

DIE FORM DER FURCHENSOHLE AUF UNEBENEM ACKER BEI VERSCHIEDENEN ANBAUSYSTEMEN

Von Kurt Hain

Bei der Fahrt des Schleppers mit angebautem oder angehängtem Pflug über den Acker müssen Bodenunebenheiten überwunden werden, die, wenn sie nur geringe Ausdehnung in Fahrtrichtung haben, möglichst in der Furchensohle nicht oder nur sehr wenig kopiert werden sollen. Um die Abhängigkeit des Furchensohlenverlaufs von den Bodenunebenheiten einerseits und von den Anbau- bzw. Anhängesystemen andererseits kennenzulernen, werden nachstehend geometrische Verfahren bekannt gegeben. Ausserdem kann mit diesen Verfahren das Verbindungsgetriebe zwischen Schlepper und Anbaugerät so bemessen werden, dass ein vorgegebener Verlauf der Furchensohle mit guter Annäherung erreicht wird.

Die vorliegende Arbeit stellt die Fortsetzung früherer Untersuchungen dar [1]. Die Furchensohle wurde zunächst als Schleppkurve mit Hilfe geometrischer Verfahren ermittelt, wobei eine verhältnismässig kurze Richtlinie, (d.i. die Verbindungslinie zwischen Scharspitze und Schleifsohle) gewählt werden musste. Bei langer Richtlinie, vor allem aber bei mehrfurchigen Pflügen, geht man jedoch zweckmässigerweise zu anderen Verfahren über, die den Verlauf der Furchensohle jedes einzelnen Pflugkörpers punktweise aufzuzeichnen gestatten.

dass die Furchensohle flacher verläuft, ist hiermit der Vorteil des kleineren Rollenaufgedrucktes und damit auch die geringere Entlastung der Schlepperhinteräder verbunden.

Anbausysteme mit reellem und ideellem Führungspunkt

In Bild 1 soll die zeichnerische Ermittlung der Furchensohle für einen zweifurchigen Pflug, der einen reellen Führungspunkt hat, gezeigt werden. Der Führungspunkt O soll auf einer vorgegebenen Kurve von O_1 über O_5 nach O_9 wandern. Diese Kurve möge durch das Fahren des Schleppers über ein Hindernis entstehen. Bei dem Pflug in Bild 1 ist die Richtlinie des hinteren Pflugkörpers durch die Scharspitze A_1 und die Schleifsohle S_1 gekennzeichnet. Der Punkt A'_1 soll die Projektion des anderen Endes der schräg gestellten Scharschneide dieses Pflugkörpers darstellen. Der Punkt B_1 bedeutet die Scharsschneide des vorderen Pflugkörpers, der keine Schleifsohle hat. Wenn man von der Stellung des Pfluges, die dem Führungspunkt O_1 entspricht, ausgeht, dann wählt man auf der Kurve des Führungspunktes beliebig viele andere nicht zu weit voneinander entfernte liegende Punkte O . Um nun die Lage

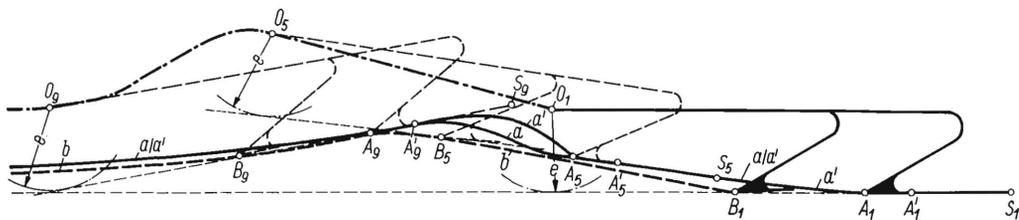
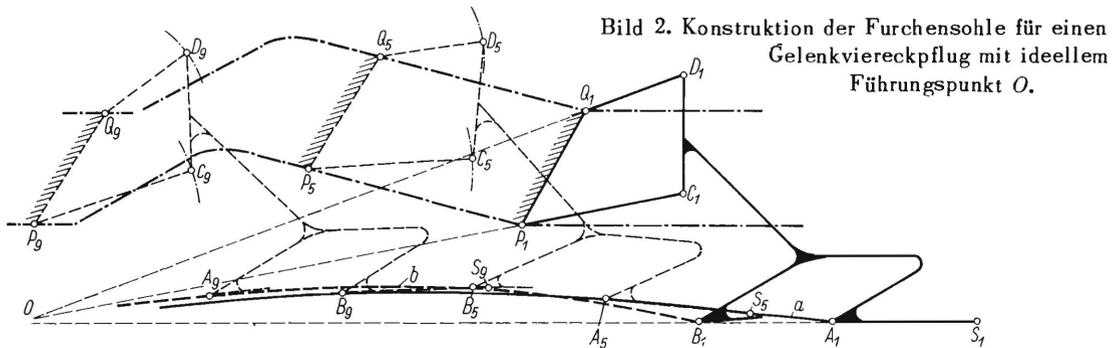


Bild 1. Konstruktion der Furchensohle eines zweifurchigen Schwingpfluges mit reellem Führungspunkt O .

Über den Einfluss des wechselnden Bodens, z.B. beim Übergang von weichem zu hartem Boden und umgekehrt, wurde bereits früher ausführlich berichtet [1], so dass deshalb auf diese Fragestellungen hier nicht wieder eingegangen wird.

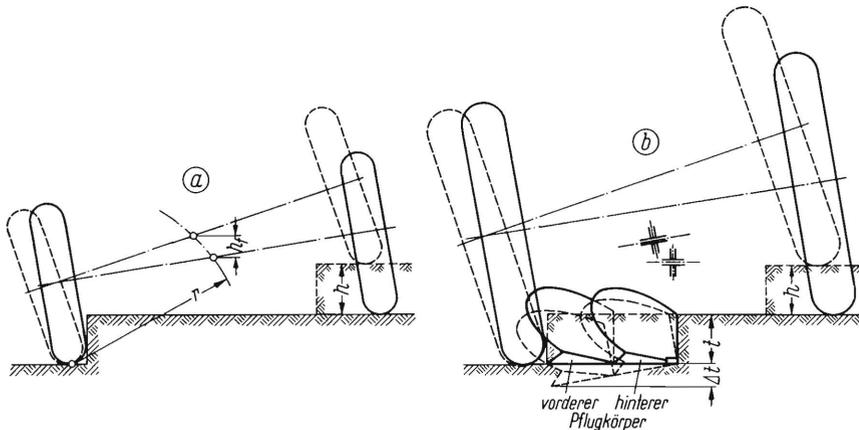
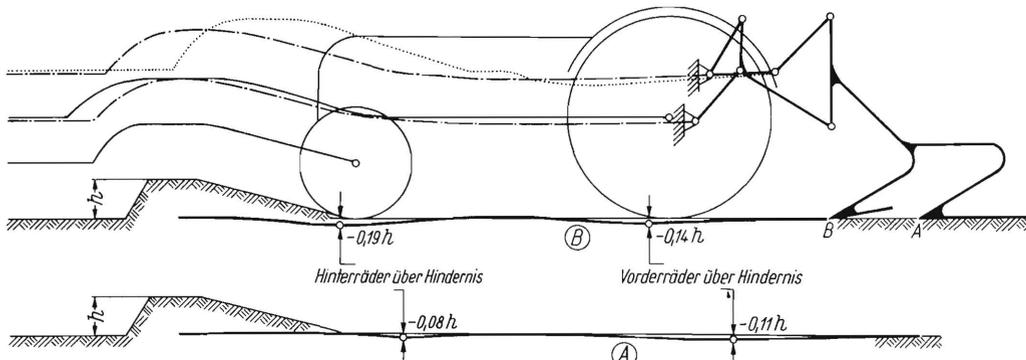
Da neuerdings bei vielen Anbaupflügen eine auf der Ackeroberfläche laufende Stütz- bzw. Tastrolle vorgesehen wird, werden Richtlinien für die Konstruktion der dabei entstehenden Furchensohlen angegeben. Zur Vermeidung der bekannten Nachteile der star angebrachten Stützrolle [2] werden „gesteuerte“ Tastrollensysteme vorgeschlagen, bei denen die Tastrolle grössere Vertikalbewegungen ausführen muss als die Scharschneide. Ausser dem Umstand,

des Pfluges zu ermitteln, schwenkt man nacheinander um die Punkte $O_2, O_3 \dots O_9$ den gesamten Pflugkörper, bis dieser mit irgendeinem Punkt seiner Richtlinie auf dem jeweils bereits gepflügten Furchengrund aufliegt. In der Stellung O_5 z.B. ist dies der Schleifsohlenpunkt S_5 . Damit ist auch die Lage der Punkte B_5, A_5 und A'_5 bekannt. In der Stellung O_9 tangiert die Richtlinie $A_9 S_9$ des Pfluges den bereits gepflügten Furchengrund. Die Form der Furchensohle ist gekennzeichnet zunächst durch die Bahn a der Scharspitze A_1 . Der schräg nach hinten verlaufende Punkt A'_1 beschreibt jedoch hierbei eine Bahn a' . Man sieht in der Mitte des Bildes, dass die Kurven a und a' erheblich voneinander abweichen, das bedeutet mit



anderen Worten eine räumlich verwundene Form der Furchensohle, die vom hinteren Pflugkörper hergestellt worden ist. Die Scharfspitze des vorderen Pflugkörpers, der eine neben dem zweiten Pflugkörper liegende Furchensohle entstehen lässt, beschreibt die Bahn b , die der Furchensohle des vorderen Pflugkörpers entspricht.

(von der Anfangsstellung ausgehend) der Pflugträger CD so lange mit Hilfe der Lenker QD und PC geschwenkt wird, bis irgendein Punkt der Richtlinie des Pfluges auf dem bereits entstandenen Furchengrund aufliegt. Die so entstehende Furchensohle des hinteren Pflugkörpers ist mit a , die des vorderen mit b bezeichnet.



Bei der Konstruktion der Furchensohle eines Gelenkviereckpfluges mit idealem Drehpunkt kann man in ähnlicher Weise verfahren (Bild 2). Bei einem solchen Pflug müssen die Schlepperpunkte Q und P auf zwei einander zugeordneten Bahnen sich bewegen, wenn der Schlepper über ein bestimmtes Hindernis läuft. Die Konstruktion der Furchensohle kann hierbei so vorgenommen werden, dass in möglichst vielen Zwischenstellungen der Punkte Q und P nacheinander

Nach dem beschriebenen Verfahren für den Viergelenkpflug mit idealem Drehpunkt wurde das in Bild 3 gezeigte Anlenksystem beim Überfahren eines bestimmten Hindernisses mit der Höhe h untersucht. Dabei ergab sich, dass die Abweichung von der Solltiefe beim hinteren Pflugkörper $0,11 h$ und $0,08 h$ und beim vorderen $0,14 h$ und $0,19 h$ beträgt. Die Abweichungen sind gegenüber den üblichen Anbausystemen sehr gering. Sie entstehen einmal, wenn

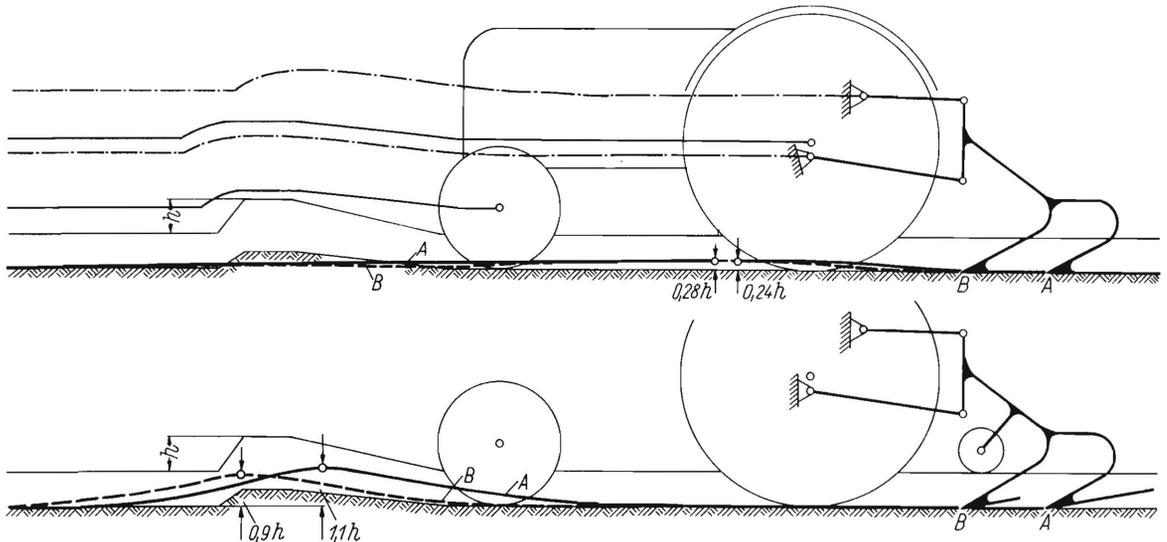


Bild 5 und 6. Furchensohle eines Gelenkviereckpfluges einmal mit Schleifsohle und einmal mit Stützrolle geführt.

der Schlepper mit seinen Vorderrädern und das andere Mal mit seinen Hinterrädern über dasselbe Hindernis fährt.

Bei der Konstruktion der Furchensohle bei Pflügen mit einer Stützrolle muss man beim Fahren des Schleppers über Hindernisse viel mehr die räumliche Verwindung des Schleppers berücksichtigen als bei Pflügen mit einer Schleifsohle. In Bild 4a bleibt ein Schlepper mit seinem Furchenrad in der horizontalen Furche, mit dem Landrad wird er aber gezwungen, ein Hindernis von der Höhe h zu überfahren. Der ge-

tere Körper. Diese räumlichen Bewegungen des Pfluges müssten bei genauer Konstruktion der Furchensohle berücksichtigt werden.

In den folgenden Untersuchungen ist das Hindernis mit der Höhe h , über das die Schlepperräder der Landseite rollen, der Einfachheit halber in ein beiderseitiges Hindernis von der halben Höhe ($h/2$) abgewandelt worden, über das die Land- und Furchenräder des Schleppers rollen, und das auf die nach der Schleppermitte zu liegenden Anlenkpunkte des Pfluges etwa dieselbe Wirkung hat. Die Stütz- bzw. Tast-

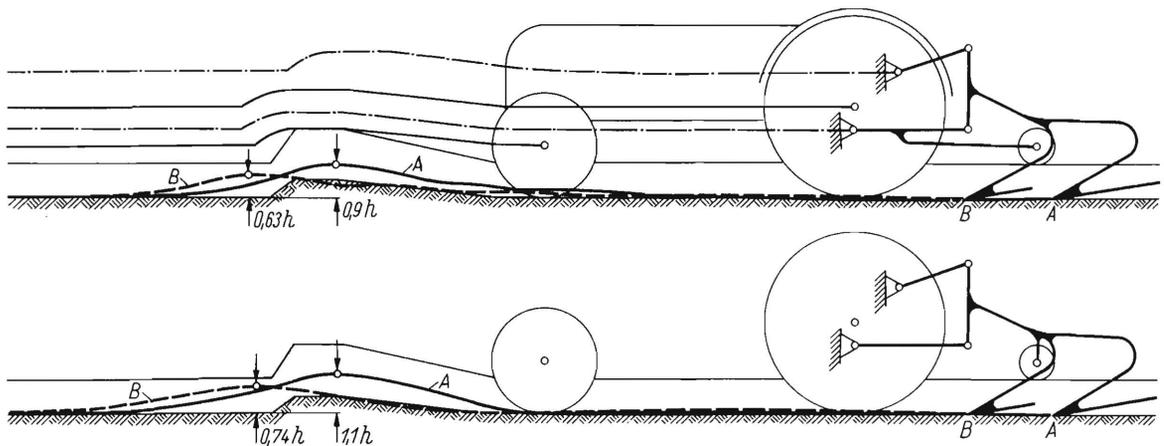


Bild 7 und 8. Furchensohle bei verschiedener Anordnung der Stützrolle.

samte Schlepper dreht sich dabei um den Auflagepunkt des Furchenrades, dabei auch der Führungspunkt des Pfluges mit dem Halbmesser r . Die Erhöhung des Führungspunktes um das Maß h_f ist jedoch kleiner als die Hindernishöhe h (Bild 4a). Nach Bild 4b muss der Pflug, wenn kein Spiel in den Gelenken des Anbausystems vorhanden ist, eine räumliche Bewegung mit dem Schlepper ausführen. Ist die Vertikalkraft auf dem Pflug genügend gross, dass die Schleifsohle des inneren, also hinteren Pflugkörpers immer am Furchengrund anliegt, so schneidet der vordere Pflugkörper beim Fahren des Schleppers über ein Hindernis eine tiefere Furche als der hin-

rollen der Pflüge überrollen dagegen die Unebenheit in voller Höhe h . Dadurch bekommt man eine überlagerte Wirkung des Hindernisses auf den Verlauf der Furchensohle in Abhängigkeit von den Nickbewegungen des Schleppers und den Bewegungen der Stützrolle.

Anbausysteme mit starrer Stützrolle

In Bild 5 ist ein zweifurchiger Gelenkviereckpflug gezeigt, der durch eine Schleifsohle am hinteren Pflugkörper geführt wird, und in Bild 6 dieselbe Pfluganlenkung, jedoch anstelle der Schleifsohlenführung eine starr mit dem Pflug verbundene Stütz-

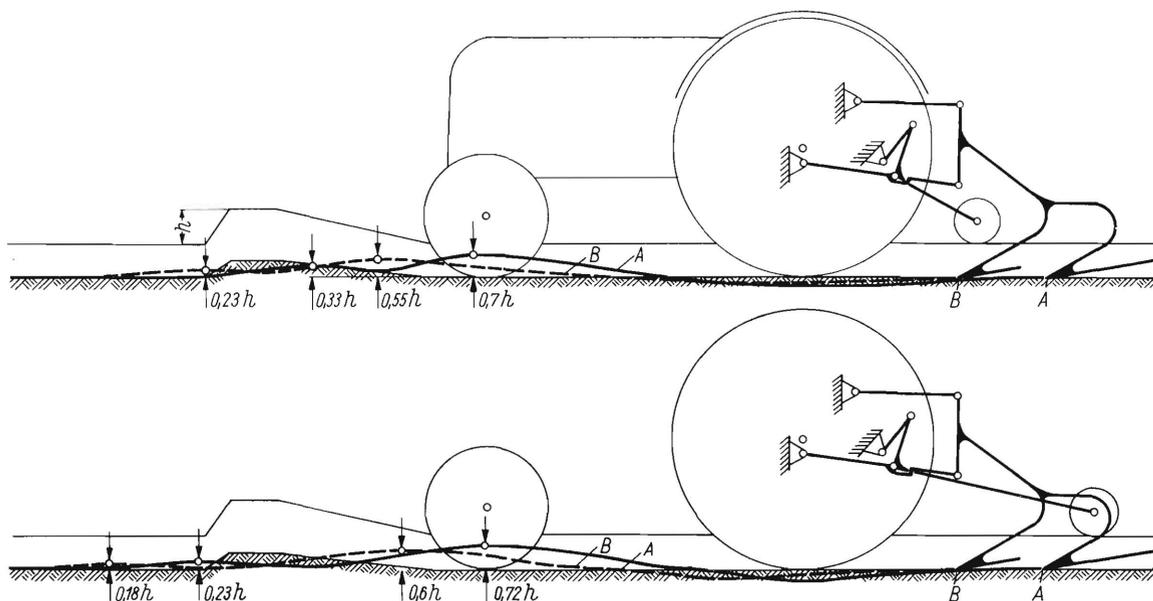


Bild 9 und 10. Furchensohle bei einem Gelenkviereckpflug mit Tastrolle an verschieden langem Hebel.

rolle. Bei dem durch Schleifsohle geführten Pflug ist die maximale Abweichung der Furchensohle von der Horizontalen nur $0,28 h$, bei dem Pflug mit der starr angebrachten Stützrolle ist die maximale Abweichung des hinteren Pflugkörpers $1,1 h$ und des vorderen $0,9 h$.

Um den Einfluss der Lage der Stützrolle an den Hebeln des Anbausystems darzulegen, ist in Bild 7 und 8 die Stützrolle einmal am unteren Lenker des Gelenkvierecks und im anderen Falle unmittelbar am Pflugkörper selbst angeordnet. In Bild 7 erhält man eine maximale Abweichung der Furchensohle von $0,9 h$ des hinteren Pflugkörpers und $0,63 h$ des vorderen Pflugkörpers. In Bild 8 dagegen beträgt die maximale Abweichung $1,1 h$ beim hinteren und $0,74 h$ beim vorderen Pflugkörper. Die Befestigung der Stützrolle an dem unteren Lenker des Gelenkvierecks bringt also einige geringe Vorteile.

Anbausysteme mit Tastrolle

Die mit dem Pflug starr verbundene Stützrolle hat also den Nachteil, die Bodenunebenheiten stark nachzubilden. Dies kann man vermeiden, wenn man die Rolle in geeigneter Weise über Zwischenglieder mit dem Pflug bzw. Schlepper verbindet. Zum Unterschied von der starr mit dem Pflug verbundenen Stützrolle wird man die über Zwischenglieder steuernde Rolle als Tastrolle bezeichnen. In Bild 9 und 10 sind zwei derartige Ausführungen, die sich nur durch die Länge des Rollenhebels unterscheiden, dargestellt. Der Unterschied zwischen kurzem und langem Rollenhebel ist gering, wie in Bild 9 und 10 zu erkennen ist; es müssen also Veränderungen in der Wirkung der Tastrolle in die anderen Getriebeteile gelegt werden.

In Bild 11 ist eine Tastrolle R mit Rollenhebel 6 mit dem unteren Lenker 1 des Gelenkvierecks verbunden. Am anderen Ende des Rollenhebels 6 ist der Lenker 4 angeordnet, der von dem Tiefenstellhebel 5

bewegt werden kann. Das besondere Merkmal dieser Anordnung besteht in dem Übersetzungsverhältnis zwischen den Vertikalbewegungen der Tastrolle R und der Scharspitze A . Bewegt sich die Scharspitze A nach oben um s_1 oder unten um s_2 , so durchläuft die Tastrolle R einen wesentlich grösseren vertikalen Weg r_1 oder r_2 . Das bedeutet aber, dass bei der Bewegung der Tastrolle R über ein Hindernis dieses Hindernis nur im Übersetzungsverhältnis s/r kopiert

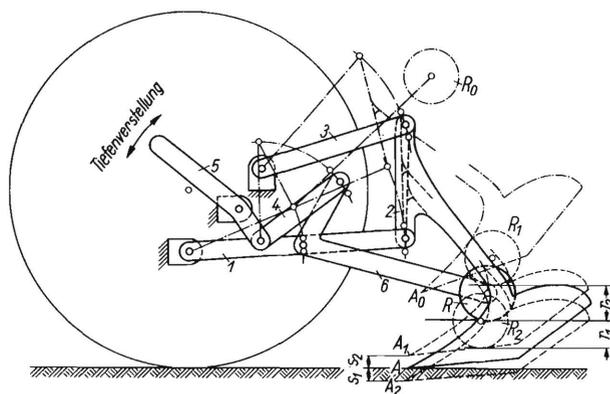


Bild 11. Ausgeführtes Getriebe eines Anbausystems mit Tastrolle. Übersetzung s/r zwischen den Vertikalwegen der Scharspitze und der Tastrolle.

wird. Mit Hilfe des Tiefenstellhebels 5 kann vom Schleppersitz aus die Lage der Tastrolle R und damit die Furchentiefe verstellt werden.

Wenn die Schleppervorderräder über das Hindernis fahren, entsteht ein Tal in der Furchensohle ($-0,14 h$) und, wenn die Hinterräder darüber fahren, ein Berg ($0,40 h$). Ein zweiter Berg ($0,38 h$) entsteht etwas später durch das Rollen der Tastrolle über das entsprechende Hindernis. Es leuchtet ein, dass die Furchensohle im ganzen gesehen die geringsten Abweichungen haben wird, wenn man diese beiden Berge durch entsprechende Wahl der Hebel 4 und 6 ungefähr gleich gross zu halten versucht. Die Tast-

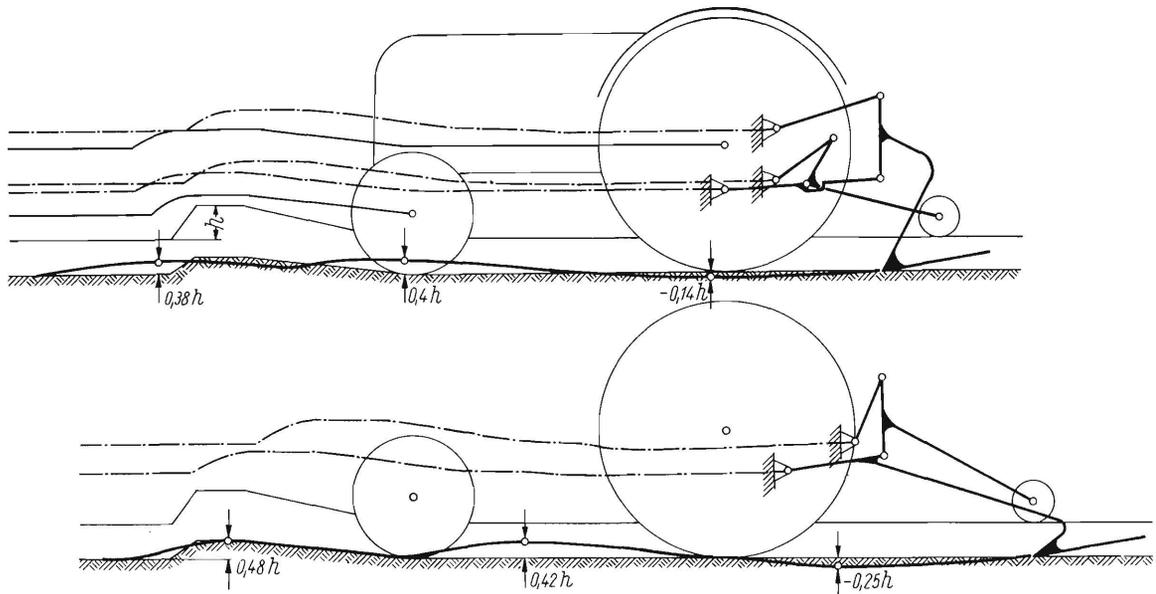


Bild 12 und 13. Furchensohle bei einem Gelenkviereckpflug und einem Schwingpflug mit Tastrolle.

rollengetriebe für einen Gelenkviereck- und für einen Schwingpflug nach Bild 12 und 13 sind für ein Hindernis von derselben Form wie zuvor nach dieser Forderung ermittelt worden. Es ist zu erkennen, dass in Bild 12 bei dem Gelenkviereckpflug die beiden Pflugfurchenabweichungen mit $0,38h$ und mit $0,40h$ praktisch gleich hoch sind²⁾; dasselbe ist bei dem Schwingpflug mit $0,48h$ und $0,42h$ der Fall (Bild 13).

Die Übersetzung zwischen den Vertikalwegen der Tastrolle und der Scharspitze kann noch grösser gewählt werden. Der Grenzfall läge dann vor, wenn bei einer Vertikalbewegung der Tastrolle die Schar-

spitze sich überhaupt nicht mehr in vertikaler Richtung bewegen würde. Diese Lösung hätte aber den Nachteil, dass bei diesem sogenannten Rastgetriebe die Vertikalkräfte des Pfluges die Tastrolle nicht mehr nach unten oder nach oben zu bewegen vermögen, d.h. es wäre bei diesem Anbausystem durch die Anbringung der Tastrolle eine Getriebesperre vorhanden, die das ganze System unwirksam macht.

²⁾ Das Getriebe nach Bild 12 wurde anlässlich der Getriebetagung 1953 in Stuttgart eingehend besprochen, worüber im nächsten VDI-Tagungsheft berichtet werden wird.

Schrifttum

- [1] Hain, K.: Zur Kinematik der Tiefenhaltung von Schlepperanbaugeräten. In: Grndlgn. d. Landtechn. Heft 3. Düsseldorf 1952. S. 119/128.
[2] Skalweit, H.: Die bei der Tiefenhaltung von Schlepperanbaugeräten auftretenden Kräfte. In: Grndlgn. d. Landtechn. Heft 3. Düsseldorf 1952. S. 114 ff.

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

Anschrift des Verfassers: Ing. Kurt Hain, (20b) Braunschweig, Bundesallee 50