

## ÜBER DIE BEI DER TIEFENHALTUNG VON SCHLEPPER- ANBAUGERÄTEN AUFTRETENDEN KRÄFTE

Von Helmut Skalweit

Von den Ackergeräten muss die zuverlässige Einstellung und Einhaltung einer gewünschten Arbeitstiefe aus ackerbaulichen Gründen verlangt werden. Dies ist bei den Geräten für die Bodenbearbeitung, die Bestellung, die Pflege und für die Ernte der Hackfrüchte zu beachten.

Vor der Bestellung soll der Ackerboden von den Bodenbearbeitungsgeräten (Pflug, Grubber, Egge) bis zu einer bestimmten Tiefe gleichmässig durchgearbeitet sein. Jede Störung der Homogenität des Bodenzustandes bringt andere, meistens ungünstigere Vorbedingungen für das Wachstum der Pflanzen. Auch die Gründüngung, der Stallmist, die umgebrochene Grasnarbe oder die Stoppel müssen in eine vorgesehene Tiefe gebracht werden, wo sie sich möglichst schnell in ihrem Zustand der umgebenden Ackererde angleichen und den Boden verbessern sollen.

Die Werkzeuge für die Bestellung (Drillschare, Kartoffelpflanzlochkörper und Zudeckwerkzeuge) sollen den Kulturpflanzen günstige und gleiche Wachstumsbedingungen durch Einbringen der Saat in eine bestimmte Tiefe schaffen.

Die Werkzeuge für die Pflege (Hackschare, Winkelmesser und Häufelkörper) haben zwei Aufgaben zu erfüllen: 1. sie sollen durch Lockerung der Bodenoberfläche um die Pflanzen herum eine gute Durchlüftung ermöglichen sowie eine Isolierschicht gegen Verdunsten bilden und 2. sollen sie das Unkraut durch Zerstörung seiner Wurzeln vernichten. Hierbei ist es besonders wichtig, die Arbeitstiefe genau einzuhalten, um die Wurzeln der Kulturpflanzen nicht zu verletzen.

Die Werkzeuge für die Ernte der Hackfrüchte, z.B. die Rodeschare für die Kartoffeln, sollten nicht tiefer als unbedingt notwendig geführt werden, damit möglichst wenig Erde über die Reinigungs- und Absiebvorrichtungen gehen muss.

Bei den Gespanngeräten und bei den Anbaugeräten am Schlepper lässt sich die Forderung nach gleichmässiger Arbeitstiefe leichter erfüllen als bei den Anbaugeräten. Die Verhältnisse der kleinen Betriebe, die erst im Anfang der Motorisierung stehen, verlangen aber aus verschiedenen Gründen Anbaugeräte. Wir müssen uns also mit diesen befassen, umsomehr als in der Praxis oft über ihre ungenaue Tiefenhaltung geklagt wird.

Die Ackeroberfläche ist keine gleichmässig ebene, horizontale Fläche, sondern infolge von Furchen, von Rad- und Hufspuren usw. mehr oder weniger uneben und entsprechend dem Gelände wellig und geneigt. Die Struktur und Zusammensetzung der Ackerkrume ist nicht homogen und oft wechselt der Boden mehrmals innerhalb eines Schlags. Durch die Unebenheit der Ackeroberfläche und den wechselnden Boden wird der gleichmässige Gang der Werkzeuge beeinflusst. Im folgenden soll im wesentlichen vom Pflug die Rede sein, da er sich besonders gut als Beispiel eignet, um die Faktoren, die sich auf die Regelung der Arbeitstiefe auswirken, zu behandeln. Die gewonnenen Schlüsse lassen sich sinngemäss auf die anderen Geräte übertragen, worauf im folgenden hingewiesen werden wird.

Um die geforderte Gleichmässigkeit bei der Durcharbeitung des Bodens zu erreichen, muss der Pflugkörper bis zu der gewünschten Bearbeitungstiefe Erdbalken abschneiden, wenden und krümeln. Kurze Unebenheiten auf dem Acker, wie Dämme und Querfurchen, sollen von dem Pflug ausgeglichen werden, während der Pflug längeren Bodenwellen folgen soll, d.h. der Abstand der Ackeroberfläche bis zur Furchensole soll gleichbleiben (Bild 1). Die zulässigen Abweichungen von der eingestellten Arbeitstiefe sollen nach den Wünschen der Bodenkundler nicht mehr als  $\pm 10\%$  betragen, also bei einer 20 cm tiefen Furche sollen Schwankungen zwischen 18 und 22 cm zulässig sein. Der Einzugsweg der Scharschneide, der in seiner Form kinematisch festgelegt werden kann, soll möglichst kurz sein, desgleichen der Weg für das Ausheben.

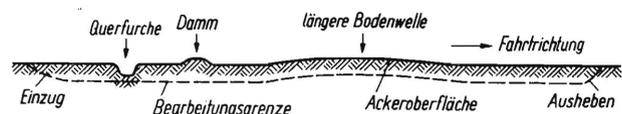


Bild 1. Einhaltung der Arbeitstiefe bei verschiedenen Bodenunebenheiten.

Dass zur Erzielung einer gleichmässigen Ackeroberfläche auch eine gleichmässige Breite des Erdbalkens erwünscht ist, muss erwähnt werden; jedoch soll über die in horizontaler Richtung auftretenden Probleme, die in manchem denen in der vertikalen Richtung ähnlich sind, im folgenden nicht gesprochen werden. Für den Techniker ist die Regelung der Arbeitstiefe neben der Berücksichtigung der vorstehenden ackerbaulichen Forderungen vor allem

ein Problem der Mechanik. Wie bei jedem Regelvorgang treten Abweichungen vom Normalzustand durch Änderung der wirksamen Kräfte oder durch Änderung der Relativbewegungen zwischen Pflugkörper und Ackeroberfläche auf. Durch entsprechende Rückstellkräfte und Bewegungen soll die gewünschte Arbeitstiefe wieder hergestellt werden.

Bei Pflugkörpern mit festangebaute Sohle steht im Normalzustand, also in der Arbeitsstellung, die sogenannte Richtlinie<sup>1)</sup>, d.h. die Verbindung der Scharspitze bzw. -schneide mit der Unterkante der Schleifsohle, etwa parallel zur allgemeinen Ackeroberfläche. Um diese Stellung zu erreichen und bei wechselnden Bodenzuständen zu erhalten, muss sich der reelle oder ideelle Führungspunkt des Schwingpfluges in einer bestimmten Höhe über der Ackeroberfläche bewegen, und es muss unter allen Verhältnissen ein Moment um diesen Punkt vorhanden sein, das durch eine Kraft an der Schleifsohle oder einer anderen Abstützung aufgenommen wird.

Diese beiden Voraussetzungen bilden die Grundlage für die Betrachtungen über die Regelung der Arbeitstiefe. Sie lassen sich, wie aus der Praxis bekannt ist, nicht einfach erfüllen. Erstens befindet sich der Führungspunkt für die Werkzeuge – im Gegensatz zu den Anhängegeräten, die ein eigenes Fahrgestell haben – am Schlepper. Dieser führt ausser seiner parallelen Verschiebung zum Erdboden auch noch Nickschwankungen aus, bei denen er sich um eine horizontale, quer zur Fahrtrichtung gedachten Achse dreht. Zweitens ändert sich der Bodenwiderstand oft innerhalb der Schlaglänge, wobei das Drehmoment um den Führungspunkt in seiner Grösse schwankt, auch u.U. null werden kann.

Damit ergeben sich die Forderungen an die Ausbildung der Anlenkung des Pfluges an den Schlepper in der Vertikalebene:

1. soll der Führungspunkt bei Nickschwankungen des Schleppers diesen Bewegungen nur nach und nach

folgen, bzw. soll sich seine Lage relativ zum Pflug nur langsam verschieben, und

2. soll sich die Abstützkraft an Schleifsohle oder Stützrädern bei wechselndem Boden nur wenig ändern. Alle Abweichungen von den normalen Verhältnissen sollen durch die Art und Ausbildung der Anlenkung vermieden und durch die Wirkung der auftretenden Kräfte abgefangen werden. Im folgenden werden die bei den Anlenkungen bekannter Ausführungen auftretenden Kräfte und ihr Einfluss auf die Regelung der Arbeitstiefe behandelt, während sich Hain [1] in seiner Arbeit mit den Bewegungsvorgängen befasst.

An den vorher genannten Bodenbearbeitungsgeräten treten in der vertikalen Ebene nach Bild 2 folgende Kräfte auf: das Gewicht  $G$  des Gerätes im Schwerpunkt angreifend, der resultierende Bodenwiderstand  $R$ , abhängig vom Boden und vom Arbeitsquerschnitt, und die Gegenkraft  $W$ , die dem vom Schlepper ausübenden Zug entspricht. Bei Werkzeugen ohne Schleifsohle, z.B. bei Häufelkörpern, Grubbern und Spurlockerern, befindet sich im Gleichgewichtszustand der Führungspunkt auf der Wirkungslinie von  $W$ . Wenn sich bei wechselndem Boden die Kraft  $R$  ändert, muss von Hand oder durch eine zusätzliche Feder nachgeregelt werden. Es kann auch bei diesen Geräten eine Abstützung auf Rollen oder Gleitkufen auf dem unbearbeiteten Land oder neben den Werkzeugen vorgesehen sein, die ähnlich einer Schleifsohle wirkt. Diesen Fall zeigt Bild 3, auf dem ein Pflug als Beispiel für ein Gerät mit Abstützung abgebildet ist.

Es werden  $R$ ,  $G$  und  $A_W$  zu einer Ersatzkraft  $W_0$  vektoriell addiert, Bild 3. Die Ersatzkraft  $W_0$  ist unabhängig von der Art der Anlenkung bzw. von der Lage der Anlenkpunkte. Nach Festlegung eines Führungspunktes sollte sie ein Moment  $W_0 \cdot r_0$  um diesen hervorrufen, das durch eine Kraft entweder am Boden oder am Schlepper abgestützt werden kann. Aus dem Krafteck ergeben sich  $W$  (gleich der vom Schlepper ausgeübten Zugkraft) und  $S$  als Stützkraft an der Schleifsohle.

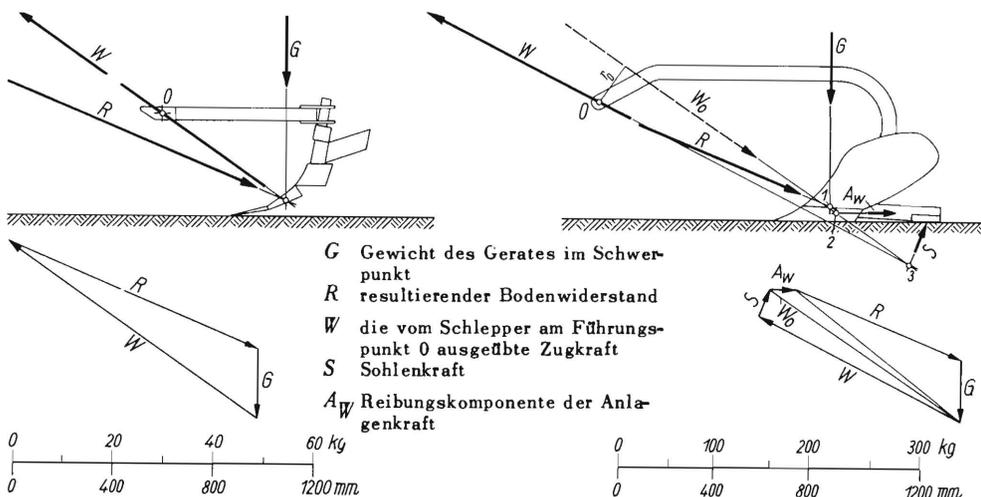


Bild 2 u. 3. Kräfte an Bodenbearbeitungswerkzeugen ohne und mit Stützsohle.

1) Begriffe des Pflugkörpers nach DIN 11118.

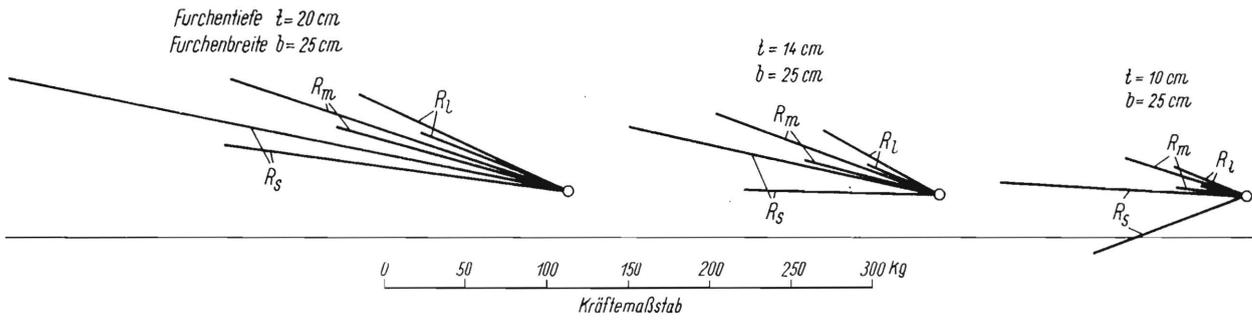


Bild 4. Streubereich des Bodenwiderstandes  $R$  (Projektion in die Vertikalebene) für einen Pflugkörper bei verschiedenen Böden und Furchentiefen (nach Messungen von Getzlaff).

liegende Körperform,  $l$  lehmiger Sand,  $m$  (mittelschwerer) sandig toniger Lehm,  $s$  kiesig toniger Lehm

Für den Scharpflug sind Grösse und Richtung der Widerstandskräfte  $R$  aus den Untersuchungen von Getzlaff [2] für bestimmte Pflugkörper bekannt, wie sie bei verschiedenen Arbeitstiefen und -breiten bzw. bei verschiedenen Böden auftreten. Auch an Scheibenpflügen sind Messungen zur Ermittlung des Arbeitswiderstandes gemacht worden; für andere Geräte müssen noch Messungen durchgeführt bzw. die bekannten Ergebnisse erweitert werden.

Im folgenden werden die bekannten Anlenksysteme<sup>2)</sup>, nach denen die Arbeitsgeräte am Schlepper angebaut sind, untersucht, und es wird festgestellt, wie weit sie die genannten Forderungen hinsichtlich gleichmässiger Arbeitstiefe erfüllen können. Die Betrachtungen beziehen sich auf Pflüge mit liegenden Körpern, die in der Norm als  $L$ -Form bezeichnet werden. Für diese ist nach den Messungen von Getzlaff in Bild 4 der Bereich, den die Widerstandskraft  $R$  in der Vertikalebene bei verschiedenen Furchentiefen einnehmen kann, wiedergegeben. Den folgenden Untersuchungen wurden die Bodenwiderstände  $R_l$  und  $R_s$  für leichten und schweren Boden für eine Furchenbreite von 25 cm und eine Furchentiefe von 20 cm, sowie die im Bild 5 angegebenen Extremwerte  $R_l^*$  und  $R_s^*$  zugrundegelegt.

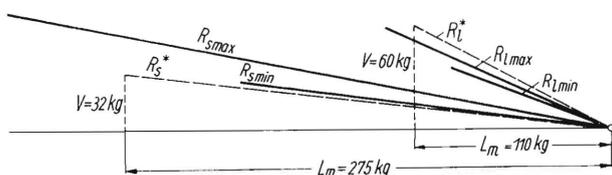


Bild 5. Die den Untersuchungen zu Grunde gelegten Grenzwerte ( $R_l$  und  $R_s$ ) und Extremwerte ( $R_l^*$  und  $R_s^*$ ) der mittleren Bodenkraft  $R$ .

liegende Körperform  
Furchenbreite  $b = 25$  cm  
Furchentiefe  $t = 20$  cm

Freischwingender, sich selbst einstellender Pflug mit fest angebauter Sohle

Das Einspielen des Pfluges erfolgt bei diesem Anlenksystem (A 1 und A 2 in Bild 6 und 7) so, dass die horizontale Richtlinie sich etwa parallel zur Ackeroberfläche einstellt und dabei, wie oben ge-

schildert, durch das Moment um den Führungspunkt eine Sohlenkraft entsteht. Die Sohlenkraft  $S$  ist von der Lage des Führungspunktes abhängig. Der Führungspunkt ist so zu wählen, dass unter den schwierigsten Verhältnissen noch ein Drehmoment, das den Pflug in den Boden drückt, vorhanden ist. Auf Bild 8 ist eine Gerade als obere Grenze für  $W (= W_s)$  für die Lage des Führungspunktes gezogen. Liegt der Führungspunkt  $P$  auf dieser Geraden, so ergibt sich auf schwerem Boden eine Sohlenkraft von 10 kg, sodass der Pflug unter diesen Verhältnissen noch eine gewisse Führung behält. Würde der Führungspunkt höher liegen und die Sohlenkraft gleich Null werden, so ginge der Pflug „auf der Scharspitze“, die Pflugtiefe würde sich ändern und keine ordentliche Arbeit mehr geleistet werden.

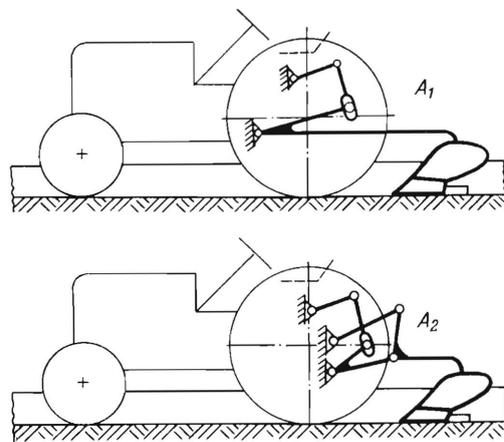


Bild 6 u. 7. Freipendelnde, sich selbst einstellende Schwingpflüge.

A 1 mit reellem Führungspunkt  
A 2 mit idealem Führungspunkt

Nun sind aber die Messungen von Getzlaff ohne ein Sech und mit scharfem Schar vorgenommen; man wird also den Anlenkpunkt tiefer legen müssen, um immer eine sichere Führung zu behalten. Andererseits soll die Sohlenkraft auch nicht zu gross werden, um keine Verdichtungen der Furchensohle zu bekommen. Es ist deshalb auf dem Bild eine zweite untere Grenze für  $W (= W_l)$  für die Lage des Führungspunktes eingezeichnet. Bei der Lage des Führungspunktes auf dieser Geraden wird die Kraft an der Schleifsohle 80 kg, wobei ein  $R$  bei leichtem

2) s. Grundlagen der Landtechnik, Heft 1 (1951) S. 25: Bild 1.

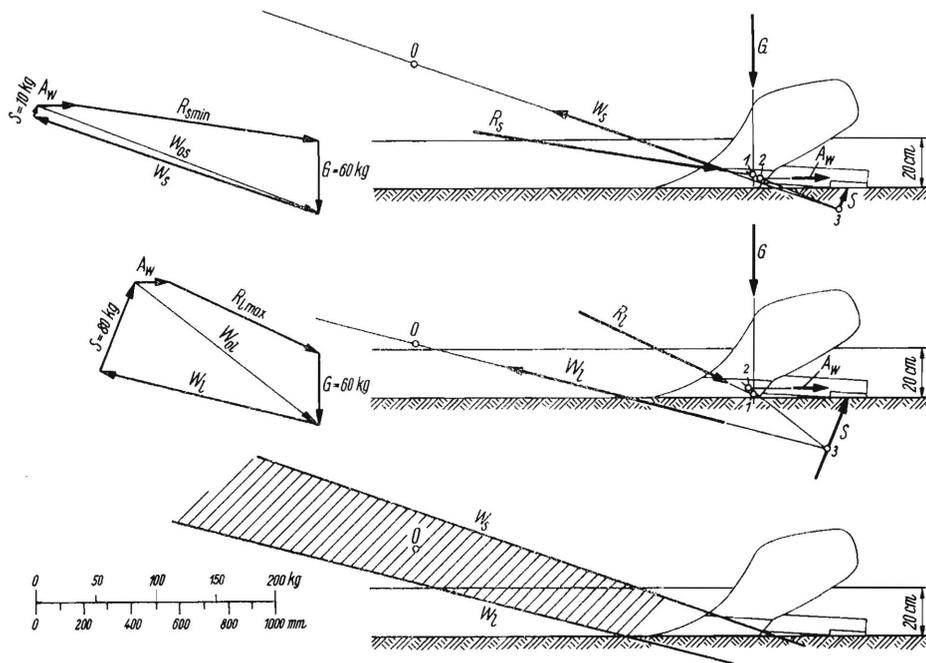


Bild 8. Lage des Führungspunktes 0 bei verschiedenen Böden.

oben: für schweren Boden. Sohlenkraft  $S = 10$  kg  
 Mitte: für leichten Boden. „  $S = 80$  kg  
 unten: Bereich für den Führungspunkt 0 bei einem  
 Sohldruck zwischen 10 und 80 kg

Boden zugrundegelegt wurde. Eine Sohlenkraft von 80 kg wurde als vorläufige Grenze gewählt, weil man bei den üblichen Ausführungen nach den graphischen Ermittlungen derartig hohe Kräfte annehmen darf. Diese Annahme wird durch neuere Versuche, die jedoch noch nicht abgeschlossen sind, bestätigt. Es trat bei einer Sohlenkraft von 80 kg bereits eine starke Eindrückung der Furchensohle bei den üblichen Schleifsohlenabmessungen auf, die beim Übergang vom schweren auf leichten, d.h. zusammen-

drückbaren Boden dazu führen kann, dass der Pflug bei derselben Einstellung tiefer geht. Über die Grösse der auftretenden und der zulässigen Zusammendrückung bei verschiedenen Bodenarten werden noch Versuche durchgeführt werden. Es sei erwähnt, dass durch erhöhte Reibung an der Schleifsohle auch die Zugkraft grösser wird. Bei einem Reibungswert  $\mu = 0,5$  ergibt sich bei einer Sohlenkraft von  $S = 80$  kg bereits eine um 35 kg höhere Zugkraft als bei  $S = 10$  kg.

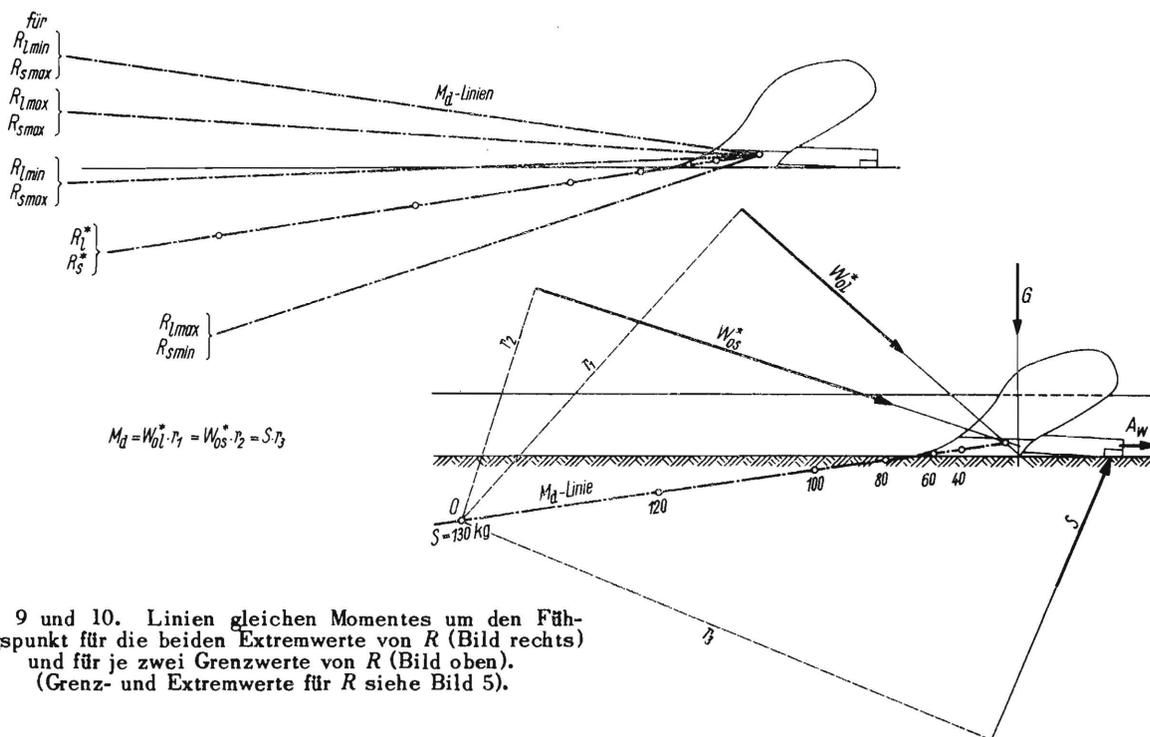


Bild 9 und 10. Linien gleichen Momentes um den Führungspunkt für die beiden Extremwerte von  $R$  (Bild rechts) und für je zwei Grenzwerte von  $R$  (Bild oben). (Grenz- und Extremwerte für  $R$  siehe Bild 5).

Durch die beiden Begrenzungslinien ist ein Bereich für die Lage des Führungspunktes festgelegt. In diesem erreicht die Sohlenkraft Werte zwischen 10 – 80 kg.

Bei einem Wechsel der Sohlenkraft innerhalb dieser Werte kann sich die Arbeitstiefe noch infolge verschiedener Eindrückung des Bodens durch die Schleifsohle ändern. Am günstigsten wäre es, wenn das Moment um den Führungspunkt und damit die Sohlenkraft für alle Werte von  $R$  bei einer gewählten Furchentiefe und -breite gleich bliebe.

Wenn man den geometrischen Ort dafür zunächst für die beiden bekannten Extremwerte sucht, so findet man eine Gerade (Bild 9), auf der die Momente  $Md$  um einen gewählten Anlenkpunkt für beide Werte von  $W_o$  gleich sind:  $Md = W_{ol}^* \cdot r_1 = W_{os}^* \cdot r_2$ . Damit ist auch die Grösse der dazugehörigen Sohlenkraft  $S$  für beide Werte gegeben, da  $S \cdot r_3$  ebenfalls gleich  $Md$  ist. Bei üblichen Grindellängen wird  $S$  unter extremen Werten sehr gross, auch müsste der Anlenkpunkt z.T. unterhalb des Erdbodens liegen. Für andere Werte aus dem Streugebiet für  $R$  ergeben sich andere  $Md$ -Linien, die aber alle zum Durchstossungspunkt am Pflugkörper strahlenförmig hin aufen (Bild 10). Wenn man in dessen Nähe den Führungspunkt anbringen würde, so wären entsprechend der obigen Ableitung die geringsten Änderungen der Momente und der Sohlenkräfte zu erwarten. Zu derartigen Ausführungen sind verschiedene Erfinder gelangt; drei Beispiele werden weiter unten besprochen werden.

Der Einfluss des Pfluggewichts  $G$  auf den Bereich, in den man den Führungspunkt legen sollte, ist aus Bild 11 ersichtlich. Der Schwerpunkt, durch den  $G$  geht, ist der Einfachheit halber bei allen drei Gewichtsannahmen in den gleichen Abstand von der Scharspitze gelegt. Bei grösserem Gerätegewicht ist es möglich, den Anlenkpunkt höher über dem Boden zu wählen, dabei macht sich aber eine Überschreitung des angenommenen Streugebietes stärker bemerkbar. Es gelten auf der Abb. 11 die Grenzlinien für die Extremwerte aus Bild 5.

Der Winkel zwischen den Grenzlinien ist bei kleinem Pfluggewicht grösser und nimmt für grössere Gewichte immer mehr ab, bis er negativ wird, also die Grenzlinien nach links zusammenlaufen, und sich schliesslich bei sehr grossen Gewichten kein reeller Anlenkpunkt mehr finden lässt, bei dem die Sohlenkraft für die beiden gewählten Extremwerte noch innerhalb der gewünschten Grenzen von 10–80 kg bleibt. Auch bei grösserem Streubereich verkleinert sich der Winkel der beiden Grenzgeraden.

Beim Gelenkviereck kann durch die richtige Wahl der Lage der Gelenkpunkte und der Länge der Lenker der ideale Führungspunkt durch eine Verstellung sowohl relativ zum Schlepper als auch zum Pflug verändert werden, sodass er immer in dem günstigen

Bereich liegt. Beim reellen Anlenkpunkt ist dies nur durch zwei Verstellungen, nämlich des Anlenkpunktes und des Grindelknickungswinkels, zu erreichen<sup>3)</sup>, die aber vom Landwirt nicht immer richtig bedient werden.

Eine Nachregelung der Arbeitstiefe bei wechselndem Boden während der Fahrt entlang einer Furche kann man in kleinbäuerlichen Betrieben wohl voraussetzen, da der Bauer seine Felder gut kennt. Die Furchentiefe lässt sich vom Sitz aus rückwärtsblickend nicht genau abschätzen; deshalb sind Ausführungen, bei denen der Pflug sich vor dem Fahrer befindet, u.U. günstiger.

Die Forderung nach Gleichhaltung der Sohlenkraft in den genannten Grenzen kann also bei der freipendelnden, selbsteinstellenden Anlenkung erfüllt werden, wenn die Bedingungen für die richtige Lage des Führungspunktes eingehalten sind.

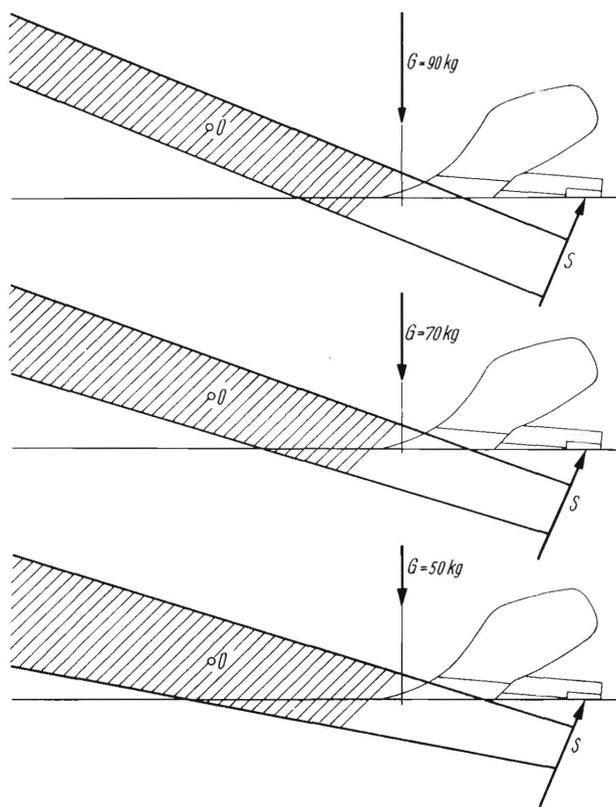


Bild 11. Einfluss des Pfluggewichtes auf die Lage des Führungspunktes.

Die Lage des Führungspunktes und damit die Arbeitstiefe wird ausser durch den wechselnden Boden und die Unebenheiten der Ackeroberfläche durch die Tiefe der Vorfurche beeinflusst. Die erste Furche, bei der noch alle vier Räder des Schleppers auf dem ungepflügten Land laufen, ist für die weiteren Furchen massgebend. Die hier auftretenden Schwankungen der Tiefe pflanzen sich, wenn auch in geringerem Masse und phasenverschoben auf die weiteren Furchen fort. Besonders unangenehm ist dieser Einfluss

3) s. Grundlagen der Landtechnik, Heft 1 (1951) S. 31.

beim Einziehen am Anfang der Furche, dem durch Übersteuern von Hand oder automatisch entgegengewirkt werden kann. Eine Übersteuerung wird dadurch erreicht, dass man den Pflug auf die Spitze stellt, wobei die Lage des Führungspunktes einer grösseren als der gewünschten Tiefe entspricht.

Der Einfluss der Vorfurche gilt auch für den Anhängepflug, dessen Tiefenhaltung im allgemeinen gleichmässiger ist, weil das Gewicht des Rahmens die Pflugkörper belastet und der Raddruck nur von den senkrechten Kräften abhängt, die sich nach Getzlaff weniger ändern als die Längskräfte. Trotzdem ist bei der geforderten Genauigkeit ein Nachstellen der Tiefe auch beim Anhängepflug nicht ganz zu vermeiden.

Schwankungen in der Tiefe, die von der Vorfurche herrühren, könnten bei Anbaupflügen vermieden werden, wenn der Schlepper neben der Furche fahren würde. Jedoch sind dann die Momente um den Zugmittelpunkt des Schleppers in der Horizontalebene sehr gross und können nur durch Gegensteuern ausgeglichen werden.

Durch eine Führungsrolle gesteuerte Anbaugeräte

Um von dem Einfluss wechselnden Bodens und der Tiefe der Vorfurche freizukommen, wurden für die Anbaupflüge verschiedene Anlenksysteme entwickelt, bei denen eine Stützrolle bei grossen Kräften bzw. eine Leitrolle bei kleinen Kräften (nach System B 1 und B 2, Bild 12 und 13) die Höhendifferenz zwischen Ackeroberfläche und Furchensohle möglichst genau oder phasenverschoben einhalten kann.

Die Einhaltung der Furchentiefe bei Unebenheiten ist gleichfalls ein kinematisches Problem, das von Hain [1] behandelt wird. Voraussetzung ist auch hier, dass ein Moment um den Anlenkpunkt vorhanden ist

und z.B. bei System B 1 von einer fest am Grindel oder am Geräterahmen angebauten Stützrolle aufgenommen wird; eine Schleifsohle ist dann theoretisch nicht notwendig, da beide Abstützungen nicht gleichzeitig tragen können, sie ist aber gegen eine Drehung um die Schlepperlängsachse praktisch häufig vorhanden.

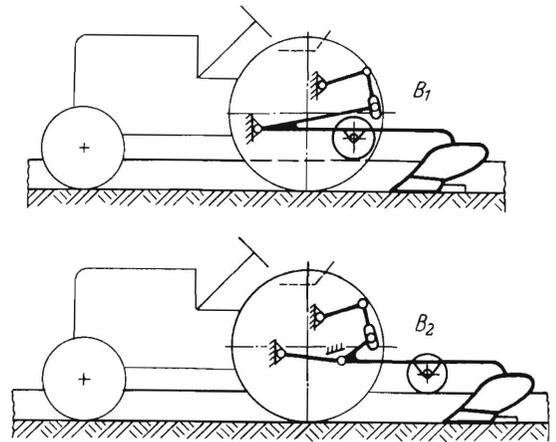


Bild 12 und 13. Anbaupflüge, gesteuert durch eine Führungsrolle. B 1 mit Stützrolle, B 2 mit Leitrolle.

Wichtig ist die Lage der Stützrolle. Je näher sie sich am Anlenkpunkt befindet, umso grösser ist ihre Abstützkraft, umso stärker drückt sie sich in den Boden ein und umso höher ist ihr Rollwiderstand. Da die Schleppertriebachse durch die Abstützkraft entlastet wird, sollte angestrebt werden, die feste Stützrolle möglichst so weit, wie es kinematisch günstig ist (z.B. beim Oliver - Pflug) nach hinten zu legen. Eine gleichzeitig wirkende Schleifsohle würde die Regelung nach unten und ein Tiefergehen des Pfluges verhindern. Beim Einziehen des Pfluges ohne Schleifsohle ist der Scharschneidenwinkel massgebend, bis die eingestellte Tiefe erreicht ist. Die Kräfte auf einer hinten liegenden festen Stützrolle oder Gleitkufe sind etwa die gleichen wie vorher auf der Schleifsohle, jedoch kann der Zugwiderstand durch den günstigeren Reibungsbeiwert bei der Rolle herabgesetzt werden.

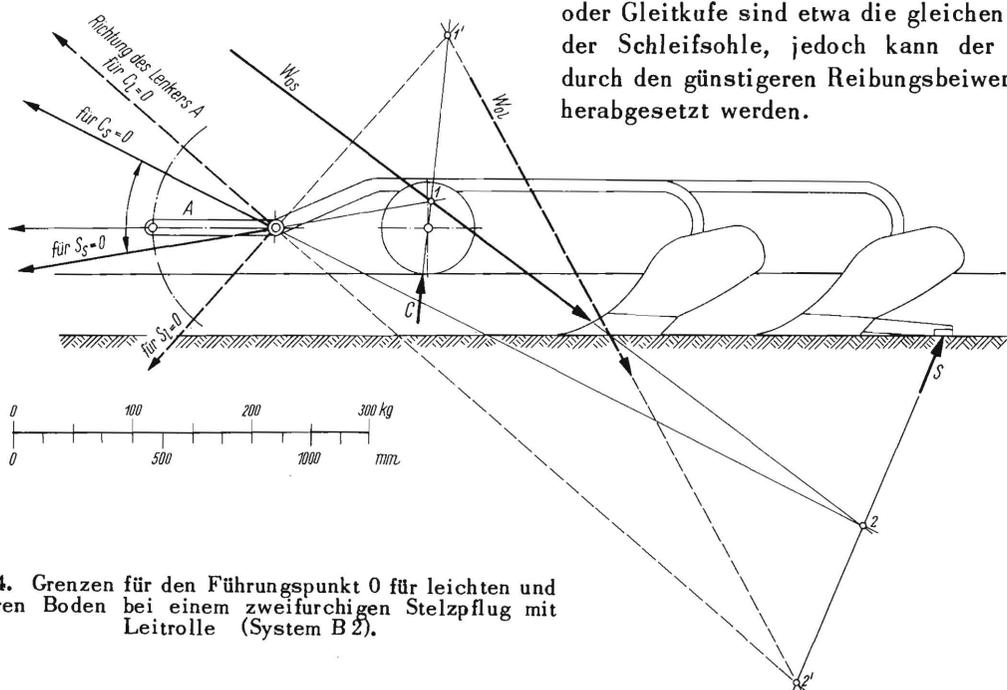


Bild 14. Grenzen für den Führungspunkt O für leichten und schweren Boden bei einem zweifurchigen Stelzpflug mit Leitrolle (System B 2).

Stützrollen sind bei Rahmen mit starr befestigten Werkzeugen ohne Sohle, z.B. Hackwerkzeugen, notwendig, besonders bei grösserer Arbeitsbreite, um eine Anpassung des Rahmens an die Unebenheiten quer zur Fahrtrichtung zu ermöglichen.

Eine andere Lösung für den Ausgleich der Unebenheiten quer zur Fahrtrichtung besteht darin, die Werkzeuge einzeln am Geräterahmen aufzuhängen und jedes für sich mit oder ohne Stützrolle zu steuern. Die Vor- und Nachteile der Hebel- und der Parallelogrammaufhängung hat Zödler [3] untersucht. Die Einstellung der Tiefe freipendelnder Werkzeuge kann durch Änderung des Schnittwinkels oder der Höhe des Führungspunktes am Rahmen erfolgen.

Bei System B 2 wird die mechanische Regelung durch eine Führungsrolle vorgenommen. Diese kann entweder über zwei Gelenke am Schlepper angeschlossen (Bild 14) oder – wie bei drei anderen, erst neuerlich bekanntgewordenen Systemen [4] – beweglich gegenüber dem Grindel in fester Verbindung mit der Schleifsohle oder dem Pflugkörper am Grindel angebracht sein. Die Arbeitstiefe bei diesem System wird an der Rolle eingestellt.

Die Bedingung für eine einwandfreie Regelung des Systems B 2 ist, dass sowohl auf die Leitrolle als auch auf die Schleifsohle unter allen Verhältnissen eine positive Kraft wirkt. Auf Bild 14 sind entsprechend dem bereits vorher angenommenen Streubereich die Grenzen für die Richtung des vorderen Lenkers angegeben, bei denen einerseits die Sohlenkraft, andererseits die Stützkraft der Rolle Null wird. Nach Überschreitung der Grenzen ist keine Regelung mehr vorhanden. Dies kann vorkommen, wenn starke Verschiebungen des „Systems Schlepper“ gegenüber dem Pflug, z.B. beim Herausfahren aus der Furche auf einen höher gelegenen Weg, auftreten.

Im Bild 15–17 sind drei Systeme B 3, B 4 und B 5 dargestellt, die sich dadurch unterscheiden, dass die Leitrolle bei B 3 die Sohle allein, bei B 4 den Pflugkörper mit Sohle und bei B 5 den Pflugkörper allein steuert. Der Drehpunkt liegt bei B 4 und B 5 etwas hinter der Linie  $W_0$ , sodass ein Moment um diesen Punkt entsteht, das die Leitrolle belastet. Bei B 3 wird das Moment von  $W_0$  um den Führungspunkt  $O$  anteilmässig auf die Leitrolle und die Schleifsohle verteilt. Kennzeichnend für die Systeme B 3 und B 5 ist ferner, dass die Schleifsohle beweglich bzw. nicht vorhanden ist, sodass das Einziehen des Pfluges nicht behindert wird, wie bei einer festangebauten Sohle. Es treten also die gleichen Verhältnisse ein wie bei sohlenlosen Werkzeugen mit einer Abstützung auf dem unbearbeiteten Lande. Bei System B 4 wird die sogenannte Richtlinie des Pflugkörpers beim Einzug sehr steil zur Ackeroberfläche gestellt, und der Pflug kann gleichfalls schnell in den Boden eindringen, bis die Leitrolle und die Sohle den Pflugkörper in die Horizontale steuern.

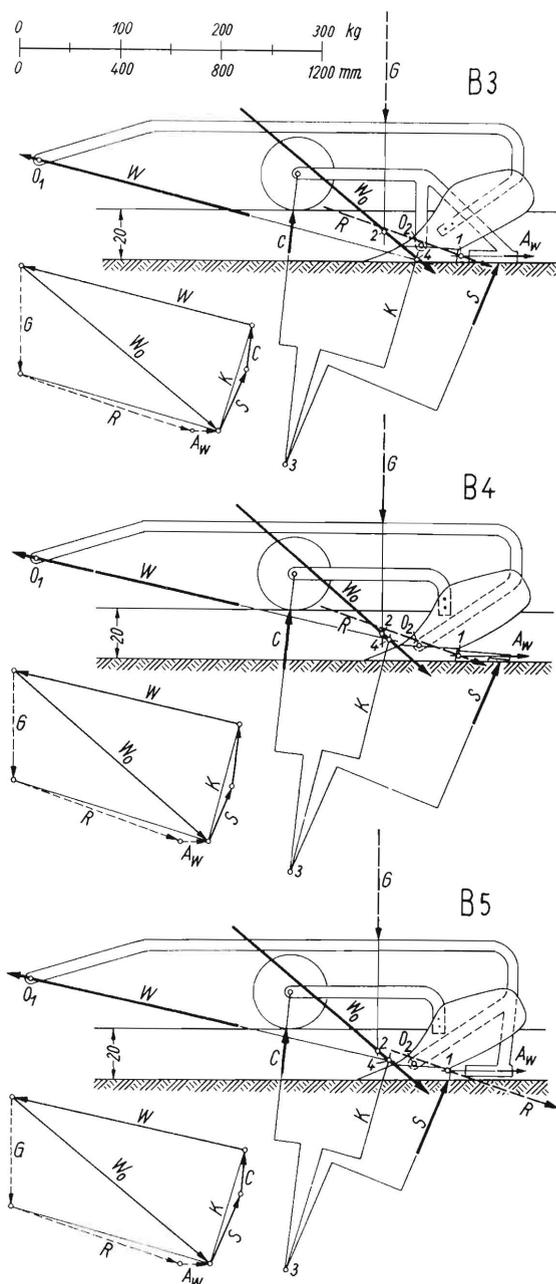


Bild 15 - 17. Drei weitere durch Leitrolle gesteuerte, einfurche Schwingpflüge.  
Furchenbreite  $b = 25$  cm  
Furchentiefe  $t = 20$  cm  
Boden: mittelschwer

Zahlentafel. Kräfte  $W$ ,  $S$  und  $C$

System	Schwerer Boden			Leichter Boden		
	$W$ kg	$S$ kg	$C$ kg	$W$ kg	$S$ kg	$C$ kg
B 3	419	59	35	144	76	40
B 4	408	35	67	135	58	69
B 5	412	48	55	138	74	55

Aus diesem Grunde kann der grindelförmige Anlenkhebel bei den drei Systemen sehr lang sein, ohne dass sich der Einzugswinkel verringert wie beim üblichen Schwingpflug. Die Bodenfreiheit für den Führungspunkt wird damit recht gross. Der Drehpunkt für die Körper liegt nahe der  $Md$ -Linie (vergl. Bild 15/17 mit 9/10), und es ergeben sich nur geringe Schwankungen von  $S$  und  $C$  bei verschiedenen Böden.



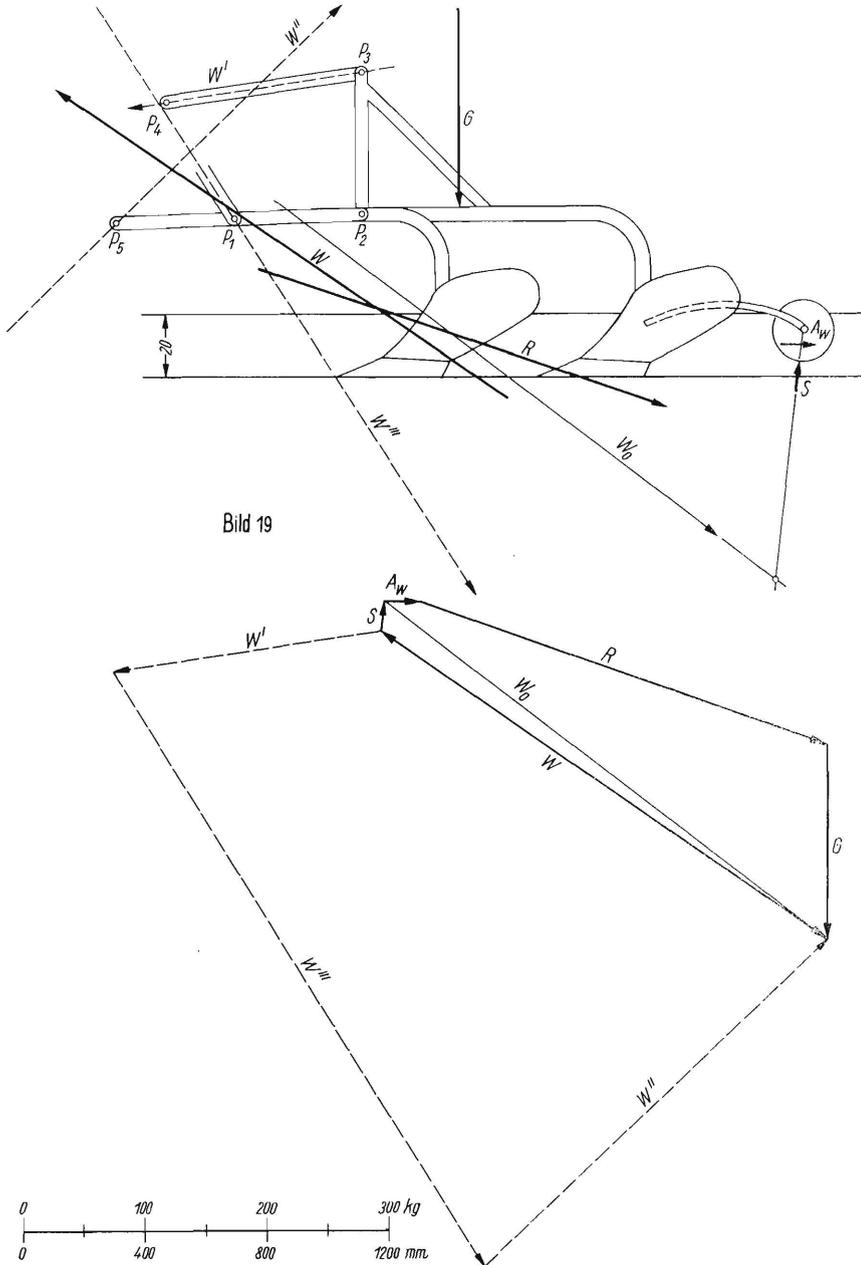


Bild 19

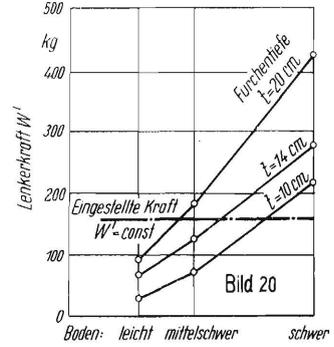


Bild 20

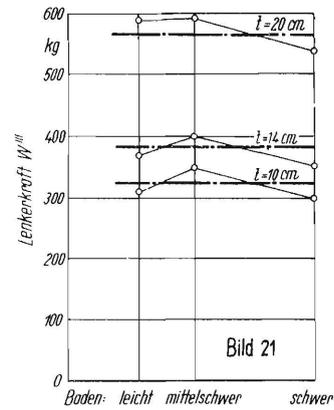


Bild 21

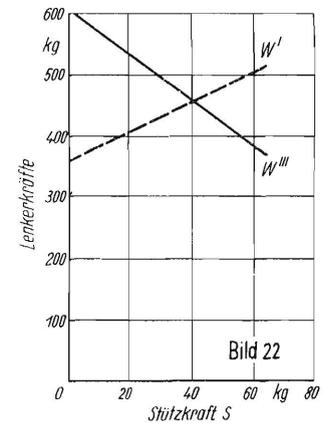


Bild 22

Bild 19. Kräfte an einem vom Kraftheber gesteuerten Mehrgelenkpflug (System Ferguson).  
Furchenbreite 25 cm, Furchentiefe 20 cm.

Bild 20. Änderung der Furchentiefe mit wechselndem Bodenwiderstand bei einem vom Kraftheber gesteuerten Pflug. Die am Kraftheber eingestellte, konstante Lenkerkraft  $W'$  ist gestrichelt eingezeichnet.  
Furchenbreite 25 cm

Bild 21. Änderung der Lenkerkraft  $W'''$  bei wechselndem Boden und konstanter Furchentiefe.  
Furchenbreite 25 cm

Bild 22. Die Lenkerkräfte  $W'$  und  $W'''$  in Abhängigkeit von der Stützkraft  $S$  an der Schleifsole.  
Furchenbreite 25 cm, Furchentiefe 20 cm.  
Boden: schwer.

genem Boden und bei Hindernissen gut eingehalten wird, während bei wechselndem Boden starke Schwankungen auftreten. Wenn man die gestrichelte waagerechte Linie in Bild 20 verfolgt, die der gewählten Einstellung des Krafthebers entspricht, kann der Pflug je nach der Schwere des Bodens eine Tiefe von 20, 14 und 10 cm schneiden.

In Bild 21 ist die Kraft im Lenker  $W'''$  über wechselndem Boden für verschiedene Furchentiefen aufgetragen: die Kraft  $W'''$  ändert sich bei wechselndem Boden und gleicher Furchentiefe nur wenig. Bei Abweichungen von der eingestellten Furchentiefe wäre eine möglichst grosse Änderung von  $W'''$

erwünscht; wohl sind Unterschiede vorhanden, aber sie werden für eine genaue Regelung nicht ausreichen. Man könnte versuchen, mit Hilfe einer Leitrolle, die auf dem ungepflügten Boden laufen sollte, zu einer feinfühligeren Regelung mit dem Kraftheber zu kommen. Dieser würde über den Lenker  $W'''$  dafür sorgen, dass die Leitrolle mit einem eingestellten, stets gleichen Druck auf dem Acker läuft. Mit dieser Betrachtung

soll, ohne auf eine bestimmte Lösung einzugehen, aufgezeigt werden, dass durch eine andere (als bei *Ferguson*) Regelung mit dem Kraftheber, z.B. über den Lenker  $W'''$  die Tiefe sowohl bei Unebenheiten als auch bei wechselndem Boden gleich gehalten werden kann.

Zusammenfassend kann über die drei behandelten System-Gruppen folgendes in Bezug auf die Einhaltung der Arbeitstiefe gesagt werden:

1. Bei den selbsteinstellenden, frei schwingenden Systemen A 1 und A 2 ist die Tiefe von der Vorfurche abhängig. Durch zweckmässige Ausführung kann die Beeinflussung durch die Nickbewegungen des Schleppers und wechselnden Boden weitgehend herabgemindert werden. In diese Gruppe gehört das selbsteinstellende Gelenkviereck in Verbindung mit dem Norm-Schwingrahmen, dessen Abmessungen den Schlepper- und Pflugfirmen bekanntgegeben worden sind.
2. Die durch Führungsrollen gesteuerten Pflüge nach System B 1 bis B 5 sind, solange sie sich kräftemässig im vorher gekennzeichneten Bereich bewegen, unabhängig von der Vorfurche und dem wechselnden Boden. Kurze Unebenheiten, wie sie durch Spuren von Wagen, von früherer Bearbeitung, durch Stallmistklumpen u. dergl. zustandekommen, werden hier u.U. ungewollt genau in der Furchensohle abgebildet. Dies kann besonders bei zu geringem Auflagedruck der Leitrollen vorkommen.
3. Vom Kraftheber gesteuerte Pflüge, wie beim *Ferguson*-System, sind unabhängig von Vorfurchen und Unebenheiten, jedoch abhängig von wechselndem Boden. Bei Verwendung anderer, vom Gerät aus wirkender Kräfte zur Regelung z.B. über den Lenker  $W'''$  und Stützkraft  $S$  an der Rolle, ist man vom wechselnden Boden unabhängig. Der technische Aufwand bei Krafthebersteuerung ist allerdings höher.

#### Schrifttum

- [1] Hain, K.: Zur Kinematik der Tiefenhaltung von Schlepperanbaugeräten. In diesem Heft.
- [2] Getzlaff, G.: Messung der Kraftkomponenten an einem Pflugkörper. In: Grundlagen der Landtechnik Heft 1, S. 16 ff. Düsseldorf 1951.
- [3] Zödler, H.: Die Steuergenauigkeit von Kartoffelbestellgeräten. Techn. i. d. Landw. 23 (1942) S. 55.
- [4] Die Anlenksysteme B 3 bis B 5 wurden im Laufe der letzten zwei Jahre zum Patent angemeldet und sind im landwirtschaftlichen Einsatz erprobt. Die Patentanmelder sind:  
System B 3 — W. Pribbernow, Göttingen  
System B 4 — J. Gassner, Göggenhofen 5/Obb.  
System B 5 — A. Weyrauch, Ober-Mossau.
- [5] Collins, E.V.: A new hitch for rear-mounted tractor equipment. *Agricult. Engng.* Bd. 32, April 1951, S. 217.

Institut für Schlepperforschung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode  
Direktor: Prof. Dipl. Ing. H. Meyer.

Anschrift des Verfassers: Dipl. Ing. Helmut Skalweit, (20b) Braunschweig, Forschungsanstalt für Landwirtschaft