

Mitteilung aus dem Institut für Schlepperforschung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode

Über die Kräfte am Dreipunktanbau bei regelnden Krafthebern auf Grund von Feldmessungen mit Pflügen

Von Helmut Skalweit, Braunschweig-Völkenrode*)

Die drei Lenker des Dreipunktanbaues und die beiden Hubstangen, die über die Kraftheberwelle in ihrer Bewegung verbunden sind, nehmen die am Pflug wirkenden Kräfte auf und übertragen sie auf den Schlepper.

Bei nach Zugwiderstand regelndem Kraftheber werden die Kraftänderungen im oberen Lenker oder in den beiden unteren Lenkern dazu benutzt, die Regelvorgänge am Kraftheber auszulösen. Man muß also die Größe und den Verlauf dieser Kräfte kennen.

Die vertikale Komponente der resultierenden Widerstandskraft W (W ist die geometrische Summe aller vom Pflug auf den Schlepper übertragenen Kräfte) ist maßgebend für die Größe der Zusatzlast auf der Triebachse. Diese soll bei den relativ leichten Schleppern zur Verbesserung ihrer Zugfähigkeit möglichst hoch sein. Eine Untersuchung der Größe und Lage der resultierenden Widerstandskraft sowie der Möglichkeiten ihrer Beeinflussung ist deshalb erforderlich.

Ausgangspunkt für frühere Untersuchungen bildeten die Kräfte am Pflugkörper für das Abtrennen und Wenden des Bodenbalkens, die Getzlaff [1; 2] für verschiedene Pflugkörperformen, Böden und Arbeitstiefen gemessen hat. Bei seiner Versuchseinrichtung wurde der mittlere Körper eines dreifurchigen Anhängesepfluges, an dem sich die Meßstellen für die Kräfte befanden, durch den Pflugrahmen mit den Rädern während der Arbeit in etwa der gleichen Lage zur Ackeroberfläche gehalten.

An Schleppern mit **schwimmendem Kraftheber**, an die der Pflug frei pendelnd angebaut ist, lassen sich aus den von Getzlaff am Pflugkörper gemessenen Längs- und Vertikalkräften L und V nach geometrischer Addition des Pfluggewichtes [3] die Schleifsohlenkraft S und die resultierende Widerstandskraft W bestimmen. Hieraus ergibt sich die Zusatzlast auf der Triebachse des Schleppers.

Die Arbeitstiefe wird beim schwimmenden Kraftheber durch die Abmessungen des Pfluges und die der Anlenkung geregelt, nicht, wie manchmal angenommen wird, durch die Kräfte L , V und S . Solange die Schleifsohlenkraft S größer als Null ist, ändert sich beim Übergang auf mehr oder weniger tragfähige Böden etwas die Eindrucktiefe der Stützflächen und damit auch die Pflugtiefe. Das Entscheidende aber für das Gleichhalten der Tiefe ist, daß das Schar nicht tiefer schneiden kann, als die Schleifsohle es zuläßt, und die Schleifsohle etwa auf der geschnittenen Furchensohle laufen muß [4].

Diese Eigenschaft des Pfluges fällt auch beim **regelnden Kraftheber** nicht ganz weg, sie bestimmt den Senkvorgang, da hierbei vom Kraftheber keine abwärtswirkenden Kräfte ausgeübt werden können. Die Wirkung ist nur geringer, wenn der obere und die unteren Lenker parallel stehen oder etwaige Stützflächen am Pflug vermieden sind. In manchen früheren Veröffentlichungen wurde zunächst vorausgesetzt, daß der Pflug beim regelnden Kraftheber völlig getragen wird, oder auch daß eine

in ihrer Größe angenommene etwa konstante Stützkraft an den horizontalen Flächen der Anlagen, an einem gefederten Stützrad oder an einer gefederten Schleifsohle vorhanden ist [5]. Bei Messungen auf dem Acker wurde jedoch festgestellt, daß Stützkraften sehr unterschiedlicher Größe auftreten, die von der Einstellung des oberen Lenkers, vom Schnittwinkel, der Schärfe der Schare und der Wirksamkeit der Stützflächen abhängen. Damit ändert sich auch die Zusatzlast auf der Triebachse, da die Richtung der resultierenden Widerstandskraft wesentlich durch die Größe der Stützkraft beeinflusst wird.

Die Arbeitstiefe kann durch regelnde Kraftheber bekanntlich auf verschiedene Arten beeinflusst werden. Bei der sogenannten Tastregelung wird sie unabhängig von wechselndem Bodenwiderstand gleichgehalten. Bei der Regelung auf gleichen Zugwiderstand soll sie so geändert werden, daß auch bei wechselndem Boden der Zugwiderstand und damit der Schlupf bei gleicher Haftung der Triebäder gleich bleibt; beim Übergang auf etwas festeren Boden nimmt die Kraft im oberen oder in den beiden unteren Lenkern zu, der Kraftheber hebt den Pflug etwas in seinem vorderen Teil an und verringert so die Tiefe und umgekehrt. Die Kräfte in den Lenkern werden jeweils durch eine zwischengeschaltete Feder „gemessen“ und die Federwege auf den Regler übertragen.

Wie aus den früheren Untersuchungen [5] bekannt ist, steigen die Kräfte in den Lenkern nicht proportional mit der horizontalen Zugwiderstandskraft (also mit der Kraft W_L , der Längskom-

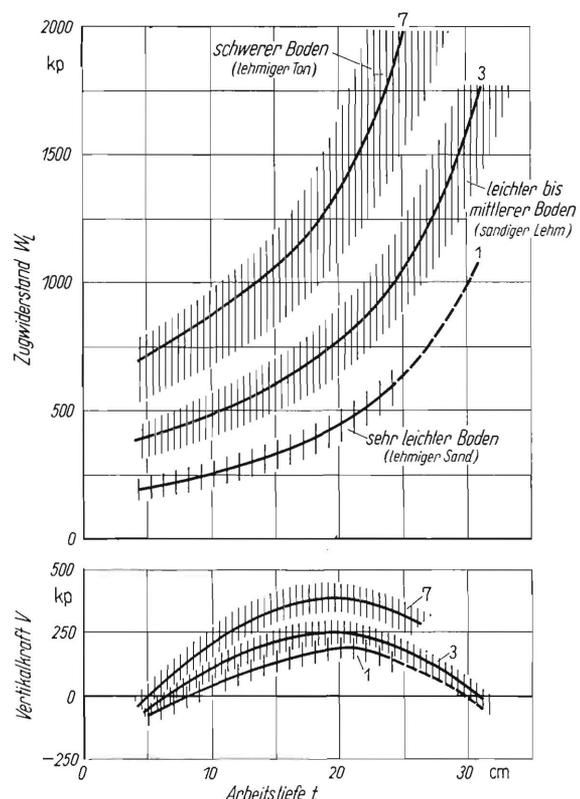


Bild 1. Waagerechte und senkrechte Kräfte vom Boden auf den dreifurchigen Pflug in Abhängigkeit von der Arbeitstiefe in der vertikalen Fahrtrichtungsebene.

*) Der vorliegende Beitrag gibt einen Teil eines Referates wieder, das vor den Arbeitsausschüssen 1 und 2 der Normengruppe Landmaschinen und Acker-schlepper gelegentlich der 21. Konstrukteurtagung 1963 in Braunschweig-Völkenrode gehalten wurde.

Dipl.-Ing. Helmut Skalweit ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Institutes für Schlepperforschung (Direktor: Prof. Dipl.-Ing. H. Meyer) der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode.

ponente von W) in Abhängigkeit von der Pflugtiefe an, wie es für die Regelung auf gleichen Zugwiderstand eigentlich erforderlich wäre.

Während bisher die dafür maßgebenden Kräfte auf Grund der Messungen von Getzlaff am Anhängerpflug und derjenigen des Verfassers am frei pendelnden Anbaupflug (also am schwimmenden Kraftheber) auf grafischem Wege unter gewissen Annahmen bestimmt worden waren [5; 6], konnten sie nunmehr an regelnden Krafthebern auf dem Acker gemessen oder aus den dabei erhaltenen Meßwerten grafisch ermittelt werden. Über die Meß- und Auswertungsmethoden ist an anderer Stelle berichtet [7].

Der Verlauf der Kräfte W_L und V in Abhängigkeit von der Tiefe, **Bild 1**, stimmt in der Tendenz mit den früheren Ergebnissen überein. Die Messungen wurden mit einem dreifurchigen Beetpflug (Gewicht 380 kp, Höhe der unteren Kupplungspunkte über Boden 560 mm, Koppellänge 540 mm) durchgeführt. Die spezifischen Zugwiderstände betrugen in 20 cm Tiefe beim Boden 3, einem sandigen Lehm, zwischen 52 und 62 kp/dm² und stiegen bei geringeren und größeren Tiefen an. Beim Boden 7, einem tonigen Lehm, wurden Werte von 80 bis 95 kp/dm² bei einer Tiefe von 15 bis 20 cm gemessen. Bei Parallelversuchen mit zweifurchigen Beet- und Drehpflügen wurden entsprechende Werte auch auf anderen Böden ermittelt. Um die Größe der Streuung zu zeigen, sind die Kurven für W_L und V auch bei einem sehr leichten Boden 1, einem lehmigen Sand, eingezeichnet. Der spezifische Zugwiderstand betrug hier zwischen 28 und 35 kp/dm².

Im folgenden Teil werden die Kräfte am Dreipunktanbau bei der Regelung über den oberen Lenker, im zweiten über die beiden unteren Lenker behandelt.

Regelung über den oberen Lenker

Die Einflüsse der Längskraft W_L und der Vertikalkraft V — die Gewichtskraft des Pfluges G ist konstant — auf den Verlauf der Größe der Kraft O im oberen Lenker in Abhängigkeit von der Tiefe werden unter der Annahme, daß die Stützkraft gleich Null ist, in **Bild 2** für den Boden 3 dargestellt. Der Einfluß der Vertikalkraft ist gegenüber der Längskraft verhältnismäßig groß, da sie besonders bei langen Pflügen ein Moment um die unteren Kuppelungspunkte mit einem größeren Hebelarm ausübt. Das Moment von V allein würde zu einer Zugkraft im oberen Lenker führen. Da die Vertikalkraft V bei geringer Tiefe klein ist und bei mittlerer Tiefe ein Maximum erreicht (Bild 1), fällt die Gesamtkraft O im oberen Lenker (in Bild 2 die stärkeren Linien) zunächst bei geringen Tiefen auf ein Minimum ab und steigt erst dann mit zunehmender Tiefe an, also so, wie es für die Regelung erforderlich ist. Die Wirkung der Längskraft auf die Kraft im oberen Lenker wird bei kleineren Tiefen von derjenigen der Vertikalkraft überdeckt. Dies ist um so mehr der Fall, je länger der Pflug ist, beziehungsweise je mehr Körper er besitzt.

Der Verlauf der Gesamtkraft O im oberen Lenker ist damit bei den vorhandenen Bedingungen zwischen 5 und 15 cm Arbeitstiefe dem Regelprinzip entgegengesetzt; bei abnehmender Tiefe steigt die Kraft im oberen Lenker an, während sie doch gerade entsprechend dem Regelprinzip kleiner werden und damit zum Absenken des Pfluges führen sollte. Die Verhältnisse können durch eine große Tragachshöhe (Lage der unteren Kupplungspunkte über dem Boden) und durch einen möglichst kurzen Anbau des Pfluges am Schlepper verbessert werden. Das Bild zeigt ferner, daß bei diesem Pfluggewicht auf schwererem Boden (Boden 7 gegenüber Boden 3) bereits bei kleinerer Tiefe (23 statt 27 cm) eine Druckkraft im oberen Lenker erreicht wird. Die „Umkehrung“ des Regelprinzips bei flacher Furche ist aber in beiden Fällen vorhanden (die Vertikalkräfte V decken sich nicht mit der Mittelwertkurve des Bildes 7, sondern sind einer anderen im Streugebiet liegenden Meßreihe entnommen).

Wenn Stützkraften — konstant für alle Tiefen — mit 50 oder 100 kp angenommen werden, wird die Kurve für O nach oben verschoben, **Bild 3**. Je größer die Stützkraft ist, um so größer

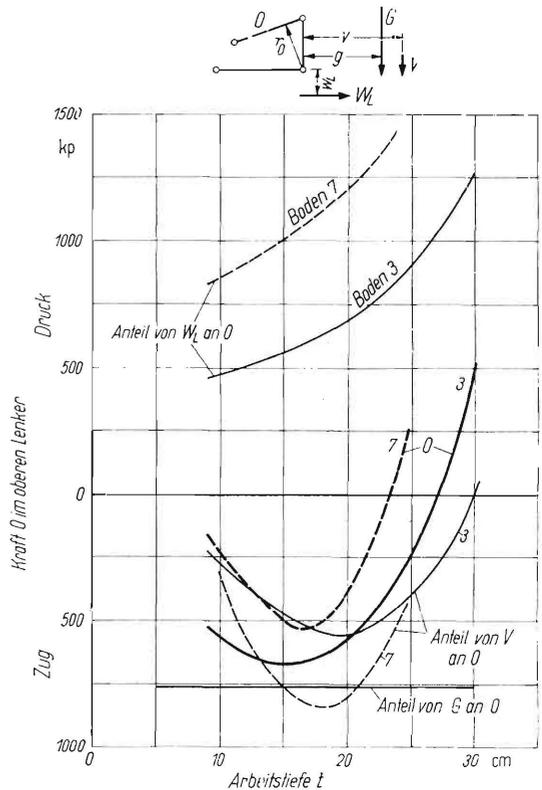


Bild 2. Kraft O im oberen Lenker in Abhängigkeit von der Arbeitstiefe, zusammengesetzt aus den Teileinflüssen von G , V und W_L unter der Voraussetzung Stützkraft $S = 0$ für zwei Böden (siehe Bild 1).

Pfluggewicht $G = 380$ kp Boden 3: sandiger Lehm Boden 7: lehmiger Ton

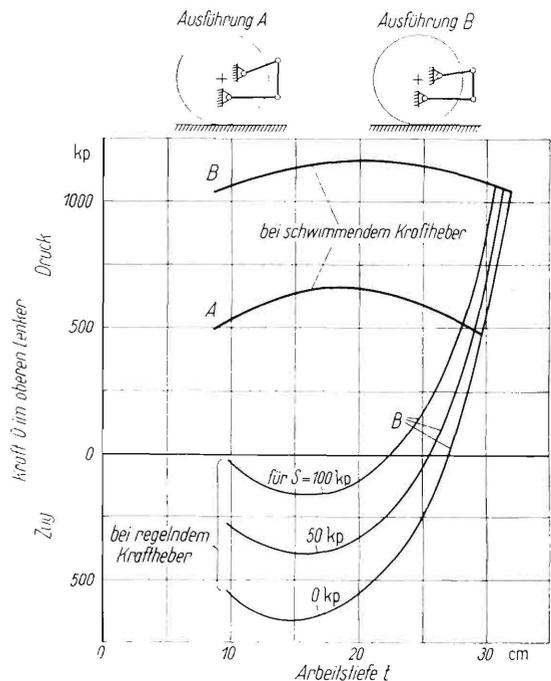


Bild 3. Kraft O im oberen Lenker des dreifurchigen Pfluges in Abhängigkeit von der Arbeitstiefe bei schwimmendem und regelndem Kraftheber. Verlauf bei angenommener Stützkraft $S = 0, 50$ und 100 kp beim regelnden Kraftheber und mit steilem und flachem oberen Lenker bei schwimmendem Kraftheber. Boden 3: sandiger Lehm

wird der Druck im oberen Lenker bis zu den Werten von O beim schwimmenden Kraftheber.

In Wirklichkeit sind die Stützkraften weder Null noch konstant. Mit dem angewendeten Meßverfahren und der dazu entwickelten

Auswertemethode war es erstmals möglich, etwas über den Verlauf der Größe der Stützkraft in Abhängigkeit von der Arbeitstiefe auch bei regelndem Kraftheber auszusagen, **Bild 4**. Aus einer Vielzahl von Meßfahrten mit drei Schleppern und mehreren Pflügen an verschiedenen Regelsystemen ergab sich ein Streugebiet, wie es im unteren Teil des Bildes angegeben ist. Bei günstigster Einstellung des Pfluges (also bei möglichst kurzem oberem Lenker) ist die Stützkraft S bei geringen Pflugtiefen noch verhältnismäßig groß und fällt dann mit zunehmender Tiefe ab, bis sie wie beim schwimmenden Kraftheber bei der größtmöglichen Tiefe Null wird.

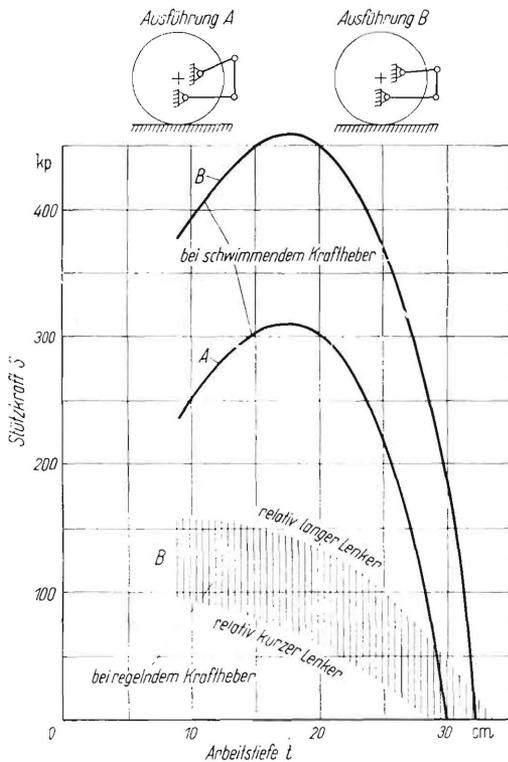


Bild 4. Stützkraft S beim dreifurchigen Pflug in Abhängigkeit von der Arbeitstiefe bei schwimmendem Kraftheber mit steilem und flachem oberem Lenker und beim regelnden Kraftheber mit verschiedener Länge des oberen Lenkers.
Boden 3: sandiger Lehm

Die beiden Kurven gelten für den schwimmenden Kraftheber. Die obere Kurve bei den für regelnde Kraftheber üblichen, fast parallelen Lenkern ergibt die größten Stützkraften S . Die untere Kurve bei einem Gelenkviereck mit steilem oberem Lenker, wie er für den schwimmenden Kraftheber eingestellt wird, erreicht kleinere Werte für S ; es werden also wesentlich größere Kräfte auf den Schlepper übertragen.

Trägt man die günstigen Werte am unteren Rande des Streugebietes in Bild 4 für die Stützkraft S in **Bild 5** als weitere Einflußgröße auf die Kraft im oberen Lenker ein, so erhält man eine neue Gesamtkraft O . Durch das Auftreten der Stützkraften werden die Verhältnisse für die Regelung am linken Ast der Kurve günstiger, auch gelangt die Kraft im oberen Lenker bei etwas kleinerer Tiefe (25 cm statt 27 cm) in das Druckgebiet, doch bleibt ihr Anstieg bei einer von 20 auf 10 cm abnehmenden Arbeitstiefe dem Regelprinzip entgegengesetzt.

Die Größe der Stützkraft S ändert sich beim Überfahren von Unebenheiten durch den Schlepper in weiten Grenzen und damit auch diejenige der Kraft im oberen Lenker. Mit Hilfe eines filmischen Meßverfahrens wurde festgestellt, daß auf einem dem Augenschein nach sehr ebenen Acker noch starke Nickschwankungen auftreten. Wenn sich nun die Vorderräder kurzzeitig gegenüber der Hinterachse heben, wird die Meßfeder im oberen Lenker zusammengedrückt und der Pflug infolge des Impulses durch den Kraftheber mehr oder weniger angehoben. Der umgekehrte Vorgang führt zum Senken des Pfluges. So wird

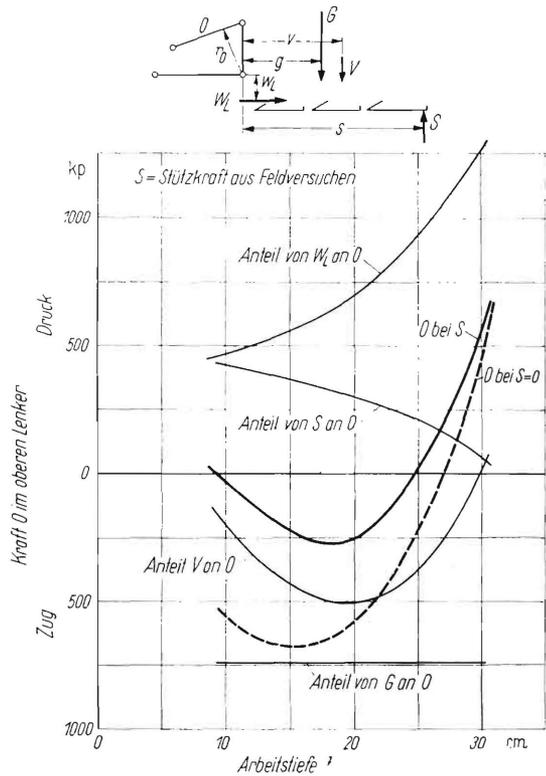


Bild 5. Kraft O im oberen Lenker des dreifurchigen Pfluges in Abhängigkeit von der Arbeitstiefe, zusammengesetzt aus den Teileinflüssen G , W_L , V und S (nach Bild 4, unterer Teil des schraffierten Gebietes).
Boden 3: sandiger Lehm

die Regelung durch den Kraftheber nicht immer in erwünschtem Sinne beeinflusst, — bei einer härteren „Meßfeder“ am oberen Lenker stärker als bei einer weichen. Schließlich ist als weiterer Einfluß auf die Regelungsvorgänge zu berücksichtigen, daß nach einem Hubimpuls zwar die Regelung wirkt und zumindest der vordere Körper des Pfluges etwas angehoben wird, daß aber nach einem Senkimpuls vor allem das Einzugsvermögen des Pfluges maßgebend ist, weil die üblichen regelnden Kraftheber keine Druckkraft ausüben können.

Aus den Kräften am Pfluge und der resultierenden Widerstandskraft wird, wie bekannt, die zusätzliche Belastung der Schleppertriebachse grafisch oder rechnerisch ermittelt. **Bild 6** zeigt die Größe der Zusatzlast auf der Hinterachse des Schleppers in Abhängigkeit von der Tiefe bei schwimmendem

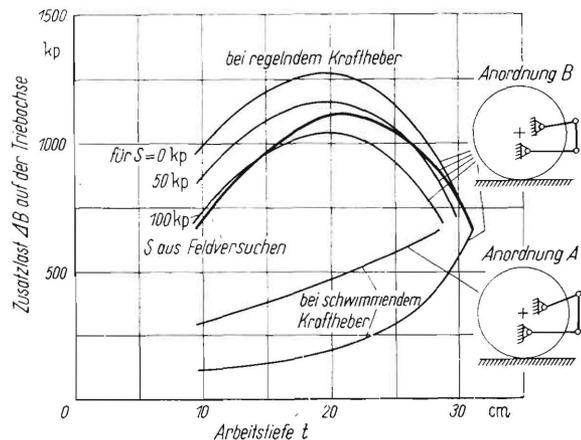


Bild 6. Zusatzlast ΔB auf der getriebenen Hinterachse des Schleppers bei dreifurchigem Pflug in Abhängigkeit von der Arbeitstiefe bei regelndem Kraftheber unter der Voraussetzung Stützkraft $S = 0, 50$ und 100 kp und aus Feldversuchen sowie beim schwimmenden für steilen (A) und flachen (B) oberen Lenker.
Boden 3: sandiger Lehm

und regelndem Kraftheber unter Zugrundelegung der Kräfte von Bild 1 für den Boden 3. Der Gewinn durch die Wirkung des regelnden Krafthebers, wenn die Stützkraft gleich Null angenommen ist, gegenüber dem schwimmenden wird in dem mittleren Bereich der Tiefe (um 20 cm) besonders groß. Bei größerer Tiefe nähern sich die Kurven; es ergibt sich schließlich die gleiche zusätzliche Belastung. Wenn die Widerstandskraft W bei einer großen Tiefe durch den Momentanpol geht, lassen sich die Stützflächen durch den Kraftheber nicht mehr weiter entlasten, da hier die Stützkraft Null ist. Würden trotzdem Kräfte über die Hubstangen nach oben ausgeübt werden, müßte der Pflug aus dem Boden gehen.

Wenn man die gemessenen Größen der Stützkraft nach Bild 4 berücksichtigt, so erhält man die stark ausgezogene Linie. Infolge der Wirkung der Stützkraft geht also ein Teil der zusätzlichen Belastung verloren. Die Differenz wird im üblichen Betrieb meistens nicht so klein sein wie bei den Meßversuchen mit optimaler Einstellung. Die relative Länge des oberen Lenkers und damit die Lage der Pflugkörper zur Ackeroberfläche spielen dabei eine entscheidende Rolle [8].

Die obigen Ausführungen haben gezeigt, daß

1. die Kraft O im oberen Lenker, unabhängig davon, ob Stützkraft vorhanden sind oder nicht, sich nicht immer proportional mit der horizontalen Zugwiderstandskraft W_L ändert und deshalb Regelungssysteme auf gleichen Zugwiderstand, wie sie zur Zeit auf dem Markt sind, in kleinen Tiefen nicht einwandfrei ohne Stützräder oder andere Stützflächen arbeiten können;
2. bei längerem oberem Lenker der Pflug infolge der Wirkung der Stützflächen und der Lage des Pflugkörpers zur Ackeroberfläche nach einem Hubvorgang durch den Kraftheber langsamer einzieht. Dabei vermindert sich auch die Zusatzlast auf den Triebrädern des Schleppers;
3. bei kleinen Unebenheiten des Ackers unerwünschte Impulse den Kraftheber ansprechen lassen, ohne daß eine Wirkung auf den Tiefgang erforderlich wäre.

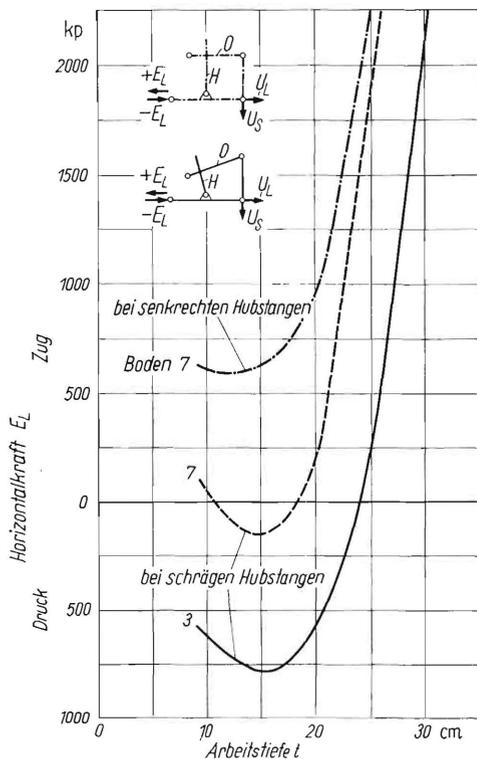


Bild 7. Horizontalkraft E_L am unteren Anlenkpunkt in Abhängigkeit von der Tiefe bei schrägen und bei senkrechten Hubstangen. Annahme: Stützkraft $S = 0$ kp.
Boden 3: sandiger Lehm
Boden 7: lehmiger Ton

Die früheren Überlegungen wurden also durch die Messungen auf dem Acker bestätigt. Darüber hinaus konnten der Einfluß der hierbei ermittelten Stützkraft und derjenige der Länge des oberen Lenkers auf die Kräfte am Dreipunktanbau und am Schlepper untersucht werden.

Die Bemerkungen unter Punkt 1 und 3 beziehen sich nicht auf Schlepper mit Tastregelung, bei denen sich die Kräfte in den Lenkern nicht auf den Kraftheber und seine Regelung auswirken.

Die Ergebnisse und Folgerungen der Untersuchungen über die Größe der Zusatzlast, besonders ihre Verminderung durch die Stützkraft, gelten jedoch für alle Regelungssysteme. Der Einfluß der Größe des Schnittwinkels, der Form der Schneide, des Pflugkörpers und der Stützflächen am Pflug muß noch untersucht werden, da Verbesserungen der Zusatzbelastung möglich erscheinen.

Regelung über die unteren Lenker

Für größere Schlepper und entsprechend schwere Pflüge wird bei der Regelung auf gleichen Zugwiderstand die Beeinflussung des Krafthebers über die unteren Lenker bevorzugt. Aber auch hier sind beim Dreipunktanbau, wie **Bild 7** für einen dreifurchigen Pflug zeigt, ungünstige Einflüsse durch schräg angebrachte Hubstangen auf den Verlauf der Kräfte in den unteren Lenkern und durch die Vertikalkraft im Bereich geringerer Tiefen vorhanden, wenn nicht besondere Vorkehrungen getroffen werden. Bei diesen und den folgenden Bildern sind die Kräfte von Bild 1 zugrundegelegt und die Stützkraft gleich Null gesetzt, da noch keine Meßwerte vorliegen. Das Senkrechtstellen der Hubstangen wirkt sich (Bild 7, obere Skizze) bereits etwas mildernd aus, so daß das Minimum der Kraft in den unteren Lenkern, in dessen Nähe die Regelung nicht einwandfrei wirken kann, nach kleineren Tiefen hin verschoben wird.

Eine weitere Verbesserung der Verhältnisse wurde bei einem Symposium der Institution of Mechanical Engineers vorgeschlagen [9]. Den dort bei der Diskussion vorgebrachten Gedanken

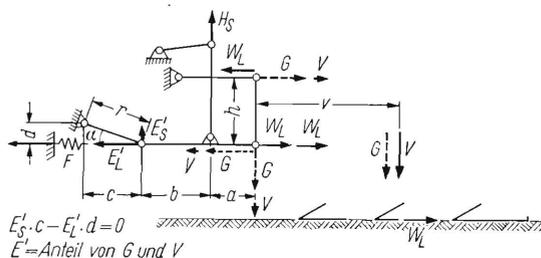


Bild 8. Anlenkung der unteren Lenker über eine „Brücke“ zur Feder F . Wenn $\tan a = \frac{h}{v} \frac{a}{b}$, besteht kein Einfluß von V auf F .

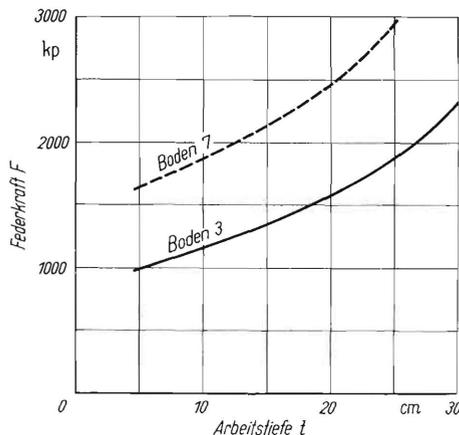


Bild 9. Federkraft F in Abhängigkeit von der Furchentiefe t bei der gewählten Anlenkung nach Bild 8 für die Böden 3 und 7.
Boden 3: sandiger Lehm
Boden 7: lehmiger Ton

zeigt etwas vereinfacht **Bild 8**; die unteren Lenker wirken nicht direkt auf die Meßfeder, sondern sie sind an einer „Brücke“ mit dem Hebelarm r angelenkt. Der Winkel α ist so gewählt, daß sich die in ihrer Größe ändernden Vertikalkräfte V um den Drehpunkt der Brücke am Schlepper ausgleichen. Dazu muß der

$\tan \alpha = \frac{h}{v} \frac{a}{b}$ sein. Durch Berücksichtigung der Lage der Wirkungs-

linde der Stützkraft S bei der Wahl des Winkels läßt sich auch der ungünstige Einfluß der Stützkraft zum Teil verringern.

Die Federkraft F in Abhängigkeit von der Tiefe steigt dann gleichmäßig an, wie es für die beiden Böden 3 und 7 in **Bild 9** gezeichnet ist. In **Bild 10** ist der Anstieg der Federkraft F in Abhängigkeit von der Widerstandskraft W_L dargestellt. Damit wären die gewünschten Verhältnisse für eine Regelung auf gleichen Zugwiderstand erreicht, wenn nicht noch weitere Störgrößen, wie z. B. die Bodenunebenheiten, einwirken würden, die beim Dreipunktanbau in den unteren Lenkern ebenso wie im oberen vorhanden sind. Durch einen gewissen Freigang am Kupplungspunkt des oberen Lenkers könnte dieser Einfluß vermindert werden. Damit ist bereits der Übergang zur Form des Sattelpfluges angedeutet, dessen Anwendung sich als notwendig erweist, wenn bei den schweren, langen Pflügen die Entlastung der Vorderachse der Schlepper zu groß wird.

Zusammenfassung

Die Untersuchungen, die auf der Grundlage von Messungen an Schleppern mit regelnden Krafthebern durchgeführt wurden, bestätigen die früheren Überlegungen und zeigen dem Konstrukteur, daß die Forderung nach Einhaltung eines gleichen Zugwiderstandes und damit bei gleichmäßiger Oberfläche des Ackers auch eines gleichbleibenden Schlupfes auf wechselndem Boden durch den regelnden Kraftheber nicht zu erfüllen ist. Tatsächlich wird bei allen auf dem Markt befindlichen Ausführungen des nach Zugwiderstand regelnden Krafthebers eine gleichmäßige

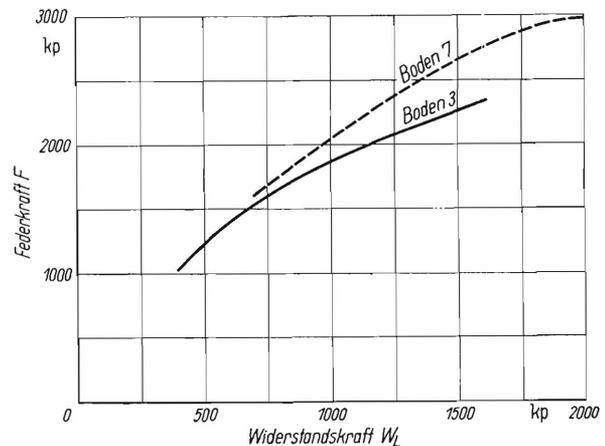


Bild 10. Federkraft F in Abhängigkeit von der Widerstandskraft W_L bei Anlenkung nach Bild 8 für die Böden 3 und 7.

Boden 3: sandiger Lehm
Boden 7: lehmiger Sand

Tiefe durch besondere Einrichtungen, welche eine echte Regelung behindern, angestrebt; dabei muß sich auf wechselndem Boden selbstverständlich der Zugwiderstand ändern.

Darüber hinaus konnte aus den Messungen ein großer Einfluß einer Längenänderung des oberen Lenkers, also der Einstellung der Pflugkörper zur Ackeroberfläche, auf die wirkenden Kräfte festgestellt werden.

Bei flacher Furche ist die Tiefe besser mit Hilfe von Tasträdern oder anderen Stützflächen, nicht aber mit einem Krafthebersystem, das nach Zugwiderstand regelt, gleichzuhalten. Dies gilt auch für eine Regelung über die unteren Lenker, solange dabei Kräfte durch den oberen Lenker übertragen werden oder nicht alle genannten Möglichkeiten für eine günstige Ausbildung der Kraftübertragung auf die Meßfeder ausgenutzt sind.

Schrifttum

- [1] Getzloff, G.: Vergleichende Untersuchung über die Kräfte an Norm-Pflugkörpern. Grundlagen der Landtechn. Heft 5. Düsseldorf 1953. S. 16/35.
- [2] Getzloff, G.: Änderung der Kräfte bei Drehung der Pflugkörper aus der Normallage. Grundlagen der Landtechn. Heft 3. Düsseldorf 1952. S. 71/74.
- [3] Skalweit, H.: Über die bei der Tiefenhaltung von Schleppernbaugeräten auftretenden Kräfte. Grundlagen der Landtechn. Heft 3. Düsseldorf 1952. S. 109/118.
- [4] Hain, K.: Zur Kinematik der Tiefenhaltung von Schleppernbaugeräten. Grundlagen der Landtechn. Heft 3. Düsseldorf 1952. S. 119/28.
- [5] Skalweit, H.: Bestimmung der Kräfte am Schlepper und Pflug bei regelndem Kraftheber. Landtechn. Forsch. **12** (1962) S. 53/60.
- [6] Skalweit, H.: Messung der Kräfte zwischen Schlepper und Anbaupflug in zwei Meßstellen. Landtechn. Forsch. **11** (1961) S. 151/59.
- [7] Skalweit, H.: Feldmessungen an Schleppern mit Dreipunktanbau und regelnden Krafthebern. Landtechn. Forsch. **14** (1964) S. 1/5.
- [8] Skalweit, H.: Regelnde Kraftheber zwischen Wunsch und Wirklichkeit. Landtechn. **18** (1963) H. 18, S. 574/78.
- [9] Hockey, W. S.: Tractor mounted implements and adaptations. Proc. Instn. Mech. Engrs. (A. D.) 1961-62, No. 4, S. 158/66. Covell, P. A.: in der Diskussion S. 174/75.