

DIE FÜHRUNGSKRÄFTE VON SCHLEPPER-ARBEITSGERÄTEN BEI DEN GENORMTEN ANBAUSYSTEMEN

Von Helmut Skalweit

Mit der immer stärker werdenden Verbreitung der Anbaugeräte an den kleinen und mittleren Schleppern sind auch verschiedene Anbausysteme entwickelt worden und auf den Markt gekommen, von denen zwei genormt wurden (Bild 1 und 2):

- 1) der Schwingrahmen mit Kupplungshaken (DIN 9672 vom Juni 1952),
- 2) die Dreipunktaufhängung von Anbaugeräten mit der Lage der Kupplungspunkte (DIN 9674, Entwurf vom November 1952, Landtechn. 7 (1952) S. 729/732).

Durch die Verstellmöglichkeit des (feststellbaren) Schwingrahmens gegenüber dem Schlepper können die Geräteanschlusstellen mit vereinheitlichten Massen in eine Lage gebracht werden, die sich die Gerätefirmen für die Anlenkung der Pflüge, Grubber, Vielfachgeräte usw. jeweils wünschen. Das zweite System, die Dreipunktaufhängung bietet für die verschiedenen Geräte als Anlenkung zwei Gelenkvierecke (in der Vertikal- und Horizontalebene), an deren Endpunkten (nach DIN 9674) die eigentlichen Werkzeugträger mit starren oder beweglichen Werkzeugen befestigt werden.

Mit dem Begriff „Anbausystem“ soll die Anordnung der Gesamtheit der Verbindungselemente zwischen Schlepper und Geräten bezeichnet werden, die folgende Aufgaben zu erfüllen haben:

- 1) Das eigentliche Kuppeln. Hierbei bilden die Kuppelungspunkte die Grenze zwischen dem Lieferumfang der Schlepperfirma und dem der Gerätefirma. An dieser Stelle hat mit Recht die Normung eingesetzt. Um die Verbindung leicht mit einem Mann durchführen zu können, sollten sich die Geräte vom Sitz aus in den Kupplungsstellen „einfangen“ lassen.
- 2) Die Einstellung der gewünschten Arbeitstiefe und -breite. Die Elemente hierfür können am Schlepper oder am Gerät liegen, sollen jedoch vom Schleppersitz aus während der Fahrt zu bedienen sein.
- 3) Das Senken und Heben des Gerätes, um es in die Arbeitsstellung bzw. die Transportstellung beim Fahren im Vorgewende und auf der Strasse zu bringen.
- 4) Die Führung der Werkzeuge in der vertikalen und horizontalen Ebene zum Erreichen und Einhalten einer gewünschten Lage, auch bei Bodenunebenheiten, wechselndem Bodenwiderstand und am Hang.
- 5) Die seitliche Steuerung der Werkzeuge. Die Beweglichkeit dafür in der Horizontalebene kann entweder im Lenkertrapez der Dreipunktaufhängung am Schlepper oder in einer besonderen Einrichtung am Gerät liegen. Auf einen ausreichenden Ausschlag muss dabei geachtet werden, erwünscht sind 20 cm nach jeder Seite. Die seitliche Steuerung bezieht sich vor allem auf Geräte zur Bearbeitung von Reihenkulturen.
- 6) Die Sicherung gegen Überlastung. Bei der Anlenkung am Schwingrahmen kann die Sicherheitsvorrichtung in die Kupplung hineingelegt werden; es lassen sich auch die Pflugkörper bzw. Werk-

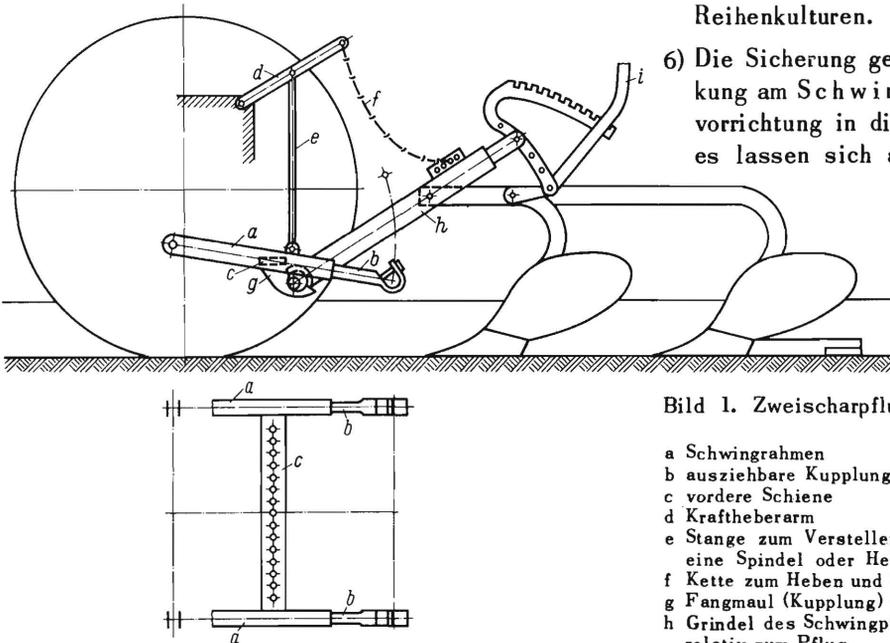


Bild 1. Zweischarpflug am feststellbaren Schwingrahmen (DIN 9672).

- a Schwingrahmen
- b ausziehbare Kupplungshaken
- c vordere Schiene
- d Kraftheberarm
- e Stange zum Verstellen des Schwingrahmens (kann auch durch eine Spindel oder Hebel am Getriebegehäuse ersetzt werden)
- f Kette zum Heben und Senken des Pfluges
- g Fangmaul (Kupplung) für den Schwingpflug
- h Grindel des Schwingpfluges mit Verstellung des Anlenkpunktes relativ zum Pflug
- i Verstellhebel für den Knickwinkel

zeuge einzeln absichern. Eine mechanische Auslösung bei der Dreipunktaufhängung mit freipendelndem oder durch eine Führungsrolle gesteuertem Gelenkviereck wird dadurch erschwert, dass die Kräfte durch mehrere Glieder hindurchgeleitet werden, und mit der Auslösung eines Gliedes die anderen nicht ohne weiteres geschützt sind. Verschiedene Firmen im Ausland sind deshalb dazu übergegangen, die Überschreitung einer

den Gelenkvierecken, befassen musste. Diese Art der Verbindung von Schlepper und Gerät ist bekanntlich bei uns und auch bei vielen ausländischen Schlepperfirmen nicht organisch entwickelt worden, sondern entspricht der Ausführung von *Ferguson* mit nur geringen Abweichungen. Diese Übereinstimmung war ein gewisser Vorteil für die Normung der Dreipunktaufhängung, hat aber zugleich zu der Ansicht geführt, dass mit den heutigen Abmessungen bereits die optimale Ausführungsform erreicht sei. Dies ist nun keineswegs zutreffend, wie jeder an den Schwierigkeiten merken kann, die bei Verwendung ein und desselben Gerätes an verschiedenen Schleppern oder umgekehrt auftreten¹⁾.

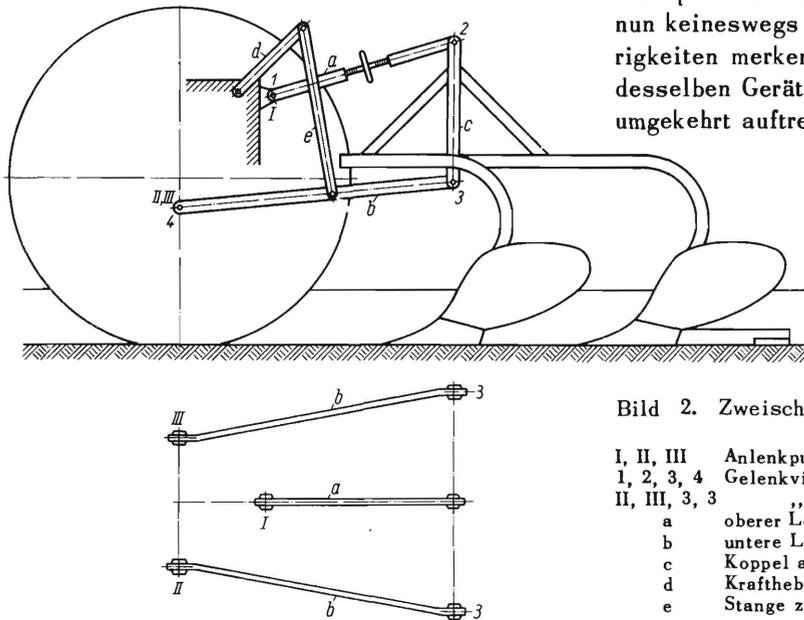


Bild 2. Zweischarpflug an der Dreipunkt - Aufhängung (DIN 9674).

- I, II, III Anlenkpunkte am Schlepper für die Dreipunktaufhängung
 1, 2, 3, 4 Gelenkviereck in der Vertikalebene
 II, III, 3, 3 „ „ „ „ „ „ Horizontalebene
 a oberer Lenker (in der Länge verstellbar)
 b unterer Lenker
 c Koppel am Pflug
 d Kraftheberarm
 e Stange zum Heben und Senken des Pfluges

zulässigen Kraft im oberen Lenker zum Ausrücken der Fahrkupplung des Schleppers zu benutzen. Beim *Ferguson*-System liegt die Sicherung im Kraftheber.

Das Problem „Schwingrahmen-Dreipunktaufhängung“ wurde bereits vielseitig beleuchtet [1], wobei das Thema „Führung der Arbeitsgeräte“ noch einer Ergänzung bedarf und im folgenden behandelt wird.

Bei Wahl des Schwingrahmens als Anbausystem kann die Gerätefirma die für die Führung der Geräte massgeblichen Abmessungen (z.B. Lage der Anlenkpunkte, des reellen oder ideellen Führungspunktes usw.) bestimmen und dabei ihre Erfahrungen an anderen Anbausystemen (z.B. an der Ackerschiene) verwenden. Dagegen ist bei Ausführungen mit beliebigem Gelenkviereck und genormten Kupplungspunkten, also der sogenannten Dreipunktaufhängung, die Anlenkung bereits durch die Schlepperfirma in Lage und Lenkerlängen festgelegt, wobei nur einzelne Geräte bestimmter Firmen jeweils angebaut und in Versuchen erprobt werden konnten.

Die starke Tendenz zur internationalen, zumindest europäischen Anwendung der Dreipunktaufhängung, die auch in der Behandlung dieser Frage bei der Sitzung der *International Organization for Standardization (ISO)* 1952 in Paris zum Ausdruck kam, hat dazu geführt, dass sich der Konstrukteur stärker mit der damit verbundenen Anlenkungsart, nämlich mit

Es ist daher notwendig, die Anlenkung der Dreipunktaufhängung so zu entwickeln, dass den folgenden zwei Forderungen Genüge geleistet wird:

- I) Die Anlenkungen der verschiedenen Schlepperfabrikate müssen für die angeschlossenen Geräte gleiche Verhältnisse bieten.
- II) Die Anlenkung muss so ausgebildet sein, dass alle Geräte möglichst günstig geführt werden.

Die Führung in der Vertikalebene

Wie bereits in einer früheren Arbeit ([2], Bild 2 und 3) erläutert wurde, entsteht bei der Arbeit mit Bodenbearbeitungswerkzeugen aus dem Bodenwider-

1) Aus diesem Grunde haben manche Schlepperfirmen bereits Änderungen in den Abmessungen des Gelenkvierecks vorgenommen. Man suchte durch Probieren auf dem Acker ein Gelenkviereck zu finden, mit dem unter den verschiedenen Verhältnissen und den in Frage stehenden Anbaugeräten eine einwandfreie Führung zu erreichen war. So sind schon jetzt verschiedene Gelenkvierecke, die sich durch ihre Lage zum Erdboden und zur Triebachse oder durch die Länge ihrer Lenker unterscheiden, entstanden.

Das Ziel der Normung sollte es sein, die Austauschbarkeit der gebräuchlichsten Geräte an allen Schleppern zu erreichen. Durch die willkürlichen Abweichungen sind wir aber auf dem Wege zu einer Zersplitterung. Wenn z.Zt. eine Schlepperfirma mit einer oder zwei Gerätefirmen zusammenarbeitet, so werden die hier ausprobierten Kombinationen unter den meisten Bedingungen zufriedenstellend arbeiten, aber eine Austauschbarkeit mit einem anderen Schlepper- oder Gerätefabrikat ist dabei noch nicht gewährleistet.

stand R , dem Gewicht G und den Reibungskräften eine Resultierende W_o , die von der Art der Anlenkung unabhängig ist.

Bei einer frei pendelnden Anlenkung, entweder um einen reellen oder beim Gelenkviereck um einen ideellen Führungspunkt entsteht ein Moment von W_o um diesen Führungspunkt, das durch die Schleifsohle des Pfluges, durch Führungsrollen oder wie beim *Ferguson*-System durch den Kraftheber (über den Lenker W''' in [2], Bild 19) aufgenommen werden muss.

Daraus ergibt sich die auf den Schlepper wirkende Resultierende W , die von der Art der Anlenkung und der Lage der Stützkraft abhängig ist. Ihre senkrechte Komponente W_s stellt die erwünschte zusätzliche Belastung des Schleppers dar, die umso wichtiger wird, je leichter der Schlepper ist. Während sich bei

Bekanntlich stellt der Pflug die am schwierigsten erfüllbaren Forderungen an den Konstrukteur, während mit den anderen Geräten – mit Ausnahme derer, die eine seitliche Steuerung verlangen – besser zurechtzukommen ist. Im folgenden wird deshalb der Pflug als Beispiel herangezogen. Die Erfüllung der eben genannten Forderungen nach gleichen Verhältnissen und günstiger Führung bezieht sich bei ihm

- 1) auf den Einzugswinkel im Augenblick des Auftreffens des Werkzeugs auf der Ackeroberfläche (Bild 5). Dieser Winkel sollte möglichst gross sein, um die Einzugsstrecke klein zu halten (als Anhalt gelte 8–14°; bei *Ferguson* 3–4° (ohne Sohle);

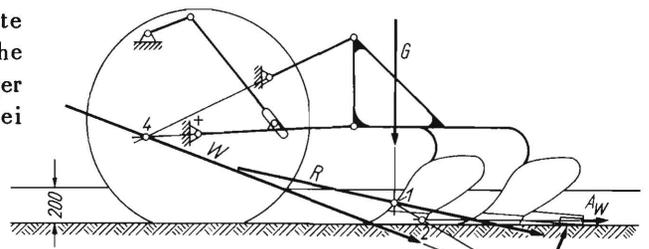
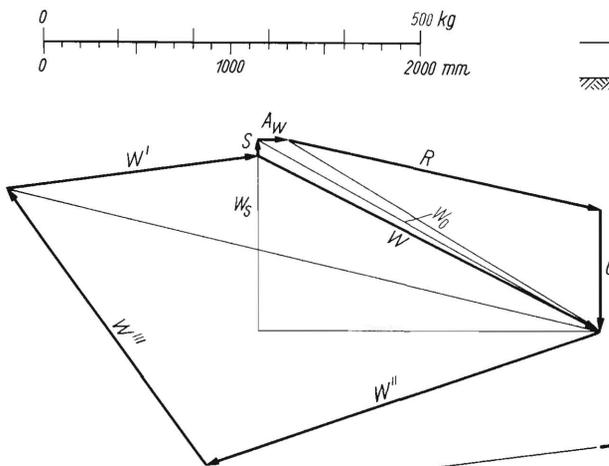


Bild 3

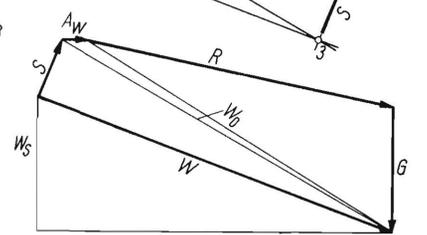


Bild 4

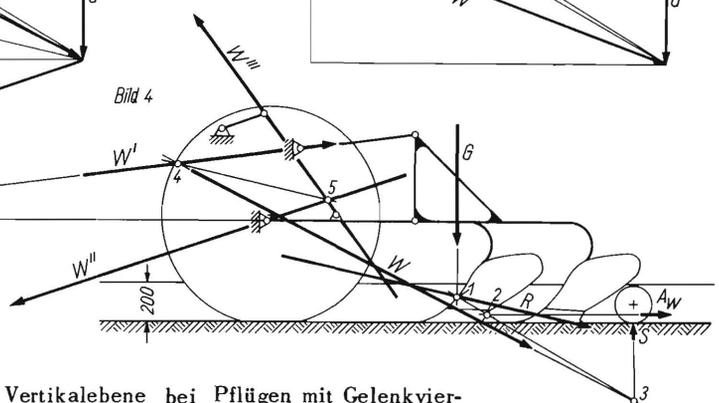


Bild 3 und 4. Kräfte an Schlepper und Gerät in der Vertikalebene bei Pflügen mit Gelenkviereckführung.

Die Arbeitstiefe wird durch die Schleifsohle (Bild 3) oder den Kraftheber (Bild 4) gesteuert. Beim krafthebergesteuerten Pflug ist die zusätzliche Belastung der Schlepperhinteräder durch W grösser bei gleichem R als bei dem gezeichneten Schleifsohlenpflug.

Ferguson fast die gesamte senkrechte Komponente von W_o (abzüglich einer kleinen Stützkraft an dem hinten liegenden Stützrad) in W_s wiederfindet und damit auch den Schlepper belastet, geht beim Pflug mit Schleifsohle soviel von der senkrechten Belastung verloren, wie die Stützkraft S an der Schleifsohle beträgt, deren Grösse von der Lage des Führungspunktes abhängt, Bild 3 und 4. Bei Geräten mit Stützrollen ist der Abzug noch grösser, wenn die Stützrollen vor den Werkzeugen liegen, und kann Werte erreichen, die so gross sind, dass die Triebräder des Schleppers entlastet oder zumindest nur wenig belastet werden. Daraus erklärt sich das Versagen vieler Schlepper im feuchten Herbst bei Verwendung von Stützrollenpflügen.

- 2) auf die Rückstellbewegungen. Diese sollten möglichst gross sein, um bei Abweichungen von der eingestellten Tiefe das Werkzeug wieder in seine normale Lage zurückzubringen (Bild 5). Daraufhin muss die Konstruktion eines Gelenkviereckes nachgeprüft werden. Diese Forderung gilt nicht für Pflüge, die durch eine Führungsrolle gesteuert werden;
- 3) auf die Kraft an der Schleifsohle oder der Stützrolle. Diese soll möglichst gleichmässig und immer positiv, aber nicht zu hoch sein. In früheren Arbeiten [2, 3] wurde die obere Grenze bei etwa 80 kg für die Schleifsohle angenommen; sie kann je nach der Tragfähigkeit und dem Zustand des Bodens

per mittels eines frei pendelnden Gelenkvierecks angebaut ist. Das Gelenkviereck entspricht in seinen Abmessungen der Ausführung von *Ferguson*.

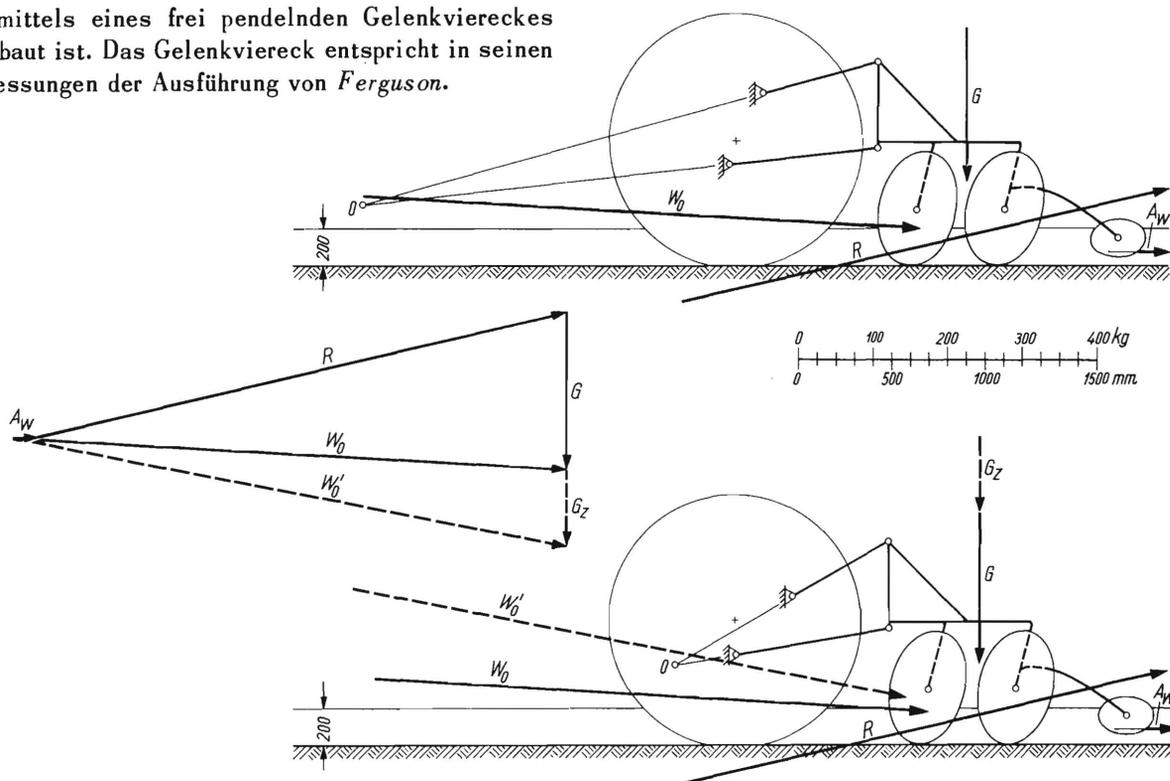


Bild 9 und 10. Scheibenpflüge an verschiedenen Gelenkvierecken auf hartem Boden. Der Pflug in Bild 10 (unten) muss zusätzlich belastet werden, damit er „sich einzieht“.

Bei verschiedenen grossen Reifen, z.B. bei einem Reifen von 10–28 (ausgezogenes Gelenkviereck) und dem Reifen 9–42 (gestrichelt) ergeben sich bei gleichen Anlenkpunkten am Schleppergetriebe zwei verschiedene ideale Führungspunkte O und O' . Dabei erhält man Stützkraft an der Schleifsohle von ≈ 120 kg bei dem Reifen 9–42, von über 150 kg bei dem Reifen 10–28. Infolge der starken Belastung der Schleifsohle kann diese je nach der Tragfähigkeit des Bodens und der Grösse der Auflagefläche (Schleifsohle) einsinken und zu einer Veränderung der Arbeitstiefe führen.

Man könnte versuchen, einen Teil der Stützkraft von der Schleifsohle auf die Stützrolle zu verlagern. Das lässt sich nur bei einem völlig ebenen Acker durchführen. Bei Unebenheiten wird die Auflagekraft zwischen Rolle und Sohle hin- und herwandern.

2) Diese Erscheinung tritt sowohl beim Gelenkviereck als auch beim Grindel mit reellem Anlenkpunkt auf, bei letzterem im allgemeinen seltener aus folgendem Grunde: Bei einem Schwingpflug wird der reelle Führungspunkt wegen der notwendigen Bodenfreiheit möglichst hochgelegt – infolgedessen wird die Sohlenkraft gering, manchmal sogar gleich Null, dafür aber die zusätzliche Belastung der Triebachse gross. Eine Stützrolle wird hier meist gar nicht mitgeliefert. Bei dem Gelenkviereck beeinträchtigt der ideale Führungspunkt die Bodenfreiheit nicht – er wird meist etwas niedriger gelegt als wünschenswert, die Stützkraft wird gross, die zusätzliche Belastung des Schleppers klein. Um das Eindringen der Schleifsohle zu verhindern, wird eine Stützrolle mitgeliefert; wie gross dann die Kräfte (C) werden können, ist aus Bild 7 ersichtlich. Eine Führungsrolle, die weiter hinten angebracht wird, wie z.B. beim *Oliver*-Pflug, ist in dieser Beziehung bedeutend besser, da die Kräfte an dieser Rolle sogar kleiner werden als an der unten in der Furche laufenden Schleifsohle. Über die kinematisch günstige Lage einer Führungsrolle wird von *Hain* [5] berichtet.

Wenn die Rolle einmal die gesamte Stützkraft übernehmen muss, so ergibt sich der Wert C . Die Kraft C wird meistens sehr gross, deshalb ist eine ausreichende Dimensionierung der Lagerstellen und der Anlenkung notwendig. Ausserdem wird durch die grossen Stützkraft, wie bereits gesagt, die Belastung W_s (für C) der Schleppertriebachse und damit die Zugfähigkeit des Schleppers entsprechend vermindert²⁾.

Als Folgerung aus diesem Bild ergibt sich:

1. dass die Abmessungen von *Ferguson* für den frei pendelnden oder den Stützrollen-Pflug nicht geeignet sind, weil die Stützkraft sehr gross werden und
2. dass sich bei diesem Gelenkviereck und verschiedenen Reifengrössen stark unterschiedliche Stützkraft ergeben.

Die Schlepperfirma oder der Händler müssen entsprechende Zwischenstücke für alle Radgarnituren auf Lager halten, die zugleich mit den Rädern montiert werden, um dem Gelenkviereck immer die gleiche Höhe über dem Boden zu geben.

Bild 8 zeigt ein geändertes Gelenkviereck, bei dem sich unter gleichen Bodenverhältnissen für die verschiedenen Reifengarnituren annähernd dieselben Sohlenkräfte ergeben. Der Führungspunkt O bzw. O' liegt in beiden Fällen etwa auf derselben Resultierenden W . Ausserdem wird die senkrechte Komponente W_s von W und damit die Belastung der Triebachse des Schleppers bedeutend grösser, als bei den Abmessungen des Gelenkvierecks nach *Ferguson*.

Ein weiterer Fall ist in Bild 9 und 10 dargestellt. Am Gelenkviereck mit den Massen von *Ferguson* ist ein Scheibenpflug angelenkt, dessen Bodenwiderstand R abweichend von den Scharpflügen unter schwierigsten Verhältnissen (schwerer Boden) schräg nach oben gerichtet ist. Es ist ferner zu bemerken, dass die Entfernung a vom unteren Kupplungspunkt bis zum Boden am *Ferguson*-Scheibenpflug grösser ist als beim Scharpflug. Dieses Mass ist sehr wichtig für die Austauschbarkeit von verschiedenen Geräten an der Dreipunktkupplung.

Die Kräfte R , G und A_W werden, wie in den vorigen Bildern, zu der vorläufigen Resultierenden W_0 zusammengesetzt. Es ergibt sich ein kleines Moment um den Führungspunkt, sodass der Pflug in die Erde hineingezogen wird. Die Werte für den Bodenwiderstand R sind aus den Untersuchungen des Amerikaners *Clyde* [6] ausgewählt, und zwar für einen extrem harten Boden. Der Pflug zieht sich also in diesen Boden gerade noch hinein.

Anders ist es bei dem geänderten Gelenkviereck aus dem vorigen Beispiel (Bild 8). Bei diesen Abmessungen liegt W_0 (Bild 10) unterhalb des ideellen Führungspunktes, und der Pflug wird sich also in den harten Boden nicht mehr hineinziehen. Um auch in diesem Falle das Einziehen zu erreichen, müsste W_0 in der Höhe von W_0' liegen. Dies wird durch Vergrösserung des Gewichts des Scheibenpfluges um den Betrag G_z (G zusätzlich) erreicht (Bild 10). Das grössere Gewicht des Scheibenpfluges bedeutet höheren Materialverbrauch, das Gerät wird teurer, und ausserdem muss der Kraftheber ein grösseres Ar-

beitsvermögen zum Hochheben des Pfluges in die Transportstellung haben. Es wäre besser, von vornherein ein Gelenkviereck mit einem niedrigen Führungspunkt zu verwenden. Als Folgerung ergibt sich hieraus, dass die Anlenkung von Geräten mit unterschiedlichem Bodenwiderstand R nicht immer mit einem Gelenkviereck und den gleichen Anlenkpunkten am Schlepper ausgeführt werden darf.

Das folgende Bild 11 und 12 zeigt einen weiteren Fall, der auf die Erfüllung der obengenannten Forderungen nach gleichen und möglichst geringen Stützkraften, aber diesmal nicht für verschiedene Schlepper-Raddurchmesser, sondern für verschiedene Gerätegewichte, untersucht werden soll. Im oberen Teil sind für einen Beetpflug die Stützkraften ermittelt, während im unteren Teil ein Drehpflug mit grösserem Gewicht an dasselbe Gelenkviereck angebaut ist, wobei die Stützkraft S_2 wesentlich grösser wird als die Stützkraft S_1 beim Beetpflug. Es zeigt sich, dass die Kraft an der Stützrolle beim Drehpflug sogar einen solchen Wert annimmt, dass die senkrechte Komponente von W (also die zusätzliche Belastung der Schlepperhinterachse) in diesem Falle fast gleich Null ist. Es wäre erwünscht, den ideellen Führungspunkt weiter nach oben zu legen, um zu erreichen, dass die Sohlenkraft S_3 , wie im oberen Teil des Bildes, nämlich gleich S_1 , würde. Dazu müsste die Resultierende W in die strichpunktierte Lage kommen.

Die Bilder 13 und 14 zeigen zwei Lösungen dafür. In Bild 13 befinden sich die vorderen Anlenk-

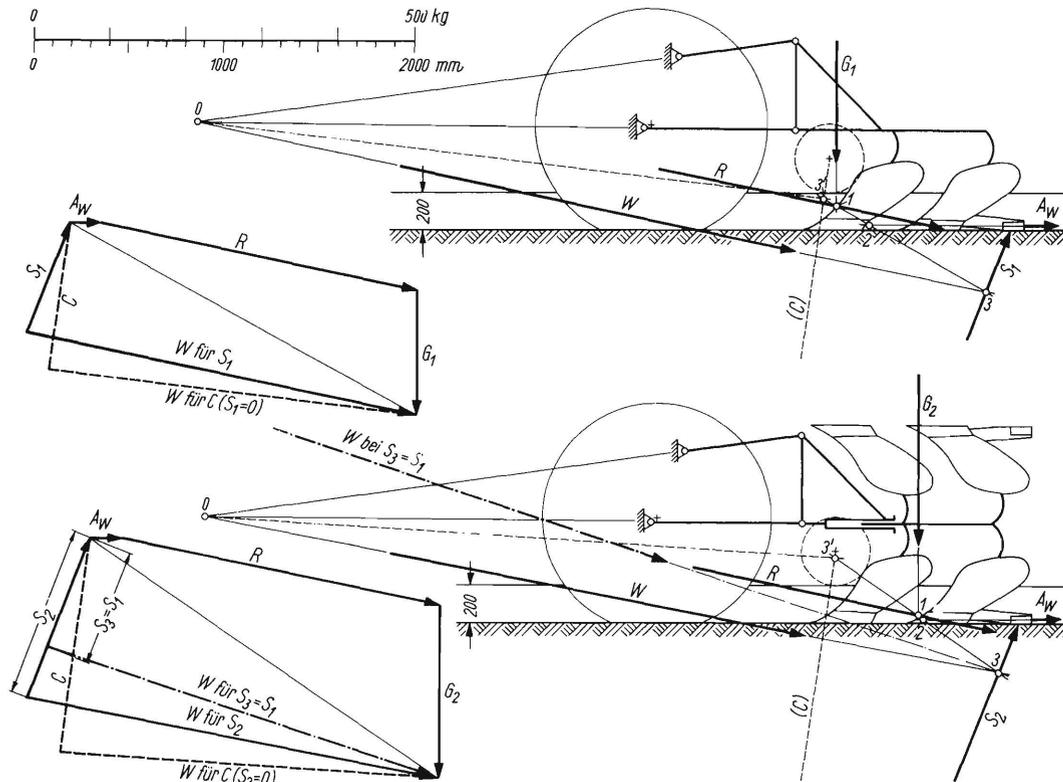


Bild 11 und 12. Stützkraften an Schleifsohle bzw. am Stützrad von Geräten mit verschiedenen grossen Gerätegewichten (Beet- und Drehpflug).

punkte in der gleichen Lage wie auf den vorigen Bildern, nämlich entsprechend der Ausführung von *Ferguson*. Während nun auf dem vorigen Bild der Abstand der Kupplungspunkte am Gerät mit 460 mm der Norm entsprach, sind hier die Punkte weiter auseinander gesetzt; dadurch gelangt der Schnittpunkt der beiden Lenker auf die strichpunktierte Resultierende W , wodurch der schwerere Drehpflug mit der gleichen Stützkraft an der Schleifsohle arbeitet wie der Beetpflug³⁾.

Bild 14 zeigt eine andere Lösung, um den ideellen Führungspunkt auf die strichpunktierte Resultierende W zu bekommen. Hier werden die beiden unteren Anlenkpunkte des Gelenkviereckes am Schlepper durch den Kraftheber in die gewünschte Höhe gestellt.

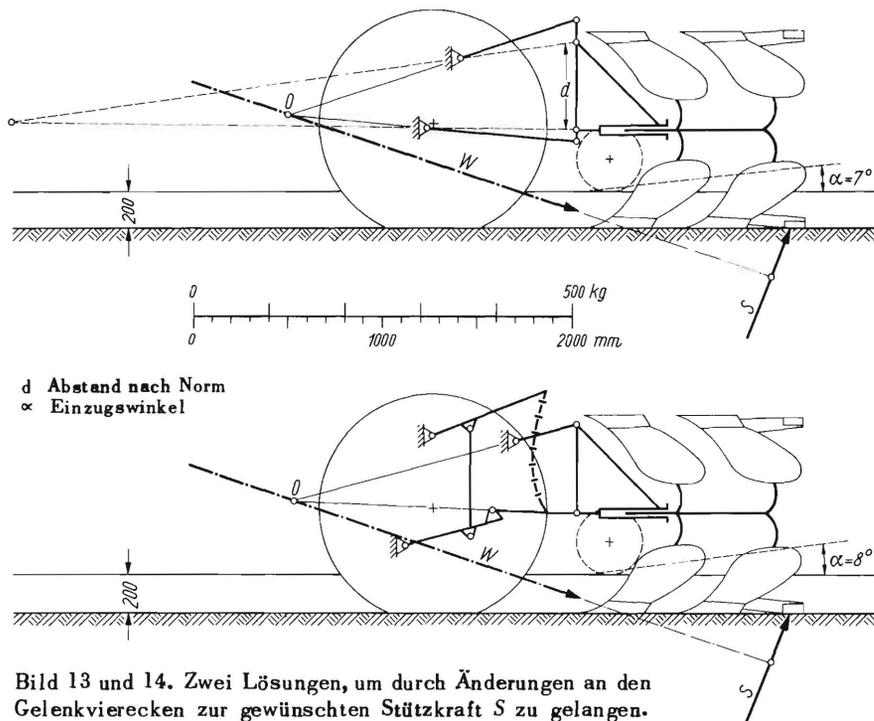


Bild 13 und 14. Zwei Lösungen, um durch Änderungen an den Gelenkvierecken zur gewünschten Stützkraft S zu gelangen.

Man kann dasselbe auch durch Verstellung einer Spindel oder über einen Hebel (z.B. am Schwingrahmen) von Hand erreichen. Auf dem Bild sind die unteren Lenker etwas kürzer gewählt, wobei der Einzugswinkel jedoch wie bei den anderen Ausführungen 7 bis 8° beträgt. Die Verstellung der vorderen Anlenkpunkte der unteren Lenker kann auch als Lösung für die beiden anderen vorher behandelten Fälle dienen (Bild 7/8 und 9/10).

3) Diese Lösung weicht von dem jetzigen Normenvorschlag ab; es wird erreicht, dass zwei Geräte mit verschiedenem Gewicht mit der gleichen Stützkraft arbeiten können. Daraus geht hervor, dass es vielleicht noch verfrüht ist, die Entfernung (d auf Bild 13) der Kupplungspunkte am Gerät durch die Norm DIN 9674 festzulegen. Es wurde inzwischen vorgeschlagen, anstelle dessen die Anlenkpunkte am Schlepper in einem Toleranzbereich, der den Unterschieden der Reifenhalmesser entspricht, in ihrer Lage zueinander festzulegen. Damit würden die Gerätefirmen auf die Gestalt des Gelenkviereckes nach den Erfordernissen der jeweiligen Geräte Einfluss gewinnen und so eine Austauschbarkeit verschiedener Geräte und Fabrikate sicherstellen.

An diesen Beispielen wurde gezeigt, dass noch manches bei Anwendung der Dreipunktaufhängung unberücksichtigt blieb. Bei Neukonstruktionen sind ausser der vorstehenden Untersuchung über die Stützkkräfte die obengenannten Forderungen (Pos. 1–5) über die Grösse des Einzugswinkels, der Rückstellbewegung der selbststellenden Pflüge, hinsichtlich des Verhaltens des Pfluges bei Nickschwankungen des Schleppers und der Transportlage des Gerätes zu erfüllen.

Der Schwingrahmen (Bild 1), der ebenso wie das Gelenkviereck bei Anwendung der Dreipunktaufhängung, von der Schlepperfirma geliefert wird, hat mancherlei Vorzüge, da er eine bequeme Anschlussmöglichkeit für verschiedene Anlenkungen (Bild

15a–d) in gewünschter Höhe unabhängig vom Reifendurchmesser bietet, die sich durch Verstellrichtungen während der Arbeit ändern lässt. Die Kupplungsstücke der Gerätezeilen werden an der vorderen Ackerschiene mit den genormten Lochabständen angeschraubt und sind gut zugänglich. Für Geräte mit grösserer Arbeitsbreite, wie Vielfachgeräte, Drillmaschinen oder Düngerstreuer werden zweckmässig die Taschen in den beiden Armen verwendet, in die geeignete Kupplungsstücke für die Geräte – bei den verschiedenen Reifendurchmessern entsprechend tief – eingeschoben werden. Es dürfte vorteilhafter sein, nicht die Taschen als Kupplung zu benutzen, sondern die Einschubstücke mit einer Schnellkupplung an der Geräteseite zu versehen. Schwierigkeiten treten nur auf, wenn die Kupplungsstücke verschiedener Firmen gleichzeitig am Schwingrahmen befestigt und bei anderen Arbeiten am Schlepper be-

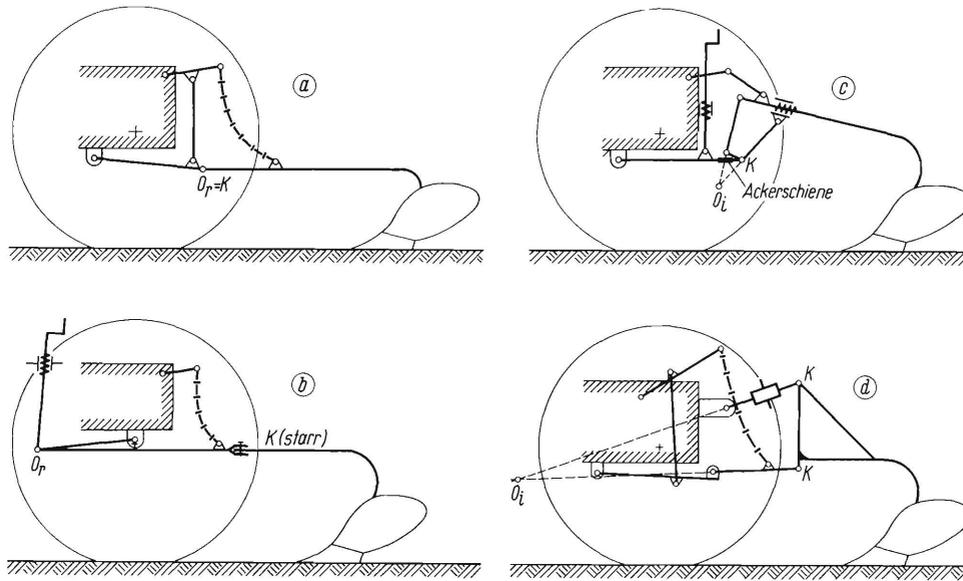


Bild 15. Lage der Führungs- und Kupplungspunkte bei verschiedenen Anlenksystemen am Schwingrahmen.

a und b : Schwingpflug mit reellem Führungspunkt
b und c : Schwingpflug mit ideellem Führungspunkt

Q_r reeller Führungspunkt, Q_i ideeller Führungspunkt, K Kupplungspunkt

lassen werden sollen. Jedoch wird dieser Fall nicht zu häufig vorkommen.

Zur Führung der Werkzeuge werden von den Gerätefirmen verschiedene Anlenkungen am Schwingrahmen geliefert.

1. Der Pflug (meist Wechseelpflug) mit reellem Führungspunkt hinter der Triebachse des Schleppers; dabei soll sich die vordere Ackerschiene des Schwingrahmens dicht hinter dem Getriebe befinden (Bild 15 a).
2. Der Pflug (Winkeldrehpflug) mit reellem Führungspunkt vor der Triebachse des Schleppers. Der Schwingrahmen wird zu einem Teil der Anlenkung, nämlich des Grindels (Bild 15 b), der dann in seiner Länge noch von der Gerätefirma variiert werden kann. Für einen ausreichenden Hub ist eine genügende Bodenfreiheit am Getriebe oder evtl. eine Portalachse Voraussetzung.
3. Der Pflug (meist Wechseelpflug) mit ideellem Führungspunkt vor oder hinter (Bild 15 c) der Triebachse des Schleppers. Bei dieser Ausführung können beide vorderen Anlenkpunkte des Gelenkvierecks zusammen mit dem Schwingrahmen verstellt werden.
4. Der Pflug (meist Drehpflug) mit vor der Triebachse liegendem ideellem Führungspunkt (Bild 15 d). Hierbei werden nur die unteren Anlenkpunkte mit dem Schwingrahmen eingestellt. Für die Kupplung der Geräte an den drei Lenkern sollte die Norm DIN 9674 der Dreipunktaufhängung berücksichtigt werden. Hierbei kann der Schwingrahmen als Bauteil für das im Ausland häufig verlangte Zugpendel ausgenutzt werden.

Die beiden letzten Ausführungen (Bild 15 c und d) mit ideellem Führungspunkt scheinen trotz mehrerer Gelenke (statt dessen werden auch Gleitführungen gewählt) die grösseren Vorteile zu bringen, da die Anlenkpunkte die Bodenfreiheit nicht zu beschränken brauchen und die ideelle Grindellänge beim Einziehen des Pfluges klein, bei der Arbeit grösser sein kann. Über die Führungskräfte an Geräten mit reellem Führungspunkt wurde bereits früher berichtet [2, 3].

Die Führung in der Horizontalebene

In der horizontalen Ebene sind für die einwandfreie Führung der Geräte (insbesondere der Arbeitsbreite beim Pflug) folgende Forderungen aufzustellen, die für die Anlenkungen mit reellem oder ideellem Führungspunkt am Schwingrahmen (auch hier wird die Anlenkung mit ideellem Führungspunkt angewendet) und an der Dreipunktaufhängung gelten:

1. ausreichende Seitenkraft an der Anlage; diese soll immer einen positiven Wert haben (keine Ablösung), darf aber andererseits nicht zu gross werden, da sonst, besonders bei flachen Furchen, der Furchenrand eingedrückt wird. Diese Grenze richtet sich, wie bei der Sohlenkraft, nach der Tragfähigkeit des Bodens und nach der Furchentiefe, kann aber wegen der i.a. grösseren Anlagefläche weiter gelegt werden.
2. kleines Moment des Arbeitswiderstandes um den Triebmittelpunkt des Schleppers. Dieser Punkt liegt in Bild 16 in der Mitte zwischen den Aufstellstellen B_1 und B_2 . Durch das Moment der Kraft W um diesen Punkt (B_0 in Bild 16) wird das

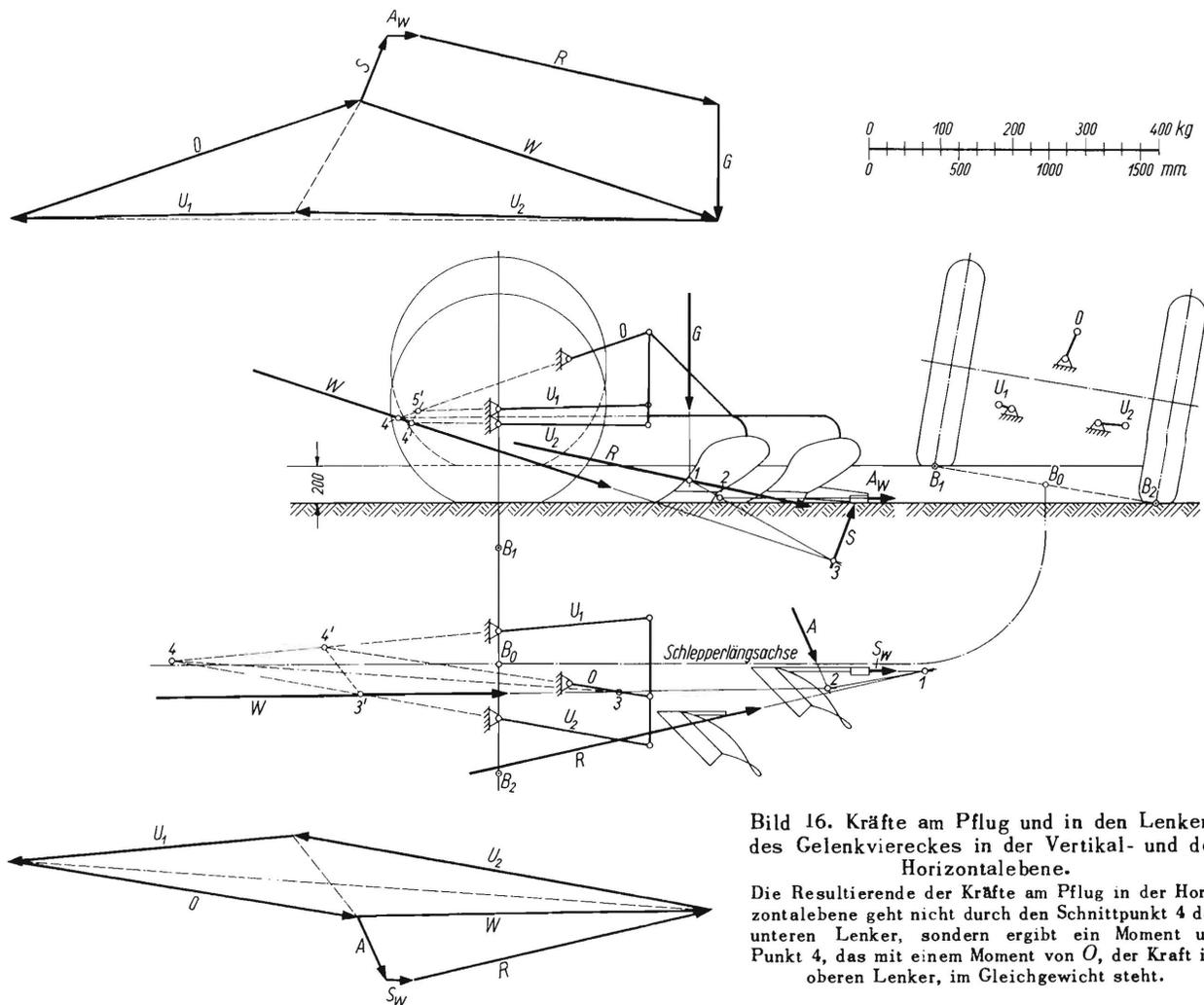


Bild 16. Kräfte am Pflug und in den Lenkern des Gelenkvierecks in der Vertikal- und der Horizontalebene.

Die Resultierende der Kräfte am Pflug in der Horizontalebene geht nicht durch den Schnittpunkt 4 der unteren Lenker, sondern ergibt ein Moment um Punkt 4, das mit einem Moment von O , der Kraft im oberen Lenker, im Gleichgewicht steht.

Schleppervorderrad von der Furchenkante weggezogen; es muss durch einen Lenkeinschlag entgegengesteuert werden.

Bild 16 zeigt ein graphisches Verfahren zur Feststellung der Kräfte in der Horizontalebene. Hiermit ist es möglich, für mittlere oder auch extreme Fälle zu erkennen, ob die Anlagekraft in der Horizontalebene zu gross geworden ist und ob der Anlenkpunkt so gewählt wurde, dass ein Ausgleich zwischen dem Moment von W und der Anlagekraft A ähnlich wie beim Anhängerpflug erreicht worden ist. In Bild 16 ist eine Anlagekraft von etwa 100 kg noch als zulässig angesehen worden.

3. Schnelle Rückstellung nach Abweichung aus der Normallage. Beim Einziehen kann es vorkommen, dass der Pflug nicht sofort die richtige Furchenbreite schneidet oder dass er während der Arbeit durch einen Stein oder eine Wurzel aus seiner Normallage gedrängt wird.

In Bild 17 ist die Weglänge ermittelt, die ein Pflug benötigt, um nach einer Auslenkung $a_1 = 80$ cm auf eine Auslenkung $a_2 = 20$ mm zu kommen. Bild 17a und b zeigen die bekannte Tatsache, dass je länger der Grindel umso grösser der Rückstell-

weg ist. In Bild 17c, d und e sind die Rückstellwege für verschiedene Lenkertrapeze ermittelt. Man erkennt, dass nicht die Länge der Lenker für den Rückstellweg massgebend ist, sondern deren Winkel zueinander bzw. die Lage des ideellen Führungspunktes O . Wie für die Gelenkvierecke die Rückstellwege ermittelt wurden, zeigt Hain [5]. Dabei müssen – genau wie in der vertikalen Ebene die Schneide und Sohle – hier die Schneide und Anlage auf der gleichen Bahn laufen. Erwünscht wäre es demnach, den ideellen Führungspunkt nach hinten möglichst nahe an das Gelenkviereck heranzulegen. Es ist aber dabei darauf zu achten, dass das Moment um den Zugpunkt des Schleppers nicht zu gross wird. Dies lässt sich durch geeignete Massnahmen immer erreichen (siehe unter 4).

4. Geringe Beeinflussung des Pfluges durch Steuer-einschläge des Schleppers. Die Arbeitsbreite des Pfluges wird durch die Steuerausschläge und Abweichungen der Vorderräder von der Furchenkante verändert. Hierbei ergibt sich eine Spurversetzung der Vorderräder gegenüber den Hinterrädern. Bild 18 zeigt, wie die Abweichung von der normalen Arbeitsbreite im wesentlichen von der ideellen Grindelänge der Pflüge abhängt. Der Einfluss der Lage der Anlenkpunkte des Gelenkvierecks am

Bild 17. Rückstellweg in der Horizontalebene bei verschiedener Anlenkung (Pflug am reellen bzw. am ideellen Führungspunkt).

Anlenkung $a_1 = 80$ mm
Rückstellweg bis auf eine Auslenkung von $a_2 = 20$ mm

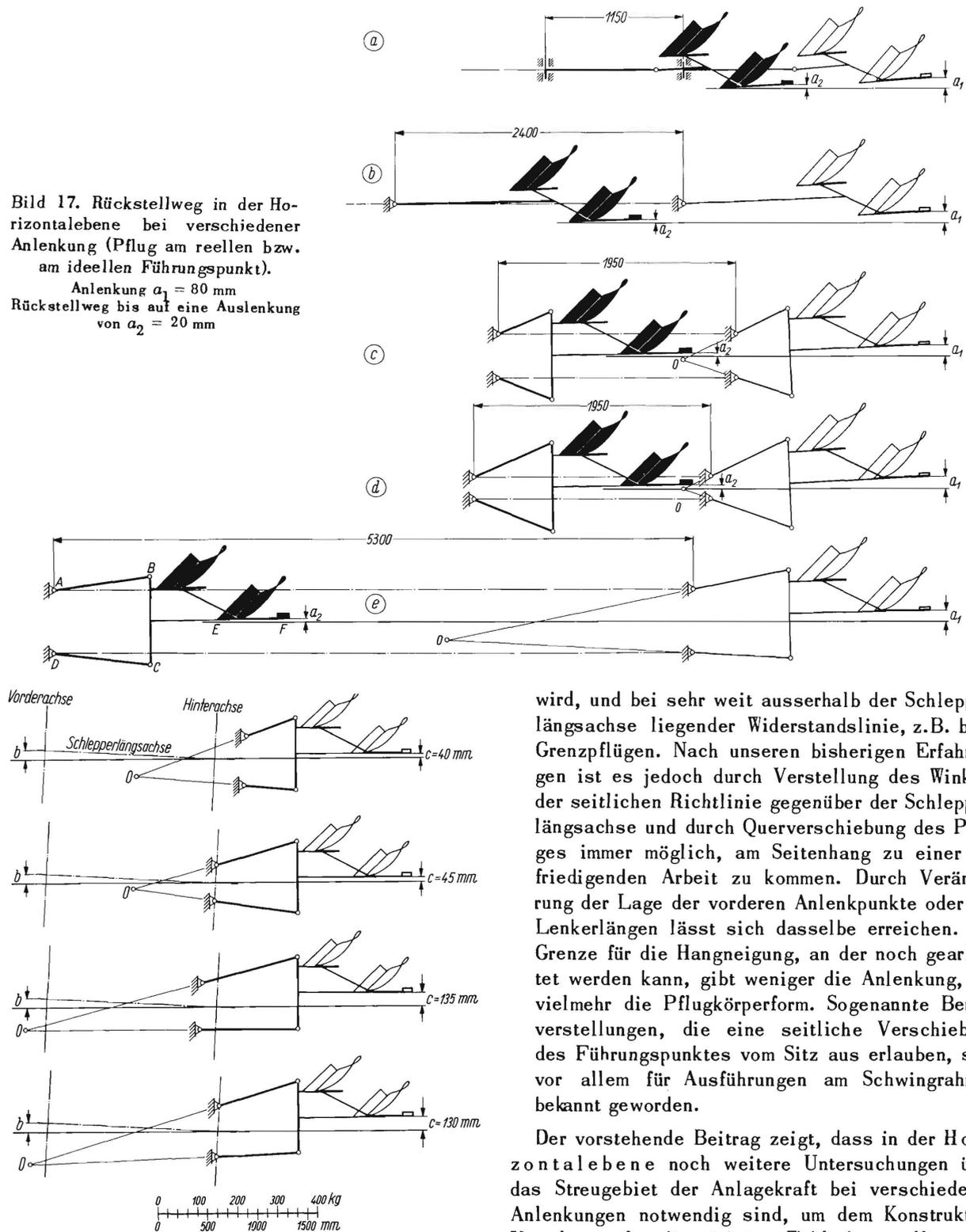


Bild 18. Abweichungen von der Arbeitsbreite infolge einer Spurversetzung des Schleppers bei verschiedener Lage und Abmessung des Gelenkviereckes.

Spurversetzung $b = 100$ mm; Abweichung c von der normalen Furchenbreite
 O ideeller Führungspunkt

Schlepper zur Hinterachse macht sich in nur geringem Masse bei der Auslenkung bemerkbar.

Schwierigkeiten entstehen beim Gelenkviereck in der Horizontalebene, wenn am Hang gepflügt

wird, und bei sehr weit ausserhalb der Schlepperlängsachse liegender Widerstandslinie, z.B. beim Grenzplügen. Nach unseren bisherigen Erfahrungen ist es jedoch durch Verstellung des Winkels der seitlichen Richtlinie gegenüber der Schlepperlängsachse und durch Querverschiebung des Pfluges immer möglich, am Seitenhang zu einer befriedigenden Arbeit zu kommen. Durch Veränderung der Lage der vorderen Anlenkpunkte oder der Lenkerlängen lässt sich dasselbe erreichen. Die Grenze für die Hangneigung, an der noch gearbeitet werden kann, gibt weniger die Anlenkung, als vielmehr die Pflugkörperform. Sogenannte Bergverstellungen, die eine seitliche Verschiebung des Führungspunktes vom Sitz aus erlauben, sind vor allem für Ausführungen am Schwingrahmen bekannt geworden.

Der vorstehende Beitrag zeigt, dass in der Horizontalebene noch weitere Untersuchungen über das Streugebiet der Anlagekraft bei verschiedenen Anlenkungen notwendig sind, um dem Konstrukteur Unterlagen für die richtige Wahl des reellen oder ideellen Führungspunktes und dessen Verstellung zu geben.

Für die Vertikalebene ist durch den vorliegenden Beitrag gezeigt, dass der Konstrukteur ohne langwierige Feldversuche, die von störenden Faktoren beeinträchtigt werden, am Reissbrett zu richtigen Ausführungen der Anlenkung der Geräte am Schlepper kommen kann.

Schrifttum:

- [1] *Schmidt, G.*: Für den Schwingrahmen. Landtechn. 7 (1952) S. 492/494.
- Thaer, R.*: Für die Dreipunktaufhängung. Landtechn. 7 (1952) S. 520/523.
- Preuschen, G.*: Welche Anbaupunkte am Schlepper sollen genormt werden? Landtechn. 7 (1952) S. 556/558.
- Seibold, H.*: Zwei Normen sind tragbar. Landtechn. 7 (1952) S. 583/586.
- Fahr, Wilfried*: DIN 9674 – Dreipunkt-Aufhängung. Landtechn. 7 (1952) S. 729/732.
- Zödler, H.*: Das Schwingrahmensystem am Ackerschlepper und seine Forderungen an das Hubwerk. Landtechn. Forsch. 2 (1952) S. 62/65.
- Skalweit, H.*: Verbindungselemente am Schlepper für Geräte hinter der Triebachse. Landtechn. Forsch. 2 (1952) S. 104/107.
- [2] *Skalweit, H.*: Über die bei der Tiefenhaltung von Schlepperanbaugeräten auftretenden Kräfte. In: Grundlg. d. Landtechn. Heft 3. Düsseldorf 1952. S. 109/118.
- [3] *Skalweit, H.*: Kräfte zwischen Schlepper und Arbeitsgerät. In: Grundlg. d. Landtechn. Heft 1, Düsseldorf 1951. S. 25/36.
- [4] *Hain, K.*: Anwendung des Gelenkvierecks bei der Konstruktion des Ackerschleppers. In: VDI-Tagungsheft 1, Düsseldorf 1953. S. 131.
- [5] *Hain, K.*: Die Form der Furchensohle auf unebenem Acker bei verschiedenen Anbausystemen. (In diesem Heft S. 72/76)
- [6] *Clyde, A.W.*: Improvement of Disk Tools. Agricult. Engng. Juni 1939, S. 215/221.

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

Anschrift des Verfassers: Dipl.-Ing. Helmut Skalweit, (20b) Braunschweig, Bundesallee 50