

Untersuchungen über die Form von Pflugkörpern bei erhöhter Fahrgeschwindigkeit *)

Von Walter Söhne

In den Nachkriegsjahren hat man einen großen konstruktiven Eifer darauf verwandt, den Pflug als Ganzes dem Schlepper anzupassen. Dies hat zu zahlreichen Bauarten von Anbaupflügen geführt. Wenn auch die Entwicklung noch nicht ganz zum Abschluß gekommen ist, so haben sich doch bereits bestimmte Standardformen herausgebildet, wie der Dreipunktbau des Pfluges mit den Lösungen als

Arbeitslöhnen darauf an, die Arbeitsstunden pro Hektar herabzusetzen. Das zwingt aber dazu, den Leistungsbesatz in PS pro Hektar weiter heraufzusetzen. Landwirte, die sich heute bei 15 bis 20 ha mit einem 25 PS-Schlepper begnügen, werden in naher Zukunft vielleicht einen 35 PS- und in fernerer Zukunft einen 50 PS-Schlepper kaufen, der aber nicht viel schwerer sein wird als der heutige 25 PS-Schlepper. Das Leistungsgewicht der Traktoren hat sich wie bekannt in den letzten 30 Jahren langsam aber stetig verringert. Es ist anzunehmen, daß diese Entwicklungstendenz auch in Zukunft weiter anhalten wird. Ohne Zweifel ist es möglich, die Leistung der vorhandenen Motoren noch erheblich zu steigern. Es ist aber kaum möglich, die Kraftübertragung zwischen Reifen und Boden in gleichem Maße zu verbessern. Infolgedessen muß der Landwirt schneller pflügen, wenn er diese erhöhte Leistung auf den Boden bringen will. Das Pflügen mit höherer Geschwindigkeit ist vorerst noch mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden, besonders am Hang und auf schwerem Boden. Von Nachteil ist auch der Anstieg des Pflugwiderstandes mit steigender Geschwindigkeit. Der Pflugwiderstand setzt sich bekanntlich aus einer Komponente zusammen, die relativ unabhängig von der Fahrgeschwindigkeit ist und einer zweiten von der Beschleunigung des Bodens herrührenden Komponente, die annähernd mit dem Quadrat der Geschwindigkeit ansteigt.

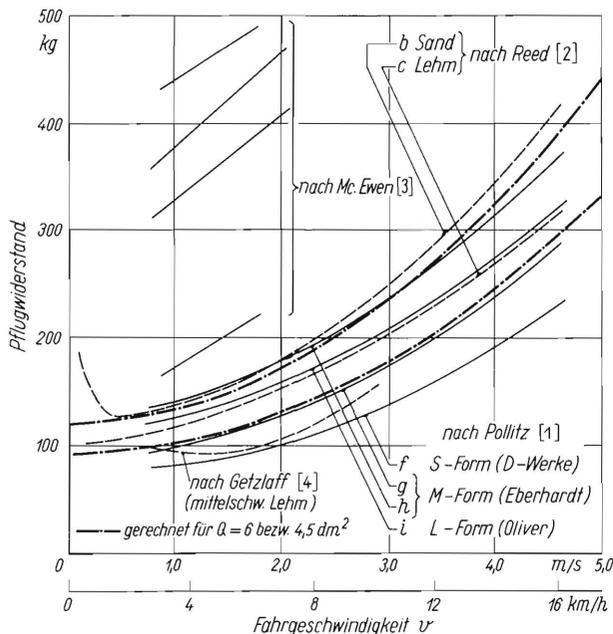


Bild 1. Einfluss der Arbeitsgeschwindigkeit auf den Pflugwiderstand nach früheren Messungen.

Beetpflug, Drehpflug, Winkeldrehpflug usw. Demgegenüber ist die Neuentwicklung der Streichblechformen nach außen nicht so sehr in Erscheinung getreten. Der Grund hierfür liegt darin, daß sich in der Vergangenheit die Pfluggeschwindigkeit von Schlepperpflügen nicht allzusehr von denen der Gespannpflüge unterschieden hat. Für die Zukunft ist jedoch mit einer Steigerung der Pfluggeschwindigkeit zu rechnen.

Während man sich in der Vergangenheit in Deutschland mehr bemüht hat, die Flächenerträge zu steigern, kommt es in der Zukunft bei steigenden

Bei höherer Geschwindigkeit wird mit einem herkömmlichen Gespannpflugkörper die Furche breiter geräumt und der Boden weiter zur Seite geschleudert. Der Pflugkonstrukteur muß daher die Streichbleche für eine erhöhte Geschwindigkeit so ausbilden, daß sie eine Bodenbearbeitung entsprechend der seitherigen Gespannarbeit oder langsamen Schlepperarbeit leisten. Wenn dabei der Boden nicht zu weit zur Seite geworfen wird, wird gleichzeitig die zweite Forderung erfüllt, daß die Zugkräfte mit zunehmender Geschwindigkeit nicht zu stark ansteigen.

Bild 1 zeigt Pflugwiderstände von herkömmlichen Pflugkörpern in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit nach älteren Messungen. Der hier zu beobachtende Anstieg der Zugkräfte über der Geschwindigkeit

*) Erste Mitteilung über ein laufendes Forschungsvorhaben. Die vorliegenden Untersuchungen wurden mit Unterstützung des Kuratoriums für Technik in der Landwirtschaft durchgeführt, dem auch an dieser Stelle verbindlichst gedankt sei.

keit soll also durch Änderung der Streichblechform z. T. wieder abgebaut werden.

Die bei steinigem Boden oder bei Hindernissen auftretenden Spitzenbeanspruchungen wachsen ebenfalls mit steigender Geschwindigkeit an, da die kinetische Energie eines bewegten Pfluges und Schleppers mit dem Quadrat der Geschwindigkeit anwächst. Daraus ergibt sich die weitere konstruktive Forderung, daß beim Auftreffen auf Hindernisse der Pflug automatisch ausgehoben wird, um ihn vor Überlastung zu schützen.

Die geometrische Form vorhandener Pflugkörper

Vor der Erörterung der Frage, wie ein Streichblech für höhere Geschwindigkeit zu gestalten ist, ist es zweckmäßig, zunächst die Form von vorhandenen Pflugkörpern zu untersuchen und zu versuchen, daraus Entwicklungstendenzen für Hochgeschwindigkeitskörper zu erkennen. Dabei ist auch die Frage zu beantworten, ob es bereits heute Pflugkörper gibt, die für höhere Geschwindigkeiten geeignet sind. Es sei schon vorweggenommen, daß u. E. durchaus Pflugkörper vorhanden sind, die für eine zunächst anzustrebende Geschwindigkeit bis 7 oder 8 km/h auf leichtem bis mittelschwerem Boden geeignet sind. Für die fernere Zukunft wird man mit einem Anstieg der Geschwindigkeit bis auf 12 km/h rechnen dürfen, allerdings mit der Einschränkung, daß diese Geschwindigkeiten vorerst nur für große, ebene Schläge mit leichtem bis mittelschwerem Boden in Frage kommen. Hierfür müßten die Streichblechformen (ebenso wie Schlepper- und Sitzfederungen) erst noch entwickelt werden. Eine darüber hinausgehende Geschwindigkeit soll vorerst noch nicht erwogen werden.

Als erste Aufgabe wurde die Form von etwa 25 im Institut vorhandenen Streichblechkörpern aufgenommen. Dazu wurde das sogenannte Lichtschnittverfahren angewandt. **Bild 2** zeigt das Prinzip dieses Verfahrens. Der weiß angestrichene Pflugkörper ist auf einem Plattformwagen aufgestellt und kann mit einer kleinen Winde nach rechts auf kleinen Rädern kontinuierlich oder schrittweise in 4 cm-Abständen fortbewegt werden. Auf den Pflugkörper



Bild 2. Einrichtung zur Aufnahme der Pflugkörperform nach dem Lichtschnittverfahren.
K Kamera P Projektor

wird von einem Projektor P ein vertikaler, schmaler Lichtstreifen im rechten Winkel zur Bewegungsrichtung des Plattformwagens projiziert. In rechtem Winkel dazu ist eine Kamera K angebracht, die diesen Lichtschnitt fotografiert. Es muß sorgfältig darauf geachtet werden, daß die Filmebene der Kamera parallel zur Lichtschnittebene steht. Der Pflugkörper kann dabei in beliebigen Ansichten aufgenommen werden. Da beim Bewegen des Pflugkörpers der Abstand zwischen Lichtschnittebene und Kamera konstant bleibt, treten keine optischen Ver-



Bild 3. Aufnahme des Normkörpers M 25 mit dem Lichtschnittverfahren, links bei kontinuierlicher Bewegung des Streichblechwagens, rechts bei schrittweiser Bewegung von je 4 cm.



Bild 4. Aufnahme des Massey-Ferguson Semidigger 12 BAE 112 mit dem Lichtschnittverfahren. Die Lichtschnitte bei schrittweiser und kontinuierlicher Bewegung wurden in einem Bild überlagert.

zerrungen auf. Dieses Verfahren zur Aufnahme von Pflugkörperformen ist bequemer und vermutlich zeitsparender als Abtasteinrichtungen.

Bild 3 bis 5 zeigen verschiedene mit dem Lichtschnittverfahren aufgenommene Pflugkörper. Auf der linken Seite von Bild 3 ist der Normpflugkörper M 25 dargestellt, wenn er kontinuierlich unter dem Lichtschnitt fortbewegt wird. Schon auf diesem Bild kann außer dem Umriß auch seine geometrische Form entnommen werden. Auf der rechten Seite sind die einzelnen Lichtschnitte dargestellt, die im Abstand von jeweils 4 cm aufgenommen wurden. In Bild 4 und 5 sind die Aufnahmen einer kontinuier-

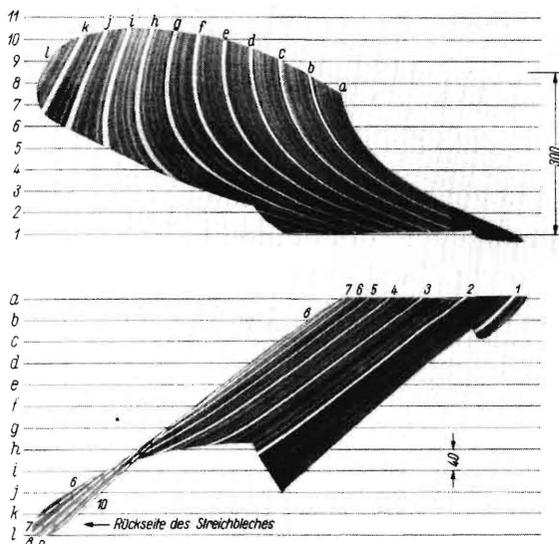


Bild 5. Aufnahme des IHC Highspeed-Körpers AHP C2R 14 mit dem Lichtschnittverfahren.

lichen und schrittweisen Bewegung jeweils auf einem Bild überlagert.

Aus den Lichtschnitten läßt sich anschließend ein Pflugkörper leicht zeichnerisch darstellen (Bild 6 bis 15). Dabei wurden die vertikalen Formlinien mit den Buchstaben a bis l und die horizontalen Formlinien mit den Ziffern 1 bis 11 bezeichnet. In Bild 6 wurden zunächst einige für den Pflugkörper charakteristische Größen herausgestellt. Die Seitenrichtungswinkel der horizontalen Formlinien mit der Fahrtrichtung im Grundriß werden mit φ bezeichnet. φ_{1a} ist der Scharschneidenwinkel ¹⁾. Der erste Index des Winkels φ gibt die Kennzahl der entsprechenden horizontalen Formlinie an, an der dieser Winkel gemessen wurde; der zweite Index (Buchstabe) kennzeichnet den Schnittpunkt mit der

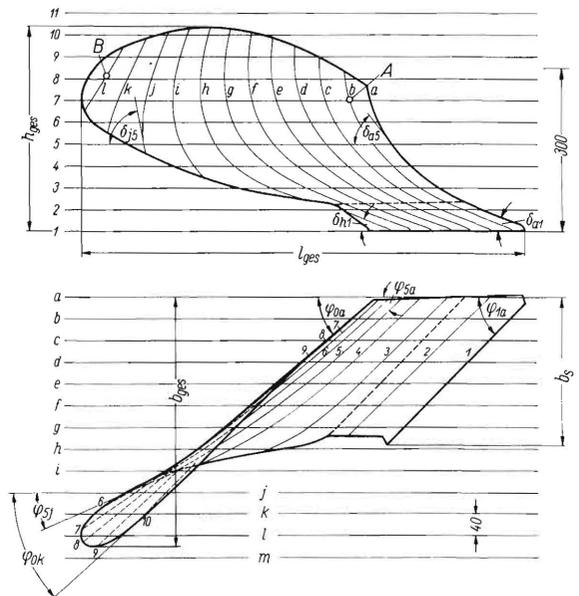


Bild 6. Zeichnerische Darstellung des John Deere High-speed-Körpers HS 314 NC nach dem Lichtschnittverfahren mit Angabe der kennzeichnenden Größen.

- φ_{1a} Scharschneidenwinkel
- φ_{0a} bis φ_{0k} Seitenrichtungswinkel der Streichblechoberkante
- φ_{5a} bis φ_{5j} Seitenrichtungswinkel der horizontalen Formlinie 5 beim Schnitt mit der vertikalen Formlinie a bis j
- δ_{a1} bis δ_{h1} Scharschnittwinkel bei den vertikalen Formlinien a bis h
- δ_{a5} bis δ_{j5} Anstellwinkel der vertikalen Formlinien a bis j entlang der horizontalen Formlinie 5
- δ_A, δ_B Anstellwinkel der vertikalen Formlinien in den Punkten A und B

entsprechenden vertikalen Formlinie, an dem φ gemessen wurde. φ_{5a} ist also der Seitenrichtungswinkel der horizontalen Formlinie 5 mit der Projektion der vertikalen Formlinie a im Grundriß. φ_{5j} ist der entsprechende Winkel zwischen der horizontalen Formlinie 5 und der Projektion der vertikalen Formlinie j. Mit φ_{0a} bis φ_{0k} sind die Seitenrichtungswinkel an der Streichblechoberkante gekennzeichnet. Die Form dieser Horizontalschnitte und ihre zugehörigen Seitenrichtungswinkel sind von besonderer Bedeutung. Dabei kommt es bei Schneltpflugkörpern

¹⁾ s. Normblatt DIN 11118 über die Begriffe der Pflugkörper.

Tafel 1. Abmessungen der untersuchten Pflugkörper

Bild	Pflugkörper *)	h_{ges} mm	l_{ges} mm	b_{ges} mm	b_s mm
3 und 7	Normkörper M 25 (mittelsteile Form)	372	695	450	300
9	Normkörper L 25 (liegende Form)	365	850	485	300
10	Normkörper W 22 (Wendelform)	348	855	465	310
11	Ventzki Tordix-Körper (kleine Form)	360	805	380	300
15	Eberhardt BW 7-Körper	310	960	420	280
-	Massey-Ferguson Digger M 1	366	775	500	325
4 und 14	Massey-Ferguson Semidigger 12 BAE 112	355	830	495	308
8	Massey-Ferguson General-Purpose-Körper 10 HAE 112	300	980	486	210
13	IHC Highspeed-Körper AHP C2R 12	365	840	405	338
5	IHC Highspeed-Körper AHP C2R 14	378	900	440	360
-	IHC Highspeed-Körper AHP 16	380	950	470	396
6	John Deere Highspeed- Körper HS 314 NC	372	813	462	276
12	John Deere Highspeed- Körper HS 354 NC	378	825	435	280
-	John Deere Highspeed- Körper HS 354 FC	378	935	490	360

*) Bedeutung der Abmessungen siehe Bild 6.

besonders auf kleine Seitenrichtungswinkel am Streichblechende und auf die konvexe Wölbung der horizontalen Formlinien an, die sich aus der Differenz der Seitenrichtungswinkel φ einer Formlinie an der Land- und Furchenseite des Streichbleches ergibt.

Weiterhin spielt der Anstellwinkel δ des Scharfs bzw. Streichblechs in der Seitenrißebene eine große Rolle. δ_{a1} ist der Schnittwinkel des Scharfs an der Landseite und δ_{h1} an der Furchenseite. Die Zunahme des Anstellwinkels an der Formlinie 5 von δ_{a5} bis δ_{j5} ist ein Maßstab für den Verwindungsverlauf, die Differenz zwischen δ im Punkt A und im Punkt B ist ein Maß für die Gesamtwendelung eines Pflugkörpers. In Tafel 1 sind die Hauptabmessungen der in Bild 3 bis 15 gezeigten Pflugkörper sowie einiger weiterer Körper zusammengestellt.

In Bild 7 ist der (Gespann-) Normpflugkörper M 25, also die mittelsteile Form für 25cm Nenntiefe dargestellt. Er ist aus der alten Kulturform entwickelt, die wiederum ihren Ursprung in der Ruchadlofform hat. Bei ihm sind wie bei den anderen Normkörpern die Formlinien senkrecht zur Scharfschneide durch Parabeln definiert. Die horizontalen Formlinien sind bei diesem Körper gerade. Der Körper ist kaum verwunden. Zum Schneltpflügen ist er ab-

solut ungeeignet, da er den Boden zu weit zur Seite schleudert. Dies liegt in erster Linie daran, daß er verhältnismäßig stumpf und steil ist, die horizontalen Formlinien 3 bis 9 nicht konvex gewölbt sind und der Winkel φ am Streichblechende für das Schneltpflügen zu groß ist.

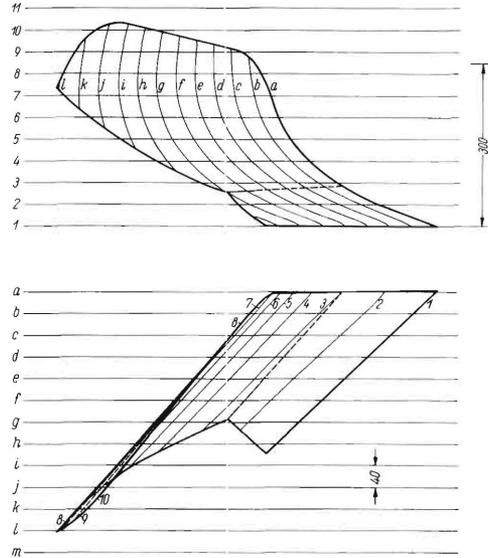


Bild 7. Normpflugkörper M 25 für Gespannpflüge.
(mittelsteile Form)

Als ausgesprochenen Gegensatz zum M-Körper zeigt Bild 8 einen Schraubenpflugkörper und zwar den Ferguson General-Purpose-Körper 10 HAE 112. Während dieser Körper in England als Allzweckkörper bezeichnet und verwendet wird, ist er für deutsche Verhältnisse ein Spezialkörper, der vorwiegend zum Umpflügen von Grasland geeignet ist. Er fällt durch eine außerordentlich große Wendelung auf. Weiterhin hat er eine flache und spitze Form. Die Schnittbreite b_s des Scharfs ist kleiner als die Arbeitsbreite b_n des Pflugkörpers. Ein Teil des Pflugbalkens wird deshalb nicht abgeschnitten, sondern abgerissen, wodurch eine Verringerung der

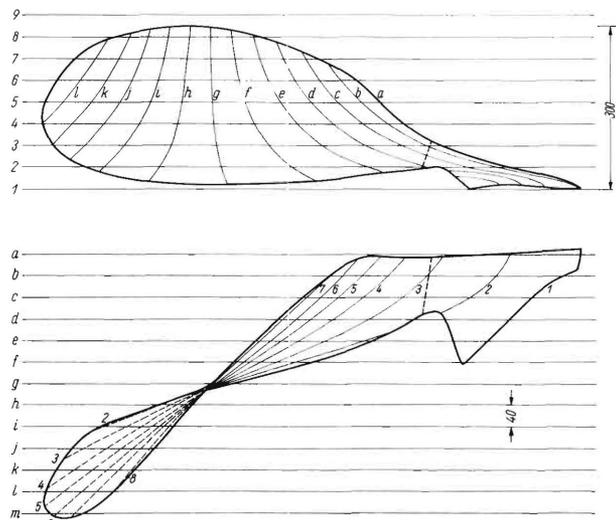


Bild 8. Massey-Ferguson General-Purpose-Körper
10 HAE 112.

Pflugkräfte eintritt. Zwischen diesen beiden Extremen, nämlich der nicht verwundenen Kulturform und

der stark verwundenen Schraubenform, liegen alle praktisch bedeutenden Pflugformen.

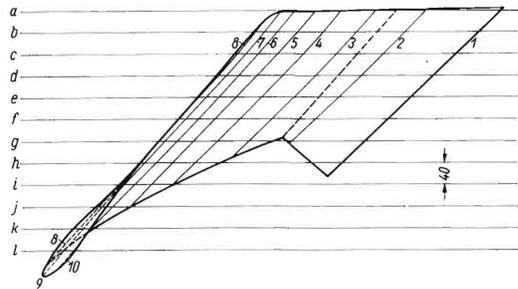
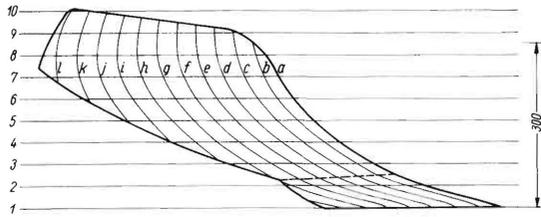


Bild 9. Normpflugkörper L 25 für Gespannpflüge. (liegende Form)

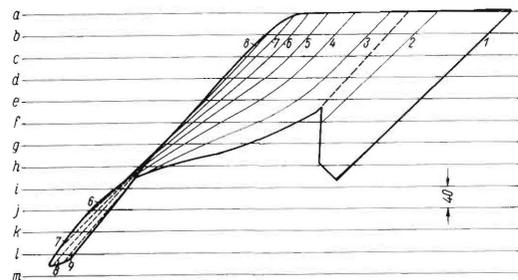
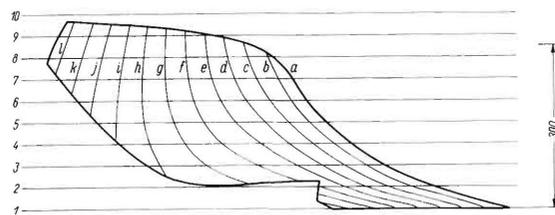


Bild 10. Normpflugkörper W 22 für Gespannpflüge. (Wendelform)

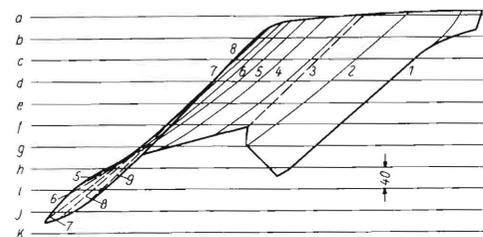
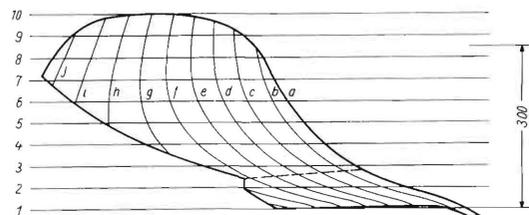


Bild 11. Ventzki Tordix-Körper (kleine Form).

Der Normkörper L 25, die sogenannte liegende Form (Bild 9), unterscheidet sich vom mittelsteilen Körper M 25 nur durch flachere Anstellwinkel im gesamten Körperbereich; auch bei ihm sind die horizontalen Formlinien gerade und bilden mit der Fahrtrichtung relativ stumpfe Winkel. Zum Schnellpflügen ist er wie die M-Form ungeeignet.

Der Normkörper W 22, die sogenannte Wendelform (Bild 10), ist auch aus der Kulturform heraus entwickelt worden, jedoch ist das Streichblechende stark verwunden. Die horizontalen Formlinien 3 bis 7 sind konvex gewölbt und die Seitenrichtungswinkel φ dieser Formlinien sind am Streichblechende relativ klein, so daß dieser Körper für höhere Geschwindigkeiten schon etwas besser geeignet ist als die Normkörper M 25 und L 25.

Der Pflugkörper Tordix der Firma Ventzki (Bild 11) ist ein Universalkörper. Er ist als Schlepperkörper für mittlere Pfluggeschwindigkeiten entwickelt worden. Gegenüber dem Normkörper M 25 ist der Scharschnittwinkel δ_{a1} viel flacher; auch sonst hat der Körper eine flachere und spitzere Form. Außerdem zeigt er eine verhältnismäßig große Wendung. Die horizontalen Formlinien 3 bis 7 sind konvex gewölbt und haben einen relativ kleinen Seitenrichtungswinkel φ am Streichblechende. Der Körper ist für Geschwindigkeiten bis 8 km/h geeignet²⁾.

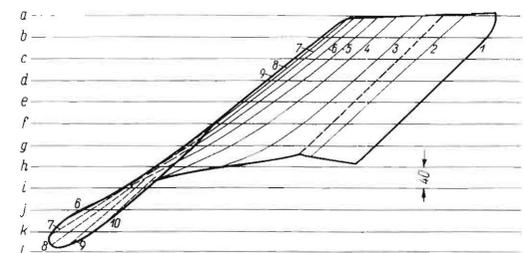
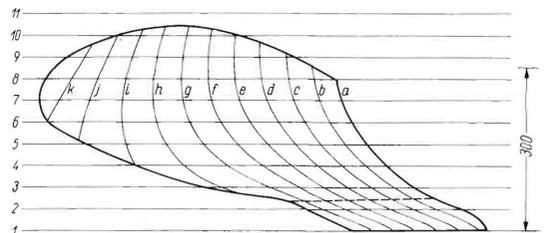


Bild 12. John Deere Highspeed-Körper HS 354 NC.

Von den amerikanischen Firmen International Harvester und John Deere wurde eine Reihe sogenannter High-speed-Körper (Pflugkörper für höhere Geschwindigkeit) entwickelt.

Bild 12 zeigt die Aufnahme des John Deere High-speed-Körpers HS 354 NC, der für Geschwindigkei-

²⁾ Alle hier und im folgenden angegebenen Werturteile über die Pflugkörper gelten zunächst nur für leichten Boden.

ten von 5 bis 9 km/h geeignet ist. Er ist zwar aus der Kulturform hervorgegangen, hat aber zusätzlich eine relativ große Wendung, wenn auch bei weitem nicht so viel wie der *General-Purpose*-Körper von *Ferguson*. Die horizontalen Formlinien sind stark konvex gewölbt und der Seitenrichtungswinkel φ am Ende des Streichblechs ist verhältnismäßig spitz. Der Scharschneidenwinkel $\varphi_{1a} = 44^\circ$ ist jedoch noch relativ stumpf. Für einen Schnellpflugkörper ist auch der Schnittwinkel δ_{a1} bis $\delta_{h1} = 22^\circ$ erstaunlich groß.

Ähnliche Form und Eigenschaften wie der *John Deere*-Körper hat der *IHC Highspeed*-Körper *AHP 12* (Bild 13). Er hat lediglich einen erheblich spitzeren Scharschnittwinkel δ_{g1} am Scharende. Er ist ebenfalls für Geschwindigkeiten von 5 bis zu 9 km/h geeignet.

Bild 14 zeigt den *Ferguson Semidigger 12 BAE 112*. Es handelt sich hierbei um einen stark gewundenen Körper für schweren Boden, der mehr aus der Schraubenform (*General Purpose*) als aus der Kulturform hervorgegangen ist. Für mittlere Geschwindigkeiten bis 7,5 km/h ist er recht gut geeignet, nicht aber für darüber hinausgehende Geschwindigkeiten, weil der Seitenrichtungswinkel φ_{0B} am Ende der Streichblechoberkante zu stumpf ist. Die horizontalen Formlinien 4 bis 8 sind sogar konkav gewölbt.

Bild 15 zeigt einen für das Schnellpflügen sehr interessanten Körper und zwar den *Eberhardt*-Körper *BW 7*. Er ist ursprünglich nicht als ausgesprochener Schnellpflugkörper entwickelt worden, erfüllt aber die Forderungen, die an einen Körper für höhere Geschwindigkeiten gestellt werden, recht gut. Es ist ein spitzer, flacher und gestreckter Körper. Sowohl der Scharschneidenwinkel φ_{1a} als auch die Winkel φ_{0a} und φ_{0k} an der Oberkante des Streichblechs sind spitz. Die Schnittwinkel δ_{a1} an der Land- und δ_{h1} an der Furchenseite des Schars sind klein.

Der Körper ist ferner verhältnismäßig stark gewendet. Wir sehen es an dem Unterschied der Neigung δ_{b6} der Formlinie b und δ_{j6} der Formlinie j am Ende des Körpers. Normalerweise führt eine starke Wendung dazu, daß die Oberkante des Streichblechs am hinteren Ende nach vorn gezogen ist und dadurch – wie beim *Ferguson Semidigger* (Bild 14) – einen ziemlich stumpfen Winkel mit der Fahrtrichtung bildet. Dieser Nachteil für das Schnellpflügen wird dadurch umgangen, daß man den horizontalen Formlinien, also beispielsweise den Formlinien 3, 4, 5 und 6 eine konvexe Wölbung gibt. Bei dem *BW 7*-Körper (Bild 15) haben die horizontalen Formlinien 5 bis 8 einen S-Schlag. Trotzdem bleibt der Seitenrichtungswinkel φ am Streichblechende klein.

In Bild 16 wurde versucht, die Pflugkörper zu klassifizieren. Es bestehen zwei grundsätzlich verschie-

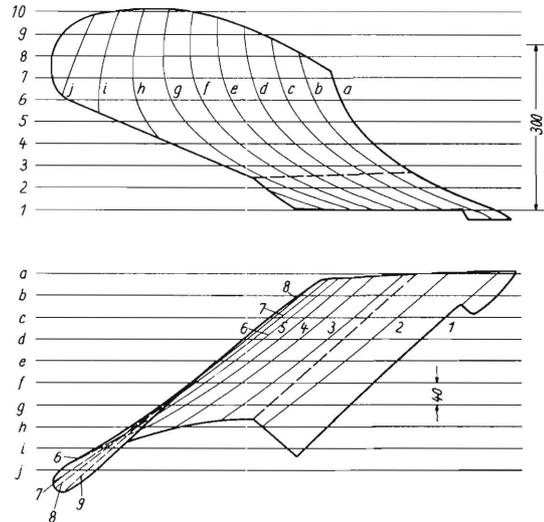


Bild 13. IHC Highspeed-Körper AHP C2R 12.

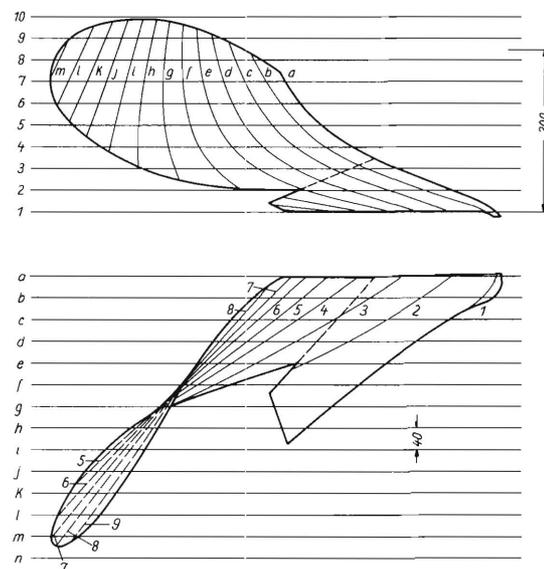


Bild 14. Massey-Ferguson Semidigger 12 BAE 112.

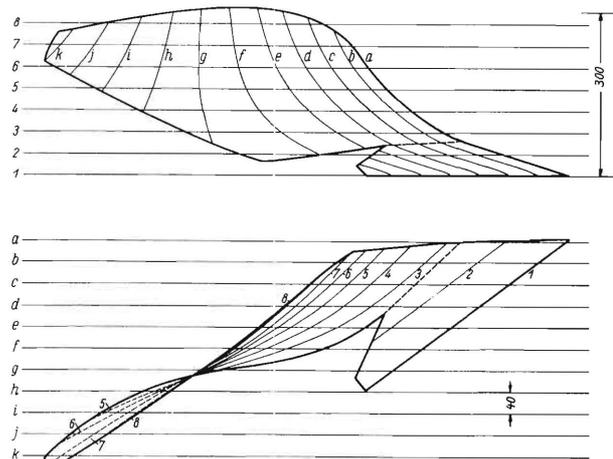


Bild 15. Eberhardt BW 7-Körper.

dene klima- und landschaftsbedingte Entwicklungsrichtungen, nämlich die in England weit verbreitete Schraubenform (Beispiel Bild 8) und die kontinentale Kulturform (Beispiel Bild 7), die aus der Ru-

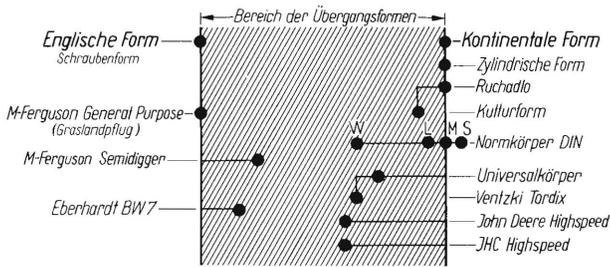


Bild 16. Versuch einer Klassifizierung verschiedener, aus der englischen Schraubenform und der kontinentalen Kulturform entwickelter Pflugkörperformen.

chadloform oder zylindrischen Form hervorgegangen ist. Bei der kontinentalen Kulturform wird der Boden stark gekrümelt und die Wendung erfolgt mehr durch ein Schütten und Umwälzen auf dem Streichblech (**Bild 17**). Bei der Schraubenform wird der Bodenbalken schraubenförmig verwunden und gewendet (**Bild 18**), wobei nur eine geringe Krümmelung erfolgt. Aus beiden Formen, zwischen denen



Bild 17. Schüttende Pflugfurche bei der Kulturform. (Foto: Feuerlein FAL)



Bild 18. Wendende Pflugfurche bei der Schraubenform. (Foto: Feuerlein FAL)

ein Übergangsbereich besteht, lassen sich Pflugkörper für höhere Geschwindigkeit ableiten. Der *Ferguson General Purpose*, *Ferguson Semidigger* und *Eberhardt BW 7* sind aus der Schraubenform hervorgegangen. Der *Semidigger* liegt im Übergangsbereich. Die deutschen Normkörper S, M, L und auch die Wendelform W, die Universalform und die amerikanischen Highspeed-Körper sind aus der Kulturform hervorgegangen, wobei die verwundenen Ausführungen, W-Form, Universalform und die Highspeed-Formen wieder im Übergangsbereich liegen.

Bei den im vorstehenden beschriebenen Pflugkörpern wurde mit gutem Grund mehrfach auf den Einfluß der Form der Horizontalschnitte auf das Schneltpflügen hingewiesen und erwähnt, daß ein Körper umso besser für das Schneltpflügen geeignet ist, je spitzer der Seitenrichtungswinkel φ der horizontalen Formlinien besonders am Streichblechende ist. **Bild 19** zeigt nun eine Gegenüberstellung der horizontalen Formlinien 5 von verschiedenen Körpern in 160mm Höhe. Die Normpflugkörper M 25 und L 25 haben einen relativ stumpfen Seitenrichtungswinkel φ und die Formlinien sind gerade. Alle anderen Körper haben spitzere Seitenrichtungswinkel und die Formlinien sind meist auch konvex gewölbt.

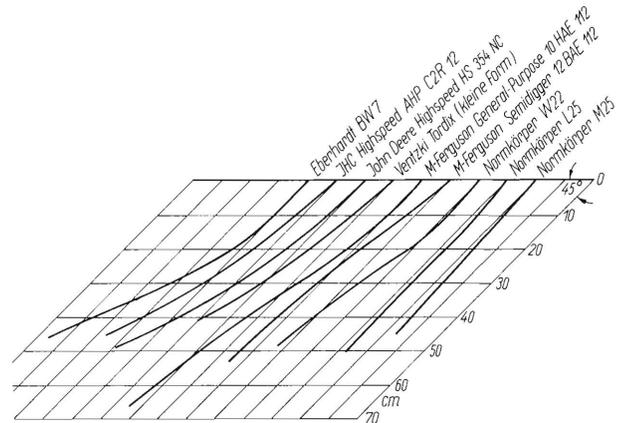


Bild 19. Gegenüberstellung der horizontalen Formlinien verschiedener Pflugkörper in 160 mm Höhe. (Formlinien 5 in Bild 5 bis 15)

In **Bild 20** sind die Schar-schneidenwinkel φ_{1a} und die Seitenrichtungswinkel der horizontalen Formlinie 5 in 160 mm Höhe an der Landseite und am Streichblechende von 13 verschiedenen Pflugkörperformen einander gegenübergestellt. Der Schar-schneidenwinkel ist nicht sehr verschieden und liegt zwischen 47° bei dem *Ferguson Digger M 1* und 37° beim *Eberhardt BW 7*. Die Seitenrichtungswinkel des Horizontalschnitts sind am größten bei den beiden Normkörpern M 25 und L 25 und am kleinsten bei den amerikanischen Highspeed-Körpern *John Deere HS 354 NC*, *HS 314 NC*, *IHC AHP C 2 R 12* und *16*, sowie bei dem *Eberhardt BW 7*.

Von großer Bedeutung für die Schneltpflugeigenschaften ist ferner die Wendelung der Körper.

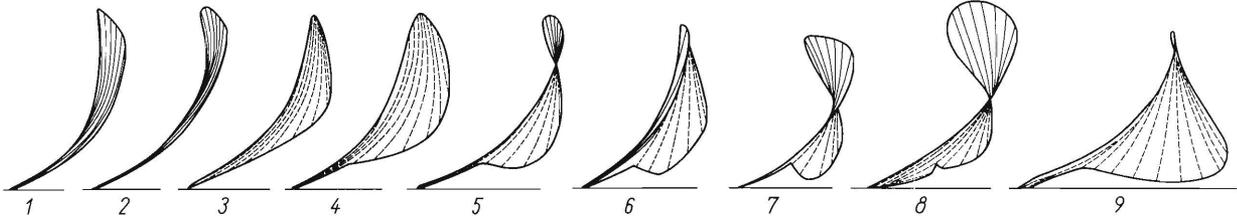


Bild 21. Lichtschnitte senkrecht zur Scharschneide von verschiedenen Pflugkörpern. (parallel zur Scharschneide aufgenommen)

- | | | |
|-----------------------------------|---|--------------------------------|
| 1 Normkörper M 25 | 4 John Deere Highspeed-Körper HS 354 NC | 7 Ventzki Tordix (kleine Form) |
| 2 Normkörper L 25 | 5 Normkörper W 22 | 8 M-Ferguson Semidigger |
| 3 IHC Highspeed-Körper AHP C2R 12 | 6 Eberhardt BW 7 | 9 M-Ferguson General Purpose |

Bild 21 zeigt die Ergebnisse von Lichtschnittaufnahmen von neun Körpern, wobei die Körper parallel zur Scharschneide gesehen sind. Die Lichtschnittebenen stehen senkrecht auf der Scharschneide. Aus diesem Bild geht die Verwindung der einzelnen Körper besonders eindrucksvoll hervor. Die Normkörper M 25 und L 25 haben fast keine Verwindung. Der *Ferguson Semidigger* und der *Ferguson General Purpose* haben die größte Verwindung. Auch der *Eberhardt BW 7* hat eine große Verwindung, nur ist der Körperumriß an der Streichblechunterkante weniger völlig als beim *General Purpose*.

In **Bild 22** sind die Schnittwinkel der Schare an der Scharspitze δ_{a1} und am Scharende $\delta_{...1}$ von 13 Körpern einander gegenübergestellt. Die Körper sind hier nach der Größe der Wendung geordnet, was aber nicht unbedingt einer Rangordnung der Körper hinsichtlich der Eignung zum Schnellpflügen entspricht. Aus **Bild 22** geht nicht eindeutig hervor, daß die Körper für höhere Geschwindigkeit einen kleineren Scharschnittwinkel haben müssen. Über-

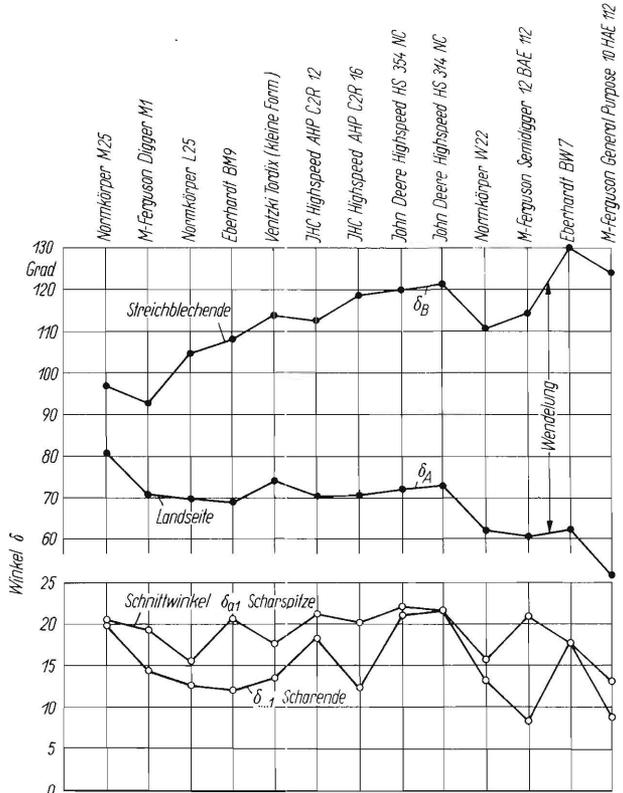


Bild 22. Scharschnittwinkel δ_{a1} und Neigungswinkel δ_A und δ_B verschiedener Pflugkörper in den Punkten A und B an der Landseite und am Streichblechende (s. a. Bild 6).

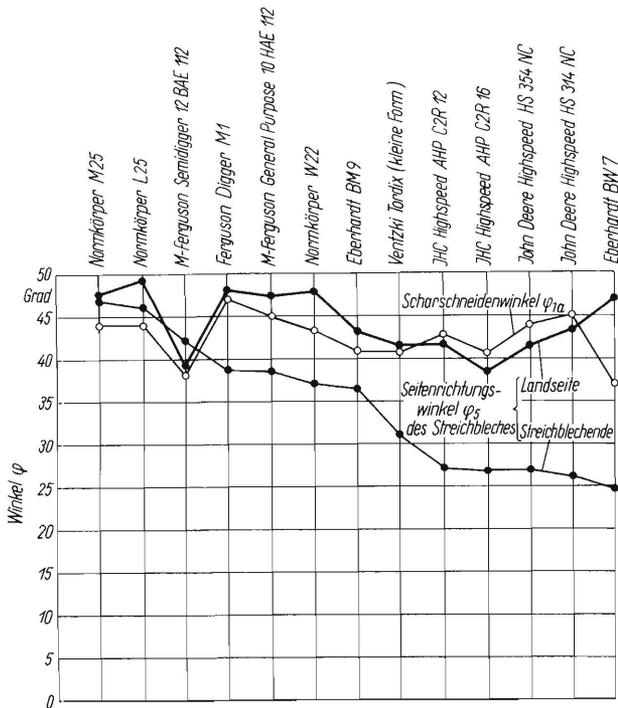


Bild 20. Scharschnittenwinkel ϕ_{a1} und Seitenrichtungswinkel ϕ_5 am Anfang und Ende der horizontalen Formlinie 5 von verschiedenen Pflugkörpern.

raschenderweise haben nämlich die beiden *John Deere Highspeed*-Körper an der Land- wie an der Furchenseite relativ große Scharschnittwinkel. Man kann aber für das Schar eines Körpers für höhere Geschwindigkeit an der Scharspitze einen Schnittwinkel von etwa 15 bis 17° und am Scharende einen solchen von 8 bis 12° zugrundelegen. In **Bild 22** oben ist außerdem die Neigung der vertikalen Formlinie in Punkt A (Landseite) und in Punkt B (Streichblechende) dargestellt. Der Differenzwert dieser beiden Winkel ist ein Maß für die Wendung. Es zeigt sich auch hier wieder, daß die Normkörper M 25 und L 25 am geringsten und der *Ferguson General-Purpose*-Körper und der *Eberhardt BW 7* am meisten verwunden sind. Die Verwindung der amerikanischen Highspeed-Körper *IHC* und *John Deere* beträgt etwa 2/3 der Maximalwerte vom *General Purpose* und *Eberhardt BW 7*.

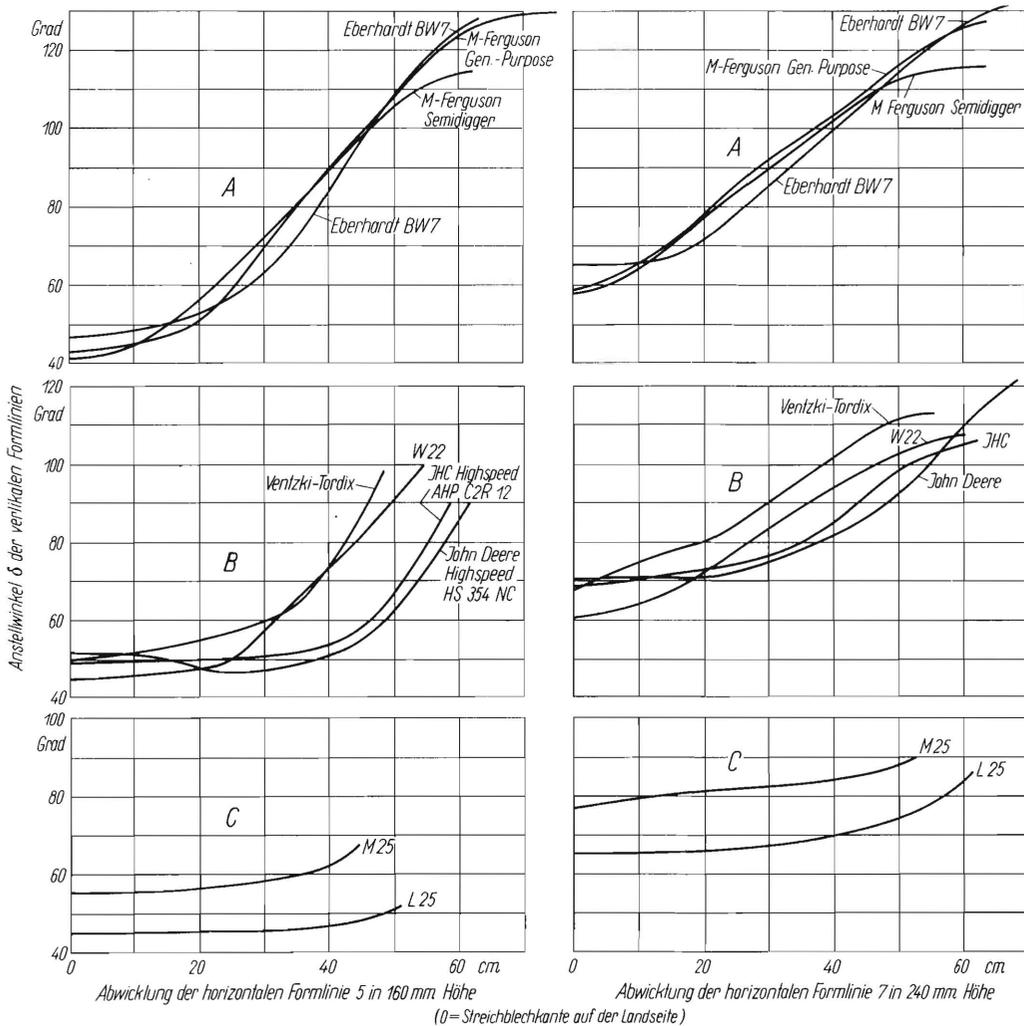


Bild 23. Verwendung verschiedener Pflugkörper aus den Anstellwinkeln δ entlang der horizontalen Formlinien 5 und 7 in 160 bzw. 240 mm Höhe.

A : Übergangskörper aus der Schraubenform

B : Übergangskörper aus der Kulturform

C : Normpflugkörper

In **Bild 23** ist der Anstellwinkel der vertikalen Formlinien längs der horizontalen Formlinien 5 und 7 in 160 mm Höhe und 240 mm Höhe, also der Verwindungsverlauf für neun verschiedene Körper, einander gegenübergestellt. Die beiden Normpflugkörper M 25 und L 25 haben nur am Streichblechende eine geringfügige Zunahme des Anstellwinkels δ der vertikalen Formlinien. Auch bei den Körpern mit mittlerer Wendung, dem W-Körper, dem Tordix-Körper und den amerikanischen Highspeed-Körpern von IHC und John Deere, erfolgte die Verwindung erst gegen das Streichblechende hin. Fast über den ganzen Längenbereich verwunden sind dagegen der Ferguson Semidigger und General-Purpose. In dieselbe Kategorie gehört auch der Eberhardt BW 7.

Für Schnellpflugkörper muß die Frage untersucht werden, ob die Verwindung, also die Zunahme des Anstellwinkels schon am Anfang der Horizontalanschnitte einsetzen soll, wie es bei den Ferguson-Körpern und beim BW 7 der Fall ist, oder ob es genügt, wenn sie nur gegen das Streichblechende hin

stärker gewandelt sind wie die amerikanischen Highspeed-Körper von IHC und John Deere. Darauf wird bei den Pflugversuchen noch näher eingegangen.

Arbeitsgeschwindigkeit und Furchenform

Bei der Beschreibung der geometrischen Streichblechformen und bei der Gegenüberstellung einzelner geometrischer Größen wurden bereits gewisse Werturteile, wieweit die einzelnen Körper für das Schnellpflügen geeignet sind, vorweggenommen. Die Ergebnisse der seitherigen Pflugversuche, die im folgenden besprochen werden, beziehen sich auf Untersuchungen auf einem lehmigen Sandboden in Völkenrode. Es ist beabsichtigt, die Untersuchungen in Zusammenarbeit mit dem Institut für Bodenbearbeitung auf mittelschweren und schweren Böden fortzusetzen.

Folgende zwei Forderungen waren bereits oben für Schnellpflugkörper aufgestellt:

1. Die Zugkräfte sollen mit steigender Geschwindigkeit nicht allzu stark anwachsen und

2. die Furchenform soll sich nicht allzu sehr von der seitherigen Furchenform unterscheiden. Insbesondere soll die Furche nicht allzu weit geräumt sein; auch soll der Boden nicht allzu weit zur Seite transportiert und über den bereits gepflügten Boden hinweggesprüht werden.

Beide Forderungen liegen in derselben Richtung; denn je größer der Seitentransport des Bodens ist, umso größer ist der Energieaufwand. Wenn es gelingt, einen zu großen Seitentransport beim Schneltpflügen zu vermeiden, ist damit zu rechnen, daß die Zugkräfte mit höherer Geschwindigkeit nicht allzu sehr ansteigen.

Was verlangt nun der Landwirt von der Pflugfurche? Hier muß zwischen den Anforderungen für eine raue Winterfurche und für eine Saatbettfurche unterschieden werden. Bei einer rauhen Winterfurche soll jeder einzelne Furchendamm gut profiliert zu erkennen sein, weil dadurch die Gesamtoberfläche größer ist und der Frost besser angreifen kann, weil aber auch die raue Ackeroberfläche im Frühjahr schneller abtrocknen kann. Dazu bedarf der gepflügte Boden eines stabilen Gerüsts grober beständiger Schollen. Von einer Saatfurche hingegen wird verlangt, daß der Boden gut gekrümelt ist und daß man nur relativ wenig Nacharbeit aufwenden muß. *Frese* und *Feuerlein* propagieren daher, daß zwei verschiedene Körper für Winterfurche und Saatfurche eingesetzt werden sollen.

Man kann zwar dasselbe erreichen, wenn man mit einem Hochgeschwindigkeitskörper für die Winterfurche mit einer mäßig hohen Geschwindigkeit und für die Saatfurche mit größerer Geschwindigkeit pflügt. Da aber in beiden Fällen mit hoher Geschwindigkeit gepflügt werden soll, bleibt die Forderung nach zwei verschiedenen Pflugkörpern wohl bestehen. Es ist auch noch fraglich, ob die Forderung nach einer Winterfurche mit profilierten Furchendämmen beim Schneltpflügen überhaupt zu erfüllen ist. Schließlich muß auch ein Hochgeschwindigkeitskörper bei langsamer Geschwindigkeit beim Anfahren oder bei schwierigen Bodenverhältnissen noch befriedigend arbeiten, insbesondere wenden.

Bild 24 bis 27 zeigen ausgewählte Furchenaufnahmen verschiedener Pflugkörper bei vier verschiedenen Geschwindigkeiten im 1. bis 4. Schleppergang zwischen 2,8 und 12,5 km/h. Die weiße Fläche rechts in den Bildern ist ein vor dem Pflügen der letzten Furche eingelegtes Plastiktuch. Hierdurch läßt sich der Furchenaufwurf und der Seitentransport des Bodens gut erkennen. Außerdem sind in **Bild 28 bis 32** die Querschnitte von Pflugfurchen nach der Bearbeitung mit verschiedenen Pflugkörpern wiedergegeben. Es handelt sich bei jedem Bild um den mittleren Querschnitt aus 5 vermessenen Querschnitten. Der Normkörper M 25 (**Bild 24**) leistet im 1. und 2. Gang eine durchaus befriedigende Arbeit, die einzelnen Bodenbalken liegen getrennt nebeneinander und sind durch lange glattgestrichene Schollenstücke kenntlich, der Boden wird nicht zu weit zur Seite transportiert. Aber bereits im 3. Gang (8,2 km/h) ist die Furche zu weit geräumt, und das ist noch mehr im 4. Gang (12,1 km/h) der Fall. Im 3. Gang sind bereits keine Einzelfurchen mehr erkennbar, und man sieht auch nur noch einzelne glattgestrichene Schollenstücke. Im 4. Gang schließlich wurden kleine Aggregate und kleine Schollen weit über das Gepflügte gesprüht. Einzelfurchen sind nicht mehr zu erkennen. Noch deutlicher geht das Verhalten dieses Körpers aus der Profilaufnahme des gepflügten Pflugbalkens bei verschiedenen Geschwindigkeiten (**Bild 28**) hervor. Im 1. und 2. Gang ergeben sich deutlich zu unterscheidende, gedrungene Bodenbalkenquerschnitte. Schon im 3. Gang wird der Querschnitt sehr viel breiter, und das ist im 4. Gang noch mehr der Fall. Der Boden wurde bei 12,1 km/h bis 1,80 m von der Furchenwand entfernt zur Seite geschleudert. Dieser Körper kann also nur bis zu einer Pfluggeschwindigkeit von etwa 5 km/h befriedigend eingesetzt werden. Dabei ist noch zu berücksichtigen, daß der gelockerte Boden nicht nur zur Seite, sondern auch in Fahrtrichtung bewegt wird. Der Bodenbalkenquerschnitt ist deshalb unter 30 bis 45° zur Fahrtrichtung auseinandergezogen zu denken.

Der Normkörper L 25 (**Bild 29**) arbeitet wie der M 25 bei höherer Geschwindigkeit durchaus unbe-

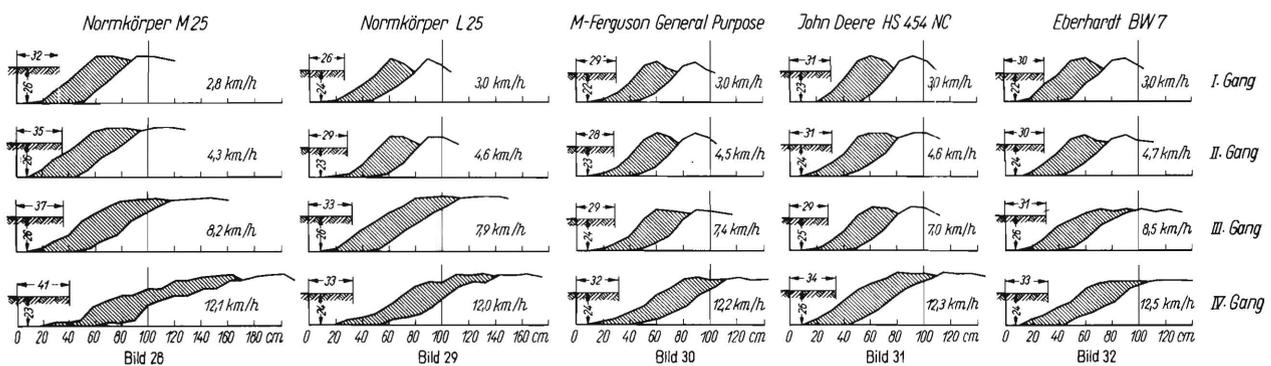


Bild 28 bis 32. Profilquerschnitte des abgelegten Erdbalkens für verschiedene Körper bei vier verschiedenen Schleppergeschwindigkeiten (1. bis 4. Gang).

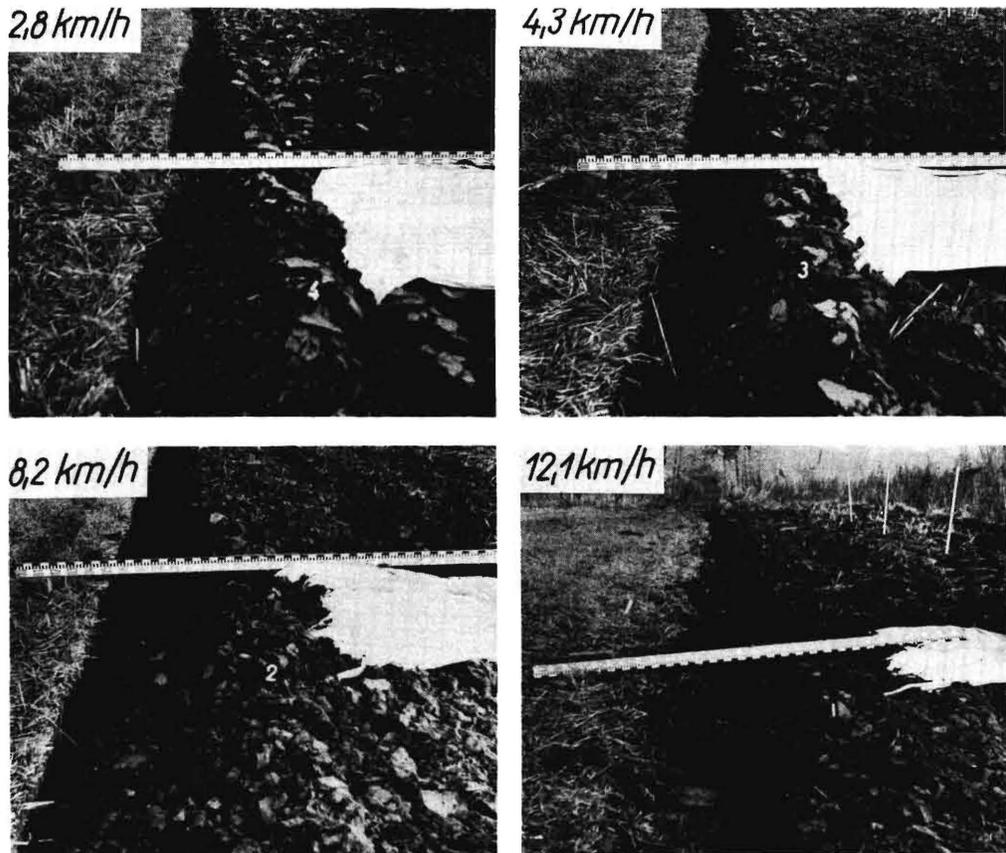


Bild 24. Furchenaufnahmen des Normpflugkörpers M 25 bei Geschwindigkeiten im ersten bis vierten Gang.

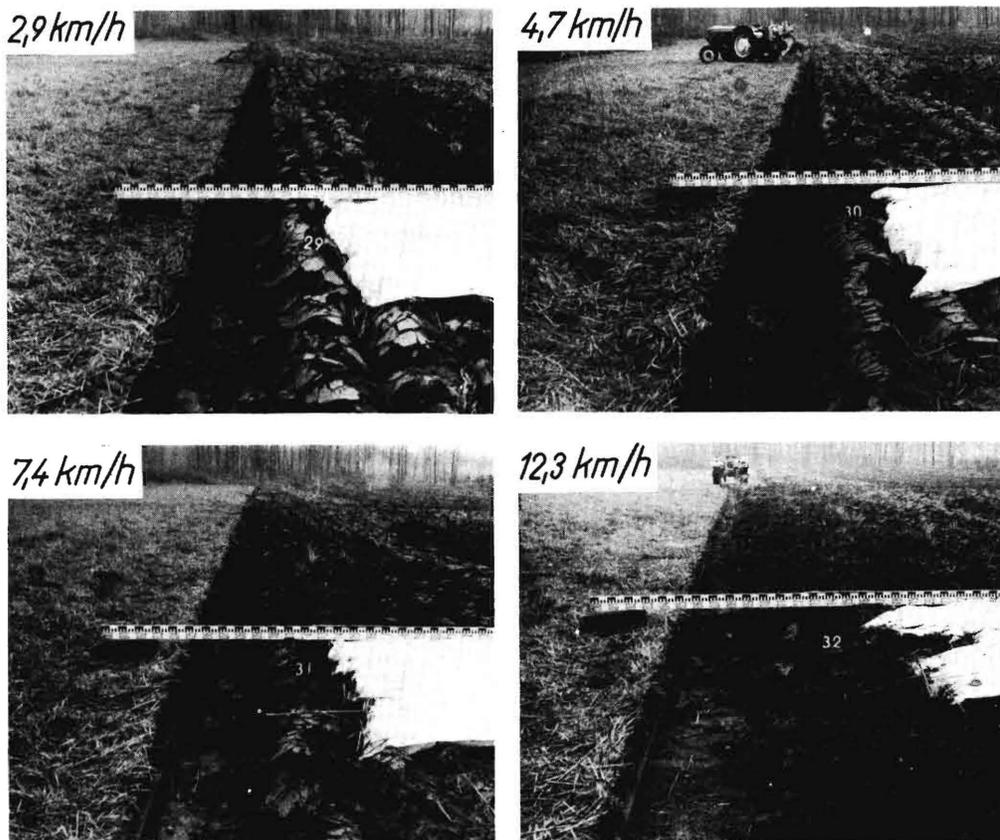


Bild 25. Furchenaufnahmen des Ferguson Semidigger 12 BAE 112 bei Geschwindigkeiten im ersten bis vierten Gang.

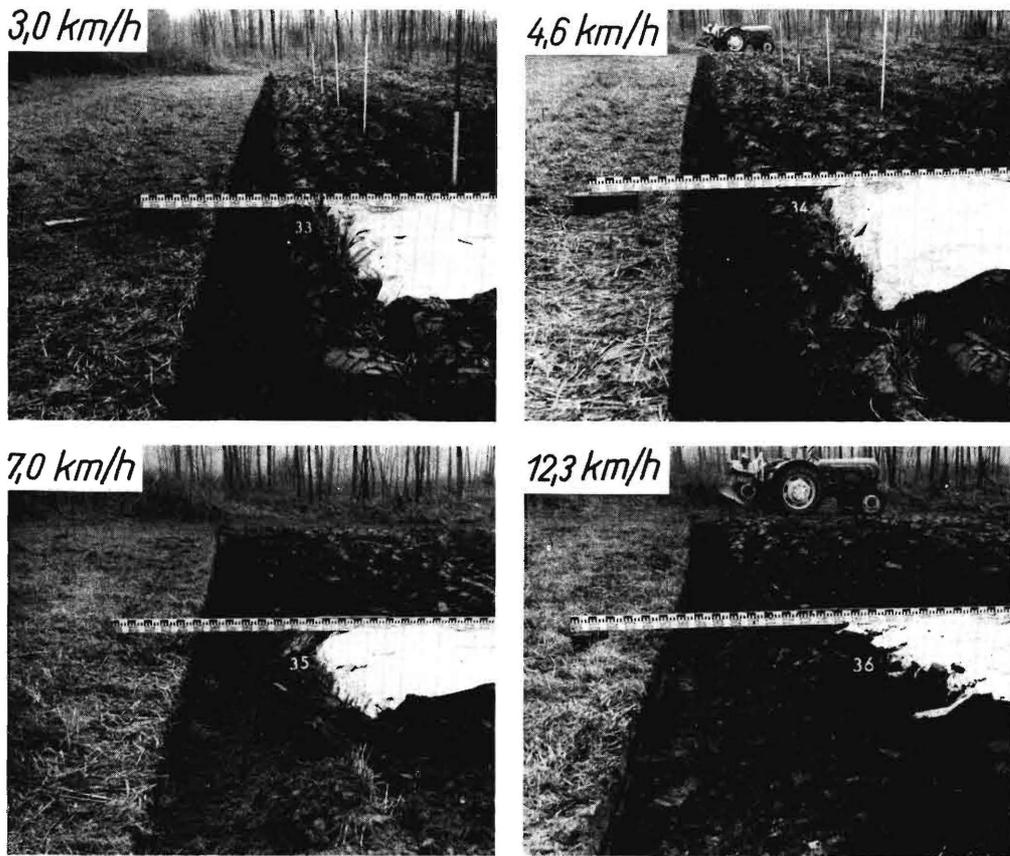


Bild 26. Furchenaufnahmen des *John Deere Highspeed*-Körpers *HS 354 NC* bei Geschwindigkeiten im ersten bis vierten Gang.

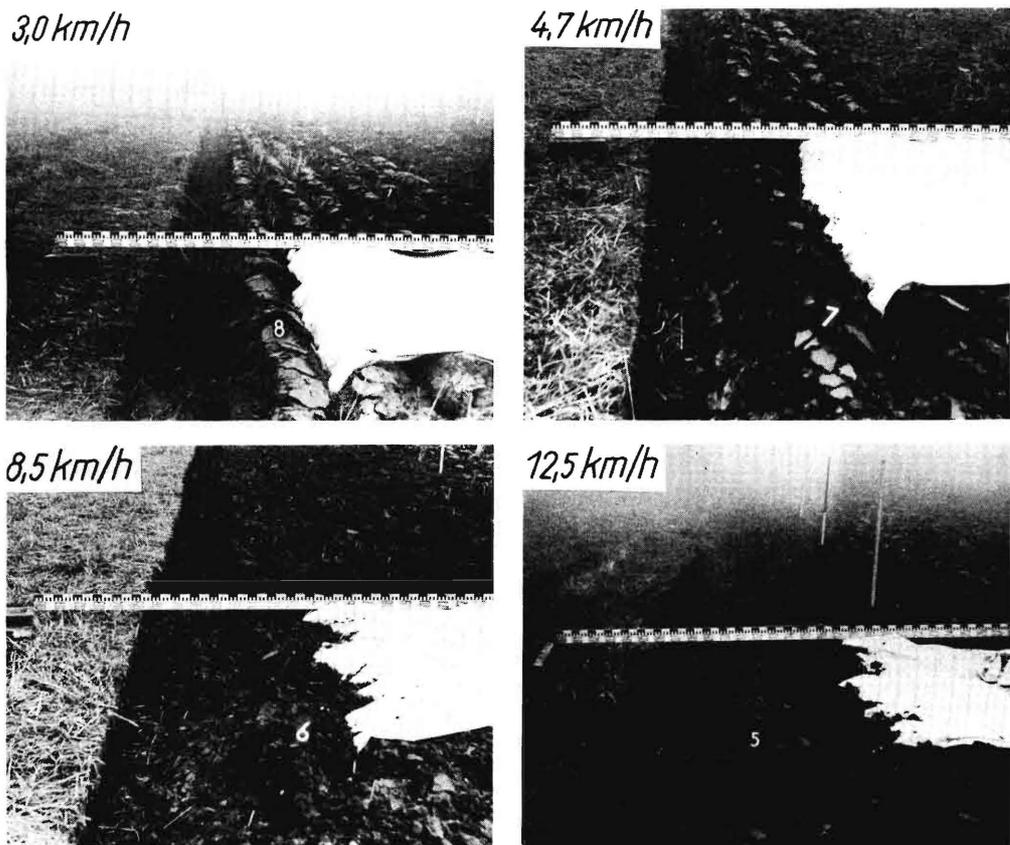


Bild 27. Furchenaufnahmen des *Eberhardt BW 7*-Körpers bei Geschwindigkeiten im ersten bis vierten Gang.

friedigend. Schon bei einer Geschwindigkeit von 7,9 km/h wird der Boden zu weit zur Seite bewegt. Bei 12 km/h ist die Furche zu weit geräumt und der Querschnitt ist zu breit; der Boden wird bis zu 1,40 m zur Seite transportiert.

Der *Ferguson Semidigger* (Bild 25) leistet bis zu einer Geschwindigkeit von 7,4 km/h eine befriedigende Arbeit. Im 4. Gang dagegen wird der Boden – von der Furchenwand aus gemessen – bis zu 1,40 m weit geworfen.

Der *Ferguson General-Purpose*-Körper (Bild 30) arbeitet ebenfalls bis zu einer Geschwindigkeit von 8 km/h recht befriedigend, wenn auch bei dieser Geschwindigkeit die Einzelfurchen nicht mehr so profiliert sind wie bei geringerer Geschwindigkeit. Sogar bei 12,2 km/h wird der Boden nur 1,10 m zur

Seite bewegt; jedoch ist der Körper für diese Geschwindigkeit nicht mehr vorgesehen.

Der amerikanische Highspeed-Körper *HS 354 NC* von *John Deere* (Bild 26 und 31) wendet bei langsamer Geschwindigkeit ebenso wie der *IHC High-speed*-Körper ungenügend, schiebt vielmehr gelegentlich den Bodenbalken ungewendet zur Seite. Im dritten Gang bei 7,0 km/h arbeitet er dagegen sehr befriedigend. Der Boden wird im 3. Gang nur 80 cm weit zur Seite transportiert; das ist nicht mehr als im ersten und zweiten Gang. Auch im 4. Gang bei 12,3 km/h wird der Boden nur 1,10 m zur Seite geworfen. Trotzdem ist er wohl für diese hohe Geschwindigkeiten trotz seines Namens nicht vorgesehen.

Beim *Eberhardt BW 7* (Bild 27 und 32) sind im ersten Gang auf der gepflügten Ackeroberfläche die einzelnen Furchen deutlich profiliert mit glattgestrichener Schmierfläche zu erkennen. Auf diesem Boden ist die Krümelung kein Problem, trotzdem läuft der Körper vermutlich im 1. Gang zu langsam. Auch im 2. Gang bei 4,7 km/h bildeten sich noch Einzelfurchen mit teilweise verschmierter Schollenfläche aus, aber im ganzen ist der Boden besser gekrümelt als im 1. Gang. Im 3. Gang bei 8,5 km/h sind nur noch wenige Einzelschollen erkennbar, der Boden wird etwas weiter zur Seite bewegt. Im 4. Gang bei 12,5 km/h ist – wie allgemein bei dieser Geschwindigkeit – die Ackeroberfläche von kleinen Aggregaten übersprüht. Der Boden wird aber nur bis 1,05 m zur Seite bewegt. Die Wendung war im 2. und 3. Gang am besten. Im 1. Gang schauten viele Strohbüschel zwischen den Furchen heraus; im 4. Gang zeigten sich gelegentlich einzelne Halme.

Bei dem *W 22*-Körper, einem Körper, der besonders für gute Wendung gedacht ist, zeigt sich, daß er sehr tiefenempfindlich war. Bei einer Furchentiefe von 26 cm, die also über die Nenntiefe von 22 cm hinausging, ergab sich, daß er bei dieser Tiefe nicht mehr befriedigend wendet und die Stopeln nicht mehr einarbeitet.

In **Bild 33** sind die Furchenprofile von neun verschiedenen Körpern bei verschiedenen Geschwindigkeiten zum Vergleich übereinander gezeichnet. Ein Maß für die Beurteilung, wieweit sich die Körper für höhere Geschwindigkeit eignen, ist die Länge des Furchenprofils im 3. und 4. Gang: je kürzer das Furchenprofil, umso besser ist der betreffende Körper für das Schneltpflügen. Aus dem Bild ist zu ersehen, wie ungeeignet die beiden Normkörper für höhere Geschwindigkeiten im Vergleich zu den anderen Körpern sind. Während im 4. Gang bei dem *M 25* der Boden von der Furchenwand bis 1,80 m zur Seite bewegt wird, beträgt die Wurfweite beim *BW 7* nur 1,05 m. Die geringste Seitenbewegung des Bodens im 3. Gang hat der

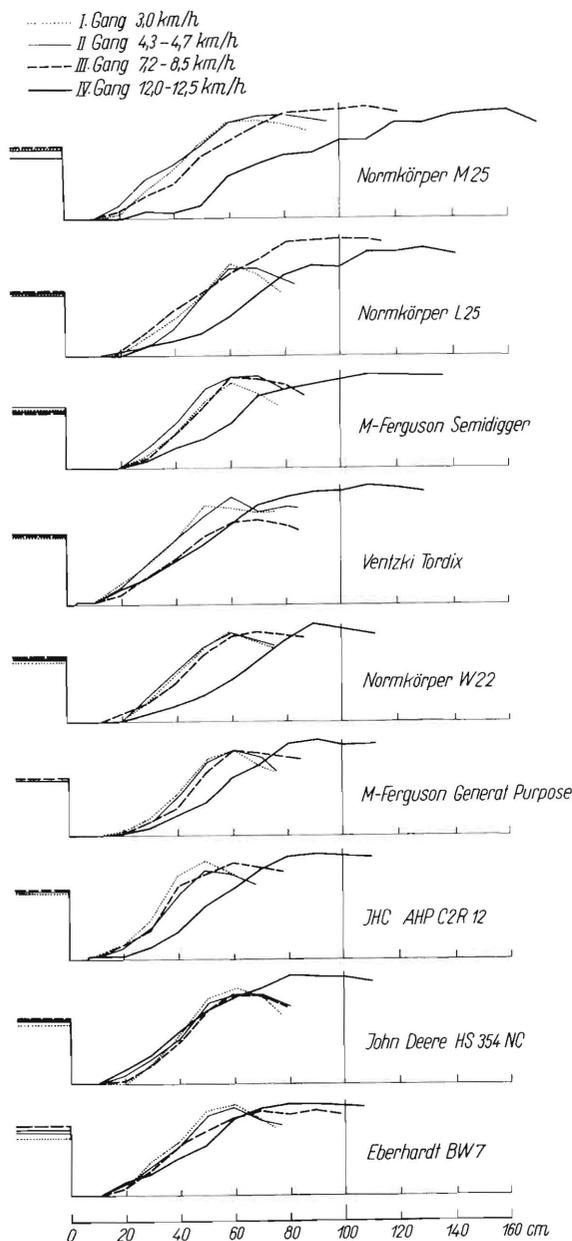


Bild 33. Gegenüberstellung der Furchenprofile von neun verschiedenen Pflugkörpern bei Geschwindigkeiten im 1. bis 4. Gang.

amerikanische *IHC Highspeed*-Körper mit 80 cm. Ähnliche Ergebnisse zeigt der *John Deere Highspeed*-Körper. Auch der *Ferguson General-Purpose*- und *Ferguson Semidigger*-Körper sind bis zum 3. Gang recht günstig. Allerdings hat der *Semidigger* im 4. Gang eine ungünstige große Wurfweite.

Pflugwiderstand und Leistungsbedarf

Bei den Pflugversuchen wurde der Zugwiderstand der einzelnen Körper mit einem Einkomponenten-Anbaupflug gemessen. Dabei konnte jedoch der Widerstand des Scheibensechses, das relativ zur Scharspitze stets auf gleiche Tiefe eingestellt war, nicht mitgemessen werden. **Bild 34** zeigt, daß die Körper mit großer Wurfweite – besonders bei den großen Geschwindigkeiten – einen entsprechend hohen Zugwiderstand haben. Im gesamten Geschwindigkeitsbereich erfordert der *M 25*-Körper die höchsten Zugkräfte. Der *L 25*-Körper hat bei geringer Geschwindigkeit verhältnismäßig niedrige Zugkräfte, mit höher werdender Geschwindigkeit steigen sie aber stark an. Am günstigsten liegt der *General-Purpose*-Körper von *M-Ferguson* und der *Eberhardt BW 7*.

Bei den Versuchen wurde angestrebt, eine gleichmäßige Furchentiefe von etwa 25 cm einzuhalten, jedoch war die Furchentiefe bei dem *W 22* und dem *Ferguson General-Purpose*-Körper etwas geringer, was vielleicht einen gewissen Einfluß auf das günstige Abschneiden dieser beiden Körperformen haben kann.

Einschränkend muß zu **Bild 34** gesagt werden, daß sich die gesamten Messungen über einen Zeitraum von einigen Wochen im Herbst 1958 erstreckten. Während dieser Zeit waren die Bodenverhältnisse infolge geringer Niederschläge bei den einzelnen Körpern nicht völlig gleichmäßig, außerdem war auch die Bodenbeschaffenheit des Versuchsaackers nicht an allen Stellen völlig gleich. Man darf also der relativen Zugkrafthöhe der einzelnen Körper unter sich keine übermäßig große Bedeutung beimessen, zumal ja alle Messungen noch mit Streuungen behaftet waren, deren Größe wegen einer übersichtlichen Darstellung nicht mit eingezeichnet wurden. Jedoch ist anzunehmen, daß der Anstieg des Zugwiderstandes in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit eines einzelnen Körpers, der auf demselben Bodenstück am gleichen Tage gemessen wurde, ein recht gutes Bild für das tatsächliche Verhalten dieses Körpers gibt.

In **Bild 35** ist dargestellt, wie stark der spezifische Pflugwiderstand in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit ansteigt, wenn man die Zugkraft auf die Geschwindigkeit im ersten Gang bezieht. In diesem Falle schneiden der Normkörper *W 22* und der *Ventzki Tordix* am besten ab.

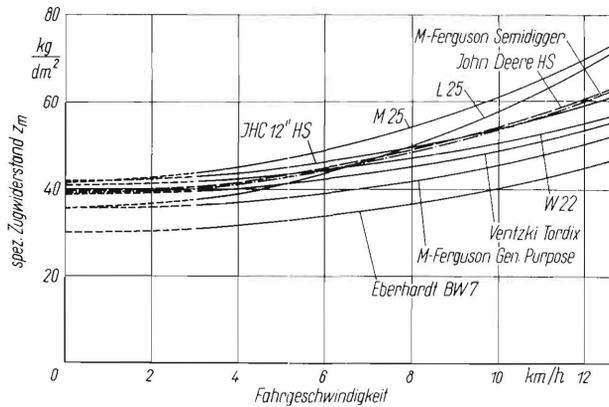


Bild 34. Spezifische Pflugwiderstände verschiedener Pflugkörper in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit.

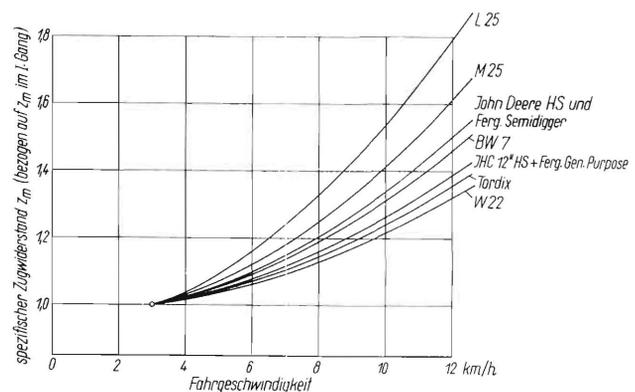


Bild 35. Spezifische Pflugwiderstände verschiedener Pflugkörper in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit bezogen auf den Widerstand im ersten Gang.

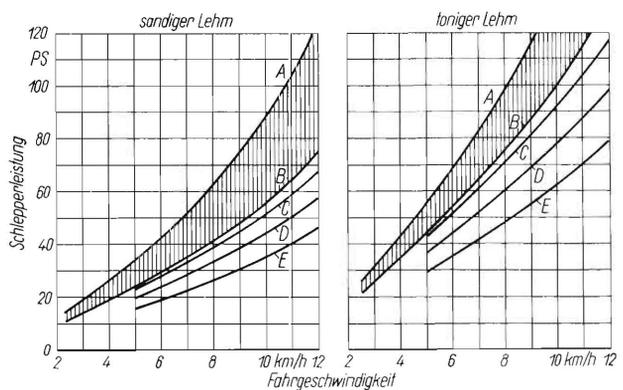


Bild 36. Erforderliche Schlepperleistung für einen zweifurchigen Anbaupflug in Abhängigkeit von der Pfluggeschwindigkeit bei Ausrüstung mit herkömmlichen Pflugkörpern, mit Spezialekörpern für höhere Geschwindigkeit und Verbesserung durch automatische Tiefenregelung und stufenloses Schleppergetriebe.

Arbeitsbreite $b = 2 \times 30$ cm Furchentiefe $t = 25$ cm

A, B, C, D: Motorbelastung $K = 80\%$, Kraftübertragung zwischen Reifen und Boden $\eta_R = 65\%$, Getriebewirkungsgrad $\eta_G = 88\%$

A Gespannpflugkörper
B moderner Schlepperpflugkörper
C Spezialekörper für höhere Geschwindigkeit
D wie C aber ohne Pflugkörpersohle, mit autom. Tiefenregelung

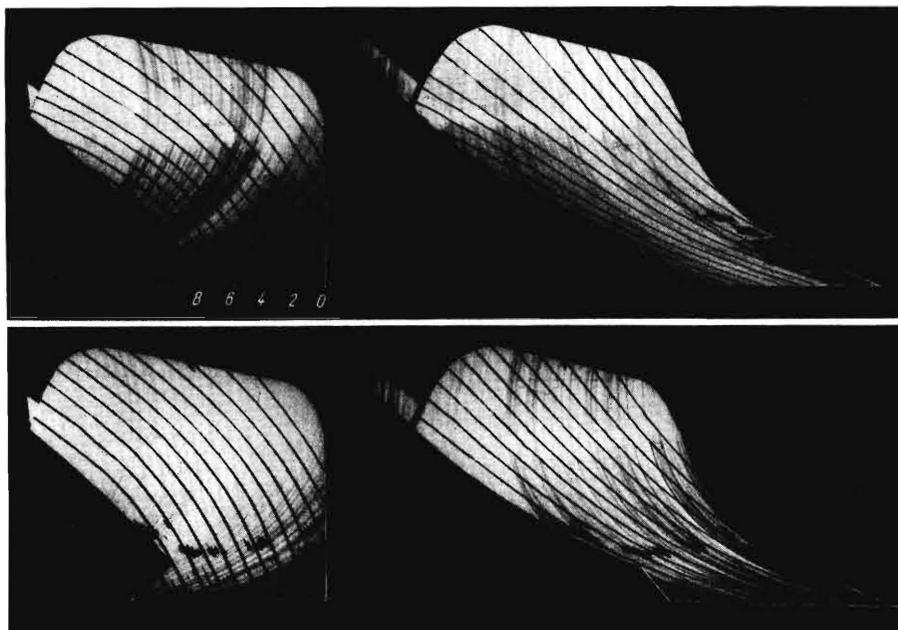
E wie D mit stufenlosem Getriebe, höherer Motorbelastung ($K = 90\%$) und verbesserter Kraftübertragung zwischen Reifen und Boden ($\eta_R = 72\%$)

Als Ergänzung werden in **Bild 36** noch die erforderlichen Schlepperleistungen für einen zweifurchigen Anbaupflug mit einer Arbeitsbreite von 60 cm und einer Furchentiefe von 25 cm auf einem sandigen Lehmboden und einem schweren tonigen Lehmboden dargestellt. Der schraffierte Bereich gibt die erforderliche Schlepperleistung bei Ausrüstung des Pfluges mit den heutigen Pflugkörpern wieder, wobei von einer mittleren Motorbelastung von 80% und einem Wirkungsgrad der Kraftübertragung zwischen Reifen und Boden von 65% und einem Getriebewirkungsgrad von 88% ausgegangen wurde. Im Wirkungsgrad der Kraftübertragung sind der Rollwiderstand und der Schlupf des Schleppers enthalten. Durch Entwicklung spezieller Hochgeschwindigkeitskörper läßt sich, vorsichtig gerechnet, die Leistung auf die Werte der Kurve C verringern. Weitere Möglichkeiten der Leistungsverminderung (-15%) ergeben sich bei automatischer Tiefenkontrolle ohne Pflugsohle (Kurve D); ferner kann der Leistungsbedarf durch ein stufenloses Getriebe mit einer besseren Anpassung der Geschwindigkeit an die Motorleistung und einer mittleren Motorbelastung von 90%, und durch eine Verbesserung des Wirkungsgrades der Kraftübertragung auf 72% (Kurve E) verringert werden.

Ritzkurven und Bodenbewegung auf den Streichblechen

Welche Möglichkeiten bestehen nun, die Vorgänge auf dem Streichblech weiter zu untersuchen? Vor mehreren Jahren schon hatte *Kloth* vorgeschlagen, die Ritzkurven, also die von Quarzkörnchen auf dem Streichblech hinterlassenen Spuren zu untersuchen und zu versuchen, daraus gewisse Anhaltspunkte für das Verhalten des Bodens auf dem Streichblech zu bekommen. Bisher waren die

Versuche immer daran gescheitert, daß man große Flächen pflügen muß, ehe sich solche Ritzkurven auf dem Streichblech ausbilden. Dabei ändern sich aber die Geschwindigkeit und die Bodenart und die Ritzkurven verlaufen nicht gleichmäßig. Es kam also darauf an, ein Verfahren zu entwickeln, bei dem in relativ kurzer Zeit solche Ritzkurven auf einem bestimmten Boden bei einer konstanten Geschwindigkeit erzeugt werden konnten. Angeregt durch Teflonanstriche auf Stahlflächen zur Verringerung der Reibung, versah *Eggenmüller* die Streichbleche mit einem Lacküberzug, auf dem sich verhältnismäßig schnell solche Ritzkurven ausbilden. Er untersuchte eine Reihe verschiedener Lacke und fand schließlich einen weißen Nitrolack, der nahezu die gleichen Reibungsbeiwerte zwischen Boden und Lack aufwies, wie sie zwischen Boden und Stahl auftreten. Mit Hilfe dieses Verfahrens wurden die Ritzkurven auf neun verschiedenen Körpern bei verschiedenen Geschwindigkeiten aufgenommen. Diese so gewonnenen Ritzkurven sind natürlich keine kontinuierlichen Linien von der Scharfschneide bis zum Streichblechende; aber es werden über der ganzen Arbeitsfläche des Körpers einzelne mehr oder weniger lange Ritzspuren erzeugt, und es ist möglich, parallel zu diesen Ritzspuren Kurven aufzuzeichnen, die kontinuierlich von der Scharfschneide bis zum Streichblechende durchlaufen. **Bild 37** zeigt solche ausgezeichneten Ritzkurven auf dem Normkörper M 25 im ersten und im vierten Gang, die wieder mit dem Lichtschnittverfahren fotografiert worden sind. Auf den ersten Blick scheinen sich die Ritzkurven im ersten und vierten Gang nicht sonderlich zu unterscheiden. Untersucht man sie aber genauer, so sieht man, daß bei der höheren Geschwindigkeit die Ritzkurven steiler nach oben verlaufen, und den Körper unter einem stei-



I. Gang

IV. Gang

Bild 37. Ritzkurven auf dem Normkörper M 25 im ersten und vierten Gang.

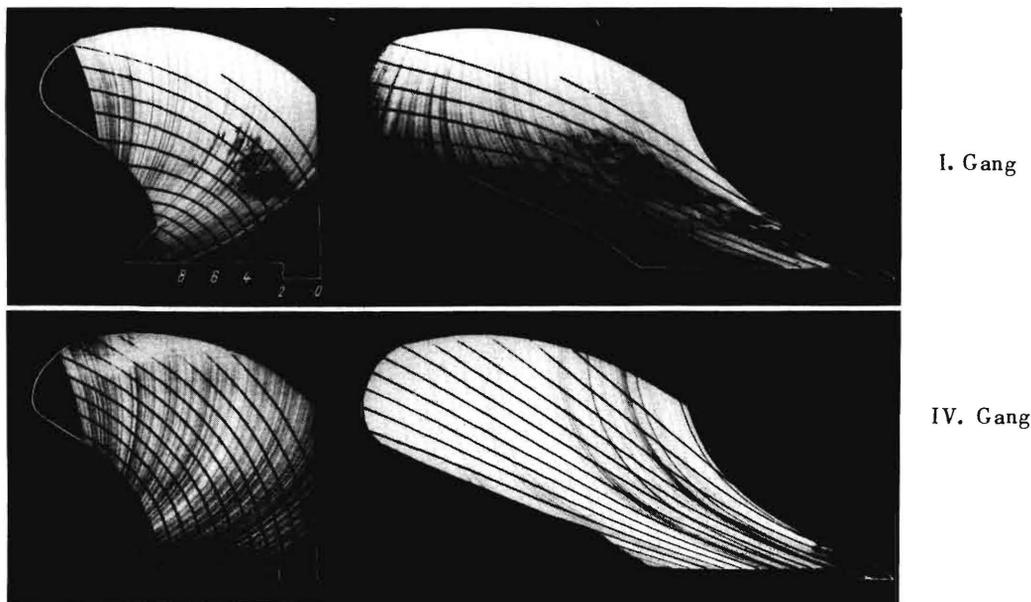


Bild 38. Ritzkurven auf dem IHC Highspeed-Körper AHP C2R 12 im ersten und vierten Gang.

leren Winkel verlassen. **Bild 38** zeigt die Ritzkurven auf dem IHC Highspeed-Körper AHP 12. Auf diesem Körper verlaufen die Kurven sehr viel flacher als auf dem M 25-Körper und der Unterschied zwischen dem ersten und dem vierten Gang ist auch ausgeprägter. So endet z.B. die in der Scharfspitze beginnende Ritzkurve im vierten Gang in der Mitte der Streichblechoberkante, während sie im ersten Gang bis zum äußeren Ende der Streichblechkante verläuft. Die Ritzkurven 3 und 4 verlassen das Streichblech furchenseitig an der Unterkante, während sie im vierten Gang viel höher am oberen Streichblechende auslaufen. An Hand der Ritzkurven kann man nun Aussagen über das Verhalten des Bodens auf dem Streichblech machen. Dazu wurden die drei Richtungskomponenten (**Bild 39**) in Fahrtrichtung, Vertikalrichtung und Seitenrichtung ausgewertet. Wenn man in erster Näherung annimmt, daß die Geschwindigkeit eines Bodenteilchens auf dem Streichblech konstant ist, und wenn man ferner annimmt, daß das Streichblech stillsteht und der Boden sich auf ihm mit der Fahrgeschwindigkeit bewegt, dann bedeuten die Richtungskomponenten gleichzeitig Geschwindigkeitskomponenten in Längs-, Seiten und Vertikalrichtung. Sie wurden in **Bild 40** dargestellt. Die Nummern der einzelnen Linien bedeuten die Nummern der Ritzkurven nach Bild 37 und 38. 0 ist die von der Scharfspitze ausgehende Ritzkurve. Die oberen Kurvenscharen geben an, um wieviel die Längskomponente v_x der Geschwindigkeit durch die seitliche Ablenkung abnimmt. Die Kurvenscharen in den mittleren Diagrammen geben Geschwindigkeitskomponenten v_z in vertikaler Richtung und die Kurvenscharen in den unteren Diagrammen die Geschwindigkeitskomponenten v_y in Seitenrichtung,

alles bezogen auf die Pfluggeschwindigkeit v_0 , an. Vergleicht man die Geschwindigkeitskomponenten der beiden dargestellten Körper, so ergibt sich, daß die Bodenteilchen beim IHC Highspeed-Körper viel weniger aus der ursprünglichen Fahrtrichtung abgelenkt werden als bei dem M 25-Körper. Die Geschwindigkeiten in der Vertikal- und in der Seitenrichtung sind kleiner, in Längsrichtung dagegen größer als beim Normkörper M 25. Infolge der geringen Ablenkung der Bodenteilchen ist es also beim Highspeed-Körper gelungen, die Beschleunigungskräfte, die bei hoher Geschwindigkeit eine große Rolle spielen, abzubauen.

In **Bild 41** sind die Geschwindigkeitskomponenten auf der Ritzkurve 4 für sechs verschiedene Körper aufgetragen. Wie nach dem Vorhergesagten nicht anders zu erwarten war, ist die Geschwindigkeitsänderung v_z und v_y und damit die Ablenkung des Bodenbalkens in vertikaler und seitlicher Richtung für den Normkörper M 25 am größten, für den IHC Highspeed und Eberhardt BW 7 am kleinsten. In Längsrichtung (v_x) hingegen verliert der Boden auf dem IHC Highspeed- und BW 7-Körper am wenigsten Geschwindigkeit, nämlich nur 22%, während

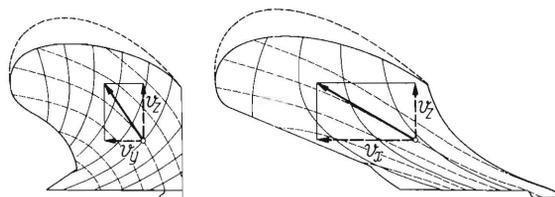


Bild 39. Richtungskomponenten der Geschwindigkeit in den Ritzkurven.

- v_x Geschwindigkeitskomponente in der Längsrichtung
- v_y Geschwindigkeitskomponente in der Seitenrichtung
- v_z Geschwindigkeitskomponente in vertikaler Richtung

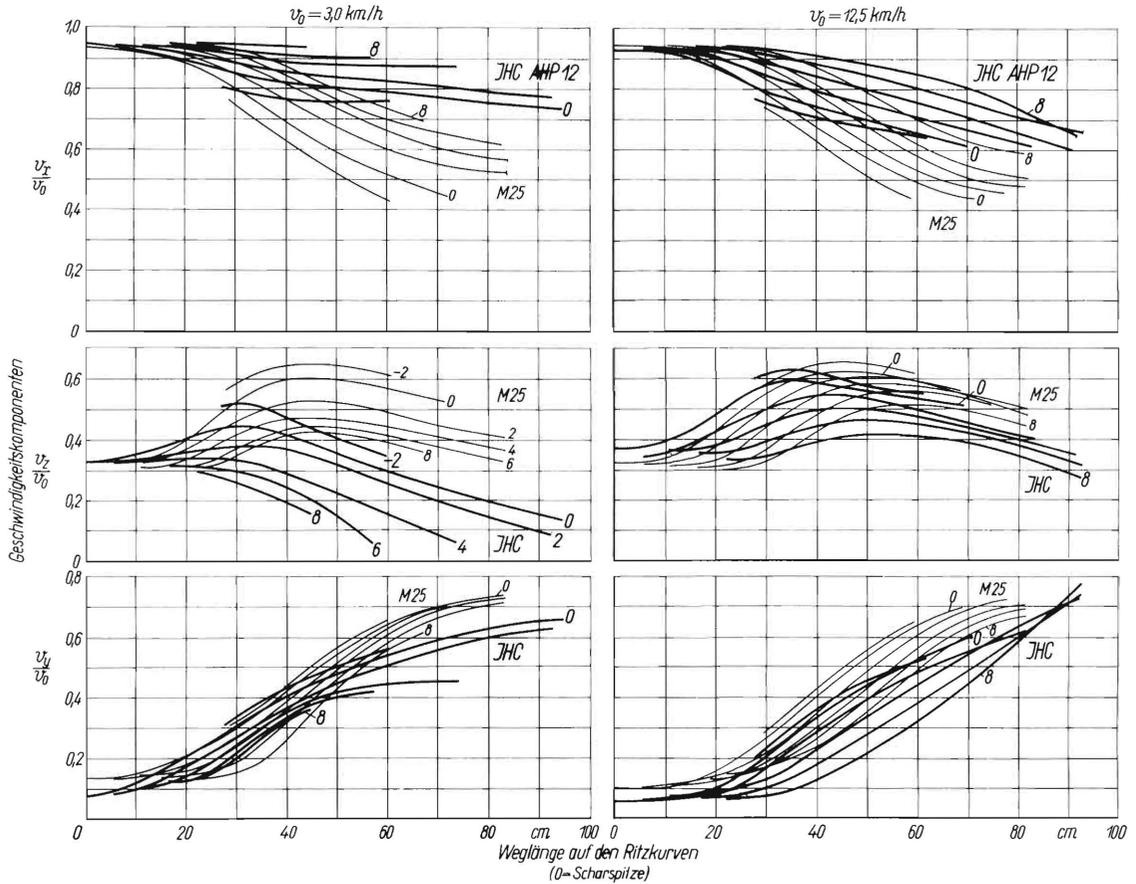
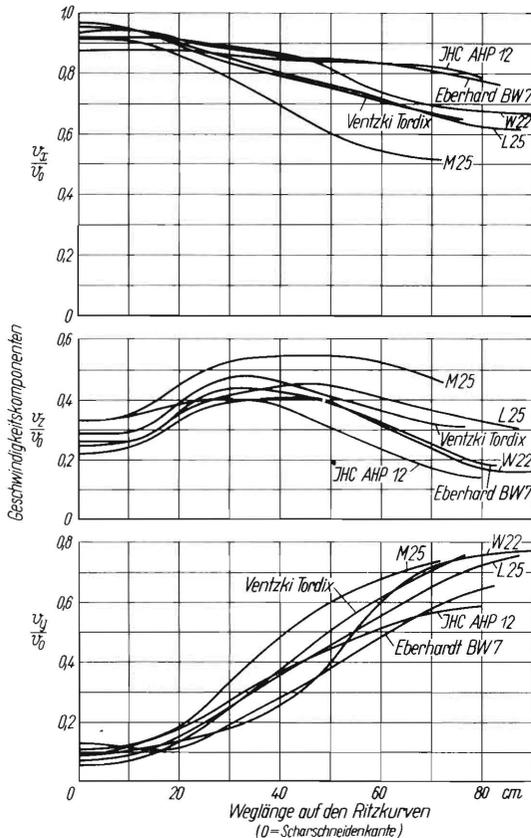


Bild 40. Geschwindigkeitskomponenten in den Ritzkurven des IHC Highspeed-Körpers AHP C2R 12 im Vergleich zu dem Normkörper M 25 im ersten und vierten Gang.

v_0 Arbeitsgeschwindigkeit des Pfluges
 v_y Geschwindigkeitskomponente in Seitenrichtung

v_x Geschwindigkeitskomponente in Längsrichtung
 v_z Geschwindigkeitskomponente in Vertikalrichtung



auf dem Normkörper M 25 rund 50% der Längsgeschwindigkeit durch die seitliche und vertikale Ablenkung verlorengehen.

Die Untersuchung der Ritzkurven scheint ein sehr nützlich Mittel zu sein, einen besseren Einblick in die bodentechnologischen Vorgänge auf dem Streichblech zu gewinnen.

Zusammenfassung

Es ist in Zukunft mit einer weiteren Leistungssteigerung der Schleppermotoren bei gleichbleibendem Schleppergewicht zu rechnen. Um die Flächenleistung zu steigern und den Schleppermotor optimal auszunützen, muß der Landwirt schneller pflügen. Dabei sollen die Pflugkörper für höhere Geschwindigkeit etwa das gleiche Furchenbild ergeben wie die heutigen Körper bei niedriger Geschwindigkeit, d.h., die Furche soll nicht breiter geräumt und der Boden nicht zu weit über das Gepflügte hinweggesprüht werden; auch sollen die Zugkräfte bei höherer Geschwindigkeit nicht allzusehr ansteigen. Beide Forderungen, die im gleichen Sinne wirken, können nur durch eine Anpassung der Körperformen an die höheren Geschwindigkeiten erfüllt werden.

Bild 41. Geschwindigkeitskomponenten auf der Ritzkurve 4 für sechs verschiedene Pflugkörper im 3. Gang.

Mit Hilfe des Lichtschnittverfahrens wurde die geometrische Form von zahlreichen Pflugkörpern, einschließlich verschiedener amerikanischer Schnellpflugkörper, aufgenommen. Aus diesen Aufnahmen wurden charakteristische Größen, wie der Scharschneiden- und die Scharschnittwinkel, die Seitenrichtungswinkel, die konvexe Wölbung der horizontalen Formlinien und die Verwindung der Streichbleche ermittelt und untersucht, welche dieser Größen von besonderer Bedeutung für das Schnellpflügen sind. In Pflugversuchen mit neun ausgewählten Körpern auf einem sandigen Lehm wurden die Zugkräfte bei Geschwindigkeiten von 3 bis 12 km/h gemessen und die Furchenprofile und die Seitenbewegung des Bodens bestimmt. Die Normkörper M 25 und L 25 sind für höhere Geschwindigkeit ungeeignet. Es gibt aber bereits eine Reihe von Schlepperpflugkörpern, die auch für Geschwindigkeiten bis 7,5 bzw. 9 km/h geeignet sind.

Bei einem Pflugkörper für eine Geschwindigkeit bis 9 km/h sollten folgende Bedingungen eingehalten werden:

1. der Pflugkörper muß verhältnismäßig flach, gestreckt und spitz sein. Der Scharschnittwinkel δ_{1a} soll an der Scharspitze etwa 15 bis 17° und am Scharendende etwa 8 bis 10° betragen;
2. der Scharschneidenwinkel φ_1 soll etwa 35 bis 38° betragen;
3. der Seitenrichtungswinkel einer horizontalen Streichblech-Formlinie in 160 bis 200 mm Höhe soll an der Landseite gleich dem Scharschneidenwinkel sein und soll zum Streichblechende auf 23 bis 27° abnehmen, d. h., die horizontalen Formlinien müssen eine konvexe Wölbung haben.
4. Um eine befriedigende Wendung mit solchen Körpern zu erzielen, müssen sie verhältnismäßig stark verwunden sein.

5. Die Streichblechoberkante soll zur Furchenseite hin zunehmend höher heraufgezogen werden, damit der Boden bei hoher Geschwindigkeit nicht darüber hinwegsprüht (Bild 39 gestrichelte Linie).

Grundsätzlich kann ein Schnellpflugkörper aus den Kulturformen heraus entwickelt werden, wobei besonders das Streichblechende stark verwunden ist. Man kann ihn aber auch aus der Schraubenform entwickeln, wobei eine gleichmäßige Verwindung des Streichbleches von der Landseite bis zum Streichblechende erfolgt. Diese Lösung hat den Vorzug, daß der Pflugkörper für einen größeren Geschwindigkeitsbereich eingesetzt werden kann. Bei einem aus der Kulturform entwickelten Schnellpflugkörper kann die Wendung bei niedriger Geschwindigkeit unbefriedigend sein.

Die Bewegung des Bodens auf dem Streichblech wurde aus den Ritzkurven auf einer Lackschicht bei verschiedenen Geschwindigkeiten ermittelt und daraus die Geschwindigkeitskomponenten errechnet. Hieraus läßt sich ersehen, wie man die Form der Streichbleche ändern muß, um die Beschleunigungskräfte auf den Boden auch bei höheren Geschwindigkeiten in erträglichen Grenzen zu halten. Eine eingehendere Auswertung der Ritzkurven und Behandlung der Bewegungsvorgänge auf dem Streichblech bleibt einer späteren Arbeit vorbehalten.

Schrifttum

- [1] *Pollitz, Bruno*: Untersuchungen über den Einfluss der Arbeitsgeschwindigkeit auf den Zugkraftbedarf bei Bodenbearbeitungsgeräten, insbesondere beim Pflug. Diss. T. H. Berlin 1930.
- [2] *Reed, I. F.*: Test of tillage tools. *Agricult. Engng.* Vol. 18, 1937, S. 111–115.
- [3] *Mc. Ewen, E.*: The effect of speed on ploughing. *Farm Mechanization.* London Jan. 1951.
- [4] *Getzlaff, G.*: Einfluss der Pfluggeschwindigkeit auf die Kräfte. (Unveröffentlichter Bericht)

Eingegangen am 26. 3. 1959

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

Anschrift des Verfassers: Dr.-Ing. Walter Söhne, (20 b) Braunschweig, Bundesallee 50