

Dreipunktanbau: Kompromiß zwischen Zugfähigkeit des Schleppers und Tiefenhaltung des Pfluges

Institut für Landtechnische Grundlagenforschung und Institut für Schlepperforschung, Braunschweig-Völkenrode

Die Abmessungen der Anlenkung und ihre Lage zu Schlepper und Pflug sind von entscheidender Bedeutung sowohl für eine günstige Belastung des Schleppers zur Verbesserung der Zugfähigkeit als auch für die Führung und gleichmäßige Tiefenhaltung des Pfluges. Insbesondere stehen die Forderungen an das Gelenkviereck nach ausreichender Zugfähigkeit und gleichmäßiger Tiefenhaltung häufig im Gegensatz zueinander. Es soll deshalb in den folgenden zwei Abschnitten untersucht werden, ob die Verstellmöglichkeiten im Rahmen der genormten Abmessungen des Dreipunktanbaues ausreichen, oder ob man sie erweitern muß, um den unterschiedlichen Verhältnissen und Anforderungen zu genügen.

Die Zugfähigkeit des Schleppers

In der Praxis kann — eine bestimmte Anlenkung vorausgesetzt — der Fall eintreten, daß ein Schlepper auf mittlerem Boden nur etwa den gleichen Furchenquerschnitt wie auf schwerem Boden bearbeiten kann. Auf Schlägen, die von mittlerem zu schwerem Boden wechseln, wird der Furchenquerschnitt nach dem Widerstand des schweren Bodens so gewählt, daß der Schlepper die schwierigen Stellen überwinden kann. Wenn aber ein Schlag mit relativ gleichmäßigem mittlerem oder gar leichtem Boden bearbeitet werden soll, ist vom landwirtschaftlichen Standpunkt aus die Forderung zu stellen, daß ein dem kleineren Bodenwiderstand entsprechend größerer Furchenquerschnitt als auf schwerem Boden erreicht werden kann.

Die Kräfte an den Anbaupflügen (mit reellem oder ideellem Führungspunkt) ändern sich beim Übergang von einer Bodenart zur anderen wesentlich. Die resultierende Bodenkraft (R), die an Pflugkörpern mit der Sechskomponenten-Meßeinrichtung für verschiedene Verhältnisse festgestellt wurde [1], wird um so größer, je schwerer der Boden ist; zugleich wird beim Übergang von mittlerem zu schwerem Boden die Vertikal-komponente (V) kleiner, so daß die Resultierende (R) flacher verläuft.

Die Kraftecke der Abbildung 1 (oben), zeigen die für die folgende Untersuchung gewählten Werte für R , die zwar zum Teil sicherheitshalber extrem liegen, aber in der Praxis durchaus vorkommen. Für schweren Boden wurde ein spezifischer Zugwiderstand von $p = 80 \text{ kg/dm}^2$, für mittleren Boden $p = 53 \text{ kg/dm}^2$ bei einer Furchentiefe von 25 cm gewählt. Bei flacheren Furchen kann man den spezifischen Zugwiderstand für den gleichen Boden niedriger bis herab zu 40 kg/dm^2 annehmen. Aus dem Lageplan im Aufriß bei schräg in der Furche stehendem Schlepper und aus den Kraftecken ergeben sich Größe und Lage der W -Linien bei den verschiedenen Böden. Die W_0 -Linien sind charakteristisch für einen bestimmten Pflug (in Abb. 1 oben z. B. für einen einfurchtigen Drehpflug) und unabhängig von der Anlenkung. Erst aus der Lage des Führungspunktes, der immer unterhalb dieser Linien liegen soll, läßt sich die Kraft an der Sohle ermitteln und damit die auf den Schlepper wirkende Widerstandslinie (W), die durch den Führungspunkt geht.

Wenn ein Gelenkviereck A-C-5-1 entsprechend der Norm gewählt wird, ergibt sich der Führungspunkt A_1 . Er ist der Schnittpunkt des oberen Lenkers mit einem zwischen den beiden unteren Lenkern liegenden gedachten Lenker (die genaue Konstruktion siehe [2]). Durch den Führungspunkt A_1 einerseits und den Schnittpunkt der W_0 -Linie mit der Richtung der Sohlenkraft (S) andererseits werden die Richtung der resultierenden Widerstandskraft (W) und im Krafteck ihre Größe und die der Sohlenkraft (S) bestimmt.

Die Richtung und Größe der resultierenden Widerstandskraft (W) und ihre Lage zum Schlepper sind von besonderer Bedeutung für dessen Zugsicherheit. Durch die Kraft (W)

ändern sich die Achslasten des Schleppers bei der Arbeit. Erwünscht ist eine so große Belastung der Triebachse, daß die auftretenden Zugwiderstände überwunden werden können; aber auch die Vorderachslast darf eine gewisse Grenze [3] nicht unterschreiten, damit eine ausreichende Lenksicherheit erhalten bleibt (bekanntlich wird bei einem waagerechten Zugwiderstand die Hinterachse um den gleichen Betrag belastet, um den die Vorderachse entlastet wird; bei einer schräg abwärts wirkenden Widerstandskraft (W) ist die zusätzliche Hinterachsbelastung um die senkrechte Komponente von (W) größer als die Vorderachsentlastung).

Die Summe aller senkrecht von unten wirkenden Kräfte, nämlich der Auflagekräfte des Schleppers an der Vorder- und Hinterachse (G'_v, G'_h) und an der Schleifsohle des Pfluges (S_1) bleibt bei vorgegebenen Bodenverhältnissen konstant. Eine stärkere Belastung der Triebachse durch die senkrechte Komponente von W , in der das Gewicht (G) des Pfluges, die senkrechte Komponente der Bodenkraft (R), nämlich V (aus den von oben und unten auf den eingespannten Pflugkörper wirkenden Kräften zusammengesetzt) abzüglich der Sohlenkraft (S_1) enthalten sind, kann nur auf Kosten der Sohlenkraft erfolgen [4].

Bedingung für eine ordentliche Führung und Tiefenhaltung des Pfluges ist aber bekanntlich, daß die Sohlenkraft einen positiven Wert behält. Bei der Anlenkung A-1 (Abb. 1) beträgt zum Beispiel bei dem gewählten einfurchtigen Drehpflug (Furchenquerschnitt $25 \times 30 \text{ cm}$) bei schwerem Boden (80 kg/dm^2) die Sohlenkraft $S_s = 5 \text{ kg}$, sie ist also gerade noch so groß, daß der Pflug nicht auf die Spitze geht; beim zweifurchtigen Pflügen (Furchenquerschnitt $20 \times 25 \text{ cm}$) ergibt sich eine Sohlenkraft von $S_m = 175 \text{ kg}$ auf mittlerem Boden (53 kg/dm^2). Abgesehen davon, daß eine solche Belastung der Furchensohle nicht erwünscht ist und durch Eindringen der Schleifsohle zu Änderungen der eingestellten Tiefe bei wechselndem Boden führt, wird die Reibung vergrößert. In diesem Falle wäre bei dem üblicherweise gewählten Reibungskoeffizienten von 0,4 bereits eine zusätzliche Zugkraft von 70 kg zur Überwindung der Reibung erforderlich.

In früheren Veröffentlichungen [5] wurde die Forderung gestellt, daß die Sohlenkraft klein (allerdings größer als Null) und möglichst gleich bei verschiedenen Böden gehalten werden sollte. Es wurde empfohlen, den Pflug nahe an den Schlepper und zugleich an den Führungspunkt heranzuziehen (auch umgekehrt, den Führungspunkt in die Nähe des Pfluges zu bringen). Bei Drehpflügen kann allerdings die vordere Scharspitze nicht vor die Kupplungspunkte gerückt werden, wie zum Beispiel bei manchen Beetpflügen; auch könnten sich die Drehzapfen und -Lager nur dann vor den Kupplungspunkten befinden, wenn allgemein ein genügender Freiraum am Schlepper vorhanden wäre.¹⁾ Der Anbau von Vorschälern, Düngereinlegern, Messer- oder Rundsech beansprucht ebenfalls Raum; er kann aber durch Kombination der Werkzeuge klein gehalten werden.

Durch Vorrücken des Pfluges um 250 mm näher an die Kupplungspunkte kann die Sohlenkraft, wie die Tabelle (Zeile 9 bis 10) zeigt, auf mittlerem Boden verringert werden, zum Beispiel bei A-2 auf $S_m = 210 \text{ kg}$ auf $S_m = 190 \text{ kg}$. Überprüft man die Verhältnisse bei diesem herangerückten Pflug für den schweren Boden, so erkennt man, daß die W_{0s} -Linie bereits unterhalb von A_1 verläuft; die Sohlenkraft wird also negativ: $S_s = -20 \text{ kg}$, und der Pflug geht auf der Spitze. Nun ist bei der Norm DIN 9674 zur Regelung der

¹⁾ Ein Normentwurf für die Maße des Freiraumes vor den Kupplungspunkten ist in Bearbeitung.

Sohlenkraft ein weiterer Anlenkpunkt am Schlepper (2 in Abb. 1) vorgesehen. Der neue Schnittpunkt der Lenker ist A_2 , oberhalb dessen die W_{0S} -Linie hindurchgeht, so daß die Sohlenkraft jetzt +15 kg beträgt (vergl. Tabelle Zeile 1—3). Wenn der Pflug nahe an die Kupplungspunkte herangerückt ist, wird es möglich, auf einem Acker mit schwerem Boden die Stellung A-2, auf einem Acker mit mittlerem Boden die Stellung A-1 zu benutzen und damit die Sohlenkraft auf mittlerem Boden zu verkleinern.

Ob ein Schlepper in der Lage ist, den Pflug bei den vorgegebenen Verhältnissen zu ziehen, darüber gibt der Kraftschlußbeiwert (κ), als Quotient von Triebkraft (T) und Triebachslast bei der Arbeit (G'_h) Auskunft. Da sich in den betrachteten Beispielen die Zugfähigkeit des Schleppers immer fast an der Grenze befinden soll, wird mit der Annahme gearbeitet, daß das Differential gesperrt ist und damit die unterschiedliche Belastung von Furchen- und Landrad nicht berücksichtigt zu werden braucht.

Die Ermittlung der Kräfte am Schlepper, insbesondere seiner Achslasten, wurde in bekannter Weise [2] durchgeführt. Hieraus lassen sich die für den Kraftschlußbeiwert notwendigen

Größen T und G'_h bestimmen. Der für die Abstützung erforderliche Kraftschlußbeiwert muß unter dem tatsächlich vorhandenen liegen. Auf Grund vorliegender Untersuchungen [6] soll der Kraftschlußbeiwert, der vom Reifen und vom Boden abhängt, im folgenden für schweren Boden bei $p = 80 \text{ kg/dm}^2$ mit $\kappa = 0,5$, für mittleren Boden bei $p = 53 \text{ kg/dm}^2$ mit $\kappa = 0,47$, bei $p = 45 \text{ kg/dm}^2$ mit $\kappa = 0,45$ und bei $p = 40 \text{ kg/dm}^2$ mit $\kappa = 0,42$ angenommen werden. Der erforderliche Kraftschlußbeiwert, der sich aus der Kräfteermittlung ergibt, sollte möglichst weit unter diesen Grenzwerten liegen, damit der Schlupf in allen Fällen so klein wie möglich wird. Da sich die Grenzwerte bei gleicher Bodenart unter dem Einfluß des wechselnden Zustandes (z. B. an der Oberfläche des Ackers) ändern, wird dann noch unter ungünstigen Verhältnissen die Zugsicherheit des Schleppers gewährleistet bleiben.

Eine Grenze für das Pflügen kann auch die Unterschreitung der mindestzulässigen Vorderachslast darstellen; der Schlepper läßt sich dann nicht mehr sicher in der Furche lenken. Die Größe der jeweilig verbleibenden Vorderachslast (G'_v) kann ebenfalls aus den Kräftecken [2] entnommen werden.

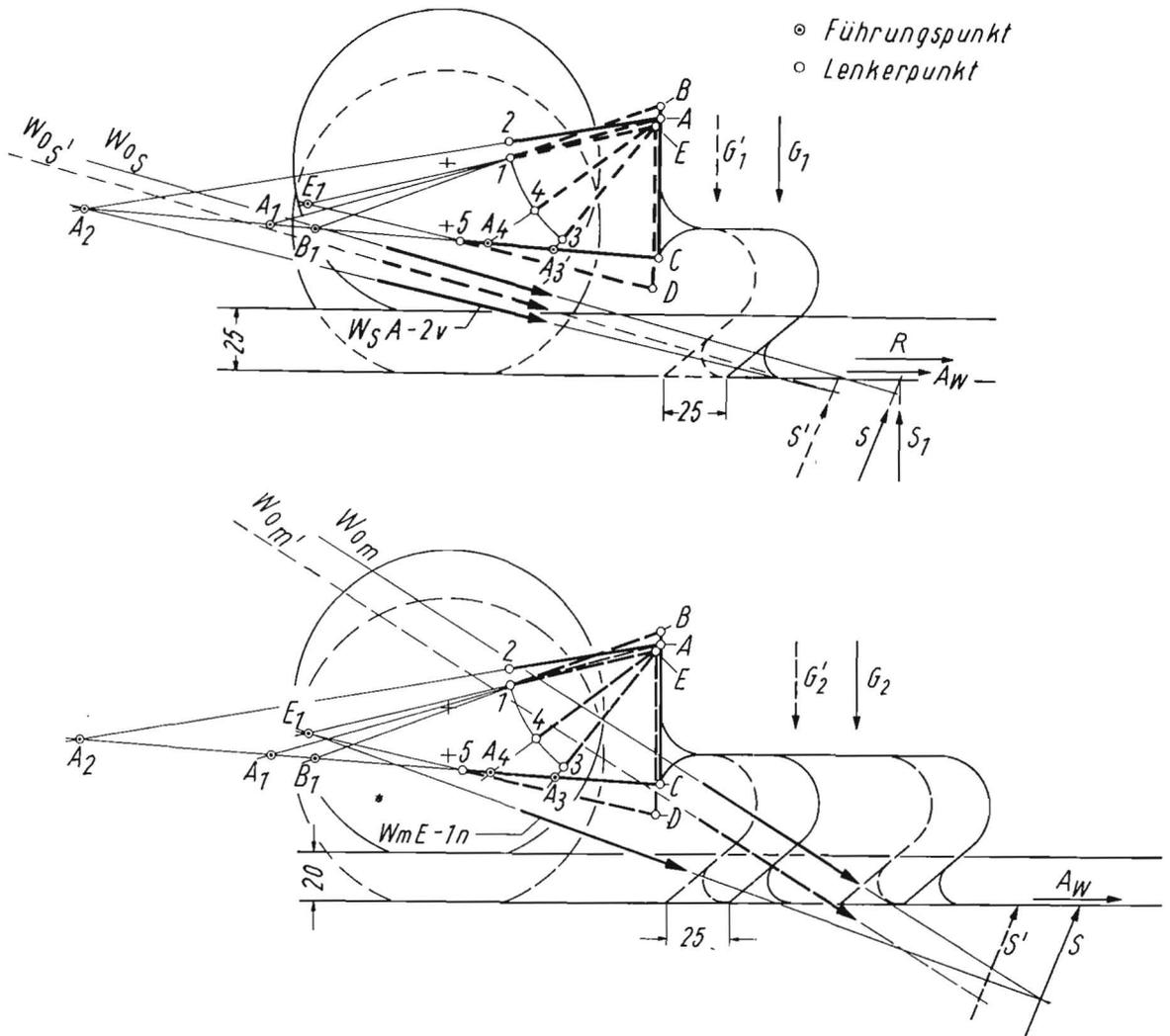
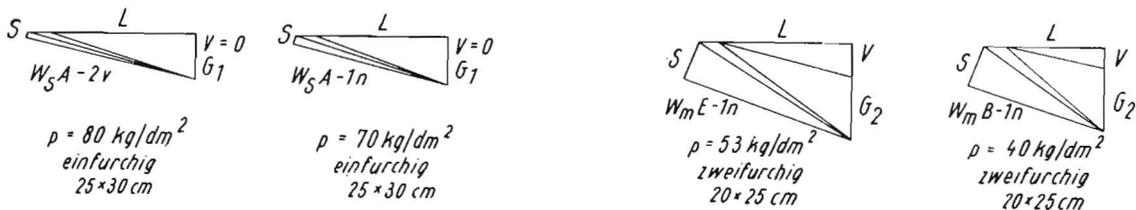


Abb. 1: Kräfte zwischen Schlepper und Pflug

oben: Lage der W_0 -Linien für schweren Boden zu dem Führungspunkt A_1 und A_2 bei einem normalen und einem 250 mm nach vorn verschobenen Pflug
unten: Lage der W_0 -Linien für mittleren Boden zu den untersuchten Führungspunkten

Tabelle

Lfd. Nr.	Boden p kg/dm ²	Stellung des Gelenkvierecks und Pflug(ge) ¹⁾	Furchen-zahl, -tiefe, -breite	Sohlenkraft kg	Triebkraft (T) kg	Hinterachs- last G _v kg	Verblei- bende Vor- derachslast (G _h) ²⁾ kg	erforderl. Kraftschluß- beiwert κ	ange- nommene κ-Grenze
1	80	A-1n ¹⁾	1 x 25 x 30	+5	740	1430	350	0,52	0,5
2	80	A-1v	1 x 25 x 30	-20	—	—	—	—	—
3	80	A-2v	1 x 25 x 30	+15	735	1380	390	0,53	—
Durch Heranrücken des Pflugkörpers wird in der Stellung A-1v die Sohlenkraft negativ; es muß deshalb unter diesen Verhältnissen die Stellung A-2v gewählt werden.									
4	70	A-2n	1 x 25 x 30	40	675	1360	390	0,50	0,5
5	65	A-2n	1 x 25 x 30	45	630	1345	395	0,47	—
6	80	A-2n	1 x 20 x 25	70	565	1310	420	0,43	—
Bei einem spezifischen Bodenwiderstand (p) von 80 kg/dm ² ist ein Kraftschlußbeiwert von über 0,5 erforderlich, der auf dem Acker nicht immer erreicht werden wird. Erst bei p = 70 kg/dm ² wird κ = 0,5. Wenn der Furchenquerschnitt 20 x 25 cm beträgt, ist das erforderliche κ auch bei 80 kg/dm ² weit unter der angenommenen Grenze von 0,5.									
7	53	A-1n	2 x 25 x 30	110	970	1550	300	0,62	0,47
8	53	A-3n	2 x 25 x 30	35	920	1750	180	0,52	—
Bei einem p von 53 kg/dm ² , das für einen mittleren Boden als obere Grenze betrachtet werden soll, liegt das erforderliche κ weit über dem hier als zulässig angenommenen, auch wenn man den Führungspunkt nach A-3 verlegt und damit die Sohlenkraft auf 35 kg absenkt. Sowohl dabei, wie auch bei Anwendung von LE, wird der Grenzwert der Vorderachslast unterschritten, wenn nicht nach Zusatzgewichte an der Vorderachse angebracht werden können.									
9	53	A-2n	2 x 20 x 25	210	750	1390	395	0,54	0,47
10	53	A-2v	2 x 20 x 25	190	740	1400	410	0,53	—
11	53	A-1n	2 x 20 x 25	175	735	1460	360	0,50	—
12	53	B-1n	2 x 20 x 25	175	725	1475	350	0,49	—
13	53	B-1v	2 x 20 x 25	155	715	1485	365	0,48	—
14	53	E-1n	2 x 20 x 25	155	710	1510	320	0,47	—
15	53	A-4n	2 x 20 x 25	125	695	1585	280	0,44	—
16	53	A-3n	2 x 20 x 25	105	675	1645	240	0,41	—
Durch Verminderung des Furchenquerschnittes auf 2 x 20 x 25 wird zwar bei den Stellungen A-1 und A-2 der angenommene zulässige κ-Wert noch nicht erreicht, jedoch nach Verstellung der Kupplungspunkte bei Stellung E-1. Auch B-1 liegt nach etwas über der angenommenen Grenze von 0,47. Der κ-Wert wird aber, wenn der Pflug kürzer gebaut ist, etwas niedriger. Sowohl bei A-2v als auch bei B-1v sinken die Sohlenkraft und der κ-Wert, so daß bei B-1v fast die unterstellte Grenze von 0,47 erreicht wird.									
17	45	A-2n	2 x 20 x 25	190	660	1350	415	0,48	0,45
18	45	B-1n	2 x 20 x 25	160	635	1425	375	0,45	—
19	45	A-3n	2 x 20 x 25	95	600	1605	265	0,37	—
Bei etwas geringerem Bodenwiderstand und damit einem auf 0,45 gesunkenen zulässigen Kraftschlußbeiwert wird durch Verstellung der Kupplungspunkte von A-2 nach B-1 wiederum der zulässige κ-Wert erreicht. Eine weitere Verbesserung bringt die Verlagerung hinter die Hinterachse nach A-3, wobei die Grenze der Lenkfähigkeit erreicht wird.									
20	40	A-2n	2 x 20 x 25	185	610	1340	425	0,46	—
21	40	A-1n	2 x 20 x 25	160	600	1390	390	0,43	0,42
22	40	B-1n	2 x 20 x 25	155	590	1410	370	0,42	—
23	40	E-1n	2 x 20 x 25	140	575	1435	370	0,40	—
24	40	A-4n	2 x 20 x 25	115	565	1520	300	0,37	—
25	40	A-3n	2 x 20 x 25	95	550	1570	280	0,35	—
Bei dem Bodenwiderstand von 40 kg/dm ² und einem angenommenen κ = 0,42 sind die Tendenzen die gleichen, wie oben geschildert.									

1) Lage des Pfluges zu den Kupplungspunkten; n = normal, v = um 250 mm nach vorn verschoben.

2) Die Achslasten des Schleppers (statisch): G_v = 550 kg; G_h = 1050 kg (einschl. Zusatzgewichten). Die mindestzulässige Vorderachslast beträgt G_{v min} = 260 kg.

Für einen Schlepper mit etwa 22 PS und einen Drehpflug, der ein- und zweifurchig eingesetzt werden kann, ist eine Reihe von typischen Fällen untersucht; dabei wurden die Sohlenkräfte, die erforderlichen Kraftschlußbeiwerte und die verbleibenden Vorderachslasten zeichnerisch ermittelt (Tabelle).

Obwohl der angenommene spezifische Bodenwiderstand beim Übergang von schwerem zu mittlerem Boden wesentlich abnehmen soll, läßt sich der Furchenquerschnitt nicht entsprechend vergrößern. Es sinkt nämlich dabei, wie oben gesagt, der tatsächlich vorhandene Kraftschlußbeiwert; ferner erhöht sich durch die Vergrößerung der Sohlenreibung die notwendige Zugkraft, wodurch der erforderliche Kraftschlußbeiwert steigt, und schließlich wird die zusätzliche Belastung der Hinterachse kleiner. Man muß deshalb versuchen, durch Verstellungen der Kupplungspunkte am Pflug die Sohlenkraft und damit die Sohlenreibung zu verkleinern. Dadurch wird die Hinterachslast G_v zur Verbesserung der Zugfähigkeit erhöht, wobei eine weitere Entlastung der Vorderachse bis unter die zulässige Grenze eintreten kann.

Verstellt man die Koppellänge (B-1) oder die unteren Kupplungspunkte nach D, wobei der Kupplungspunkt des oberen

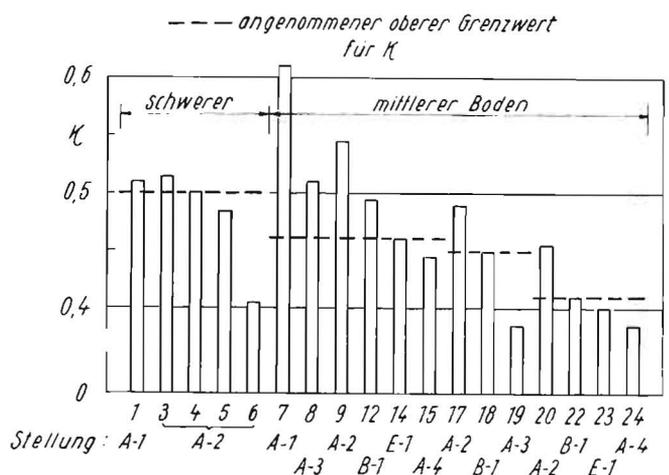


Abb. 2: Wirkung der Verstellung des Gelenkvierecks auf die Größe des erforderlichen Kraftschlußbeiwertes bei verschiedenen Böden (die Lfd. Nummern entsprechen denen in der Tabelle)

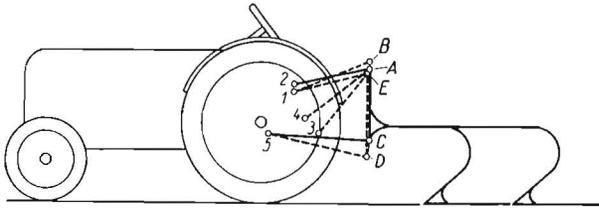


Abb. 3: Die untersuchten Anlenkungen eines Pfluges mit Dreipunktbau

Lenkers in E liegt (E-1), so nehmen die Sohlenkraft und zugleich auch der erforderliche Kraftschlußbeiwert ab (Tabelle: Zeile 11 und 13, 20 und 21). Die Verstellung der unteren Kuppelungspunkte von C nach D kann beispielsweise durch eine gekröpfte Welle erreicht werden. Wenn die Ausführung zu kompliziert ist, wird man sich mit der Verstellung nach B-1 in den meisten Fällen begnügen.

Aus der Tabelle und der Säulendarstellung (Abb. 2) geht hervor, daß durch die Verstellungen des Gelenkvierecks die oben geschilderten ungünstigen Verhältnisse bei mittlerem Boden gegenüber dem schweren Boden gemindert und auf mittlerem Boden, wie gewünscht, ein größerer Furchenquerschnitt als bei schwerem Boden gepflügt werden kann.

Außerdem ist die Herabsetzung der Sohlenkraft und die Belastung der Hinterachse durch eine Einrichtung für Lasterhöhung (LE) zu erreichen, wobei Federn zwischen Schlepper und Pflug gespannt oder Kräfte über das Hubwerk des Krafthebers ausgeübt werden, um die Sohlenkraft herabzusetzen, ohne die kinematischen Verhältnisse beim Einzug zu ändern. Ohne Verstellung des Gelenkvierecks kann erreicht werden, daß sowohl bei mittlerem als auch bei schwerem Boden eine gewünschte Sohlenkraft übrigbleibt. Es ist allerdings darauf zu achten, daß die Vorderachslast nicht unter ihre mindestzulässige Grenze $G'_{v \min}$ absinkt. Sollte dies nicht zu umgehen sein, so ist es erforderlich, weitere Zusatzgewichte auf die Vorderachse zu bringen. Dadurch lassen sich dann entsprechend größere Furchenquerschnitte bearbeiten.

Um die Sohlenkräfte bei mittleren und leichten Böden auch ohne eine Einrichtung für Lasterhöhung auf der Triebachse nur durch Verstellung des Gelenkvierecks herabzusetzen, kann auch der Führungspunkt noch weiter nach hinten, also hinter die Hinterachse gelegt werden, was sich allerdings im Rahmen der Norm nicht ohne Zwischenteile verwirklichen läßt²⁾. Diese können zwar an den genormten Anlenkungen befestigt werden, es ergeben sich aber andere wirksame Anlenkungen für den oberen Lenker, also andere Hebelgetriebe. Wird für den gewählten schweren Boden in diesen Fällen (A-3, A-4) die Sohlenkraft negativ, muß auf die Stellungen A-1 oder A-2 zurückgegangen werden. Ferner ist darauf zu achten, daß auch hier die Vorderachslast möglichst weit über dem angegebenen zulässigen Wert bleibt, ihn auf keinen Fall unterschreitet.

Tiefenhaltung bei unebenem Boden und Einzugsvermögen des Pfluges

Die günstigsten Verhältnisse für den Kraftschlußbeiwert auf mittlerem Boden kommen wohl bei den Anlenkungen an den Punkten 3 und 4 sowie bei der LE zustande, es müssen jedoch auch die kinematischen Verhältnisse bei der Arbeit und beim Eindringen des Pfluges in den Boden beachtet werden.

Im folgenden wird das Verhalten der bereits angeführten Anlenkungen untersucht, wenn der Schlepper auf unebenem Boden fährt und wenn bei ebenem Boden der Pflug aus seiner ursprünglichen Tiefe herausgekommen ist und die Solltiefe wieder erreichen soll. Es leuchtet ein, daß eine Anlenkung um so besser ist, je geringer der Pflug beim Überfahren des Hindernisses durch den Schlepper von seiner eingestellten Solltiefe abweicht. Eine Anlenkung ist andererseits auch um so günstiger zu bewerten, je früher der Pflug nach Überrollen des Hindernisses wieder auf seine Solltiefe kommt.

Da theoretisch die Solltiefe erst nach einer unendlich langen Strecke erreicht wird, soll als Bewertungsmaßstab für alle Anbauarten angenommen werden: Die Forderung nach Tiefenhaltung des Pfluges ist erfüllt, wenn die Solltiefe zu $\pm 10\%$ wieder erreicht ist. Die Wiedereinzugslänge l ist also durch diesen Punkt gekennzeichnet. Vorderes und hinteres Schar des Pfluges erreichen mit guter Übereinstimmung zur gleichen Zeit die Tiefe mit einer Abweichung $\Delta t_{0,1}$, so daß ein Unterschied zwischen beiden Furchensohlen bezüglich dieses Wertes nicht besteht. Eine solche Unterscheidung muß jedoch beim vorhergehenden Verlauf der Furchensohle gemacht werden.

Abbildung 3 zeigt die untersuchten Anlenkungen A-2, B-1, E-1, A-3 und A-4. Die Schlepkkurven, deren Verlauf von der Form des Anlenkgetriebes abhängig ist, werden dabei nach einem bereits früher beschriebenen Verfahren ermittelt [7]³⁾. Gegenüber dem tatsächlichen Verlauf der Kurven auf dem Acker treten dabei Unterschiede durch die Eindrückung der Sohle und durch das Spiel der Gelenke ein. Die Ergebnisse können also wohl in ihren Absolutwerten von denen der Praxis abweichen, eignen sich aber als Vergleich zwischen den einzelnen Anlenkungen.

In Abbildung 4 wird gezeigt, wie sich die in Abbildung 3 angegebenen Anlenkungen beim Überfahren eines gleichen Hindernisses verhalten. Um zu einfachen Vergleichswerten zu kommen, wurde angenommen, daß in einer projizierten Vertikalebene zwischen den beiden Triebrädern des Schleppers ein Hindernis der gezeichneten Form zu überfahren ist. Beim Überrollen des Schleppers wird hierbei der Pflug aus seiner Solltiefe herausgebracht, er bewegt sich dann auf entsprechenden Schlepkkurven.

Zur Verdeutlichung wurde die Hindernishöhe h_1 sehr groß, nämlich nur wenig geringer als die Furchentiefe t angenommen; bei kleineren Hindernissen bleibt das Verhältnis zwischen den Abweichungen aus Solltiefe und Hindernishöhe etwa das gleiche. Für die Ausführung A-4 wurde im Teilbild der Abbildung 4 der gesamte Verlauf der Furchensohle des vorderen und hinteren Schares eingezeichnet. Für den Vergleich der einzelnen Anlenkungen interessieren im allgemeinen jedoch nur die größten Abweichungen der Pflugschlepkkurven von der Solltiefe, außerdem die Entfernungen dieser Maximalwerte vom Hindernis. Deshalb wurden in den anderen Teilbildern nur diese Maximalstellen für das vordere und für das hintere Schar schematisch eingezeichnet. Dabei ist zu erkennen, daß sich das hintere Schar im allgemeinen ungünstiger verhält als das vordere. Bei den Ausführungen A-3 und A-4 wird das hintere Schar, durch die Anlenkung bedingt, vollkommen aus dem Boden herausgehoben. Selbstverständlich wird durch das Herausheben des hinteren Schares nicht mehr die Form der Furchensohle gekennzeichnet, sondern lediglich die Bahn des Schares. Die Entfernung l , die für das Wiedereinziehen des Pfluges nach Überrollen des Hindernisses kennzeichnend ist, zeigt für die einzelnen Anbauarten keine besonders auffälligen Unterschiede.

Eine andere Form der Furchensohle ergibt sich, wenn der Schlepper entsprechend Abbildung 5 durch einen Graben rollt. Auch hier muß darauf hingewiesen werden, daß diese Bewegungsart nicht genau den räumlichen Bewegungen des Schleppers und des Pfluges entspricht und daß wiederum nur das Zustandekommen von Vergleichswerten angestrebt wird. Dabei kann mit guter Sicherheit angenommen werden, daß diese Vergleichswerte tendenzmäßig mit den praktischen Verhältnissen übereinstimmen: Eine Pflughenanlenkung, die nach den hier angegebenen Vergleichswerten schlechtere Ergebnisse zeigt als eine andere, wird diese auch im praktischen Einsatz aufweisen.

In Abbildung 5 entsprechen die Teilbilder wiederum den Anlenkungen gemäß Abbildung 3. Wenn beim Überrollen eines positiven Hindernisses die Furchensohle des vorderen und des hinteren Schares immer in der Richtung des Hindernisses, also nach oben, ausweicht, so trifft dies beim Durchrollen eines

²⁾ Ein weiterer Anlenkpunkt für den oberen Lenker unterhalb der beiden genormten konnte nicht festgelegt werden, weil häufig die Zapfwelle in diesem Gebiet liegt.

³⁾ Das in [7] beschriebene Verfahren läßt sich mit wesentlich geringerem Aufwand durchführen, wenn man mit durchsichtigen, beweglichen Modellen arbeitet und von diesen Modellen die maßgeblichen Punkte der Richtlinie des Pfluges zum Aufzeichnen der Schlepkkurven benutzt.

Grabens, also eines negativen Hindernisses, nicht mehr zu. Aus Abbildung 5 ist ersichtlich, daß die größten Abweichungen des vorderen Schares in Richtung einer Vergrößerung der Furchentiefe liegen, während die maximalen Abweichungen des hinteren Schares eine Verkleinerung der Furchentiefe ergeben. Es ist auch kennzeichnend, daß die durch das vordere Schar entstandene Furchensohle in den meisten Fällen mehrere Extremwerte aufweist, das heißt, die Furchensohle verläuft in Form einer Schlangenlinie. Es ist außerdem kennzeichnend, daß die Solltiefe mit der Abweichung $\Delta t_{0,1}$ — außer im Falle A-3 — bereits vor der Grabenmitte wieder erreicht ist. Das

bedeutet aber, daß sich die durch den Graben bedingte Unebenheit, die der Schlepper durchrollt, sich auf die Furchensohle in einem Bereich auswirkt, der vor dem Graben selbst liegt. Die entsprechenden l -Werte sollen deshalb das negative Vorzeichen erhalten.

Die Form des Grabens der Abbildung 5 ist genau spiegelbildlich zur Form des Hindernisses in Abbildung 4 ausgebildet. Dabei ist die Feststellung zu beachten, daß die Furchensohle beim Durchrollen des Grabens mit geringeren Extremwerten entsteht als beim positiven Hindernis, daß sich also im allge-

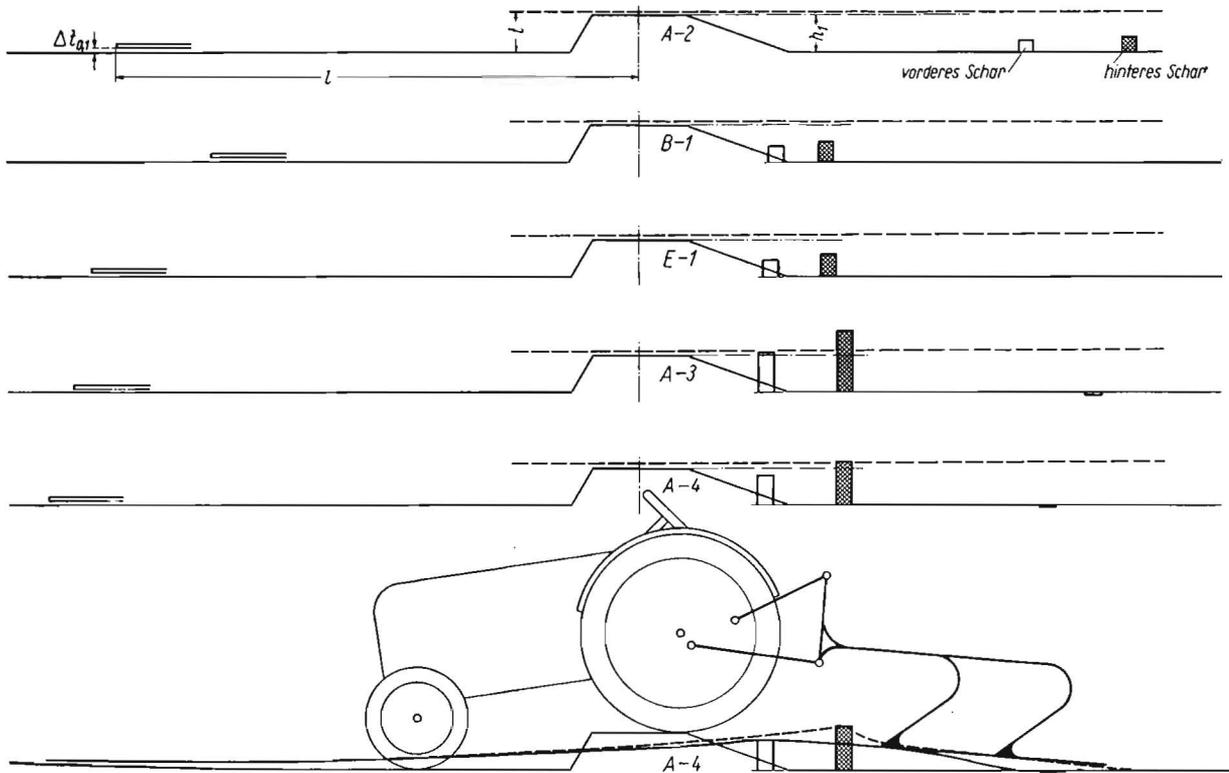


Abb. 4: Vergleichswerte verschiedener Anlenkungen beim Überrollen eines Hindernisses

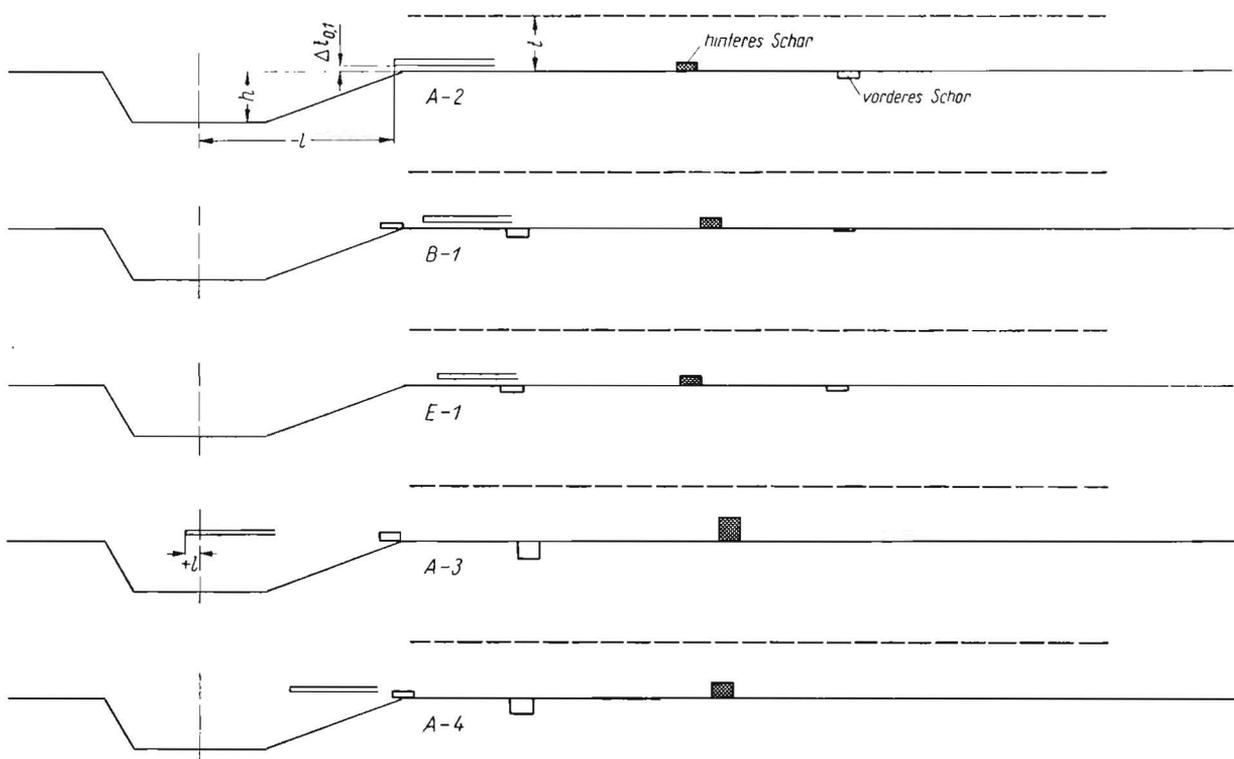


Abb. 5: Vergleichswerte verschiedener Anlenkungen beim Durchfahren eines Grabens

meinen eine positive Unebenheit auf die Furchensohle ungünstiger auswirkt als ein Graben.

Wie bereits erwähnt, ist für die Beurteilung einer Anlenkung auch die Einzugstrecke des Pfluges maßgebend. Diese Strecke wird in vielen Fällen durch eine einmalige Übersteuerung verkürzt. Von einer solchen Übersteuerung soll jedoch im folgenden abgesehen werden, da als Bewertungsgrundlage der Fall anzunehmen ist, daß der Pflug plötzlich aus seiner Solltiefe herausgekommen ist und nun wieder bei ebenem Boden diese Tiefe erreichen soll. Es wird angenommen, daß die Bewegung des Schleppers selbst von dem Hindernis nicht beeinflusst wird.

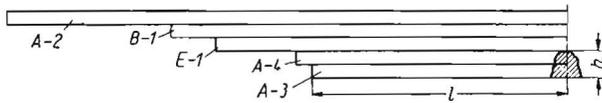


Abb. 6: Vergleich der Einzugslängen verschiedener Anlenkungen

In Abbildung 6 sind die einzelnen Anlenkungen bezüglich der Einzugslänge miteinander verglichen worden, wobei das dargestellte Hindernis die Höhe der plötzlichen Auslenkung des Pfluges kennzeichnet. Auch hier wurde wiederum die Abweichung von der Furchentiefe mit $\Delta t_{0,1}$ zugrunde gelegt. Die Abbildung läßt erkennen, daß die Einzugslänge bei dem Übergang von A-2 bis E-1 wesentlich kleiner wird, während die Lagen A-4 und A-3 nicht mehr so viel bringen.

Folgerungen für den Konstrukteur

Die Untersuchungen lassen erkennen, daß bei den geschilderten Verstellungen im Rahmen der Normabmessungen durch eine Herabsetzung der Sohlenkraft und -reibung und durch die dabei entstehende stärkere Hinterachsbelastung trotz schlechterer Haftung ein größerer Furchenquerschnitt auf mittlerem Boden erreicht werden kann als auf schwerem. Der Pflug soll sich dabei möglichst nahe an den Kupplungspunkten befinden.

Durch Zurücklegung des Führungspunktes hinter die Hinterachse (bis A-3) wird die Zugfähigkeit des Schleppers noch weiter verbessert. Es ist allerdings darauf zu achten, daß die Lenksicherheit, notfalls durch Zusatzgewichte, gewährleistet bleibt. Bei unebenem Gelände ist, wie aus den kinematischen Untersuchungen hervorgeht, die Tiefenhaltung nicht so gleichmäßig. Die Einzugslänge wird bei Zurücklegung des Führungspunktes von E_1 bis A_3 noch etwas verkürzt. Trotz der Vorteile sollten die Lagen A-3 und A-4, die zusätzliche Einrichtungen am Normgestänge verlangen, nur dann verwendet werden, wenn es darauf ankommt, unter schwierigsten Bodenverhältnissen noch eine Furche zu ziehen.

Bei unebenem, welligem Acker und wechselnden Böden bringen die geschilderten Einrichtungen für eine Lasterhöhung auf der Triebachse, wie oben beschrieben eine bessere Lösung. Sie können in Verbindung mit einem Gelenkviereck angewendet werden, das der Norm entspricht. Es ist darauf zu achten, daß der Führungspunkt für die Arbeit auf schwerem Boden unterhalb der W_0 -Linie des zugehörigen Gerätes liegt, während die größere Sohlenkraft bei mittlerem und leichtem Boden

Résumé:

Ing. K. Hain und Dipl.-Ing. H. Skalweit: „Dreipunktanbau, Kompromiß zwischen Zugfähigkeit des Schleppers und Tiefenhaltung des Pfluges.“

Einrichtungen zur Verstellung der Anlenkung zwischen Schlepper und Pflug und zur Entlastung der Schleifsohle des Pfluges erlauben es, die resultierende Widerstandskraft des Pfluges für die Belastung der Triebachse und damit für die Zugfähigkeit des Schleppers auch bei unterschiedlichen Böden optimal auszunutzen. Es bestehen hierbei allerdings Grenzen, die durch die Forderung nach ausreichender Sohlenkraft, Einhaltung gleichmäßiger Tiefe, schnellem Einzug am Beginn der Furche und hinter Hindernissen, sowie nach mindestzulässiger Belastung der Vorderachse gegeben sind. Diese widersprechen sich in mancher Hinsicht. Der Beitrag zeigt jedoch, daß bei der Norm DIN 9674 ein brauchbarer Kompromiß gefunden wurde.

Ing. K. Hain and Dipl.-Ing. H. Skalweit: "Three-point Couplings. A Compromise between the Tractive Effort of the Tractor and Correct Maintenance of Depth of Cut of the Plough."

Attachments for the adjustment of the coupling arrangements between the tractor and the plough and for the relief of the under surface of the ploughshare allow the resultant resistance to be transmitted to the driving axle of the tractor, whereby the tractive effort of the tractor can be utilised to maximum advantage even on varying ground surfaces. However, there are certain limits to this procedure. These are determined by the necessity for sufficient power at the bottom of the share, maintenance of constant depth, rapid entry at the commencement of a furrow and after passing over obstacles, as well as by the minimum permissible loading of the front axle. These factors can sometimes be contradictory. However, the article clearly demonstrates that in the case of Standard No. DIN 9674 a useable compromise has been reached.

durch die LE-Einrichtung herabgesetzt und die damit erreichte zusätzliche Belastung zur Verbesserung der Zugfähigkeit verwendet werden kann. Wenn die kinematischen Verhältnisse ähnlich denen bei Fall B-1 oder E-1, jedoch mit einem etwas niedriger liegenden Führungspunkt (etwa auf der W_{0A-2} -Linie gestaltet werden, wird eine günstige Tiefenhaltung und ein relativ rascher Einzug erreicht.

*

Die Arbeitsgruppe „Dreipunktnormung“ innerhalb der Normengruppe Landmaschinen und Ackerschlepper hatte die Aufgabe, eine Norm für die Lage und die Abmessungen des Dreipunktgestänges zu finden, die für die größte Zahl der vorkommenden Fälle ein einwandfreies Arbeiten von Schlepper und Gerät gewährleistet. Man war sich darüber klar, daß es sich hierbei um einen Kompromiß handelt, der aber die beste Lösung darstellt, wie die zwei Jahre dauernden praktischen und theoretischen Untersuchungen gezeigt haben. Man war sich auch darüber einig, daß zwar die Führung des Gerätes (hierunter sei verstanden: Einzug, Tiefenhaltung, Seitenführung usw.) durch die in der Norm DIN 9674 festgelegten Maße gewährleistet ist, daß aber besonders in nassen Jahren die Zugkraft des Schleppers zu wünschen übrig läßt. Die Untersuchungen, die dem obigen Beitrag zugrunde liegen, zeigen ganz deutlich, daß die Norm mit allen wichtigen Maßen zu recht besteht und daß für Ausnahmefälle eine Lasterhöhung an der Triebachse und damit eine größere Zugkraft des Schleppers zu erreichen ist. Die Verstellmöglichkeiten, die in der Norm vorgesehen sind, gestatten eine Anpassung an die verschiedensten Verhältnisse.

Der Dreipunktanbau gewinnt laufend an Bedeutung und Verbreitung. Schon die Veröffentlichung des 1. Entwurfes über die Lage der Anlenkpunkte am Schlepper hat hierzu beigetragen. Deshalb sollte künftighin jeder Schlepper entsprechender Größe mit Kraftheber und Dreipunktanbau ausgerüstet sein. Da die Arbeit von Skalweit wichtige Hinweise gibt, wird sie von der Arbeitsgruppe „Dreipunktnormung“ sehr begrüßt und im Literaturnachweis auf dem Normblatt DIN 9674 aufgeführt.

Obering. B. Flerlage, Gottmadingen.

Schrifttum:

- [1] Getzloff, G.: Über die Bodenkräfte beim Pflügen bei verschiedener Körperform und Bodenart. In: Gdlg. d. Landtechnik, H. 3, S. 60. Düsseldorf 1952
- [2] Skalweit, H.: Einfluß der Pflugkräfte auf Schlepper mit Dreipunktaufhängung. Landtechnische Forschung 5 (1955) H. 1, S. 6.
- [3] Meyer, H.: Zur Problematik des Sattelanhängers für Ackerschlepper. Landtechnische Forschung 6 (1956) H. 2, S. 39.
- [4] Bjerninger, S.: Pahängsplog pläiningsdjup slirning. (Das Kräftespiel zwischen Schlepper und Anbaupflug.) Schwed. Prüfbericht Nr. 266. Uppsala 1956
- [5] Skalweit, H.: Über die bei der Tiefenhaltung von Schlepperanbaugeräten auftretenden Kräfte. Gdlg. d. Landtechnik, H. 3, S. 109. Düsseldorf 1952
- [6] Bock, G.: Feldversuche über die Zugfähigkeit von Ackerschlepperreifen. Gdlg. d. Landtechnik, H. 3, S. 88. Düsseldorf 1952
- Lange, H.: Über die Zugfähigkeit von Reifen gleichen Durchmessers. Landtechn. Forschung (57) Heft 4
- Kliefath, F.: Der Einfluß der Reifengröße auf die Zugfähigkeit des Schleppers. Landtechn. Forschung (57) Heft 4
- [7] Hain, K.: Die Form der Furchensohle auf unebenem Acker bei verschiedenen Anbausystemen. Gdlg. d. Landtechnik, H. 4, S. 72. Düsseldorf 1953

Ing. K. Hain e ing. dipl. H. Skalweit: «La suspensión en tres puntos, un compromiso entre el esfuerzo de tracción del tractor y la profundidad de labor del arado.»

Dispositivos para el cambio de la articulación entre tractor y arado para la descarga del patín del arado, permiten aprovechar hasta el óptimo la resistencia del arado que resulte, para la carga del eje de propulsión y con esto para el esfuerzo de tracción, también en terrenos de distintas condiciones. Existen sin embargo, límites, debidos a la exigencia de una fuerza necesaria del patín, conservación de una profundidad uniforme, de la rápida penetración al principio de un surco y después de obstáculos, así como de la carga mínima admisible del eje delantero. Estas exigencias se contradicen en varios puntos. El artículo demuestra sin embargo que se ha llegado con la norma DIN 9674 a un compromiso útil.

Ing. K. Hain et Dipl.-Ing. H. Skalweit: «Attelage trois points, compromis entre la performance du tracteur et le maintien de la profondeur de labour.»

Les dispositifs destinés au réglage du point d'attache entre le tracteur et la charrue et à la décharge du sep permettent de profiter au maximum de la force de résistance de la charrue pour la charge de l'essieu moteur et, par conséquent, pour l'amélioration de la performance du tracteur sur les terrains les plus divers. Il existe cependant des limites imposées par la nécessité d'assurer une pression suffisante du sep sur le sol, de maintenir une profondeur uniforme de labour, de permettre la pénétration rapide du soc au début d'un sillon ou après un obstacle, ainsi que de maintenir la charge minimum prescrite sur l'essieu avant. Ces conditions sont contradictoires sous certains points de vue. Les auteurs montrent cependant que la norme DIN 9674 constitue un accommodement pratiquement valable.

Sverker Persson:

Die Arbeitsweise einer Mähdrescherreinigung

Institut für Landmaschinen der landwirtschaftlichen Hochschule Ultuna, Uppsala/Schweden

Erläuterungen der Arbeitsweise der Mähdrescherreinigungen erscheinen in den meisten landtechnischen Lehrbüchern und dergleichen [1—5], aber sie sind nicht sehr ausführlich und stimmen in einzelnen Teilen nicht völlig überein. Die Entwicklungsarbeit an Mähdrescherreinigungen ist in mehreren Fällen darauf ausgerichtet, ein Putzwerk mit guter Siebwirkung herzustellen, ohne daß man sich darüber klar ist, ob das Reinigen am günstigsten als Sieben oder als Windsortierung vor sich geht.

Viele Mähdreschertypen, besonders amerikanische und von dort beeinflusste, sind mit Reinigungen ausgerüstet, die in ihren Grundzügen wie die in Abbildung 1 gezeigte arbeiten. Deswegen wurde diese Reinigung (Munktell, 4 Fuß) für praktische Untersuchungen ihrer Arbeitsweise gewählt.¹⁾

Versuchsdurchführung

Das Putzwerk enthält drei Sortierorgane, nämlich das obere Sieb, die Siebverlängerung und das untere Sieb. Das Ziel der Messungen war erstens, festzustellen, welche Mengen von Reinigungsgut bei den drei Sortierstellen nach oben, entlang oder nach unten hindurchgingen und was die einzelnen Stoffströme an Gut enthielten. Deswegen wurden im Putzwerk Leitbleche eingesetzt, die das getrennte Aufsammeln des Gutes von den Reinigungsorganen ermöglichten (Abb. 2 bis 4). Dadurch wurde die normale Arbeitsweise des Putzwerkes etwas verändert. Bei der Anordnung in Abbildung 3 war die normale Aufteilung des Reinigungsgutes beibehalten worden, die einzige Veränderung war, daß der Rücklauf unmittelbar aufgesammelt anstatt zurückgeführt wurde. Dies bedeutet nur eine geringe Veränderung der Zusammensetzung des einkommenden Reinigungsgutes, die vernachlässigt werden kann. Mit der Anordnung gemäß Abbildung 4 wurde eine völlige Trennung der Reinigungserzeugnisse des ersten und des zweiten Siebes erreicht. Da die normalerweise dichte Rückseite des Putzwerkes durch luftdurchlässige Säcke ersetzt war, ging der Wind, der normalerweise von unten durch die Siebverlängerung passiert, statt dessen nach hinten in die Säcke. Dadurch war die Windreinigung, die diese Luft normalerweise in der Siebverlängerung ausübt, weggefallen. Das Herunterfallen von schweren Teilchen durch die Siebverlängerung wie auch das Aufsteigen von leichten war verhindert. Dies scheint die einzigen Störungen des normalen Reinigungsvorganges gewesen zu sein, was auch in den Ergebnissen nachgewiesen werden konnte.

Der Mähdrescher wurde in jedem einzelnen Feld bei den Versuchen mehrere Male mit den Leitblechanordnungen nach den Abbildungen 2 bis 4 gefahren. Die aufgesammelten Probemengen wurden unter anderem mittels eines Windkanals analysiert und in 20 Arten von Bestandteilen eingeteilt. Die Einzelheiten des Probenehmens und der Analyse sind in einem früheren Beitrag beschrieben, ebenso die Zusammen-

setzung und das Schwebevermögen des gesamten Reinigungsgutes [6].

Alle in Abbildung 1 gezeigten Stoffströme konnten nicht aufgefangen werden, aber die Zusammensetzung der fehlenden konnte durch Vergleich der Ergebnisse der zwei Leitblechanordnungen nach den Abbildungen 3 und 4 ausgewertet werden. Der Vergleich ermöglichte auch eine Kontrolle in einigen Punkten, die in den meisten Fällen gute Übereinstimmung zeigte.

Die Wege des Reinigungsgutes durch das Putzwerk

Unter der Annahme, daß die aufgesammelten Mengen den Stellen entstammten, die in den Abbildungstexten 2 bis 4 angegeben sind, und daß die Leitbleche die normale Wirkungsweise des Putzwerkes wie früher angeführt beeinflussten, erhält man die in den Abbildungen 5 bis 12 gezeigten Sankey-Diagramme über die Wege von vier Hauptbestandteilen des Reinigungsgutes. Bei der Beurteilung dieser Diagramme muß daran erinnert werden, daß sie durch Vergleich von zwei Versuchsserien entstanden sind, die nacheinander vorgenommen wurden, daß sich also die Meßgenauigkeiten beider Serien ausgewirkt haben.

Die Arbeit der drei Reinigungsorgane

Die im folgenden aus den Versuchen genannten Zahlen der Zusammensetzung der Ströme von Reinigungsgut und ihrer Eigenschaften gelten in erster Linie für die bei den Versuchen verwendeten Einstellungen und für die untersuchte Mähdrescherkonstruktion. Die Einstellungen wurden aber vorweg als günstig ermittelt, und der Mähdrescher kommt ja in ähnlicher Form häufig vor. Deswegen gelten die gefundenen Zusammenhänge wahrscheinlich auch bei der Beurteilung anderer Mähdrescherreinigungen.

Das hereinkommende Reinigungsgut

Wie in einer früheren Arbeit [6] ausführlicher angegeben, enthielt das gesamte Reinigungsgut bei den Versuchen Bei-

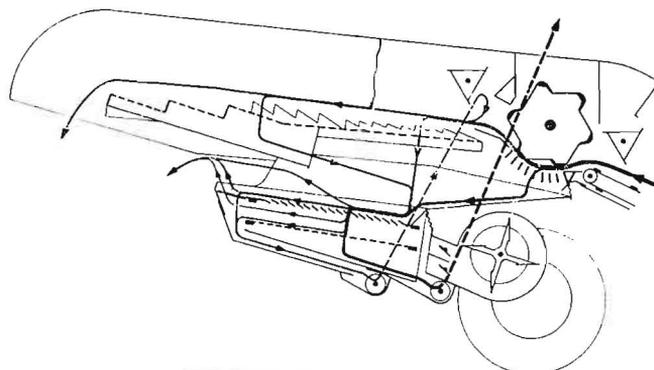


Abb. 1: Wege des Dreschgutes durch den Mähdrescher

¹⁾ Die Untersuchungen wurden mit Unterstützung der Firma Bolinder-Munktell vorgenommen.