

Untersuchungen über die Dreipunktaufhängung der Geräte am Schlepper

Von Rudolf Thaer

Unter den Anbausystemen, bei denen das Arbeitsgerät hinten am Schlepper angebracht wird, nimmt die Dreipunktaufhängung eine ausgezeichnete Stellung ein. Die Dreipunktaufhängung ist universell verwendbar [1]. In England ist sie das einzige Anbausystem von Bedeutung. Auch in Deutschland ist die Hoffnung vorhanden, daß die Dreipunktaufhängung zum beherrschenden Anbausystem wird und die Vielzahl der übrigen Anbauarten und zugehörigen Anbaugeräte ablöst. Welche Wohltat diese Vereinfachung für die Landwirtschaft, den Handel und nicht zuletzt für die Landmaschinenindustrie bedeuten würde, braucht nicht besonders hervorgehoben zu werden.

Normung der Dreipunktaufhängung

Es gibt verschiedene Systeme von Dreipunktaufhängungen. Bei einigen wird der Tiefgang des angebauten Gerätes durch den Kraftheber gesteuert. Bei den in Deutschland überwiegend zur Anwendung kommenden Systemen ist dies nicht der Fall. Das Gerät kann sich hier bei der Arbeit zusammen mit dem Gestänge gegenüber dem Schlepper frei auf und ab bewegen. Der Tiefgang wird an Stützelementen des Gerätes (Stützrollen, Schleifsohlen u. dgl.) und gleichzeitig am Dreipunktgestänge eingestellt. Der Kraftheber wirkt dabei nicht tiefenregulierend, sondern befindet sich in „Schwimmstellung“. Dieses System wird deswegen bevorzugt, weil mit ihm der Tiefgang unter wechselnden Bodenverhältnissen am leichtesten selbsttätig gleich gehalten werden kann.

In letzter Zeit sind Systeme aufgekommen, bei denen der Kraftheber auch während der Arbeit mit einer nach oben gerichteten Kraft auf das Gerät wirkt. Diese Kraft kann vom Fahrer auf eine solche Größe eingestellt werden, dass der Pflug entlastet wird, sich aber dennoch auf den gewünschten Tiefgang einstellt. Bei Bewegungen des Pfluges relativ zum Schlepper bleibt die Kraft konstant. Auf diesem Wege kann – entsprechende Bodenverhältnisse vorausgesetzt – ein Teil des Gerätegewichtes und des auf dem Gerät lastenden, senkrechten Bodendruckes auf den Schlepper übertragen werden, um dessen Hinterachsdruck zu erhöhen. Die Betrachtungen dieses Aufsatzes behalten für derartige Systeme ihre Gültigkeit, wenn man sich das Pfluggewicht um einen Betrag verringert denkt, der der eingestellten Anhebekraft des Krafthebers entspricht. Diese Systeme müssen aber auch auf die Anhebekraft Null, also auf die Schwimmstellung, einstellbar sein. Es handelt sich bei diesen Systemen um eine Abwandlung der Schwimmstellung. Auf die Möglichkeiten, die diese Abwandlung bietet, hat *Clausing jun.* am 9.3.55 auf der Konstrukteurtagung in *Völkenrode* hingewiesen.

Soll die Dreipunktaufhängung die in sie gesetzten Erwartungen hinsichtlich einer Vereinheitlichung des Geräteanbaues wirklich erfüllen, so muß sie gewährleisten, daß jedes Dreipunktgerät – gleich welchen Fabrikats – an jeden in Betracht kommenden Schlepper mit Dreipunktgestänge – gleich welchen Fabrikats – nicht nur ohne weiteres angebracht werden kann, sondern auch unter allen praktisch vorkommenden Verhältnissen einwandfreie Arbeit leistet.

Wir müssen und können dahin kommen, daß der Bauer jedes ihm zusagende Dreipunktgerät kaufen oder von seinem Nachbarn leihen kann und an seinem Schlepper oder dem Schlepper, den er erwerben will, anstandslos anzubringen vermag. Zum Erreichen dieses Zieles hat sich die Normengruppe Landmaschinen und Ackerschlepper eingeschaltet.

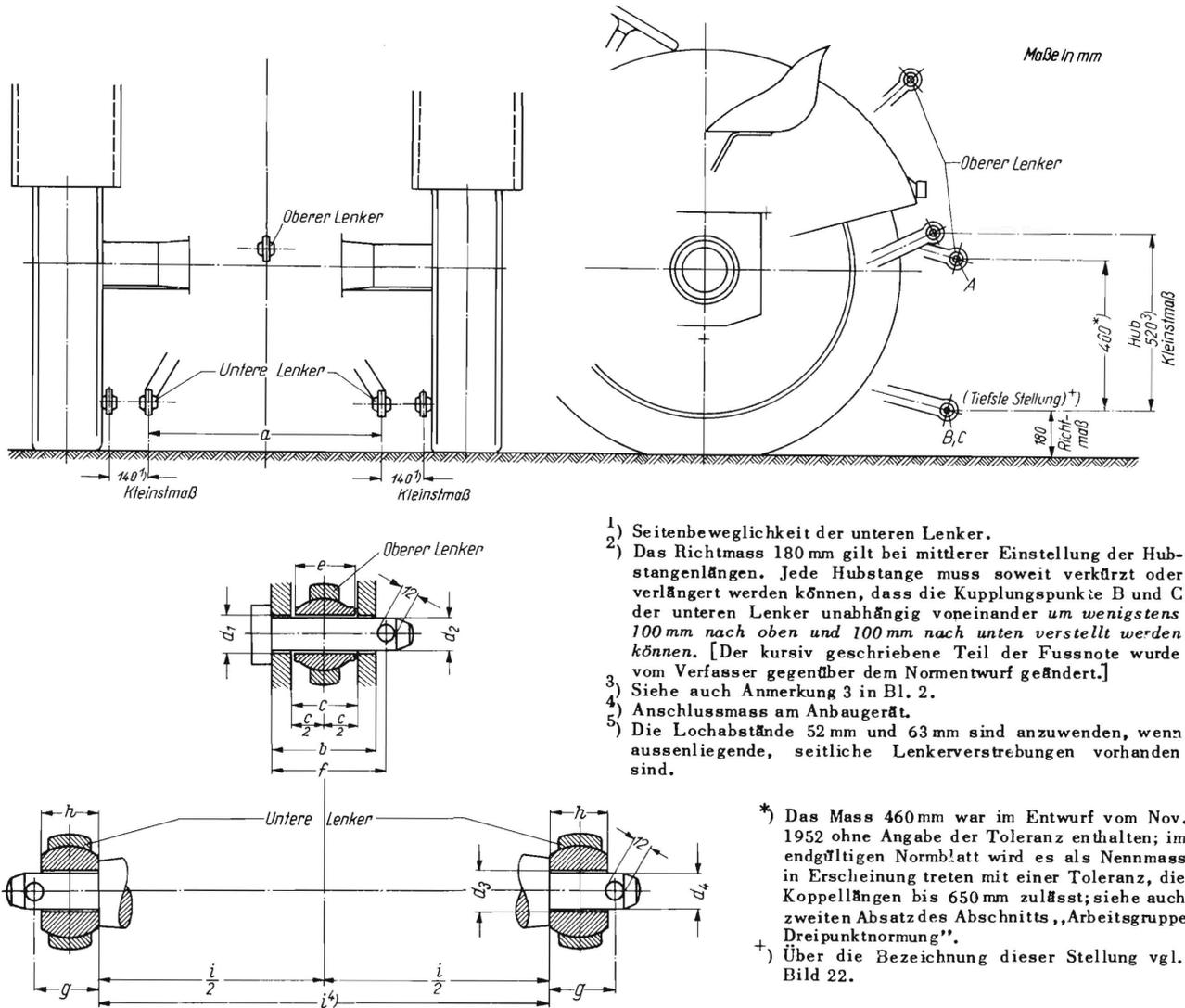
Erste Normfestlegungen

Von der Normengruppe wurde zunächst der Entwurf DIN 9674, November 1952 [12], herausgegeben, **Bild 1**, der sich an eine vorhandene, britische Norm [11] anlehnt. Der Entwurf hatte in der Hauptsache die Ausbildung und Abmessungen der Kupplungspunkte zum Gegenstand. Die Festlegungen dieses DIN-Entwurfes reichten aber nicht aus, um eine einwandfreie Arbeit jeden Gerätes hinter jedem Schlepper zu gewährleisten. Das Blatt ließ noch vollständige Willkür in der Gestaltung des Dreipunktgestänges zu.

Infolgedessen gibt es bei der Vielzahl der Schlepper- und Gerätefirmen auch die verschiedensten Ausführungen des Dreipunktgestänges. Diese sind empirisch entstanden, und durch viele praktische Versuche wissen die Firmen, welche Geräte zu welchem Schlepper passen. Aber eine einheitliche und universelle Verbindung zwischen Schlepper und Gerät kann auf diesem Wege nicht entwickelt werden.

Die Arbeitsgruppe Dreipunktnormung

Um eine Vereinheitlichung zu erarbeiten, wurde innerhalb der Normengruppe Landmaschinen und Ackerschlepper die Arbeitsgruppe Dreipunktnormung gebildet. Diese erhielt die Aufgabe, eine Norm auszuarbeiten, deren Anwendung eine einwandfreie Zu-



- 1) Seitenbeweglichkeit der unteren Lenker.
- 2) Das Richtmaß 180 mm gilt bei mittlerer Einstellung der Hubstangenlängen. Jede Hubstange muss soweit verkürzt oder verlängert werden können, dass die Kupplungspunkte B und C der unteren Lenker unabhängig voneinander um wenigstens 100 mm nach oben und 100 mm nach unten verstellt werden können. [Der kursiv geschriebene Teil der Fussnote wurde vom Verfasser gegenüber dem Normentwurf geändert.]
- 3) Siehe auch Anmerkung 3 in Bl. 2.
- 4) Anschlussmass am Anbaugerät.
- 5) Die Lochabstände 52 mm und 63 mm sind anzuwenden, wenn aussenliegende, seitliche Lenkerverstrebungen vorhanden sind.

* Das Mass 460 mm war im Entwurf vom Nov. 1952 ohne Angabe der Toleranz enthalten; im endgültigen Normblatt wird es als Nennmass in Erscheinung treten mit einer Toleranz, die Koppellängen bis 650 mm zulässt; siehe auch zweiten Absatz des Abschnitts „Arbeitsgruppe Dreipunktnormung“.

†) Über die Bezeichnung dieser Stellung vgl. Bild 22.

Grösse	Motorleistung des Acker-schleppers PS (Richtwerte)	a Nenn-mass	b Grösst-mass	c Kleinst-mass	d ₁ A ₁₂	d ₂ A ₁₃	d ₃ A ₁₂	d ₄ h ₁₂	e Grösst-mass	f Kleinst-mass	g Kleinstmass	h	i ⁴⁾
I	bis 30	718	69	44,5	19	19 _{h10}	22,1	22	44	76	40 od. 52 ⁵⁾	35	683
II	über 30	870	86	52	25,4	25,4 _{h11}	28,4	28	51	93	50 od. 63 ⁵⁾	45	825

Bild 1. Dreipunktaufhängung. Normung der Lage und Anschlussmasse der drei Kupplungspunkte. Normblattentwurf DIN 9674, Blatt 1 vom Nov. 1952 [12], mit Ergänzungen nach dem Stand vom September 1956. Der Entwurf DIN 9674, Blatt 1 und 2, wurde mit Genehmigung des Deutschen Normenausschusses verwendet. Massgebend ist die jeweils neueste Ausgabe des Normblattes im Normformat A 4, die beim Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin W 15 und Köln, erhältlich ist.

sammenarbeit jeden Gerätes mit jedem in Betracht kommenden Schlepper sicherstellt. Der Arbeitsgruppe lag eine unveröffentlichte Arbeit von Skalweit vor, aus der folgender Gedankengang übernommen wurde:

Die Anforderungen der Geräte an die Verbindung mit dem Schlepper sind unterschiedlich. Es kann aber vom Landwirt nicht verlangt werden, daß er das Dreipunktgestänge beim Wechsel von einem Anbaugerät zum anderen, beispielsweise von einem Drehpflug auf einen Schältpflug oder einen Grubber, jedesmal verändert, sondern es soll eine einheit-

liche Dreipunktaufhängung genormt werden, der sich die Geräte entsprechend ihrer Eigenart, anzupassen haben. Damit die Geräte dies tun können, muß aber das im Entwurf DIN 9674 vom November 1952 (vgl. Bild 1) enthaltene Maß 460 mm für den senkrechten Abstand des oberen Kupplungspunktes von den unteren Kupplungspunkten, die „Koppellänge“, fortfallen und die Wahl der Koppellänge dem Gerätekonstrukteur in festzulegenden Grenzen freigestellt werden.

Somit war das Gestänge in der Länge seiner Lenker, der Lage der Anlenkpunkte am Schlepper und in

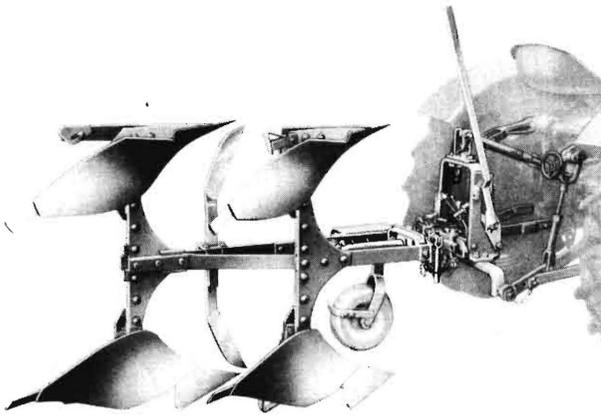
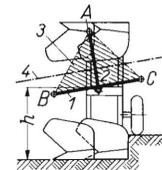
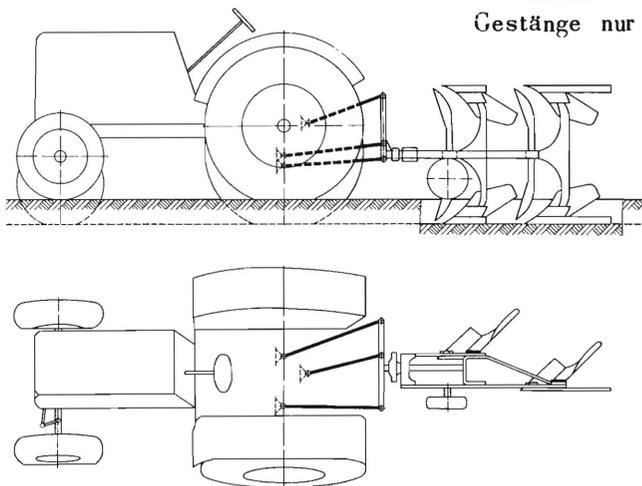


Bild 2. Zweifurchiger Anbaudrehpflug an der Dreipunktaufhängung des Schleppers (Stützrad schwenkbar).

seinen Bewegungen, jeweils unter Angabe der zulässigen Toleranzen, zu normen. Außerdem ergab sich die Notwendigkeit, Abmachungen über den Freiraum für die Geräte an der Heckpartie des Schleppers zu treffen.



- 1 Tragachse
- 2 Koppel
- 3 Kupplungsdreieck
- 4 Schlepperhinterachse
- h Tragachshöhe

Bild 3. Schlepper und Drehpflug durch die Dreipunktaufhängung miteinander verbunden (schematisch).

Man konnte sich nun nicht darauf beschränken, auf Grund vorhandener, bewährter Konstruktionen die am besten geeignete zu finden, da die Unterlagen hierfür nicht ausreichten. Die Arbeitsgruppe mußte sich mittels praktischer und theoretischer Untersuchungen mit dem ganzen Fragenkreis auseinandersetzen; denn eine Norm, die eine Bindung für Jahrzehnte bedeuten soll und die tief in die Konstruktion der Schlepper, Schleppergetriebe, Kraftheber und Anbaugeräte hineingreift, muß gut fundiert sein. Diese Untersuchungen erbrachten nicht nur die Maße für das Normblatt, sondern darüber hinaus Erkenntnisse, die hier der Allgemeinheit zugänglich gemacht werden sollen.

In diesem Aufsatz werden die Forderungen behandelt, die die Geräte an die Dreipunktaufhängung stellen und wie diese Forderungen sich kräfte- und bewegungsmäßig am Dreipunktgestänge äußern, während der folgende Aufsatz von *Flerlage* [2] die

Fragen vom Schlepper aus betrachtet und den auf diese Weise erarbeiteten Normentwurf bringt ¹⁾.

Diese Aufsätze sind aus der Gemeinschaftsarbeit der Arbeitsgruppe Dreipunktnormung entstanden, an der das *Institut für Schlepperforschung* und das *Institut für Landtechnische Grundlagenforschung* der *Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode* maßgeblichen Anteil haben.

A. Die Dreipunktaufhängung und ihre Wirkungsweise

Bild 2 und 3 zeigen einen Schlepper mit einem Anbaugerät (Drehpflug). Beide sind durch die Dreipunktaufhängung miteinander verbunden. Die Dreipunktaufhängung in der zur Erörterung stehenden Form ist in **Bild 4** dargestellt. Ihr Name stammt von den 3 Kupplungspunkten, den Ecken des Kupplungsdreiecks. In ihnen wird das Gerät mit dem Schlepper verbunden.

Während der Arbeit beeinflusst der Kraftheber das Gestänge nur dadurch, daß er die rechte und die

linke Hubstange miteinander verbindet. Im übrigen befindet er sich in „Schwimmstellung“, die möglichst vollkommen sein soll (s.a. Seite 72). Der Kraftheber darf das Gerät nicht in seinem Bestreben hindern, sich den augenblicklichen Bodenverhältnissen anzupassen, die Selbsteinstellung des Gerätes also nicht hemmen oder verzögern.

Für die weiteren Betrachtungen wird also der Fall außer acht gelassen, daß der Kraftheber einen Druck auf das arbeitende Gerät ausübt. Für einige Geräte, z.B. Scheibeneggen und Scheibenschälplüge, kann ein solcher Druck erwünscht sein; durch das Drücken werden aber die Schlepperhinterräder entlastet und können durchrutschen. Deswegen ist hier Vorsicht am Platze. Ein Gestänge, das bei der Schwimmstellung den Anforderungen entspricht, wird es auch

¹⁾ Der Verfasser dankt der Firma *Gebrüder Eberhardt Ulm* für die Unterstützung der Arbeit.

dann tun, wenn der Kraftheber zum Drücken eingerichtet ist ²⁾.

Die Lenker in Bild 4 können sich seitlich frei bewegen, soweit es ihre Lagerung in den Anlenkpunkten zuläßt. Zu einem vollständigen Dreipunktgestänge gehören aber noch Maschinenteile, die die unteren Lenker und damit das Gerät seitlich festhalten, wenn es durch den Kraftheber in Transportstellung hochgehoben ist. Dies kann durch Ketten geschehen, die in Arbeitsstellung lose, in Transportstellung aber straff sind, oder durch Streben, die, mit einem Langloch versehen, während der Arbeit ein seitliches Spielen erlauben und deshalb nur als Endanschläge wirken.

Während die meisten Geräte bei der Arbeit freipendeln müssen, verlangen einige Geräte, z.B. Bodenfräsen, daß sie auch in Arbeitsstellung vom Dreipunktgestänge seitlich festgehalten werden. Es gibt außerdem Geräte, die man nur in schwierigen Verhältnissen auf diese Weise arretieren muß, z.B. Scheibenpflüge. Zu diesem Zweck verwendet man seitliche Verstrebungen, die in der gleichen Ebene wie die unteren Lenker liegen und deren schlepperseitige Aufhängung mit den unteren Anlenkpunkten in einer Flucht liegt.

Mit Rücksicht auf ein sicheres Lenken des Schleppers ist man zwar bestrebt, soweit wie möglich ohne seitliche Arretierung der Geräte auszukommen. Trotzdem müssen seitliche Verstrebungen oder verwandte Mittel zu jeder Dreipunktaufhängung geliefert werden können. Die richtige Gestaltung der Dreipunktaufhängung und der Geräte kann aber viel dazu beitragen, die Anwendung der seitlichen Arretierung auf Einzelfälle zu beschränken.

B. Forderungen an die Dreipunktaufhängung

Die Dreipunktaufhängung soll die Zugkraft des Schleppers in der Weise übertragen, daß das Gerät seine Arbeit gut und gleichmäßig ausführt und die Rückwirkungen auf den Schlepper möglichst günstig sind. Außerdem muß durch sie das Gerät ausgehoben und beim Transport hochgehalten werden können.

Für die Dreipunktaufhängung kommen unter anderem folgende Geräte in Betracht:

Scharpflüge, Scheibenpflüge – Grubber, Untergrundlockerer – Hack- und Häufelgeräte – Eggen, Scheibeneggen, Bodenfräsen – Drillmaschinen, Dibelmaschinen, Kartoffellegemaschinen – Düngerstreuer – Kartoffelroder, Rübenroder – Transportgeräte, Planierschilde, Erdschaufeln.

Diese Zusammenstellung ist nicht vollständig, reicht aber für die weiteren Betrachtungen aus, ja, es genügt sogar im Folgenden die Beschränkung auf

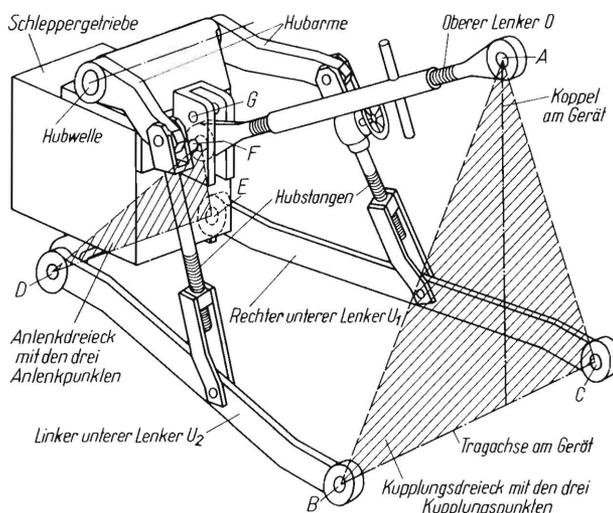


Bild 4. Dreipunktaufhängung, Begriffe und Benennungen (s.a. Normblattentwurf DIN 9674, Blatt 2. Landtechn. 11 (1956) S. 197/198).

Ausgezogen gezeichnet sind die zum Schlepper gehörigen Teile, die zum Gerät gehörigen Teile der Dreipunktaufhängung sind durch das Kupplungsdreieck nur angedeutet.

Der obere Lenker kann durch ein Spannschloss od. dgl. in seiner Länge verändert werden und ist mit dem Schlepper durch den oberen Anlenkpunkt, mit dem Gerät durch den oberen Kupplungspunkt verbunden. In entsprechender Weise sind die beiden unteren Lenker in den unteren Anlenk- bzw. Kupplungspunkten gelagert. Die Verbindung der unteren Kupplungspunkte stellt die zum Gerät gehörige Tragachse dar. Die Koppel entspricht der Höhe des Kupplungsdreiecks. Der Kraftheber hebt mittels der zwei Hubstangen die unteren Lenker und damit das Gerät in die Transportstellung. Wenigstens eine Hubstange soll in ihrer Länge vom Schleppersitz aus leicht einstellbar sein. In der Regel wird zu diesem Zweck die rechte Hubstange mit einem Kurbeltrieb od. dgl. versehen. Die beiden Hubarme des Krafthebers sind durch die Hubwelle fest miteinander verbunden.

Pflüge. Befriedigt eine Dreipunktaufhängung alle Bedürfnisse der Pflüge, so können auch die übrigen Geräte auf das Gestänge dieser Dreipunktaufhängung abgestimmt werden. Dabei sind zum Teil einfache Ergänzungen notwendig.

Es sollen jetzt die Aufgaben der Dreipunktaufhängung besprochen werden, die ihr von einem Pflug während eines vollständigen Arbeitsablaufs gestellt werden.

1) Beim Einsetzen des Pfluges

Beim Einsetzen soll der Kraftheber das Gerät langsam, aber auch schnell ablassen können. Das Gerät soll rasch in den Boden dringen und auf kurzem Weg den vorgeschriebenen Tiefgang erreichen.

Erwünscht ist, daß das Gerät so auf den Boden trifft, daß von vornherein annähernd die richtige Furchenbreite entsteht. Im Grundriß und Heckriß in Bild 3 ist eingezeichnet, wie der Pflug in richtiger Furchenbreite hinter dem Schlepper laufen soll. Das ist aber oft nicht sofort beim Einsetzen zu erreichen, insbesondere dann, wenn der Schlepper infolge einer tiefen Vorfurche oder am Hang sehr schräg steht. Es wird also gefordert, daß das Gerät rasch die vorgeschriebene Furchenbreite erreicht, wenn diese nicht von Anfang an vorhanden war.

²⁾ Übt der Kraftheber bei der Arbeit auf das Gerät eine begrenzte Anhebekraft aus, so gilt sinngemäss das Gleiche.

2) In eingesetztem Zustand des Pfluges Tiefenführung

Hat der Pflug die eingestellte Furchentiefe erreicht, so soll er diese unabhängig von der Bodenbeschaffenheit und von den Nickbewegungen des Schleppers bis zum Furchenende beibehalten. Er muß auf jede in Betracht kommende Furchentiefe einstellbar sein und dabei gut auf der Sohle aufliegen. Abweichungen in der Furchentiefe sollen sich möglichst schnell selbsttätig berichtigen. Diese Forderung einer gleichmäßigen Furchentiefe ist verwandt mit der Forderung raschen Eindringens, die oben genannt wurde.

Seitenführung

Hinsichtlich der Seitenführung gilt sinngemäß das gleiche wie für die Tiefenführung, nämlich Beibehalten der vorgeschriebenen Furchenbreite bzw. rasche Berichtigung bei Abweichungen. Außerdem ist zu verlangen, daß das Gerät gerade hinter dem Schlepper läuft, d.h. die Längsachse des Gerätes mit der Fahrtrichtung übereinstimmt.

Querneigung

Es ist ferner zu fordern, daß alle Pflugkörper eines Mehrfurchenpfluges gleich tief schneiden und der gleiche Tiefgang auch innerhalb einer Furche über ihre ganze Breite hinweg herrscht. Diese Forderung ist erfüllt, wenn im Heckriß der Pflugrahmen parallel zur Ackeroberfläche liegt. Wichtig ist, daß diese parallele Stellung des Rahmens auch bei gewollter oder ungewollter Änderung der Furchenbreite bestehen bleibt. Der Pflug darf – in Heckansicht betrachtet – keine Schaukelbewegungen ausführen, wenn er sich seitwärts bewegt. Tut er dies doch, so wird erstens die Pflugarbeit unsauber, zweitens wechselt die Anlage des Pflugkörpers ihre Neigung und damit die von ihr aufnehmbare Kraft und wird drittens die Einstellung des Pfluges undurchsichtig, weil Veränderungen der Furchenbreiteneinstellung sich über Gebühr auf die Querneigung auswirken und umgekehrt.

3) Beim Ausheben des Pfluges

Der Kraftheber muß mittels des Dreipunktgestänges das Gerät mitsamt dem ihm anhaftenden Boden rasch und hoch genug aus dem Boden ausheben. Dabei muß er noch in der Lage sein, bei Kehrpfügen (Drehpflüge, Wechselflüge, Scheibenschwenkpflüge) eine automatische Wechselbewegung zu bewirken. Es ist also davor zu warnen, den Kraftheber zu schwach zu bemessen.

4) Beim Transport

Die Dreipunktaufhängung soll dem Gerät genügend Transporthöhe geben und es in dieser Höhe mit Sicherheit festhalten. Außerdem muß das Gerät seitlich gehalten werden und darf nicht hin- und herschlagen.

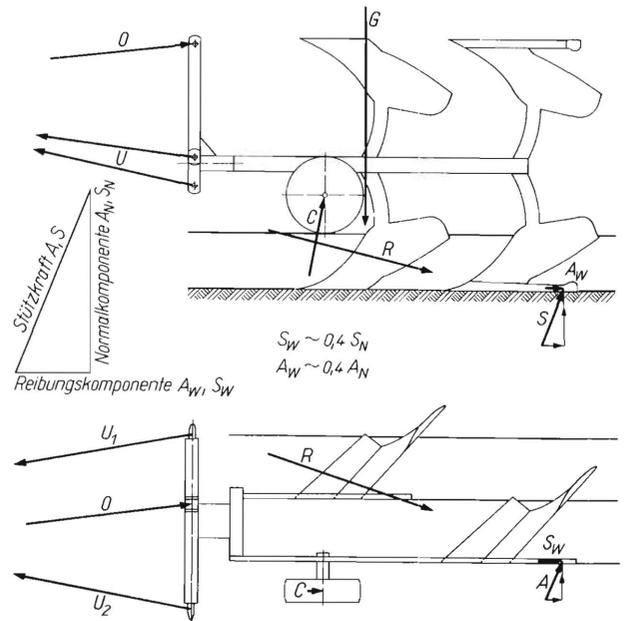


Bild 5. Am Pflug angreifende Kräfte im Grund- und Aufriss.

- G Eigengewicht des Pfluges
- R Bodenwiderstand auf die Arbeitswerkzeuge
- S Sohlenkraft
- S_W Reibungskomponente der Kraft S
- A Anlagenkraft
- A_W Reibungskomponente der Kraft A
- C Stützradkraft (angenommener Reibungsbeiwert 0,2)
- O vom oberen Lenker ausgeübte Kraft
- U_1 vom rechten, unteren Lenker ausgeübte Kraft
- U_2 vom linken, unteren Lenker ausgeübte Kraft

5) Als Verbindungsglied zwischen Schlepper und Pflug

Es ist zu verlangen, daß Schlepper und Gerät eine kurze Einheit bilden. Das ist zum Erreichen kleiner Vorgewende und bequemen Transportes wichtig. Außerdem werden die Vorderräder des Schleppers dann nicht so stark entlastet. Es wird den Gerätefirmen oft der Vorwurf gemacht, daß die Geräte zu weit nach hinten herausbauen. In der Hauptsache ist die Uneinheitlichkeit der Dreipunktgestänge und der unterschiedliche Freiraum zwischen den unteren Lenkern hieran schuld.

Die Verbindung zwischen dem Schlepper und dem Pflug muß leicht herzustellen und leicht zu lösen sein. Wichtig ist dafür, daß eine der beiden Hubstangen vom Schleppersitz aus mittels Kurbel oder dergleichen leicht verlängert oder verkürzt werden kann; sonst bereitet das Einführen der Gerätezapfen in die unteren Lenker Schwierigkeiten.

Zum guten Einführen ist es außerdem notwendig, daß die unteren Lenker seitlich genug bewegt werden können, deshalb das Maß 140 mm im Entwurf DIN 9674. Ich möchte aber bei dieser Gelegenheit darauf hinweisen, daß die Bewegung um 140 mm nicht nur nach außen, sondern auch nach innen möglich sein muß, damit im Acker das Gerät gegenüber dem Schlepper einen ausreichenden Bewegungsspielraum hat.

Die Forderungen an die Dreipunktaufhängung, vom Schlepper aus gesehen, werden von *Flerlage* [2] behandelt.

C. Kräfte bei der Arbeit

Wie muß nun die Dreipunktaufhängung gestaltet werden, um die obengenannten Forderungen zu erfüllen?

Zur Beantwortung dieser Frage wurden einige Untersuchungen über die Kräfte- und Bewegungsverhältnisse am Dreipunktgestänge durchgeführt. Diese theoretischen Untersuchungen waren auch zur Ergänzung der Feldversuche notwendig, die im Rahmen der Normungsarbeiten angestellt wurden; denn es ist unmöglich, bei Feldversuchen eine Übersicht über alle Verhältnisse zu gewinnen. Diese Untersuchungen fußen auf Arbeiten von *Skalweit* [3, 4] und *Hain* [5].

Ausgangspunkt für die Betrachtungen sollen die Kräfte am Pflug bei der Arbeit sein. **Bild 5** zeigt einen Anbaudrehpflug mit den auf ihn wirkenden Kräften im Grundriß und Aufriß.

Die Bodenkräfte die auf die Arbeitsflächen beider Pflugkörper drücken, werden zusammen mit dem Widerstand, den der Boden dem Eindringen der Schare entgegenstellt, in der Resultierenden R zusammengefaßt.

Weiter wirken am Pflug die Stützkkräfte, nämlich die Sohlenkraft S und die Anlagenkraft A . Infolge der bei der Vorwärtsbewegung auftretenden Reibung weisen diese Kräfte die Reibungskomponenten S_w und A_w auf; nach *Söhne* ist ein Reibungsbeiwert von 0,4 zugrunde gelegt. Daher liegen S und A in der gezeichneten Weise schräg. Ist ein Stützrad vorhanden, so tritt zur Sohlenkraft noch die Stützkraft C . Je nach der Einstellung des Pfluges und nach der Belastbarkeit und Form der Ackeroberfläche wird C die Pflugsohle teilweise oder vollständig entlasten, wodurch die Kräfteverhältnisse am Pflug verschoben werden. Der Einfachheit halber wählen wir aber bei den nachstehenden Betrachtungen den Pflug ohne Stützrad.

Die Größe und Lage des außerdem wirksamen Pfluggewichtes G ist für einen bestimmten Pflug bekannt; A und S können erst im Kräfteplan ermittelt werden.

Diese am Pflug wirkenden Kräfte müssen den in den drei Kupplungspunkten angreifenden Lenkerkräften O , U_1 und U_2 das Gleichgewicht halten.

Die Größe und Richtung des Bodenwiderstandes R ist vom Boden und der Arbeitstiefe abhängig. In **Bild 6** sind verschiedene R im Aufriß und Grundriß dargestellt, wie sie *Getzlaff* [6] ermittelt hat. Im Grundriß ist die Streuung erträglich. Dieses Bild gilt aber nur für ebene Geländeverhältnisse, am Hang

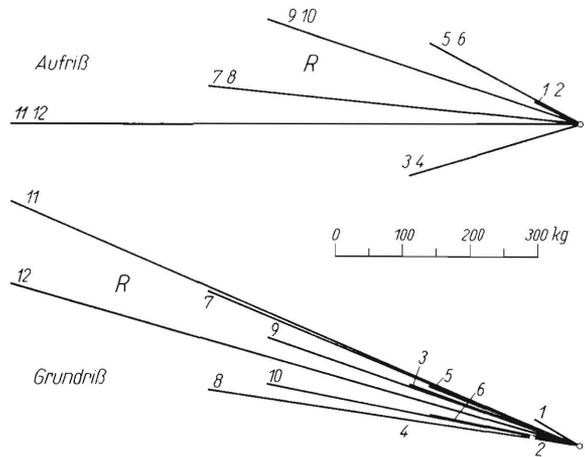


Bild 6. Bodenwiderstandskraft R für zweifurchige Pflüge von 50cm Furchenbreite bei verschiedenen Furchentiefen und Bodenverhältnissen auf ebenem Acker nach Untersuchungen von *Getzlaff* [6] und Zahlentafel in [4].

ergibt sich ein größeres Streugebiet. Wie aus **Bild 6** hervorgeht, weist R im Aufriß sehr unterschiedliche Richtungen auf.

Diese Kräfte müssen zusammengesetzt und ins Gleichgewicht gebracht werden. Da es sich um ein räumliches Kräftesystem handelt, wird der Kräfteplan gleichzeitig in Grundriß, Aufriß und Heckansicht konstruiert. Zur Erklärung der Zusammenhänge ist es aber besser, jeden der drei Risse für sich zu betrachten. Wer sich näher mit der Konstruktion des Kräfteplanes befassen will, sei auf die Arbeit von *Skalweit* [4] verwiesen.

1) Kräfteplan im Aufriß

Die Kräfte eines einfurchigen Anbau-Winkeldrehpfluges (**Bild 7**) werden nach **Bild 8** folgendermaßen zusammengesetzt:

Der Bodenwiderstand R und die in ihrer Größe geschätzte Anlagenreibung A_w werden mit dem Gewicht G zur Resultierenden W_0 zusammengefaßt. W_0 ist nahezu unabhängig von der Lage der Aufhängung und ein Charakteristikum für den jeweiligen Pflug in einem bestimmten Boden bei einem bestimmten Tief-

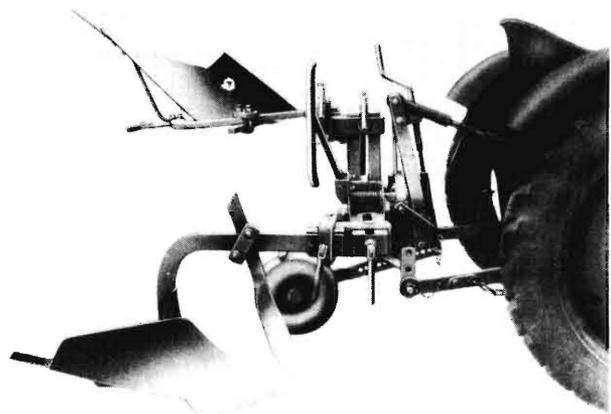


Bild 7. Einfurchiger Anbau-Winkeldrehpflug, an die Dreipunktaufhängung des Schleppers gekuppelt.

gang. Zu W_0 muß noch die zunächst unbekannte Sohlenkraft S hinzugefügt werden, um die Widerstandskraft W als Zusammenfassung der vom Dreipunktgestänge aufzunehmenden Kräfte zu erhalten.

Für die Lage von W sind zwei Punkte gegeben, nämlich einmal der Schnittpunkt von W_0 mit S und zum anderen der sogenannte Führungspunkt oder ideelle Zugpunkt (F_1). Unter ihm versteht man den im Aufriß auftretenden Schnittpunkt der Kraft O im oberen Lenker mit der Resultierenden U der Kräfte U_1 und U_2 in den unteren Lenkern [4].

In der Regel liegen die Kräfte U_1 , U_2 , O und folglich auch W windschief zueinander. Die für die Aufzeichnung der Kräftepläne notwendige Vereinfachung dürfte aber trotzdem zulässig sein, denn

1. Die unteren Lenker übertragen zwar nicht ausschliesslich Längskräfte, sondern auch von den Hubstangen herrührende Querkräfte. Bei Schwimmstellung sind diese Querkräfte aber annähernd entgegengesetzt gleich. Sie können infolgedessen bei der Betrachtung des Aufrißes und erst recht des Grundrisses unberücksichtigt bleiben. Es sind deshalb im Folgenden unter U_1 und U_2 nur die Längskräfte in den unteren Lenkern zu verstehen, auch im Heckriss, in dem die Querkräfte durch ein zusätzliches Kräftepaar ersetzt werden.
2. Die Kräfte U_1 und U_2 können zwar nur dann zu einer Resultierenden U zusammengefasst werden, wenn sie eine gemeinsame Ebene haben, das ist aber unter Berücksichtigung von Absatz 1 bei Drehpflügen und ähnlichen, symmetrisch aufgebauten Geräten der Fall; denn bei diesen pflegen die unteren Lenker in einer Ebene zu liegen. Für Beetpflüge gilt das nicht genau. Es lässt sich aber auch für diese eine vermittelnde Ersatzebene finden, von der die unteren Lenker nicht weit abweichen. Man kann z.B. eine Ersatzebene durch die unteren Anlenkpunkte und die Mitte der Tragachse zugrunde legen. Dieser Annäherung kommt zugute, dass bei den meisten Beetpflügen der furchenseitige Kupplungspunkt tiefer angeordnet ist als der landseitige.
3. Die Kraft O schneidet sich zwar nur dann mit der Resultierenden U , wenn U durch den Durchstoßpunkt von O durch die von den unteren Lenkern aufgespannte Ebene oder Ersatzebene geht; aber für die Betrachtung der Tiefenführung ist es nicht wesentlich, ob U durch diesen Durchstoßpunkt oder vor oder hinter ihm verläuft.

$W_{0(1)}$	Zweifurchiger Beetpflug	$G = 150 \text{ kg}$ und R_{110}
$W_{0(2)}$	Zweifurchiger Beetpflug	$G = 150 \text{ kg}$ und R_{128}
$W_{0(3)}$	Zweifurchiger Beetpflug	$G = 150 \text{ kg}$ und R_{s10}
$W_{0(4)}$	Zweifurchiger Beetpflug	$G = 150 \text{ kg}$ und R_{s28}
$W_{0(5)}$	Zweifurchiger Drehpflug	$G = 260 \text{ kg}$ und R_{110}
$W_{0(6)}$	Zweifurchiger Drehpflug	$G = 260 \text{ kg}$ und R_{128}
$W_{0(7)}$	Zweifurchiger Drehpflug	$G = 260 \text{ kg}$ und R_{s28}

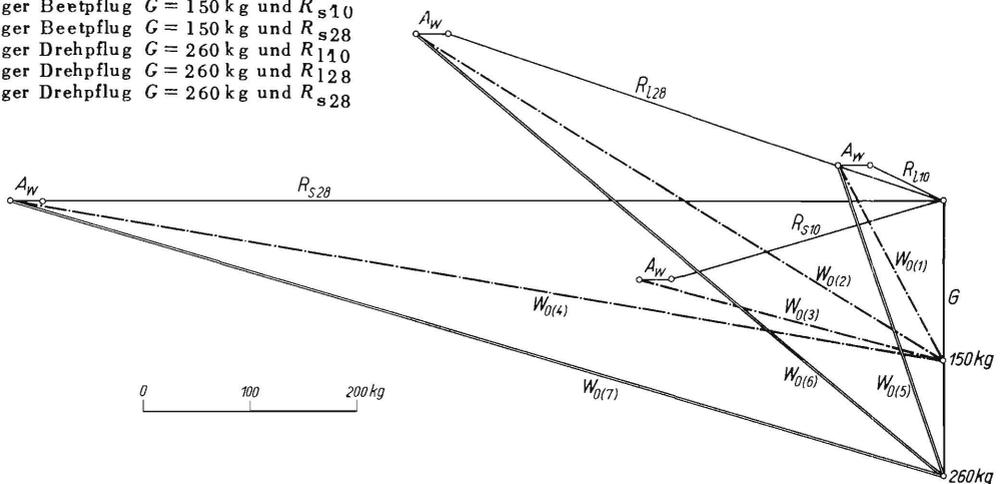


Bild 9. W_0 für verschiedene Pfluggewichte G und Bodenwiderstände R .

W_0 ist die graphische Summe von G , R und A_w im Aufriß. R gilt für zweifurchige Pflüge bei Furchentiefen von 10 und 28 cm sowie für leichten (1) und schweren (s) Boden.

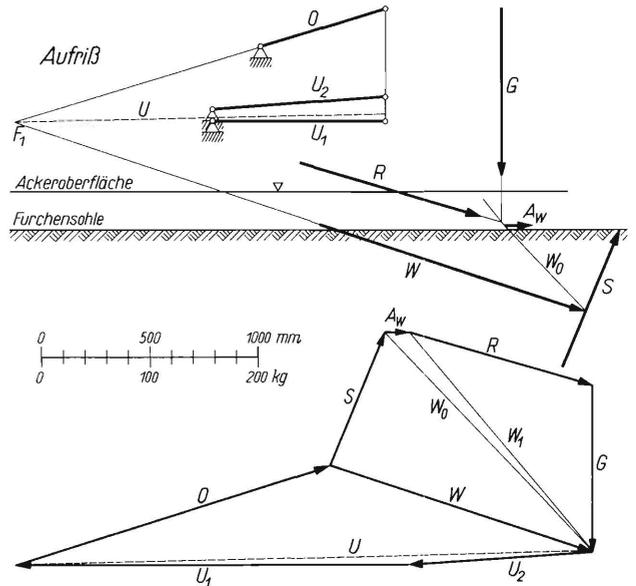


Bild 8. Kräfte an einem einfurchigen Winkeldrehpflug im Aufriß (oben Lageplan, unten Kräfteplan).

- F_1 Führungspunkt für Tiefenführung
- W_1 Resultierende von G und R
- W_0 Resultierende der vom Aufhängesystem nahezu unabhängigen Kräfte
- W Resultierende Widerstandskraft der Bodenkkräfte und des Pfluggewichtes
- Übrige Größen wie in Bild 5

Der Führungspunkt F_1 ist ausschließlich im Aufriß zu gebrauchen.

Die Richtung von W bestimmt jetzt die Größe von S , deren Richtung durch die Annahme des Reibungsbeiwerts (0,4) gegeben ist. Die Sohlenkraft ist also entscheidend davon abhängig, wie W_0 und W zueinander liegen.

Die auf das Dreipunktgestänge wirkende Kraft W wird nun auf den oberen Lenker und die beiden unteren Lenker aufgeteilt, wobei O normalerweise Druckkraft, U_1 und U_2 Zugkräfte sind. Wegen der Aufteilung der Zugkräfte auf U_1 und U_2 sei auf die schon genannte Arbeit von Skalweit [4] verwiesen.

2) Folgerungen aus den Kräften des Aufrisses

Soll der Pflug auf den eingestellten Tiefgang kommen und ihn einhalten können, muß die Sohle einen guten Sitz haben, der Sohlendruck S also immer positiv sein. Zu große Werte von S sind wegen der damit verbundenen Reibung aber nicht erwünscht. Es wurde schon oben gesagt, daß die Größe von S davon abhängt, wie W_0 zu W liegt oder, anders ausgedrückt, wie W_0 am Führungspunkt vorbeiläuft. Es ist also notwendig, sich Klarheit über W_0 zu verschaffen.

Bild 9 zeigt verschiedene Lagen und Größen von W_0 , wie sie sich aus den R -Werten in Bild 6 und bei verschiedenen Pfluggewichten ergeben können.

W_0 liegt beispielsweise steil (siehe $W_{0(1)}$), wenn ein zweifurchiger Pflug mit 150 kg Gewicht (Beetpflug) in leichtem Boden bei 10 cm Furchentiefe mit dem Bodenwiderstand R_1 in Bild 6 arbeitet; der Pflug will im Boden versinken. W_0 (siehe $W_{0(2)}$) verläuft um einiges flacher bei demselben Boden und Pflug, aber bei 28 cm Furchentiefe.

Soll derselbe Pflug einen schweren Boden mit 10 cm Furchentiefe bearbeiten, so drückt R von unten gegen den Pflugkörper. W_0 ist nur wenig geneigt (siehe $W_{0(3)}$); der Pflug kann Schwierigkeiten beim Eindringen haben. Bei größerer Furchentiefe verläuft W_0 noch flacher (siehe $W_{0(4)}$); der Pflug wird infolgedessen die Furchentiefe von 28 cm in diesem schweren Boden gar nicht erreichen, wenn die Gerätekonstruktion dem nicht Rechnung trägt.

Wird ein 250 kg schwerer, zweifurchiger Pflug (z.B. ein Drehpflug) eingesetzt, so ergibt sich in leichtem Boden bei flacher Furche ein sehr steiles W_0 (siehe $W_{0(5)}$), bei tiefer Furche ein wesentlich flacheres W_0 (siehe $W_{0(6)}$) und bei tiefer Furche in schwerem Boden ein noch flacheres W_0 (s. $W_{0(7)}$).

Aus diesem Bild ist zu ersehen, daß W_0 für jeden Pflug eine große Streuung aufweist, wobei W_0 beim schweren Pflug steiler verläuft als beim leichten. In Bild 9 handelt es sich um Scharpflüge. Bei Scheibenpflügen liegt W_0 durchschnittlich flacher.

Kehren wir zum Aufriß des Kräfteplanes in Bild 8 zurück. S soll immer positiv sein, aber nicht zu groß. Also muß der Führungspunkt so tief liegen, daß W_0 immer oberhalb an ihm vorbeigeht, aber er soll auch nicht tiefer liegen als notwendig, weil sonst zu viel Zugkraft durch die vergrößerte Sohlenreibung verlorengeht und der Pflug in weichem Boden einen unerwünscht großen Tiefgang erhalten kann. Für Geräte verschiedenen Gewichtes sind also verschiedene Lagen von F_1 erwünscht. Auch für die Pflüge gleichen Gewichtes, die mit Werkzeugen verschiedener Eindringfähigkeit ausgestattet sind, trifft das zu. Ja, man könnte sogar zu der Forderung kommen, daß für das gleiche Gerät der Führungspunkt in schwerem Boden tiefer liegen muß als in einem leichten Boden.

Wie kann nun der Führungspunkt beeinflusst werden? Einmal durch die Gestaltung und Anbringung des Dreipunktgestänges, diese Möglichkeit wird von

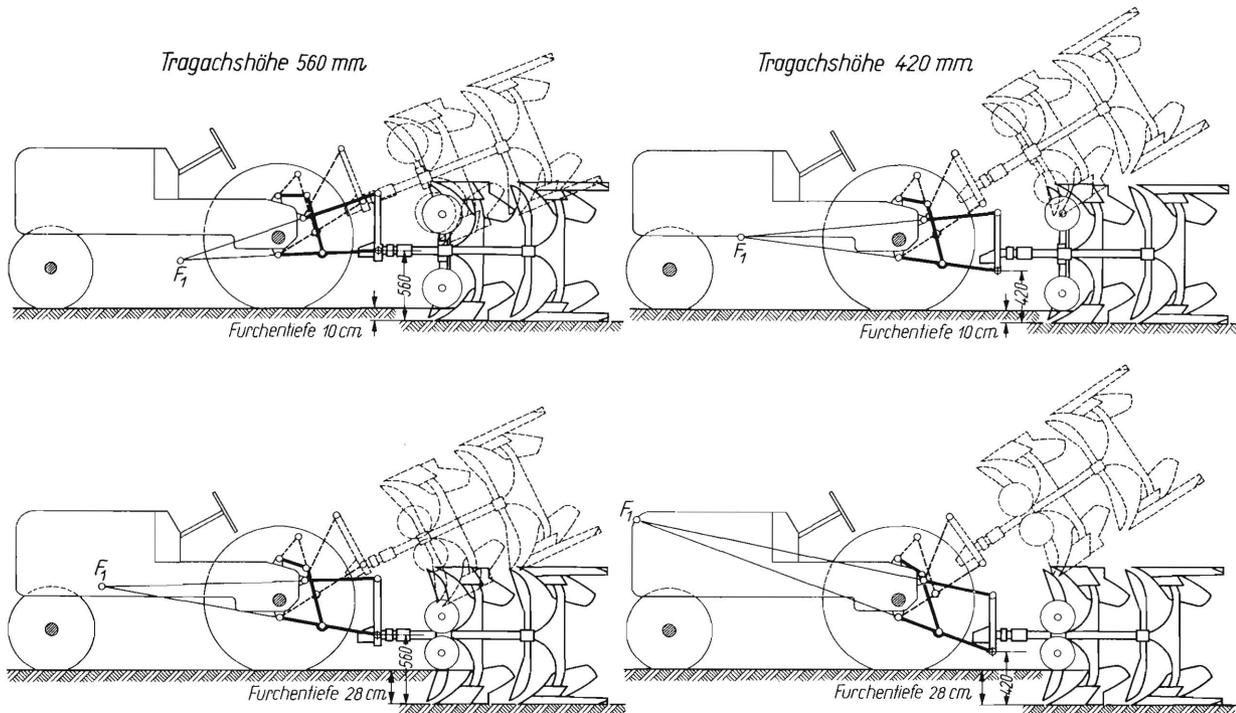


Bild 10. Lage des ideellen Führungspunktes F_1 in Abhängigkeit von der Furchentiefe und der Tragachshöhe bei gleichbleibender Koppellänge. Die Transporthöhe des Gerätes wird ausserdem grösser mit kleiner werdender Tragachshöhe.

Flerlage [2] behandelt, zum anderen aber auch durch die Lage der Kupplungspunkte am Gerät.

Bild 10 zeigt einen Drehpflug, an dem die Kupplungspunkte einmal tiefer und einmal höher liegen, bei zwei verschiedenen Furchentiefen; dabei ist die Tragachshöhe des Gerätes in einem Fall 420 mm, im anderen 560 mm. Die Koppellänge ist überall die gleiche. Es ist gut zu sehen, wie dadurch der Führungspunkt wandert. Gleichzeitig ist die Transporthöhe des Gerätes bei geringer Tragachshöhe größer als bei großer Tragachshöhe.

Auch durch Verlängerung der Koppel läßt sich eine Verlagerung des Führungspunktes erreichen, Bild 11. Die unteren Kupplungspunkte bleiben bestehen, d.h. die Tragachshöhe ist unveränderlich. Wird nun die Koppellänge nach Bild 11 vergrößert, so steigt der Winkel zwischen W und der Waagerechten von 22° auf 28° an.

In Bild 12 liegen die unteren Kupplungspunkte tiefer als in Bild 11. W wird dadurch bei entsprechenden Koppellängen steiler (25° bis 29°) als in Bild 11. Interessant ist, daß eine Verlängerung der Koppel durch Höherlegen des oberen Kupplungspunktes in diesem Fall schließlich kaum noch eine Richtungsänderung von W bewirkt ($28,5^\circ$ auf 29°).

Es ist darauf zu achten, daß die unteren Kupplungspunkte wegen der notwendigen Bodenfreiheit nicht zu niedrig liegen, der obere Kupplungspunkt aber auch nicht zu hoch, weil er sonst beim Ausheben gegen den Schleppersitz stößt (Bild 10). Trotzdem ist es dem Gerätekonstrukteur in bestimmten Grenzen in die Hand gegeben, bei festliegendem Dreipunktgestänge den Führungspunkt so zu beeinflussen, wie es für die Zusammenarbeit des Gerätes mit den Schleppern am günstigsten ist. Solange er aber nicht mit einheitlichem und einheitlich liegendem Dreipunktgestänge rechnen kann, ist ihm diese Möglichkeit verschlossen.

3) Kräfteplan im Grundriß

Im Grundriß (Bild 13) werden die Kräfte R und S_W mit der Anlagenkraft A zur Widerstandskraft W zusammengefaßt. S_W ist dem Aufriß entnommen, R unter festliegenden Verhältnissen gegeben, von A wissen wir nur die Richtung, ihre Größe ist von der Richtung von W abhängig. Zur Bestimmung der Lenkerkräfte O , U_1 und U_2 und der Widerstandskraft W werden die Ermittlungen des Aufrisses herangezogen. Genaueres hierüber ist der Arbeit von Skalweit [4] zu entnehmen.

Im Lageplan ist zu sehen, daß sich die Kräfte U_1 und U_2 in F_2 schneiden, O und W aber seitlich an F_2 vorbeigehen. Soll im System Gleichgewicht herrschen, so müssen O und W entgegengesetzt gleich große Momente um F_2 erzeugen. Daraus ist zu schließen, daß sich die Richtung und Größe von O auf die Richtung von W auswirkt, was Versuche immer wieder bestätigt haben. Es ist also durchaus nicht immer zulässig, den Kräfteplan dadurch zu vereinfachen, daß man die Wirkungslinie von W durch den Schnittpunkt F_2 der unteren Lenker zieht, ohne zu fragen, welches Moment O ausübt.

4) Folgerungen aus den Kräften des Grundrisses

Anhand des Grundrisses kann man sich über die Seitenführung Klarheit verschaffen. Soll der Pflug in der Seitenführung stabil sein, so muß die Anlagenkraft immer positiv bleiben, sonst rutscht der Pflug in die Furche. Andererseits darf sie nicht zu groß werden; denn die Widerstandsfähigkeit der Furchenwand ist begrenzt. Bei lockerem, beispielsweise geschältem Acker kann sie nur eine kleine Anlagenkraft aufnehmen. Diese Tatsache ist zu beachten.

Im Schrifttum [7, 8 und 10] wird gelegentlich die Anordnung als die günstigste angesehen, bei der die Wirkungslinie im Grundriß durch die Mitte der Hinterachse läuft. Für diese Auffassung ist das Bestreben massgebend, die Lenkfähigkeit des Schleppers nicht in Mittelei-

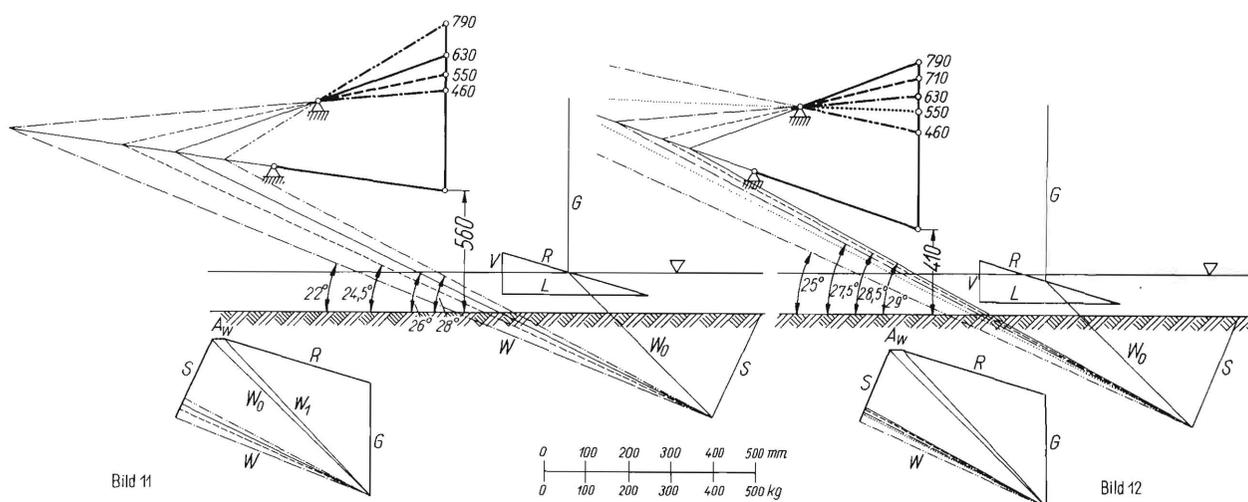


Bild 11 und 12. Ideeller Führungspunkt und Widerstandskraft W in Abhängigkeit von der Koppellänge und Tragachshöhe im Aufriß.

denschaft zu ziehen. Dabei sind aber die Wirkungen auf den Pflug nicht hinreichend berücksichtigt. Die Anlagenkraft wird beim einfurchigen Pflug dann leicht so gross, dass er seitlich ausbricht. Es muss hier jeweils der richtige Mittelweg gefunden werden, bei dem der Schlepper dem Pflug so viel von den Seitenkräften abnimmt, dass der Pflug einwandfrei arbeitet.

Diese Überlegungen gelten natürlich nicht nur für Pflüge mit Dreipunktakupplung, sondern auch für Pflüge, die auf eine andere Weise gelenkig am Schlepper angebracht sind.

Der Anlagenkraft entspricht hinsichtlich der Tiefenführung die Sohlenkraft, für die die Verhältnisse aber günstiger liegen; denn die Furchensohle kann meist viel größere Kräfte aufnehmen als die Furchenwand.

Bild 13 zeigt die Verhältnisse auf ebenem Boden, bei dem keine Komponente des Pfluggewichtes G in Erscheinung tritt; am Hang wirkt sich aber das Gewicht auf die Seitenführung aus. Außerdem wird R seine Richtung ändern. Die Anlagenkraft kann dadurch größer oder kleiner werden als ihre Extremwerte in der Ebene, je nachdem, ob der Boden aufwärts oder abwärts gewendet wird.

Einfurchige Pflüge sind in der Seitenführung empfindlicher als mehrfurchige, weil der Schnittpunkt von R und A dichter am gepflügten Land liegt. Die Widerstandskraft W richtet sich in ihrer Neigung nach diesem Schnittpunkt, wobei eine größere Anlagenkraft entsteht³⁾.

Es ergibt sich also die Frage, wieweit durch die Gestaltung der Geräte oder durch die Ausführung des Dreipunktgestänges die Verhältnisse für die Seitenführung günstig oder ungünstig beeinflusst werden können. Gewiß sind an manchen Geräten bisher noch nicht alle Möglichkeiten ausgeschöpft, aber es ist zu bedenken, daß beispielsweise die Arbeitswerkzeuge eines Pfluges in erster Linie im Hinblick auf die vielfachen Forderungen ihrer Arbeit gestaltet werden müssen und daß dann für andere Wünsche kein großer Spielraum bleibt.

Die zwei genormten Längen der Tragachse dürfen nicht verändert werden, weil sie auf die Schlepperspuren zugeschnitten sind und eine Änderung dieser Maße Verwirrung und Beanstandungen bringen würde.

Bei Beetpflügen kann durch seitliche Verschiebung des oberen Kupplungspunktes die Anlagenkraft beeinflusst werden. Von dieser Möglichkeit wird auch schon verschiedentlich Gebrauch gemacht.

³⁾ In der Diskussion brachte Skatweit einige interessante Ergänzungen bezüglich der Anlagenkraft. Er zeigte Ergebnisse von theoretischen Untersuchungen über das Verhalten eines Pfluges für Dreipunktaufhängung am Hang, wobei er aber nur den Einfluss des Pfluggewichtes berücksichtigen konnte. Die Tendenz war eindeutig und deckt sich mit den praktischen Erfahrungen und den obigen Ausführungen. Die Veränderungen der Anlagenkraft durch die Schräglage werden aber noch grösser, wenn die Änderung von R , besonders die seiner Richtung, in die Untersuchungen einbezogen wird. Leider liegen dafür bis heute noch keine Versuchsergebnisse vor. Er zeigte ferner in Diagrammen, dass die Anlagenkraft eine grosse Streuung aufweist und den Wert von 300 kg durchaus erreichen kann.

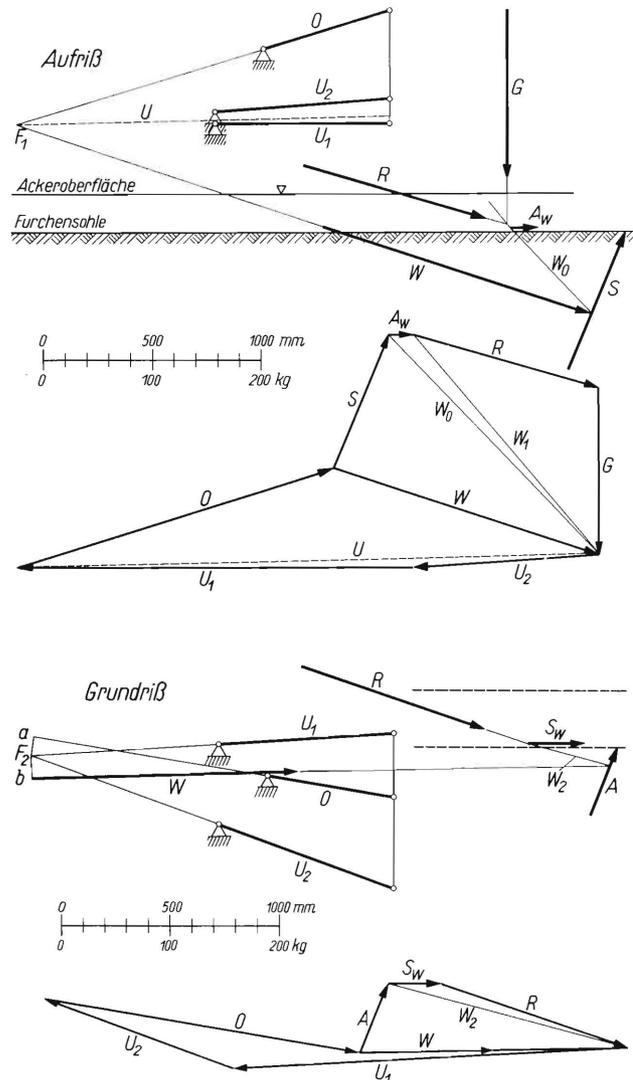


Bild 13. Kräfte an einem einfurchigen Winkeldrehpflug im Grundriß (oben Lageplan, unten Kräfteplan). (Der Aufriß in Bild 8 ist hier zum Vergleich mit dem Grundriß nochmals wiedergegeben)
 F_2 Führungspunkt für die Seitenführung, ergibt sich als Schnittpunkt der unteren Lenker (F_2 ist nicht die Projektion von F_1)
 W_2 Resultierende von R und S_W
 Übrige Buchstaben siehe Bild 5 und 8

Bei Drehpflügen ist dieses Mittel schwer anzuwenden, weil sich der Kupplungspunkt jedesmal beim Wechsel der Pflugkörper seitlich verschieben müßte.

Die wichtigste Maßnahme ist zunächst ein einheitliches und möglichst günstiges Dreipunktgestänge. Wenn dies auch noch von *Flerlage* [2] behandelt wird, so sollen hier doch wenigstens die Kräfteverschiebung bei Abweichungen von der Soll-Furchenbreite gezeigt und gewisse Schlüsse hinsichtlich des oberen Lenkers daraus gezogen werden.

In **Bild 14** ist die Lage des Dreipunktgestänges bei richtiger Furchenbreite im Grundriß dargestellt. **Bild 15** zeigt die Verhältnisse, wie sie bei einem größeren Abweichen des Pfluges ins Land hinein auftreten. Eine solche Abweichung kann beispielsweise dadurch hervorgerufen werden, daß die Furchenwand der Anlagenkraft nicht standgehalten hat.

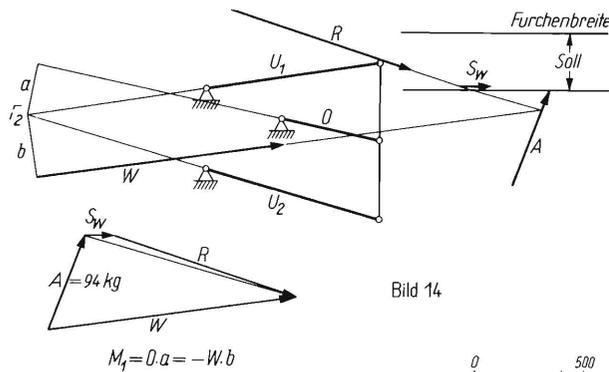


Bild 14

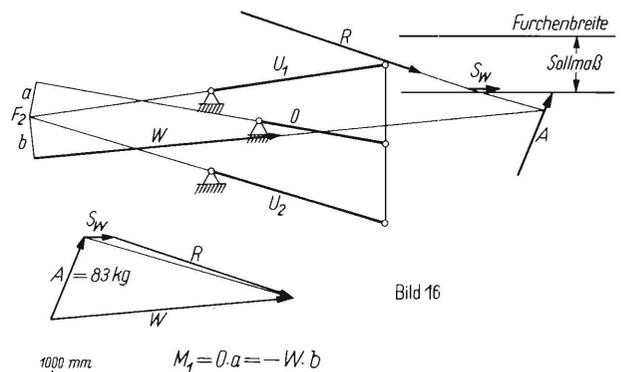


Bild 16

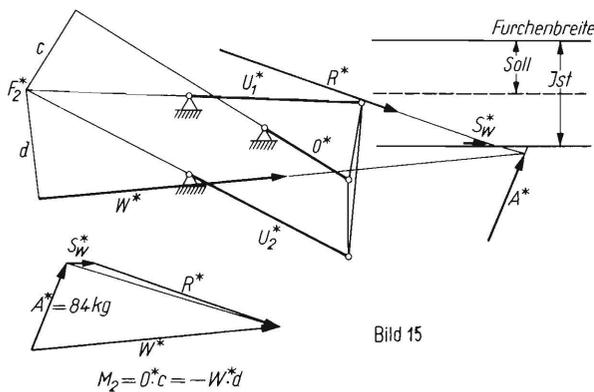
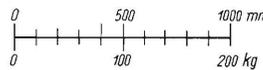


Bild 15

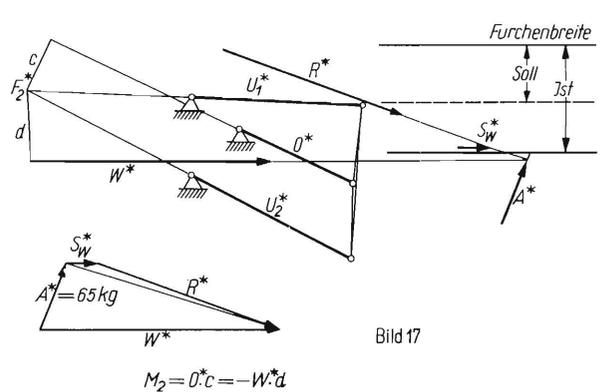


Bild 17

Bild 14 bis 17. Einfluss der Länge des oberen Lenkers auf die Seitenführung eines Pfluges (einfurchiger Beetpflug).

Lageplan im Grundriss.
Bild 14 und 16. Pflug hat gewünschte Furchenbreite. Bild 15 und 17. Pflug ist landeinwärts ausgewichen.
Der längere, obere Lenker ergibt eine stabilere Seitenführung

Durch Verschiebung des Lenkertrapezes ist der Führungspunkt F_2 nach rechts gewandert. Der obere Lenker erfährt aber eine größere Richtungsänderung als die unteren Lenker. Infolgedessen hat sich der Hebelarm a des von O um F_2 erzeugten Drehmomentes auf c vergrößert. Folglich muß auch der Hebelarm b der Kraft W auf d anwachsen. d bestimmt die Richtungsänderung von W und hat damit Einfluß auf die Größe der Anlagenkraft A .

Dasselbe gilt für **Bild 16 und 17**, die sich von **Bild 14 und 15** nur darin unterscheiden, daß der obere Lenker länger ist; der obere Anlenktpunkt ist um 120 mm waagrecht nach vorn verlegt.

Zur Vereinfachung ist angenommen worden, daß R sich nur parallel verschiebt, in der Größe aber gleich bleibt. In Wirklichkeit wird R gleichzeitig größer werden und seine Richtung ändern. Da diese Änderung von R in **Bild 14 bis 17** aber in gleicher Weise in Erscheinung treten würde, gibt die Gegenüberstellung der Bilder für den kurzen und den langen Lenker doch einen brauchbaren Vergleich:

Beim langen, oberen Lenker liegen die Verhältnisse von vornherein günstiger (Anlagenkraft $A = 83$ kg, **Bild 16**, gegenüber $A = 94$ kg, **Bild 14**). Die Gefahr des Ausweichens ist also kleiner. Beim seitlichen Ausweichen verringert sich die Anlagenkraft in beiden Fällen, aber nur, weil R als gleichbleibend an-

genommen wird. Bei langem Lenker geht die Anlagenkraft auf 65 kg, bei kurzem auf 84 kg zurück.

Es wird also viele Fälle geben, wo der Pflug am langen, oberen Lenker entweder überhaupt nicht ausbricht oder beim Ausweichen einen Halt findet und wieder zurückgeführt wird, jedoch derselbe Pflug hinter dem kurzen Lenker ausweicht und erheblich seitlich weggedrückt wird, also unbrauchbare Arbeit leistet.

Bei einem Beetpflug ist es selbstverständlich möglich, durch Verlegung des oberen Kupplungspunktes zur Furche hin die Anlagenkraft bei kurzem, oberem Lenker und Soll-Furchenbreite auch auf 83 kg zu bringen. Die weitere Untersuchung des so angebauten Pfluges ergab, daß bei gleicher Auslenkung wie in **Bild 15 und 17** eine Anlagenkraft von 71 kg auftritt, also ein um 6 kg höherer Wert als bei langem Lenker. Das seitliche Versetzen des oberen Kupplungspunktes ist aber nur bei Beetpflügen einfach zu gestalten, bei den üblichen Drehpflügen muß, der Symmetrie wegen, der obere Kupplungspunkt in der Mitte zwischen den unteren liegen.

Bei der richtigen Schnittbreite (**Bild 14 und 16**) liegt der obere Kupplungspunkt in der senkrechten Tragachsenebene. Beim Ausweichen des Pfluges wandert er vor diese Ebene. Der Pflug stellt sich also auf die Nase, seine Anlage geht nach oben und

findet damit noch weniger Halt an der Furchenwand als zuvor. Diese Auswanderung des oberen Kuppelungspunktes ist beim kurzen, oberen Lenker größer als beim langen Lenker. Dadurch wird die ungünstige Wirkung des kurzen Lenkers noch unterstrichen.

Aus dieser Gegenüberstellung ergibt sich die Forderung, daß der obere Lenker im Verhältnis zu den unteren nicht zu kurz sein darf.

5) Kräfteplan in der Heckansicht

Durch Projektion der Kräfte aus dem Aufriß (Bild 8) und dem Grundriß (Bild 13) erhalten wir Größe und Lage der Projektionen in der Heckansicht (Bild 18). R , A , S und G werden zu W zusammengefaßt. Die Resultierende von O , U_1 und U_2 soll entgegengesetzt gleich W sein. Da diese Kräfte sich in den anderen Rissen das Gleichgewicht halten, muß das auch hier der Fall sein. Zeichnen wir aber im Lageplan das zugehörige Seileck, muß sich auch hier das Krafteck schließen. Es bleibt ein linksdrehendes Moment $G \cdot a$ übrig. Die Untersuchungen von Skalweit [4] haben gezeigt, daß dieses Moment sich mit der Furchentiefe ändert und sogar zuweilen seinen Drehsinn wechselt.

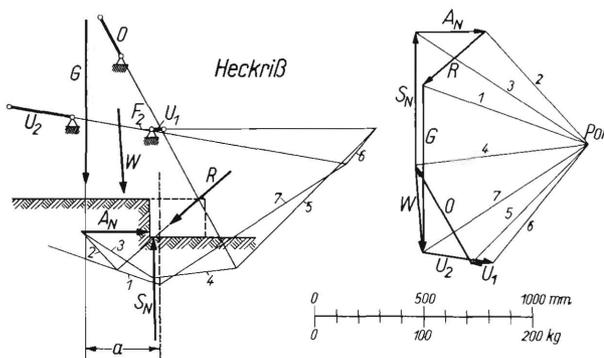


Bild 18. Kräfte an einem einfurchigen Winkeldrehpflug im Heckriß (links Lageplan, rechts Kräfteplan). Größe und Lage der Kräfte wurde durch Projektion aus Bild 8 und 13 gewonnen. Das Seileck schließt sich nicht, ein linksdrehendes Moment $G \cdot a$ bleibt übrig und wird über die Hubstangen auf den Schlepper übertragen.

Um dieses Moment aufzunehmen, stehen die zum Kraftheber führenden Hubstangen zur Verfügung. Warum die Hubstangenkräfte im Aufriß des Kräfteplanes außer acht gelassen werden konnten, ist in Anmerkung S.78 dargelegt. In der Heckansicht müssen sie dagegen das verbleibende Moment auf den Schlepper übertragen. Bei linksdrehendem Moment wird dabei das linke Schlepperrad, bei rechtsdrehendem das rechte stärker belastet. Damit die Hubstangenkräfte das Gleichgewicht im Grundriß nicht stören, müssen die Hubstangen so liegen, daß sie in jeder Arbeitsstellung ein Kräftepaar aufnehmen können, ohne daß Seitenkräfte übrig bleiben.

Flerlage [2] wird auf Grund einer anderen Forderung an die Dreipunktaufhängung zeigen, daß bei Mittelstellung des Gestänges jede Hubstange in der

senkrecht über ihrem unteren Lenker stehenden Ebene liegen muß. Ist das der Fall, dann ist die oben genannte Bedingung, daß die Hubstangen die Seitenkräfte nicht stören dürfen, erfüllt.

Die Tatsache, daß in der Heckansicht ein schwankendes und auch seinen Drehsinn wechselndes Moment auftritt, beeinflusst die Lage des Gerätes; denn in den Gelenken des Dreipunktgestänges ist immer etwas Spiel. Wechselt das Moment seinen Drehsinn, so ändert sich — im Heckriß betrachtet — infolge des Spieles auch die Lage des Gerätes. Die Auswirkungen des Spieles in den verschiedenen Gelenken des Dreipunktgestänges sind einer Untersuchung wert. (In der Zwischenzeit hat Hain eine solche Untersuchung in Angriff genommen.)

D. Bewegungen beim Einsetzen und während der Arbeit

Im Vorhergehenden wurde gezeigt, welche Forderungen eine Dreipunktaufhängung erfüllen muß, wenn ein Pflug in einer verlangten Furchentiefe und -breite gut arbeiten soll. Ist eine Dreipunktaufhängung in dieser Beziehung einwandfrei, so ist ein rasches Eindringen am Feldanfang und eine rasche Berichtigung ungewollter Abweichungen in Furchentiefe, Furchenbreite und Querneigung noch nicht gewährleistet. Außerdem dürfen sich Nickschwankungen des Schleppers nicht übermäßig auf das Gerät auswirken.

1) Tiefgang

Neben einer günstigen Lage des Führungspunktes in jeder Phase des Eindringens und bei Störungen (Polbahnen) [9 und 10], ist die Neigung der Richtlinie und die Schnelligkeit ihrer Neigungsänderung maßgebend. Unter Richtlinie wird die Linie von der Scharspitze zum Sohlenende verstanden. Der Pflug will sich in Richtung dieser Richtlinie vorwärts bewegen. Liegt diese vorne tiefer als hinten, so verschwindet S , und der Pflug stellt sich auf eine abwärts gerichtete Bahn; liegt sie hinten tiefer als vorn, so wächst die Sohlenkraft S und drückt den Pflug in eine nach oben gerichtete Bahn.

Diese Verhältnisse sind für das Einziehen des Pfluges am Feldanfang und auch für die selbsttätige Berichtigung von Tiefgangschwankungen wichtig.

Würde das Dreipunktgestänge, im Aufriß gesehen (Bild 19), ein Parallelogramm darstellen, so erhielte man keine Neigungsänderung der Richtlinie bei ungewollter Änderung der Furchentiefe. Will man eine Neigungsänderung im richtigen Sinne erreichen, so stehen Konvergenz des oberen Lenkers zu den unteren Lenkern (selbstverständlich so, daß die Lenker nach vorn, nicht nach hinten zusammenlaufen) und kurzer, oberer Lenker als Mittel zur Verfügung. Beide Mittel werden bei einem richtig gebauten Dreipunktgestänge angewandt. Daß andererseits der

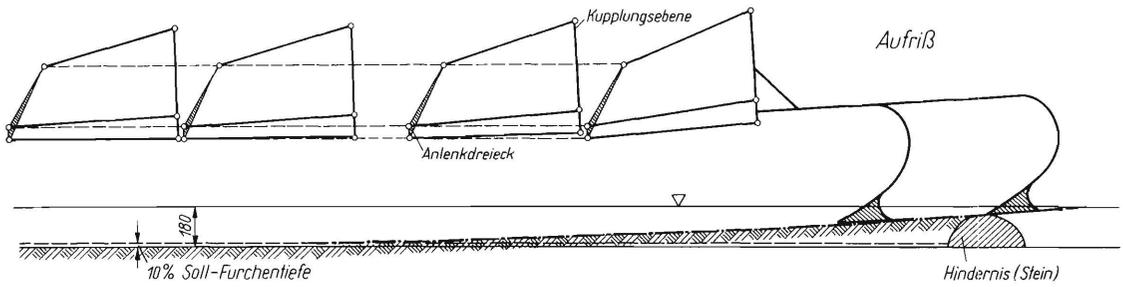


Bild 19. Einzugskurve für die Furchentiefe bei einem zweifurchigen Pflug. Die Einzugskurve nach einem Hindernis oder am Feldanfang sind gleichartig.

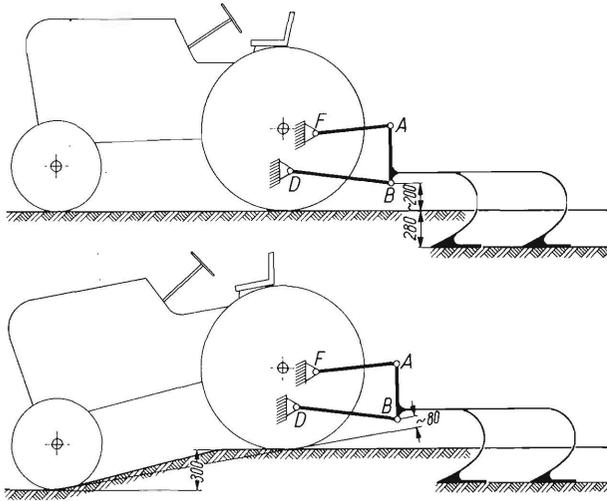


Bild 20. Bewegungen des Dreipunktgestänges relativ zum Schlepper bei Nickbewegungen (zweifurchiger Beetpflug).

obere Lenker nicht zu kurz sein darf, ist bei den Betrachtungen über die Seitenführung gezeigt worden.

Damit der Pflug rasch in den Boden eindringt, ist es vorteilhaft, eine Schnell-Tiefenverstellung anzubringen. Bei dieser wird beim Einsetzen der Pflug durch Betätigung eines Hebels od. dgl. auf die Spitze gestellt, bei Erreichen der vollen Furchentiefe aber wieder in waagerechte Stellung gebracht.

Um die verschiedenartigen Forderungen an den oberen Lenker zu vereinigen, ist eine Anlenkung des oberen Lenkers mit einem Kreuzgelenk denkbar, dessen senkrechte Gelenkachse sich dicht am Schlepper und dessen waagerechte weiter hinten befinden. Dadurch würde der obere Lenker für die Seitenbewegung eine große Länge aufweisen, seine

für die Tiefenbewegung maßgebende Länge wäre aber geringer. Dabei ist darauf zu achten, daß durch das Kreuzgelenk die Dreipunktaufhängung nicht zu viel Spiel erhält.

Damit die Nickbewegungen des Schleppers sich nicht in unzulässiger Weise auf das Gerät auswirken, muß sich das Dreipunktgestänge gegenüber dem Schlepper so weit bewegen können, wie es die Relativbewegung zwischen Schlepper und Gerät erfordert. Fährt der Schlepper mit seinen Vorderrädern in eine Mulde hinein oder überfahren ein Hinterrad oder beide eine Kuppe bzw. ein Hindernis, so muß das Dreipunktgestänge gegenüber dem Schlepper nach unten ausweichen können (**Bild 20**). Anderenfalls wird das Gerät von dem Schlepper angehoben.

2) Furchenbreite

Im Abschnitt über die Kräfte wurde schon über die Änderung der Anlagenkraft bei seitlichem Abweichen des Pfluges gesprochen. Vorausgesetzt, daß diese Kraft sich in allen Lagen richtig verhält, ist für die Schnelligkeit des seitlichen Einzuges wieder die Richtlinie (Gerade von der Scharspitze zum Sohlenende) entscheidend (**Bild 21**). Die Verhältnisse entsprechen hier denen bei Tiefgangschwankungen.

Ändert sich die Neigung der Richtlinie bei Störungen rasch in dem Sinne, daß die Scharspitze immer auf die angestrebte Furchenwand hinweist, so ist der seitliche Einzugsweg kurz. Die unteren Lenker müssen nach vorn zusammenlaufen. Starke Konvergenz ergibt eine große Winkeländerung der Richtlinie und damit rasche Korrektur der Abweichungen. Wie stark die Konvergenz sein darf, ohne daß beim einfurchigen Pflug eine zu hohe Anlagenkraft auftritt, ist noch zu untersuchen [2].

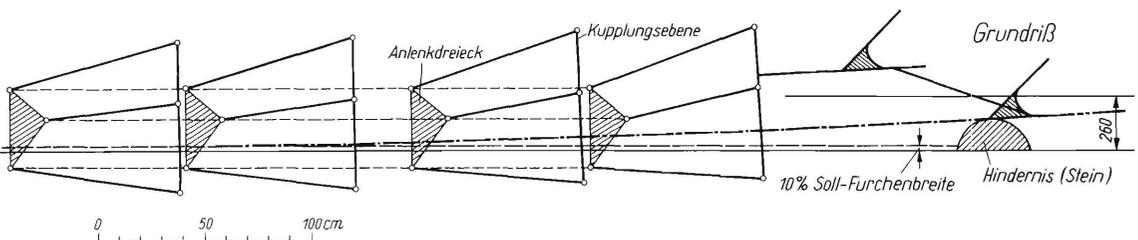


Bild 21. Schlepplinie für die Furchenbreite bei einem zweifurchigen Pflug.

3). Querneigung

Wie schon im Abschnitt „Forderungen an die Dreipunktaufhängung“ dargelegt wurde, muß auch beim seitlichen Ausschwenken des Pfluges der Pflugrahmen parallel zur Ackeroberfläche bleiben. Wird z.B. bei einer seitlichen Verschiebung die Seite des Pfluges, auf der sich die Scharspitze und die Anlage befinden, angehoben, so trifft zuerst das Scharende auf den Boden, der Pflug dringt gar nicht oder nur schlecht ein. Ist er schon im Boden und seine Anlage wird angehoben, so verliert sie ihren Halt. Bei dieser Betrachtung ist eine Anwandfurchung vorausgesetzt. *Flerlage* [2] beschreibt den Fall, wo durch eine entgegengesetzte Schaukelbewegung der Pflugkörper auf der Schleifsohle aufliegt, und die Scharspitze deshalb nicht in den Boden eindringen kann.

E. Kräfte und Bewegungen beim Ausheben

Man muß sich bei der Auslegung der Dreipunktaufhängung einschließlich des Krafthebers, aber auch bei der Konstruktion der Geräte Gedanken machen über die bei ihrem Hochheben auftretenden Kräfte und die von den Kupplungspunkten zu verlangenden Wege.

Bezüglich der Kräfte liegen Untersuchungen von *Seifert* [14] vor. Zu diesen Untersuchungen wurde allerdings kein Gerät mit Dreipunktgestänge benutzt. Die Werte könnten umgerechnet werden, wobei einige Ungenauigkeiten (andere Aushebeverhältnisse und Reibungskräfte) in Kauf zu nehmen wären. Ferner wäre zu beachten, daß in der Zwischenzeit Pflüge – Drehpflüge und Wechsellpflüge – auf dem Markt erschienen sind, die beim Wechseln von rechtswendender auf linkswendende Arbeit, oder umgekehrt, im zweiten Teil des Aushebevorganges vom Kraftheber zusätzliche Kraft verlangen. Untersu-

chungen über die Aushebekräfte am Dreipunktgestänge sind geplant. In die Normung der Dreipunktaufhängung brauchten aber die Kräfte nicht einbezogen zu werden.

Anders verhält es sich mit den Bewegungen; diese mußten in die Norm aufgenommen und deshalb untersucht werden.

Bei der Festlegung der tiefsten und höchsten Lagen der unteren Kupplungspunkte und des vorzuschreibenden Hubes sind folgende Bedingungen zu beachten:

1. Genügend hohes Ausheben. Die Arbeitswerkzeuge dürfen sich weder beim Transport auf unebener Bahn noch beim Überfahren kleiner Gräben am Vorgewende verfangen.
2. Nicht zu hohes Ausheben. Ein Anstoßen des oberen Lenkers an Teile des angehobenen Gerätes oder des Schleppers und ein Zusammenstoßen des Gerätes mit dem Schlepper muß vermieden werden.
3. Hubreserve für das selbsttätige Wechseln von Kehrpflügen. Neuerdings wechseln einige Kehrpflüge erst nach vollzogener Aushebung, indem man sie ein Stück fallen läßt und die dabei frei werdende Energie zum Wechseln benutzt. Es tritt dabei ein Hubverlust auf.
4. Genügend tiefes Ablassen. Bei tiefliegender Tragachse müssen sich die unteren Lenker mit Rücksicht auf Geländeunebenheiten weit nach unten bewegen können (Bild 20).
5. Einstellung der Querneigung. Die unteren Kupplungspunkte müssen in ihrer Höhe zueinander unterschiedlich eingestellt werden können. Das geschieht üblicherweise durch Verlängern oder Verkürzen einer der beiden Hubstangen. Dadurch wird der Hubbereich des betreffenden Kupplungspunktes verschoben.

Für die Durchsprache der Bewegungsverhältnisse werden der Einfachheit halber die im Entwurf DIN 9674, Blatt 2, [13] veröffentlichten Maße für die Anlenkpunkte und Lenkerlängen für Schlepper bis 30 PS verwendet.

Um die Darstellung der tiefsten und höchsten Lagen der unteren Kupplungspunkte zu vereinfachen, führe ich einige, in **Bild 22** angegebene Ausdrücke neu ein. Die Maße der jeweiligen Stellungen werden von der Schlepperstandfläche aus gemessen.

1. Tiefstellung. Lage der unteren Kupplungspunkte bei vollständig gesenktem Kraftheber. Die Tiefstellung kann bei jeder der Norm entsprechenden Dreipunktaufhängung durch Verstellen der Hubstangenlängen verändert werden. Die rechte und die linke Tiefstellung können gleich sein (z.B. bei Drehpflügen) oder verschieden (z. B. bei Beetpflügen). Es sind folgende Tiefstellungen zu unterscheiden:

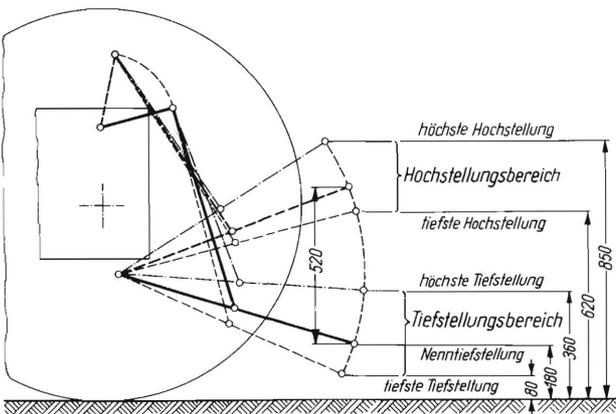


Bild 22. Tief- und Hochstellungen.

Die Masse 180 und 850 sind Normmasse, die übrigen Masse sind als Beispiele aufzufassen, die im Rahmen der Normfestlegungen abgeändert werden können. Z.B. darf das Mass 80 unterschritten, das Mass 520 überschritten werden. Bei der für diese Zeichnung gewählten Anordnung des Krafthebers und der Hubstangen muss bei einem Hub von 520 mm die höchste Tiefstellung 360 mm betragen, damit die höchste Hochstellung 850 mm erreicht wird.

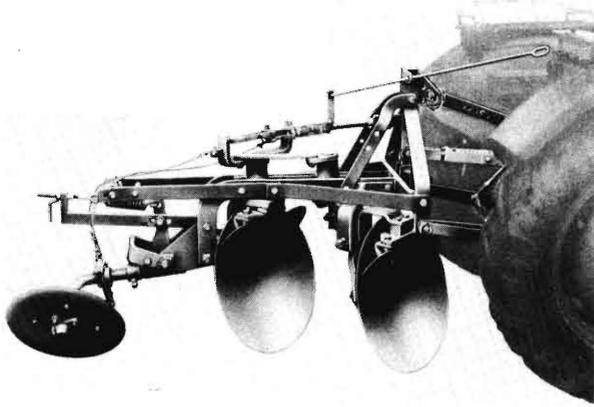


Bild 23. Zweifurchiger Anbau-Scheibenschwenkflug.

Nenntiefstellung: Mittlere, als Ausgangslage für die Norm gewählte Tiefstellung (180 mm für Schlepper bis 30 PS)⁴⁾.
Tiefste Tiefstellung: Tiefste, unter Ausnutzung aller Verstellmöglichkeiten (Hubstangen u.a.) erreichbare Tiefstellung.
Höchste Tiefstellung: Höchste, unter Ausnutzung aller Verstellmöglichkeiten erreichbare Tiefstellung.

2. Hochstellung: Lage der unteren Kupplungspunkte bei vollständig angehobenem Kraftheber. Die Hochstellung wird je nachdem, welche Tiefstellung eingestellt ist, verschiedene Werte annehmen und kann ebenfalls rechts und links verschieden sein. Den Tiefstellungen entsprechend, gibt es eine tiefste Hochstellung und eine höchste Hochstellung.

1) Tiefstellung

Legt man verschiedene Geräte zugrunde, so wird man unterschiedliche Bewegungen für die unteren Kupplungspunkte als notwendig ermitteln. Die Tragachshöhe zusammen mit dem Höchsttiefgang des Gerätes ist entscheidend für die zu verlangende rechte und linke Tiefstellung. Bei der Festlegung der Tiefstellungen ist das oben über die Nickbewegungen Gesagte (Bild 20) zu berücksichtigen.

Zur Erläuterung seien ein Scheibenschwenkflug und ein Drehflug gegenübergestellt. Beim Scheibenschwenkflug (Bild 23 und 24) muß die W -Linie flach verlaufen (vgl. Abschnitt C) und deshalb der Führungspunkt F_1 vorn und tief liegen; außerdem muß die vordere Scheibe durchschwenken können. Beide Forderungen ergeben eine hochliegende Tragachse. Bild 24 zeigt, daß zum Erreichen einer befriedigenden Transporthöhe eine hohe Hochstellung von z. B. 850 mm erforderlich ist. Sie bedingt eine hohe Tiefstellung, wenn nicht ein sehr großer Hub gewählt wird. Der Drehflug (Bild 25) hingegen erfordert einen höher liegenden Führungspunkt F_1 , infolgedessen eine wesentlich niedrigere Tiefstellung und kommt mit einer niedrigeren Hochstellung aus, z. B. 700 mm (Bild 25, I und II).

2) Hub und Hochstellung

Bild 25 zeigt ferner, wie verschieden sich der Hub der unteren Kupplungspunkte auf die Transporthöhe auswirkt. Das rührt hauptsächlich von der unterschiedlichen Koppellänge her. Eine kurze Koppel – im Beispiel 460 mm – gibt eine kleine Hubübersetzung, eine lange Koppel – im Beispiel 650 mm – eine große Hubübersetzung. Also muß der Hub nach den Geräten mit kurzer Koppel bemessen werden, damit die Transporthöhe groß genug wird. Näheres über die Ermittlung von Bewegungen in Krafthebergetrieben ist der Arbeit von Hain [15] zu entnehmen.

Andererseits ist bei den Geräten mit langer Koppel die Gefahr vorhanden, daß der obere Lenker eine

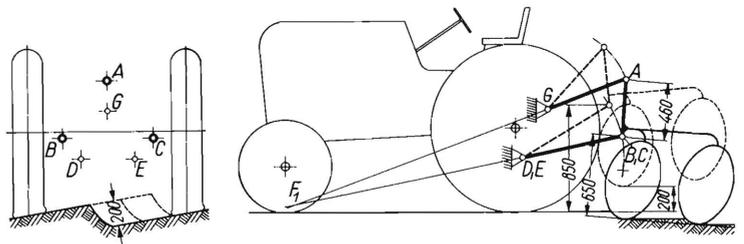


Bild 24. Aushebung eines Gerätes mit hoch liegender Tragachse und kurzer Koppel (Scheibenschwenkflug). Tragachshöhe 650 mm, Koppellänge 460 mm, Transporthöhe 200 mm. Zum Erreichen einer befriedigenden Transporthöhe wird eine Hochstellung von 850 mm notwendig. Bei nur 520 mm Hub ergibt sich dann eine Tiefstellung von mehr als 280 mm (vgl. Bild 22). Es ist der hochliegende Anlenkpunkt G der Norm [13] gewählt, um einen weit vorn liegenden Führungspunkt F_1 zu erhalten.

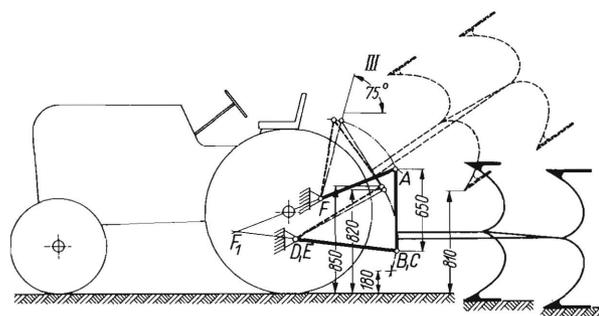
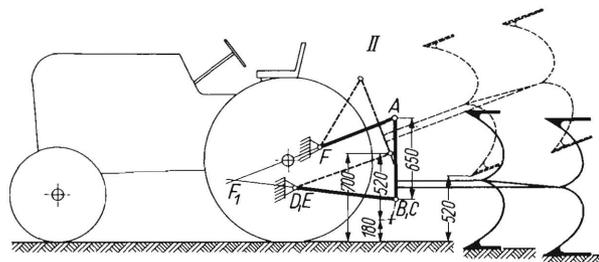
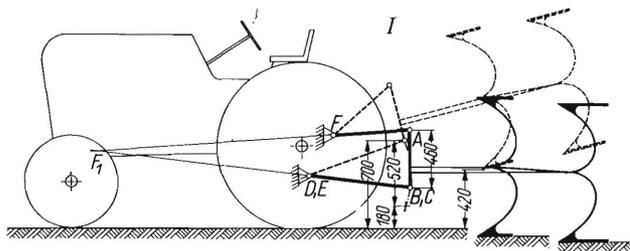
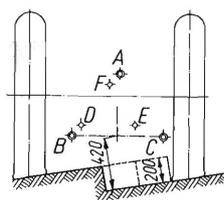
zu steile Lage einnimmt und deshalb anstößt; die Hochstellung darf nicht zu hoch liegen. Aus diesem Grunde wurde in der Norm festgelegt, daß die Koppellänge das Maß 650 mm nicht überschreiten darf. Zu diesem Punkt wird im übernächsten Absatz noch etwas gesagt.

3) Folgerungen

Natürlich wäre es möglich, den Hub so groß zu wählen, daß der Weg von der tiefsten Tiefstellung bis zur höchsten Hochstellung ohne Zuhilfenahme einer Verstellung der Hubstangen erreicht wird. Eine Hubstange muß auf jeden Fall zur Einstellung der Querneigung verstellbar sein. Dann besteht allerdings die Gefahr, daß die in der Norm vorgeschriebene höchste Hochstellung (850 mm) von einem der beiden Lenker überschritten wird. Dieser große Hub wird sich aber vor allen Dingen deshalb verbieten, weil der Kraftheber unwirtschaftlich groß wird. Es ist deshalb besser, beide Hubstangen längenveränderlich zu machen, so daß sie für die Geräte mit hoher Tragachse, die gleichzeitig eine hohe Hochstellung verlangen (Bild 24), verkürzt werden können. Dadurch verschiebt sich der Hub nach oben. Schon in früheren Abschnitten ist verlangt worden, daß eine der beiden Hubstangen mit Rücksicht auf die Querneigung und zur Erleichterung des Geräteanbaues

⁴⁾ In den Normblattentwürfen ist die Bezeichnung „tiefste Stellung“ irreführend.

leicht verstellbar sein muß. Für die andere Hubstange kann die Einrichtung für das Verlängern und Verkürzen einfacher gestaltet werden, weil sie nicht vom Schleppersitz aus betätigt werden braucht.



Die Forderung, daß jeder der beiden unteren Kuppelungspunkte unabhängig vom anderen von der Nenn-tiefstellung aus wenigstens 100 mm nach unten und 100 mm nach oben einstellbar sein muß, war schon im Normblattentwurf vom Jahre 1952 enthalten, wie auch die Forderung eines Mindesthubes von 520 mm. Der Schlepperkonstrukteur muß aber die Verstellbarkeit der Hubstangen gegebenenfalls größer als ± 100 mm machen, wenn nämlich der Hub bei der Tiefstellung 280 mm kleiner als 570 mm ist, denn sonst ist das Maß 850 mm des Normblattentwurfes nicht erreichbar (Bild 22). Dieses Maß ist sowohl nach unten, wie auch nach oben eng toleriert (± 20 mm), damit einerseits genügend Hubhöhe gewährleistet ist (Bild 24), andererseits der obere Lenker nicht zu steil gestellt wird (Bild 25). Bei Geräten mit langer Koppel müssen die unteren Lenker sogar schon bei einer geringeren Höhe als 850 mm Halt machen, weil sonst die zulässige Neigung des oberen Lenkers von 75° (vgl. DIN 9674, Blatt 2) überschritten wird. Für die größte, zulässige Koppellänge von 650 mm und eine Tragachshöhe von beispielsweise 420 mm ist nur eine Hochstellung von 820 mm zulässig (Bild 25 III). Also zeigt es sich auch hier als richtig, den Hub nicht zu groß zu bemessen, sondern statt dessen zum Erreichen der beiden Extremstellungen (höchste Hochstellung und tiefste Tiefstellung) die Veränderungen der Hubstangen zu Hilfe zu nehmen. An keinem der auf dem Markt befindlichen Geräte sind mir hohe Tiefstellung und lange Koppel gleichzeitig bekannt. Es wird den Gerätekonstrukteuren auch in Zukunft keine Schwierigkeiten bereiten, ein solches Zusammentreffen zu vermeiden. Ferner ist zu bemerken, daß die im Inland üblichen Geräte fast alle mit der Nenn-tiefstellung zu fahren sind und die Verstellung der Hubstangen für sie nur zur Einstellung der Querneigung und zum Ankuppeln benutzt wird.

Bild 25. Aushebung eines Gerätes mit niedrig liegender Tragachse (Drehpflug).

	I	II	III
Koppellänge mm	460	650	650
Hochstellung mm	700	700	850
Transporthöhe mm	420	520	810
Hub mm	520	520	670
Tiefstellung mm	180	180	180
Tragachshöhe mm	420	420	420

- I. Trotz kurzer Koppel schon bei Hochstellung von 700 mm gute Transporthöhe
 - II. Bei langer Koppel grössere Transporthöhe
 - III. Bei langer Koppel und Hochstellung 850 mm wird der Pflug zu hoch ausgehoben, oberer Lenker kommt in eine zu steile Lage (steiler als 75°), der Kraftheber muss ein unnötig grosses Arbeitsvermögen erhalten
- Es ist der niedrig liegende Anlenkpunkt F der Norm [13] gewählt, um einen möglichst hohen bzw. weit zurückliegenden Führungspunkt F_1 zu erhalten.
Man vergleiche auch die Lage von F_1 in I (Koppellänge 460 mm) gegenüber II und III (Koppellänge 650 mm).

F. Kräfte und Bewegungen beim Transport

Beim Transport muß das Gerät in seiner Höhe und in seiner seitlichen Stellung festgehalten werden. Die zum seitlichen Halten der unteren Lenker verwendeten Ketten oder Streben müssen so liegen, daß sie beim Einsetzen des Pfluges die unteren Lenker in ihrer Seitenbewegung freigeben; außerdem dürfen sie bei der Arbeit nicht stören, insbesondere den Raum zwischen den unteren Lenkern nicht einschränken.

Hierbei taucht die Frage des freien Raumes zwischen den unteren Lenkern auf. In Bild 26 ist der für einige bekannte Pflugfabrikate erforderliche Freiraum dargestellt, und zwar in Seitenansicht und Grundriß. Es wird Aufgabe der Normung sein, aus diesen Wünschen der Gerätefirmen einen möglichst großen, freien Raum unter Berücksichtigung der sonstigen, wichtigen Funktionen des Schleppers herauszuschälen. Jedenfalls steht folgendes fest: Je mehr freien Raum die Schlepperfirmen zwischen den unteren Lenkern durch Normung gewährleisten, desto mehr Teile des Pfluges können nach vorn gezogen werden und desto kürzer wird das gesamte Schlepper-Pflugaggregat.

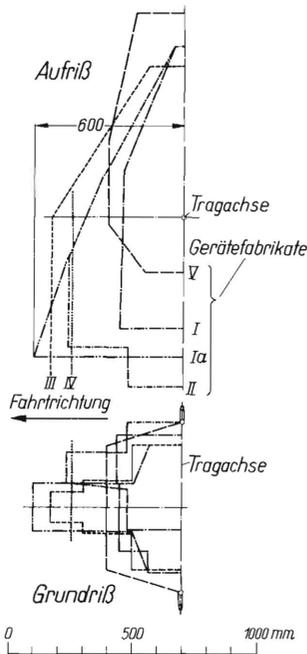


Bild 26.
Erforderlicher Freiraum
auf der Heckseite des
Schleppers für verschiedene
Gerätefabrikate
(von der Tragachse
der Geräte aus gesehen).

Schlußbetrachtung

Damit sind die wichtigsten Forderungen der Dreipunktaufhängung von der Geräteseite her erörtert. In dem folgenden Aufsatz werden von *Flerlage* die Möglichkeiten aufgezeigt, wie diese Forderungen im Einklang mit den übrigen Aufgaben des Schleppers zu erfüllen sind.

Es darf bei den vielen Forderungen, die an das Dreipunktgestänge zu stellen sind, nun allerdings nicht erwartet werden, daß diese sich an jedem vorhandenen Schlepper und Gerät verwirklichen lassen. Künftig muß aber die Dreipunktnorm bei Schlepper und Gerät schon vom ersten Konstruktionsentwurf an berücksichtigt werden.

Ein Schlepper, der mit Anbaugeräten in einem landwirtschaftlichen Betrieb eingesetzt wird, arbeitet 30%, zuweilen auch 40% seiner Einsatzzeit mit diesen Geräten und ist für den Betrieb nur brauchbar, wenn er mit diesen Geräten eine einwandfreie Arbeit leistet. Es kann daher billigerweise gefordert werden, daß die Erfordernisse der Gerätekuppung, also der Dreipunktaufhängung, beim Schlepper von Anfang an ins Auge gefaßt werden.

*

Bild 2, 7 und 23 sind Werkphotographien der Firma *Gebr. Eberhardt*, Ulm/Donau.

Schrifttum

- [1] *Schmidt, G.*: Für den Schwingrahmen. Landtechn. 7 (1952) S. 492/494.
Thaer, R.: Für die Dreipunkt - Aufhängung. 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, W.: 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.
- [2] *Flerlage, B.*: Normung der Dreipunktaufhängung am Schlepper (In diesem Heft).
- [3] *Skalweit, H.*: Verbindungselemente am Schlepper für Geräte hinter der Triebachse. Landtechn. Forsch. 2 (1952) S. 104.
- Kräfte zwischen Schlepper und Arbeitsgerät. Grdlgn. d. Landtechn. Heft 1. Düsseldorf 1951. S. 25/36.
- Über die bei der Tiefenhaltung von Schlepperanbaugeräten auftretenden Kräfte. Grdlgn. d. Landtechn. Heft 3. Düsseldorf 1952. S. 109/118.
- Die Führungskräfte von Schlepper - Arbeitsgeräten bei den genormten Anbausystemen. Grdlgn. d. Landtechn. Heft 4. Düsseldorf 1953. S. 54/64.
- [4] *Skalweit, H.*: Einfluss der Pflugkräfte auf Schlepper mit Dreipunkt - Aufhängung. Landtechn. Forsch. 5 (1955) S. 6.
- [5] *Hain, K.*: Zur Kinematik der Tiefenhaltung von Schlepper - Anbaugeräten. Grdlgn. d. Landtechn. Heft 3. Düsseldorf 1952. S. 119/128.
- Die Form der Furchensohle auf unebenem Acker bei verschiedenen Anbausystemen. Grdlgn. d. Landtechn. Heft 4. Düsseldorf 1953. S. 72/76.
- [6] *Getzlaff, G.*: Messung der Kraftkomponenten an einem Pflugkörper Grdlgn. d. Landtechn. Heft 1. Düsseldorf 1951. S. 16/24.
- Über die Bodenkräfte beim Pflügen bei verschiedener Körperform und Bodenart. Grdlgn. d. Landtechn. Heft 3. Düsseldorf 1952. S. 60/70.
- Vergleichende Untersuchungen über die Kräfte an Normpflugkörpern. Grdlgn. d. Landtechn. Heft 5. Düsseldorf 1953. S. 16/35.
- [7] *Printz, E.*: Die vollhydraulische Parallel-Kupplung. Landtechn. 8 (1953) S. 227.
- [8] *König, A.*: Die verkannte Dreipunkt - Aufhängung. Landtechn. 8 (1953) S. 397.
- [9] *Gommel, W.*: Über die Lage von Anbaugeräten am Schlepper. In: Berichte über Landtechnik III. Wolfenhausen 1948, S. 92.
- [10] *Schilling, E.*: Landmaschinen 2. Band - Maschinen und Geräte für die Bodenbearbeitung. Köln 1953.
- [11] - Attachment of mounted implements to agricultural wheeled tractors. B.S. 1841: 1951. Herausgegeben von British Standards Institution.
- [12] - Deutsche Normen, DIN 9674 Entwurf November 1952. Landtechn. 7 (1952) S. 730.
- [13] - Deutsche Normen, DIN 9674, Blatt 2, Entwurf April 1956. Landtechn. 11 (1956) S. 198 und 260.
- [14] *Seifert, A.*: Ölhydraulische Kraftheber für den Ackerschlepper. Grdlgn. d. Landtechn. Heft 1. Düsseldorf 1951. S. 45/60 (Besonders S. 57 ff.).
Seifert, A.: Versuche und Erfahrungen mit ölhydraulischen Krafthebern. Grdlgn. d. Landtechn. Heft 4. Düsseldorf 1953. S. 84/100.
- [15] *Hain, K.*: Kräfte und Bewegungen in Krafthebertrieben. Grdlgn. d. Landtechn. Heft 6. Düsseldorf 1955. S. 45/68.

Vorgetragen am 9. 3. 1955

Inhaltlich abgeschlossen am 15. 9. 1956

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