1]:

Sandboden	14 – 21 kg/dm <sup>2</sup>
sandiger Lehm	45 – 60 „
Ton	63 – 80 „

Einen grossen Einfluss auf die Zugkraft hat die Geschwindigkeit. Verdoppelt sich die Geschwindigkeit von 4 auf 8 km/h, so verdoppelt sich beim Vertikalscheibenpflug auch die Zugkraft. Bei geneigten Scheiben ist die Zugkraftzunahme nicht ganz so gross (etwa 70%). Dies lässt sich ohne weiteres damit erklären, dass bei steigender Pfluggeschwindigkeit der Erdballen mehr zur Seite geworfen wird. Bei den Versuchen des Institutes wurde im ersten Gang eine geräumte Furchenbreite von 20 cm und im dritten Gang von 80 cm beobachtet.

Mit grösser werdender Scheibenwölbung steigt die spezifische Zugkraft an. Ändert man bei gleichem Scheibendurchmesser den Krümmungsradius von 750 mm auf 450 mm, so nimmt die Zugkraft um 10% zu [2]. Bei grösserer Wölbung dringt aber die Scheibe besser ein.

Einen Einfluss auf die Zugkraft hat auch die Lagerreibung. Bei künstlich blockierten Scheiben wird die Zugkraft grösser und die Seitenkraft kleiner, die Scheiben dringen jedoch besser ein. Normalerweise beträgt die Scheibenumfangsgeschwindigkeit je nach der Wölbung 80–110% der Vorwärtsgeschwindigkeit.

### Lagerkräfte

Der Konstrukteur muss die Längs-, Seiten- und Vertikalkräfte in Normalkräfte auf die Scheibenebene und Kräfte in der Scheibenebene umrechnen<sup>2)</sup>. Diese Kräfte sind von entscheidender Bedeutung für die Bemessung der Lager. Bild 5 zeigt die Lagerkräfte

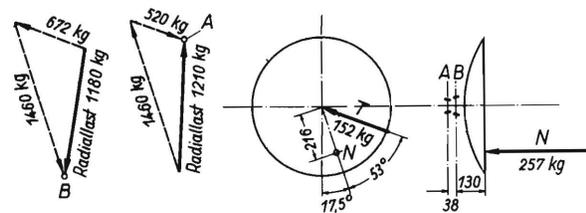


Bild 5. Bestimmung der Lagerkräfte einer 24'' Scheibe aus der Normalkraft N und der Kraft T in der Scheibenebene.  
Radiallast auf Lager A und B infolge  $N : 257 \cdot 216 : 38 = 1460 \text{ kg}$   
" " " A " "  $T : 152 \cdot 130 : 38 = 520 \text{ kg}$   
" " " B " "  $T : 520 + 152 = 672 \text{ kg}$   
Axiallast " " B " "  $N : 257 \text{ kg}$

herrührend von den Scheibenkräften. Die Lagerkräfte werden umso kleiner, je näher das Lager B an die Scheibe herangerückt und je grösser der Lagerabstand A-B gemacht wird. Nur darf das Scheibenlagergehäuse bei der Arbeit nicht an der Furchenwand reiben.

### C. DIE VERBINDUNG VON SCHLEPPER UND SCHEIBENPFLUG

Von besonderer Bedeutung sind die verschiedenen Verbindungsarten zwischen Schlepper und Scheibenpflug und die daraus sich ergebenden Pflugkonstruktionen.

Der Anhängerpflug (Bild 6) ist die technische Lösung, die man vom Pferdezug übernommen hat und die heute noch am meisten gebaut wird. Die Räder

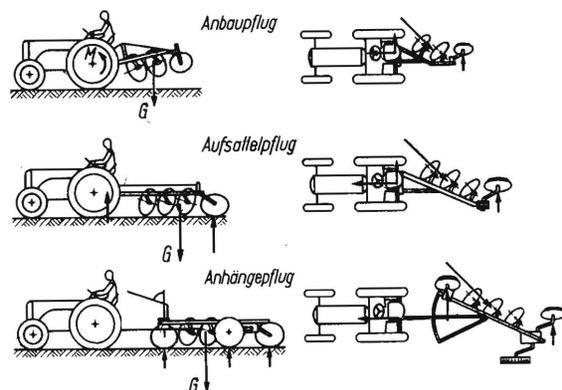


Bild 6. Die Verbindung von Scheibenpflug und Schlepper. links: beim Transport. rechts: bei der Arbeit.  
Die Pfeile stellen die äusseren Kräfte am Pfluge dar.

am Scheibenpflug tragen das Gewicht und nehmen die Seitenkräfte auf. Der Pflug ist schwer und hat einen grossen Rollwiderstand.

2) Blätter mit den Umrechnungsformeln können vom Institut für Landtechnische Grundlagenforschung, Braunschweig-Völkenrode, angefordert werden.

Der Anbaupflug (Bild 6) ist leichtzügiger und billiger, da zwei Räder und das Aushebegetriebe am Pflug wegfallen. Der Schlepper übernimmt während der Arbeit die Hälfte des Gewichts und der Seitenkräfte. Jedoch wird die Schleppervorderachse im ausgehobenen Zustande des Pfluges durch die grosse Schwerpunktverlagerung so stark entlastet, dass sich der Schlepper unter Umständen nicht mehr gut steuern lässt. Man muss ausrechnen, wie gross und schwer ein Anbauscheibenpflug sein darf, um für einen bestimmten Schleppertyp noch brauchbar zu sein. Zweiseibenpflüge sind dann häufig die Grenze.

Die zweckmässigste technische Lösung scheint dem Verfasser der Aufsattelpflug zu sein (Bild 6). Hierbei fallen ebenfalls zwei Räder fort. Der Schlepper übernimmt die Hälfte des Gewichtes und der Seitenkräfte. Die Aushebung kann mit Federentlastung von Hand oder hydraulisch geschehen. Dabei kann man entweder einen hydraulischen Hubzylinder mit kuppelbaren Ölschläuchen am Pflug anbauen oder benutzt den Kraftheber am Schlepper zur Aushebung und evtl. zur Tiefenverstellung

des Pfluges. Dieser Pflug braucht nur 50 % des Anhängpfluges mit gleicher Arbeitsbreite zu wiegen. Der beträchtliche Rollwiderstand des Anhängpfluges vermindert sich bei Aufsattelung auf rund 40 %. Z.B. betrug bei einem 1200 kg schweren Anhängpflug der reine Rollwiderstand etwa 220 kg, während der entsprechende Aufsattelpflug nur noch 90 kg Rollwiderstand hatte. Durch Gummibereifung des noch verbleibenden Stützrades wird die Beweglichkeit auf der Strasse erheblich verbessert und der Rollwiderstand weiter verringert. Dabei bewährten sich gut die Spurenreifen für Schleppervorderräder. Infolge der Gewichtseinsparung von 50 % wird der Pflug auch bedeutend billiger. Die Aushebung der Scheiben und die Lenkung des Stützrades bringt aber einige konstruktive Probleme.

#### D. KONSTRUKTIVE EINZELHEITEN AN AUSLÄNDISCHEN SCHEIBENPFLÜGEN

In den Bildern 7 – 24 werden einige amerikanische und englische Scheibenpflüge und konstruktive Einzelheiten gezeigt und erläutert.

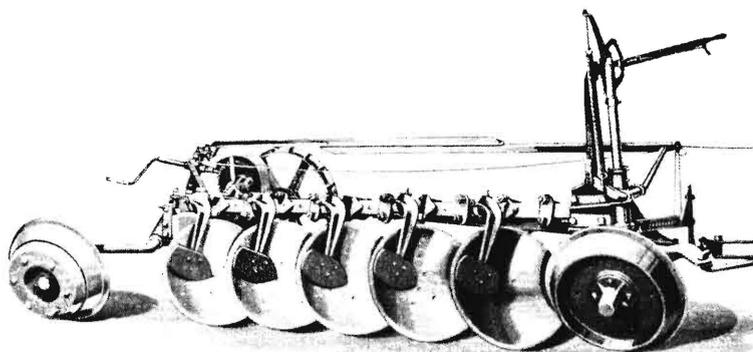


Bild 7.

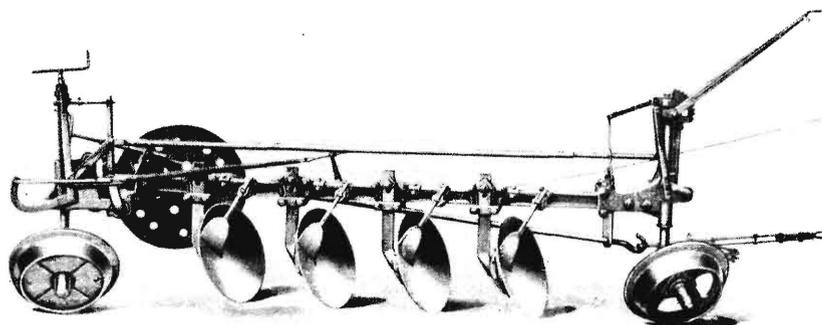


Bild 8.

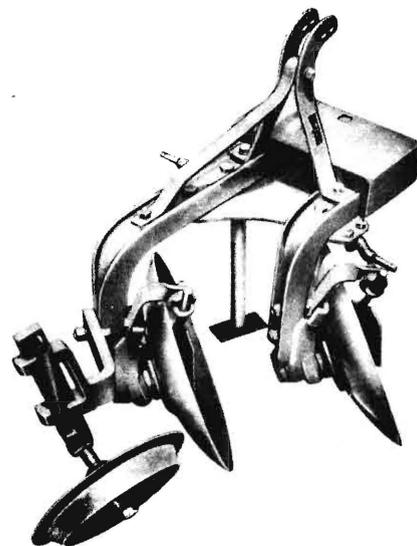


Bild 9.

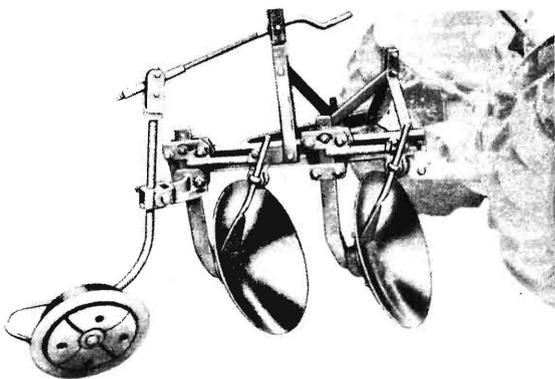


Bild 10.

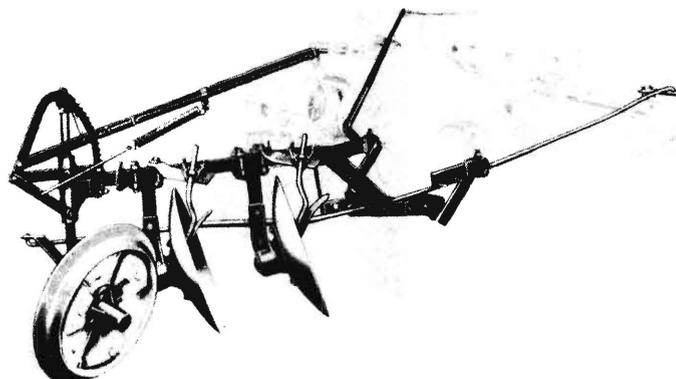


Bild 11.



Bild 12.

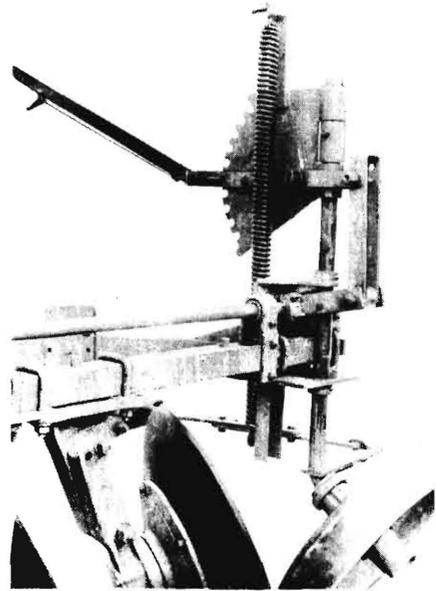


Bild 15.

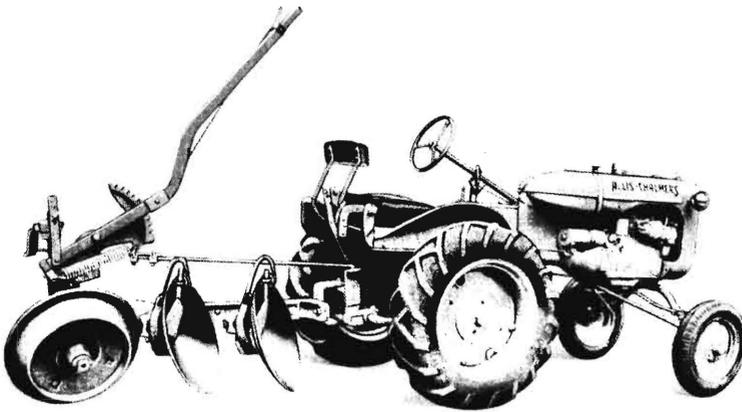


Bild 13.



Bild 14.

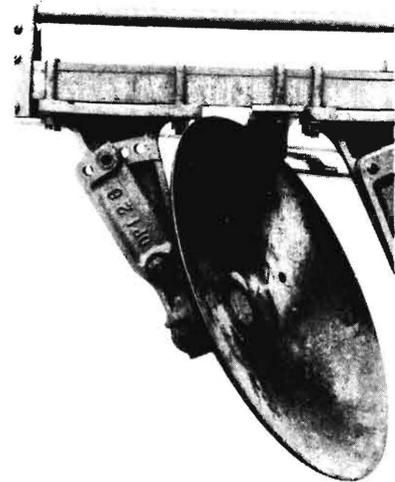


Bild 16.

Erläuterung zu den Bildern 7 bis 16:

Bild 7. Schwerer Anhängerpflug (*Mc Cormick IHC* Nr. 99) mit 26'' - 32'' Scheiben.

Die Tiefeneinstellung des hinteren Furchenrades wird durch eine Spindel betätigt. Eine Spindelverstellung erscheint im allgemeinen günstiger zu sein als eine Hebelverstellung. Die Aushebung geschieht durch ein mechanisches Aushebegetriebe am Greiferrad, das über eine Stosstange auch die Aushebung des Vorderpfluges bewirkt.

Bild 8. Schwerer Anhängerpflug (*Case* Nr. 84 A).

Bild 9. Anbauscheibenpflug (*Dearborn*) mit 3-Punkt-Aufhängung.

Bild 10. Anbauscheibenpflug (*Case*). Das schwere Pflugrad muss beim Ausheben mit hochgehoben werden.

Bild 11. Aufsattelscheibenpflug (*Farmall IHC* Typ A 151). Die Lenkung des Pflugrades ist mit der Achsschenkel lenkung gekoppelt.

Bild 12. Aufsattelvertikalscheibenpflug (*Farmall IHC* A 12D).

Bild 13. Aufsattelscheibenpflug mit Handaushebung (*Allis Chalmers*).

Bild 14. Aufsattelvertikalscheibenpflug mit hydraulischer Aushebung (*John Deere*).

Bild 15. Verbindung der Aushebekinematik am vorderen Furchenrad durch eine Torsionsstange mit dem Aushebegetriebe am Greiferrad (*Salopian* Modell Hercules). Eine Stoss- oder Zugstange scheint geeigneter zu sein als eine verhältnismässig weiche Torsionsstange.

Bild 16. Verstellung des Scheibenneigungswinkels durch einen geteilten Scheibenträger. Es sind 6 Winkleinstellungen möglich (*Salopian* Modell Hercules).

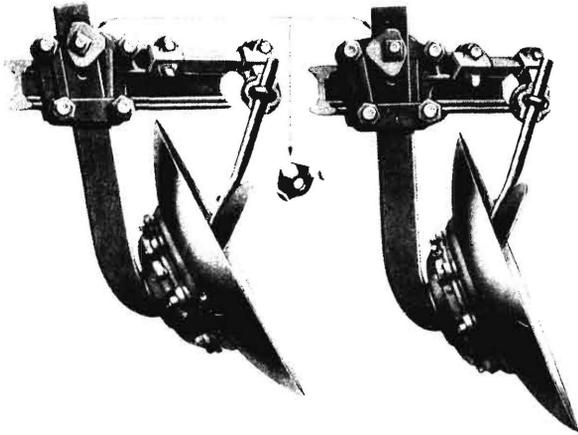


Bild 17.

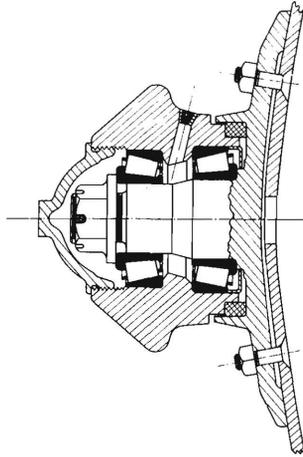


Bild 20.

Bild 21.

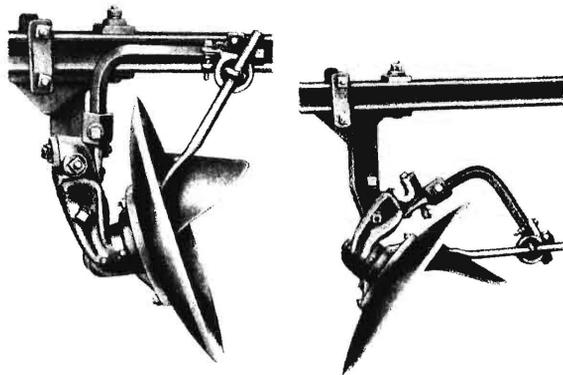


Bild 22.

a Hauptträger

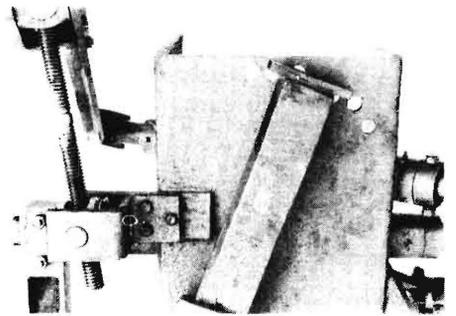


Bild 18.

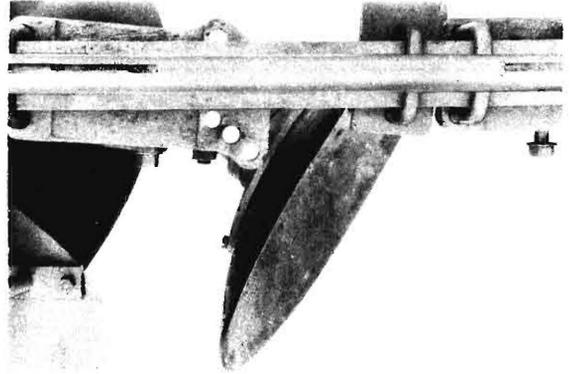


Bild 19.

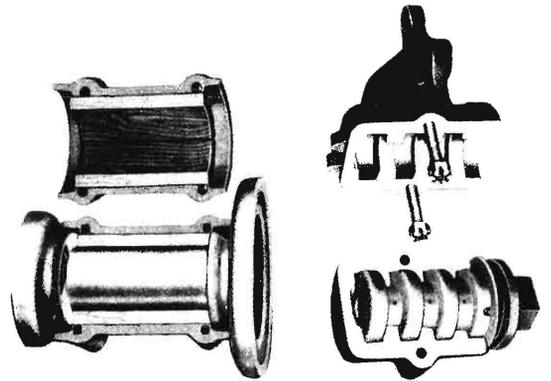


Bild 23.

Erläuterung zu den Bildern 17 bis 23:

Bild 17. Neigungswinkelverstellung mit Hilfe eines drehbaren Segments (Case Nr. 84a).

Bild 18. Verstellung des Pflugbalkens auf der hinteren Plattform zur Variation des Scheibenrichtungswinkels und der Schnittbreite (Salopian Modell Hercules).

Bild 19. Verstellung des Scheibenrichtungswinkels am Pflugbalken (Salopian Modell Hercules).

Bild 20. Kegelrollenlager zur Scheibenlagerung. Staubdichtung durch Filzringe (Timken).

Bild 21. Kugellager zur Scheibenlagerung (Case Nr. 84a). Dabei liegt die Staubabdichtung nicht an einem grossen Umfang an der Scheibe, sondern an einem kleinen Umfang an der Achse.

Bild 22. Längslager mit in Oel gesättigtem Holz als Lagerwerkstoff und Querlager zur Aufnahme der grossen Achsialdruckkräfte an einem Vertikalscheibenpflug. (Minneapolis Moline).

Bild 23. Sicherung einer Scheibe gegen Überbeanspruchung durch Zurückkippen nach Abscheren eines Schergliedes (John Deere). Besonders geeignet für die Forstwirtschaft.

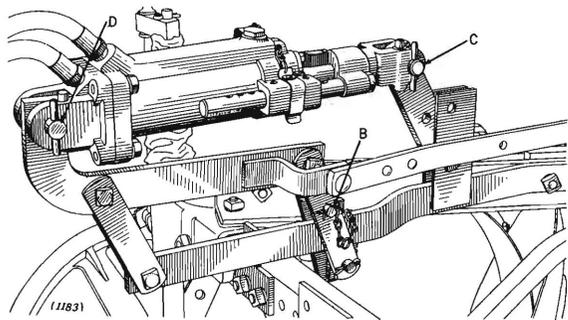


Bild 24. Einbau eines hydraulischen Arbeitszylinders zur Betätigung der Aushebung eines Anhängerpfluges.

### E. VOR- UND NACHTEILE BEI DER VERWENDUNG VON SCHEIBENPFLÜGEN

Der Scheibenpflug ist besonders geeignet für harten, trockenen Boden sowohl als Schälplflug wie als Saatpflug. Es gibt in Deutschland viele schwere Tonböden, sogenannte Stundenböden, für deren Bearbeitung mit dem Streichblechpflug dem Landwirt nur eine sehr kurze Zeitspanne mit gerade richtiger Feuchtigkeit zur Verfügung steht. Mit dem Scheibenpflug kann man den Boden auch noch bei grosser Trockenheit bearbeiten, darf jedoch nicht so früh auf einen noch nassen Boden gehen wie bei der Bearbeitung mit dem Streichblechpflug. Im ganzen steht dem Landwirt mit dem Scheibenpflug ein erheblich längerer Zeitraum zum Pflügen zur Verfügung.

Der Verschleiss der Scheiben ist wesentlich geringer als der der Schare und Streichbleche; dies trifft auch für steinigen Boden zu. Besonders geeignet ist der Scheibenpflug für durchwurzelten Waldboden. Die Wurzeln werden durchgeschnitten oder überrollt. Weiterhin ist die Scheibe durch ihre gewölbte Form besonders widerstandsfähig.

Leider zeigen die Messungen der Amerikaner wie unsere eigenen keine wesentliche Zugkraftersparnis. Die Kräfte sind von gleicher Grössenordnung wie beim Streichblechpflug. Das liegt zum Teil an den hohen Rollwiderständen der schweren Pflüge mit

ihren Spurkranzrädern und dem Greiferrad. Beim Aufsattelpflug ist der Zugwiderstand um 10 – 20 % geringer.

Ferner wendet der Scheibenpflug nicht so gut wie der Streichblechpflug. Die amerikanischen Farmer legen auf das völlige Unterpflügen von Mist, Stoppeln und Gründung nicht so grossen Wert wie die deutschen Landwirte, sehen vielmehr in einer teilweisen Bedeckung der Oberfläche einen Schutz gegen Austrocknung und Erosion. Durch ein stark gewölbtes Abstreifblech kann man die Wendung zwar etwas verbessern. Ein völliges Unterpflügen von Stoppeln oder Gründung ist nur durch eine Vorschälerscheibe zu erreichen, wie sie vom KTL Berlin für ihren Scheibenkehrpflug entwickelt worden ist. Zum Unterpflügen von Mist ist ein Düngereinleger erforderlich, der für diesen Fall auch geeigneter ist als eine Vorschälerscheibe, da er den Mist nicht zu durchschneiden braucht.

Dagegen bewirkt der Scheibenpflug keine Pflugsohlenbildung. Auch brauchen die Scheiben nicht unbedingt nachgeschliffen zu werden, da sie sich selbst schärfen. Jedoch ist ein zeitweiliges Nachschleifen bei der Bearbeitung von hartem, trockenem Boden günstig und erleichtert das Eindringen.

### Schrifttum

- [1] I.F. Reed: Disk Plows and their Operation. Farmer's Bulletin No. 1992. US Department of Agriculture May 1948.
- [2] E.D. Gordon: A Laboratory Study of Soil Reactions on Disks. Presented before American Society of Agricultural Engineers, December 1939.
- [3] A.W. Clyde: Load Studies on Tillage Tools. Agricult. Engng. Vol. 18 March 1937 No. 3.
- [4] A.W. Clyde: Improvement of Disk Tools. Agricult. Engng. Vol. 20 No. 6. June 1939.
- [5] O. Freiberg: Untersuchungen an Scheibeneggen. Techn.i.d.Landw. 15 (1934) S. 200/203.
- [6] Prospekte der Firmen: Gebr. Eberhardt, Ulm/Donau; John Deere; Massey-Harris; Minneapolis Moline Co.; J.I. Case Corp.; Allis Chalmers; Farmall IHC; Mc Cormick IHC; Dearborn, Motors Corporation; Salopian Eng.

Institut für Landtechnische Grundlagenforschung  
der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode  
Direktor: Prof. Dr. Ing. W. Kloth

Anschrift des Verfassers: Dr. Ing. Walter Söhne, (20b) Braunschweig, Forschungsanstalt für Landwirtschaft