

Normung der Dreipunktaufhängung am Schlepper

Von Bernhard Flerlage

Die große Verbreitung, welche die Dreipunktaufhängung als Bindeglied zwischen Schlepper und Gerät bereits gefunden hat und in naher Zukunft noch immer weiter finden wird, macht es notwendig, zu einer einheitlichen Ausführung zu kommen, damit die Forderung „Jedes Dreipunktgerät paßt an jeden mit Dreipunktaufhängung ausgerüsteten Schlepper“ erfüllt ist. Es genügt bei dieser Vereinheitlichung nicht, nur dafür zu sorgen, daß das Gerät mühelos angekuppelt werden kann, sondern es muß auch ein gutes Zusammenwirken von Schlepper und Gerät während des Arbeitseinsatzes durch entsprechende Ausbildung der Dreipunktaufhängung gewährleistet sein. Da also Schlepper und Gerät eine Arbeitseinheit bilden, darf die Ausbildung der Dreipunktaufhängung weder von der Geräteseite noch von der Schlepperseite her allein betrachtet werden, sondern die Anforderungen, die von beiden Seiten gestellt werden, müssen gleichermaßen bei der einheitlichen Ausbildung der Dreipunktaufhängung berücksichtigt werden.

Die Erfüllung dieser Forderungen an die Dreipunktaufhängung wäre sehr einfach, wenn die Wünsche, sowohl vom Gerät als auch vom Schlepper aus

gesehen, immer in gleicher Richtung liegen würden. Leider ist dies jedoch nicht der Fall, wie aus **Bild 1**, einer Gegenüberstellung der beiderseitigen Forderungen, ersichtlich ist. Die Forderungen von der Geräteseite her hat *Thaer* in seinen Untersuchungen [1] ausführlich begründet; sie sind in **Bild 1** noch einmal in gedrängter Form zusammengestellt.

Die sich entgegenstehenden Forderungen sind u. a. folgende:

Während von der Geräteseite her verlangt wird, daß die Lage der Dreipunktaufhängung relativ zum Gerät immer die gleiche ist, widerspricht dem die Forderung und der dringende Wunsch von Seiten des Schlepperkonstruktors, daß die Dreipunktaufhängung – unabhängig von der Reifengröße des Schleppers – möglichst immer die gleiche Lage zum Schlepperrumpf haben soll. Die letztere Forderung ist besonders aus dem Grunde verständlich, weil deren Erfüllung nicht nur konstruktive und fertigungstechnische Vereinfachungen und damit auch eine Verbilligung des Schleppers mit sich bringt, sondern weil oft genug bei dessen Auslieferung die Reifenausrüstung noch gar nicht bekannt ist.

Bild 1. Forderungen an die Dreipunktaufhängung.

von der Geräteseite	von der Schlepperseite
a) Forderungen an die Wirkung des Gestänges	
1. Schneller Einzug der Pflüge auf Tiefe und Breite	1. möglichst Erhöhung der Zugfähigkeit der Schlepper
2. Stützkraft an Pflugsohle und -anlage immer grösser als Null, aber nicht zu gross	2. Erhaltung der Lenkfähigkeit durch richtige Anordnung des Gerätezuges bei der Arbeit und beim Transport der Geräte
3. Stützkraft an Pflugsohle und -anlage unter allen Arbeitsbedingungen möglichst konstant	
4. bei Ausweichen des Pfluges sollen Rückstellkräfte und -bewegungen gross sein	
5. Bewegung der Geräte unabhängig von den Nickbewegungen des Schleppers	
6. grosse Transporthöhe des Gerätes	
b) Forderungen an die Lage des Gestänges	
1. Lage der Anlenkpunkte am Schlepper unveränderlich	1. gleiche Lage des Anlenkdreiecks am Schlepperrumpf auch bei verschiedenen Reifengrößen
2. gleiche Lage des Anlenkdreiecks zum Gerät, auch bei verschiedener Grösse der Schlepperreifen	2. Dreipunktgestänge darf bestehende Schlepperkonstruktionen nicht stören
3. kleine Länge des Gesamttaggregates	3. kleine Länge des Gesamttaggregates
4. Abmessungen und Formgebung der gesamten Dreipunktaufhängung einheitlich für alle Schlepper	

Eine weitere Forderung von Seiten der Geräteindustrie besteht darin, daß das gesamte Anlenksystem für alle Schlepper einheitlich auch in seinen konstruktiven Einzelheiten sein soll, während der Schlepperkonstrukteur bemüht ist, dafür zu sorgen, daß die jeweils vorhandene Schlepperkonstruktion durch die Formgebung des Gestänges nicht gestört wird. Es läßt sich mit Rücksicht hierauf nur schwer für alle Schlepperfabrikate dieselbe Ausführungsform der Dreipunktaufhängung erreichen.

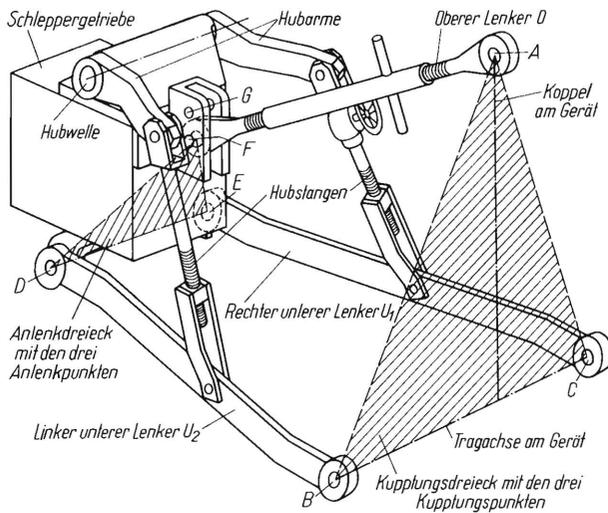


Bild 2. Einheitliche Begriffe und Benennungen für die Dreipunktaufhängung.

Um nun trotz der z.T. gegensätzlichen Forderungen zu einer beide Teile befriedigenden Lösung zu kommen, hat sich die Arbeitsgruppe „Dreipunktnormung“ aus Vertretern der Schlepper- und Geräteindustrie sowie aus Vertretern der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode gebildet und sich die Aufgabe der Normung der Dreipunktaufhängung gestellt. Alle Bemühungen, die nur von der Schlepper- oder nur von der Geräte- oder nur von wissenschaftlicher Seite her bis zur Gründung der Arbeitsgruppe „Dreipunktnormung“ gemacht worden sind, konnten von Hause aus nicht zu einer befriedigenden Lösung führen, weil sich die Forderungen der interessierten Gruppen zum Teil entgegenstehen.

Um die gegenseitige Verständigung zu erleichtern wurden zunächst einheitliche Begriffe und Benennungen der Dreipunktaufhängung festgelegt (**Bild 2**). Es hat sich ferner gezeigt, daß sowohl in Besprechungen als auch in vielen Veröffentlichungen keine Klarheit über die Begriffe des reellen und des ideellen Führungspunktes herrscht. **Bild 3** zeigt daher einen Vergleich des reellen Führungspunktes, wie er sich z.B. beim Anhängen eines Schwingpfluges ergibt, mit dem ideellen Führungspunkt bei der Dreipunktaufhängung. Der ideelle Führungspunkt bei der Dreipunktaufhängung ist im Aufriß der Schnittpunkt ¹⁾ der Richtung der unteren Lenker mit

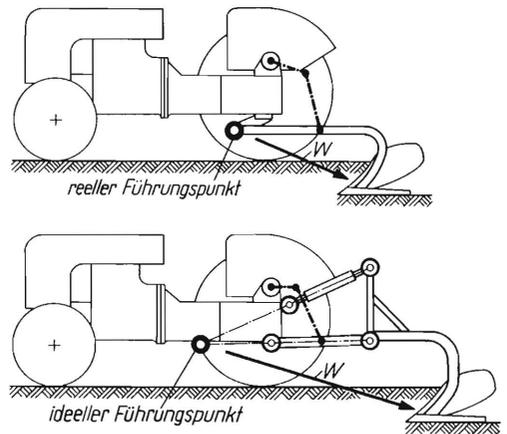


Bild 3. Ideeller und reeller Führungspunkt. W resultierende Pflugkraft

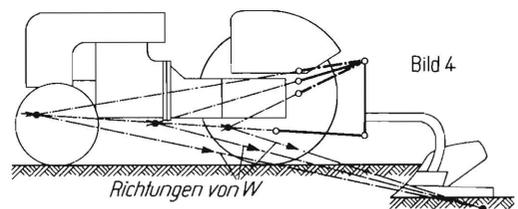


Bild 4

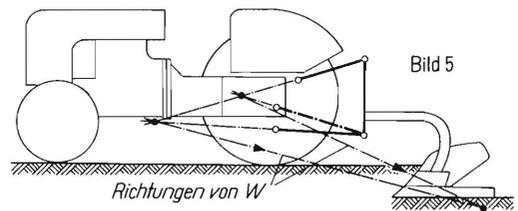


Bild 5

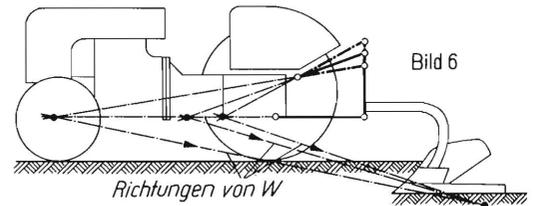


Bild 6

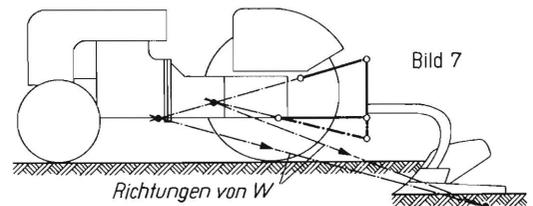


Bild 7

Bild 4 bis 7. Änderung der Lage des ideellen Führungspunktes durch verschiedene Massnahmen.

Bild 4: durch Verlegung des oberen Anlenkpunktes am Schlepper
Bild 5: durch Verlegung der unteren Anlenkpunkte am Schlepper
Bild 6: durch Verlegung des oberen Kupplungspunktes bzw. Verlängerung der Koppel am Gerät

Bild 7: durch Verlegung der Tragachse des Gerätes bzw. Verlängerung der Koppel am Gerät nach unten

der des oberen Lenkers. Mit der Richtung dieser Lenker kann also die Lage des Schnittpunktes und somit des Führungspunktes verändert werden, so daß durch verhältnismäßig einfache Änderungen von Anlenkung und Abmessungen der Dreipunktaufhängung der ideelle Führungspunkt und damit der An-

¹⁾ Streng genommen schneiden sich die Wirkungslinien der drei Lenker nicht genau in einem Punkt, da sie windschief im Raume liegen (Thaer [1]).

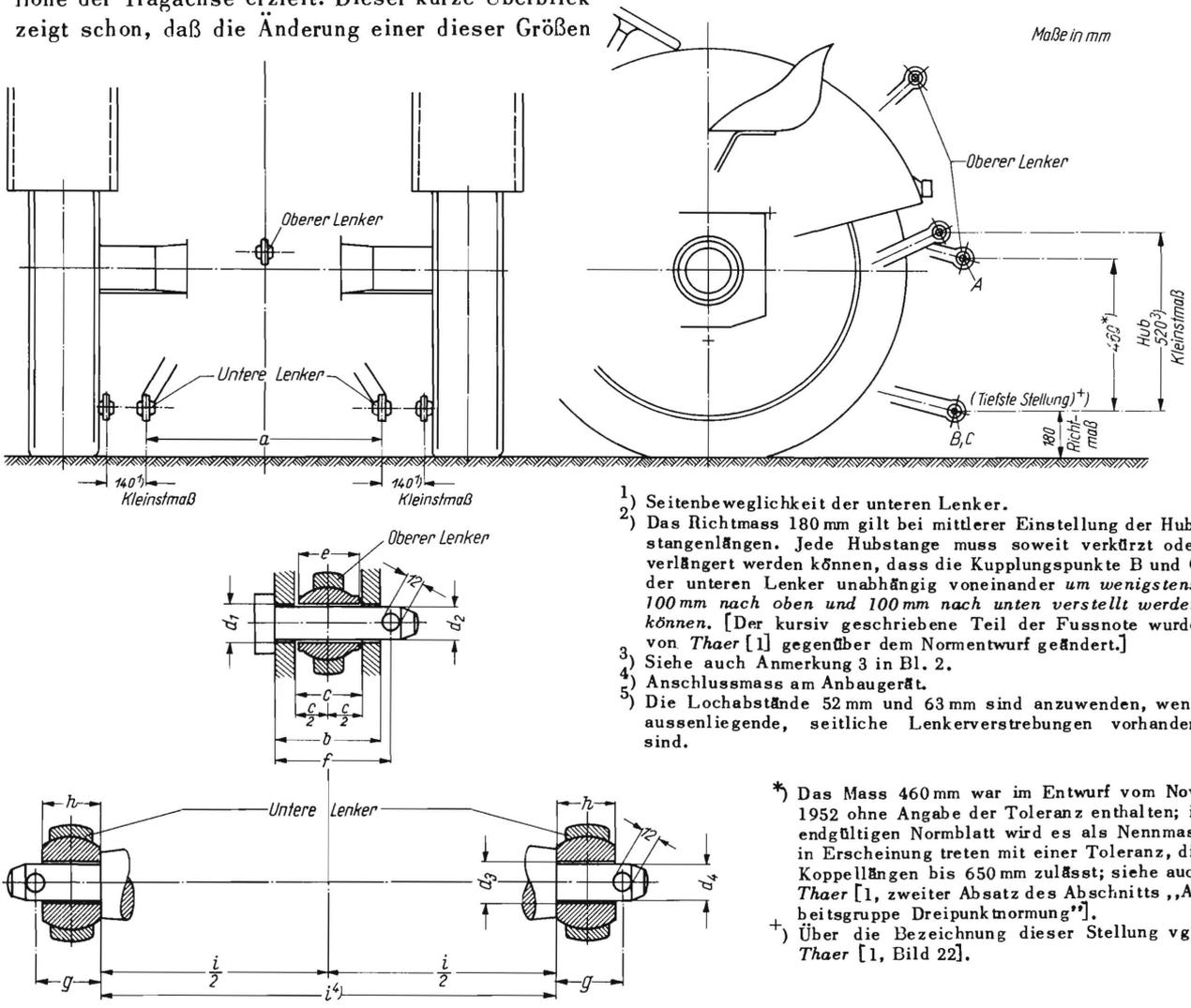
griffpunkt der resultierenden Pflugkraft W in jede gewünschte Lage gebracht werden kann.

Bild 4 bis 7 zeigen einige dieser Maßnahmen, und zwar erkennen wir, daß sowohl durch die Verlegung der Anlenkpunkte am Schlepper als auch durch die Verlegung der Kupplungspunkte dem Führungspunkt eine andere Lage und damit der resultierenden Pflugkraft W eine andere Richtung gegeben werden kann. In **Bild 4** ist die Verlegung des ideellen Führungspunktes durch die Änderung der Höhenlage des oberen Anlenkpunktes herbeigeführt, in **Bild 5** dagegen durch die Änderung der Höhenlage der unteren Anlenkpunkte. In **Bild 6** ist die Verlegung des Führungspunktes durch Änderung der Koppellänge am Gerät, in **Bild 7** dagegen durch Änderung der Höhe der Tragachse erzielt. Dieser kurze Überblick zeigt schon, daß die Änderung einer dieser Größen

schon einen wesentlichen Einfluß auf die Größe und Richtung der resultierenden Pflugkraft hat und daher höchstwahrscheinlich auch eine Wirkung auf die Führung des Gerätes ausübt.

Die früheren Normvorschläge

Es ist von mancher Seite die Frage aufgeworfen worden, weshalb die Dreipunktaufhängung noch erst genormt werden müßte, da es doch bereits den Normvorschlag DIN 9674 vom November 1952 gäbe. Ein kurzer Blick auf diesen Normvorschlag, der in **Bild 8** wiedergegeben ist, zeigt jedoch, daß er nur etwas über die Ausführung der drei Kupplungsstellen und allenfalls noch etwas über deren Hubhöhe aussagt, daß er aber keinerlei Vorschläge für die einheit-



- 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 von Thær [1] 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 Thær [1, zweiter Absatz des Abschnitts „Arbeitsgruppe Dreipunktnormung“].
+) Über die Bezeichnung dieser Stellung vgl. Thær [1, Bild 22].

Grösse	Motorleistung des Acker-schleppers PS (Richtwerte)	a	b	c	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	e	f	g	h	i ⁴⁾
		Nenn-mass	Grösst-mass	Kleinst-mass	A ₁₂	A ₁₃	h ₁₂	Grösst-mass	Kleinst-mass	Kleinstmass	-0,2	±1,5	
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 8. Dreipunktaufhängung. Normung der Lage und Anschlussmasse der drei Kupplungspunkte. Normblattentwurf DIN 9674, Blatt 1 vom Nov. 1952 [2], 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.

liche Lage der Anlenkpunkte am Schlepper und die übrigen Abmessungen des Gestänges nach Bild 2 enthält. Der Normvorschlag bringt auch keinerlei Hinweise auf die zweckmäßige Lage des ideellen Führungspunktes und die Variationsmöglichkeiten, die in Bild 4 bis 7 besprochen wurden. Es zeigt sich ja auch, daß trotz Vorhandenseins des Normvorschlages DIN 9674 vom November 1952 u.a. die von der Schlepperindustrie gewählte Lage des oberen und der unteren Anlenkpunkte bei den z.Z. hergestellten Schleppertypen außerordentlich verschieden ist, **Bild 9**. Der damalige Normvorschlag hat also keinerlei Vereinheitlichung gebracht; vor allem gewährleisten die danach ausgeführten, verschiedenen Dreipunktaufhängungen nicht im gering-

sten, daß die angebauten Geräte die geforderte Funktion erfüllen. Obwohl viele Schlepper die genormten Kupplungspunkte nach DIN 9674, Blatt 1 – im übrigen aber eine irgendwie ausgeführte Dreipunktaufhängung hatten, gerieten die Gerätefirmen in immer größere Sorgen wegen schlechter Gerätearbeit. Die Sorgen der Schlepperfirmen bezogen sich aber hauptsächlich darauf, daß die Schlepper die Geräte, vor allem die Pflüge, in schwerem Boden nicht zogen, obwohl die Zugkraft der Schlepper auf Grund der Schleppernennleistung und des Schleppergewichtes für die betreffenden Pflüge hätte ausreichen müssen. Dieser Mißstand veranlaßte *Skalweit* vom *Institut für Schlepperforschung*, nach eingehenden Untersuchungen einen Vorschlag über die Lage der Anlenkpunkte am Schlepper zu unterbreiten, der in **Bild 10** wiedergegeben ist. Dieser Vorschlag wurde von der Arbeitsgruppe „Dreipunktnormung“ zunächst als Ausgangsbasis für die weiteren theoretischen und praktischen Untersuchungen (von denen später noch ausführlich die Rede sein wird) genommen. Auf Grund dieses Vorschlages bestand vor allem die Hoffnung, man könne die Höhe der unteren Anlenk-

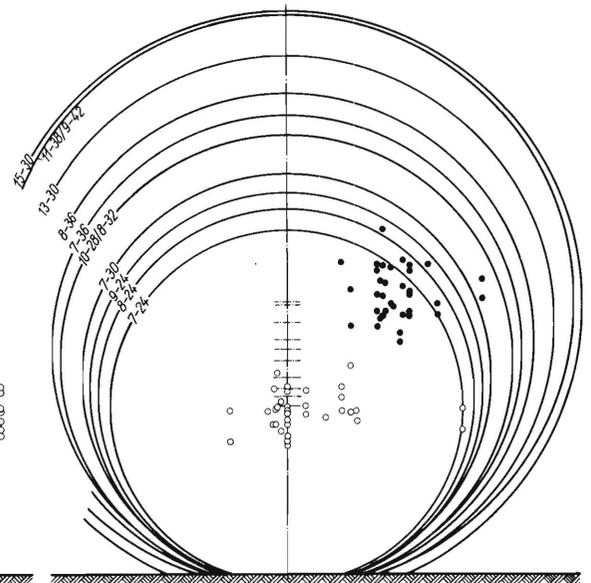


Bild 9. Die derzeitige Lage der Anlenkpunkte bei den handelsüblichen Schleppern.

punkte über der Standfläche des Schleppers in ziemlich weiten Grenzen tolerieren und so den Wunsch der Schlepperindustrie, bei verschiedenen großen Reifendurchmessern die gleichen Anlenkpunkte am Schleppergetriebe zu belassen, erfüllen. Leider hat sich, vor allem auf Grund des Ergebnisses der praktischen Versuche, diese Hoffnung nicht erfüllt.

Die Untersuchungen der Arbeitsgruppe

Die Aufgabe der Arbeitsgruppe bestand nun kurz umrissen darin, das Optimum der Abmessungen der Dreipunktaufhängung durch theoretische und praktische Versuche zu finden und gleichzeitig den Toleranzbereich der einzelnen Größen festzulegen, der sowohl für die Funktion des Schleppers als auch für die des Gerätes tragbar ist. Hierbei mußte von vornherein ins Auge gefaßt werden, daß die als Norm vorzuschlagende Dreipunktaufhängung auch unter den schwierigsten Bedingungen die oben aufgestellten Forderungen erfüllt.

Wie schon anfangs bei der Gegenüberstellung der verschiedenen Forderungen erwähnt wurde, mußten sich die Untersuchungen in drei Richtungen bewegen, und zwar auf den Einfluß der Abmessungen der Dreipunktaufhängung auf die Gestängekräfte, auf die Geräteführung und auf die Zug- und Lenkfähigkeit des Schleppers. Für diese Untersuchungen stellte eine Reihe von Firmen Geräte zur Verfügung, während die theoretischen und praktischen Arbeiten zum größten Teil von Herren der Firmen *Eberhardt* und *Fahr* sowie des *Institutes für Schlepperforschung* und des *Institutes für Landtechnische Grundlagenforschung der FAL* durchgeführt wurden. In gewissen Abständen fanden Sitzungen der Arbeitsgruppe „Dreipunktnormung“ statt, auf denen die mit der Durchführung betrauten Herren über den jeweiligen Stand der Arbeiten berichteten.

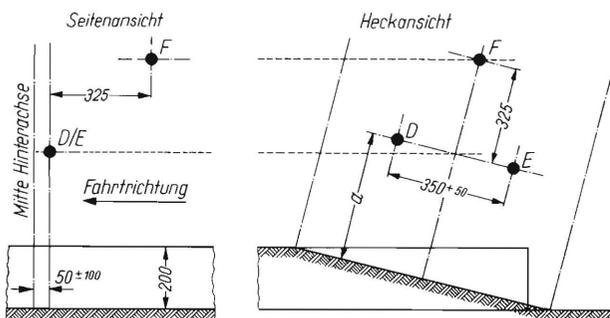


Bild 10. Normvorschlag *Skalweit* über die Lage der Anlenkpunkte am Schlepper.

Toleranzgebiet für die Höhe der unteren Anlenkpunkte
 $a = 360 \text{ bis } 510 \text{ mm}$

Bei dem größten am Schlepper vorkommenden Reifendurchmesser ist a an der oberen Grenze des Toleranzgebietes zu wählen
Lenkerlänge $l = 850 \text{ mm} + 50$

Gestängeabmessungen und ihr Einfluß auf die Gestängekräfte

Da der Einfluß der Abmessungen der Dreipunktaufhängung auf die Gestängekräfte untersucht werden soll, ist in **Bild 11** gezeigt, welche Kräfte am Pflug und welche im Dreipunktgestänge auftreten. *Thaer* [1] hat ausführlich auf die Bedeutung der Kräfte, deren Bezeichnung, Größe usw. hingewiesen, so daß hier nur noch hervorzuheben wäre, daß sich bei Änderung der Abmessungen des Dreipunktgestänges auch die Größe und Richtung der Kräfte in den Lenkern ändern. Da nun in den in **Bild 11** gezeigten Kraftecken alle wirkenden Kräfte miteinander im Gleichgewicht sind, wurde der Schluß gezogen, daß man durch Messen der Kräfte im Dreipunktgestänge den Einfluß der Änderung der Abmessungen der Dreipunktaufhängung feststellen könne. Man glaubte, diese Krätemessungen als Kriterium für die Auswahl der optimalen Abmessungen der Dreipunktaufhängung benutzen zu können. Dabei waren nicht nur die Kräfte im ebenen Gelände festzustellen, sondern wegen der schwierigeren Verhältnisse vor allem auch die Kräfte beim Arbeiten am Hang (**Bild 12**).

Obwohl es die verschiedenartigsten Geräte mit Dreipunkt Kupplung gibt, vertrat die Arbeitsgruppe von Anfang an den Standpunkt, daß die schwierigsten Einsatzbedingungen bei den Pflügen gegeben sind; es wurden deshalb auch nur Pflüge der verschiedensten Bauart unter Arbeitsbedingungen in

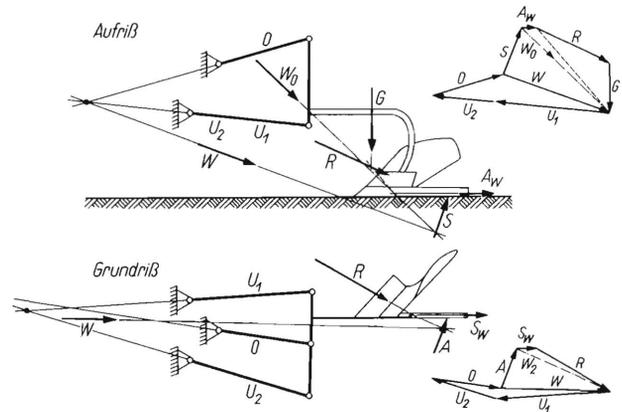
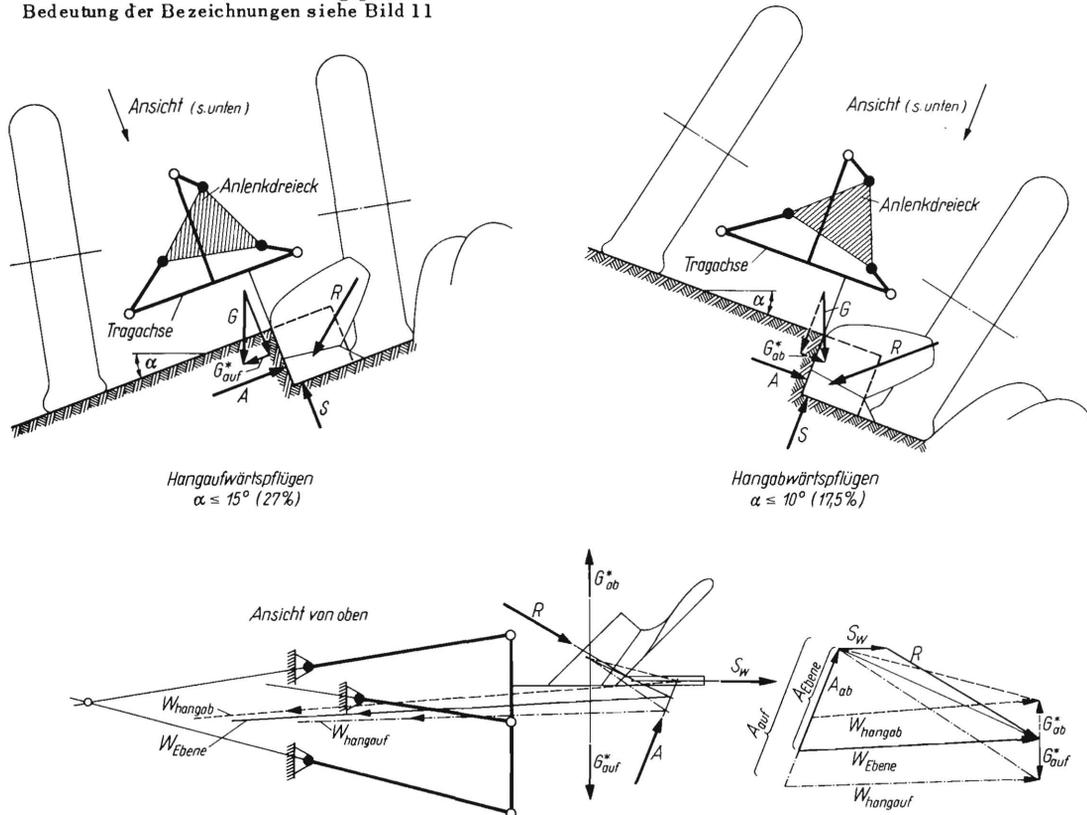


Bild 11. Kräfte zwischen Pflug und Dreipunktaufhängung in ebenem Gelände.

- G Eigengewicht des Pfluges
- R Bodenwiderstand auf Streichblech und Schar
- S Sohlenkraft
- Sw Reibungskomponente der Kraft S
- A Anlagenkraft
- Aw Reibungskomponente der Kraft A
- O vom oberen Lenker ausgeübte Kraft
- U₁ vom rechten, unteren Lenker ausgeübte Kraft
- U₂ vom linken, unteren Lenker ausgeübte Kraft
- W₂ Resultierende von R und Sw
- W resultierende Pflugkraft, deren Wirkungslinie durch den Führungspunkt geht
- W₀ Resultierende der vom Aufhängesystem nahezu unabhängigen Kräfte

der Ebene und am Hang sowie beim Flach- und Tiefpflügen theoretisch und praktisch untersucht. In **Bild 13** ist eine Übersicht über das Versuchsprogramm der Arbeitsgruppe dargestellt. Wegen der Wichtigkeit der zu lösenden Aufgabe wurde sehr gewissenhaft und sehr kritisch sowohl bei den prak-

Bild 12. Die Kraftverhältnisse im hängigen Gelände. Bedeutung der Bezeichnungen siehe Bild 11



Hangaufwärtspflügen
 $\alpha \approx 15^\circ$ (27%)

Hangabwärtspflügen
 $\alpha \approx 10^\circ$ (17,5%)

Arbeitsgerät		Arbeitsbedingungen				
Schlepper	Pflüge	Ebene		Hang		
		Schälen	Tiefpflügen	Schälen	Tiefpflügen	
Versuchsschlepper	Beetpflug	einfurchig	○	○	●	●
		zweifurchig	○	○	●	●
	Drehpflug	einfurchig	○	○	●	●
		zweifurchig	○	○	●	●
	Scheibepflug	einfurchig	○	○	●	●
		zweifurchig	○	○	●	●

○ = Versuche 1954 durchgeführt ● = Versuche 1955 durchgeführt

Bild 13. Das Versuchsprogramm der Arbeitsgruppe „Dreipunktnormung“.

tischen Versuchen als auch bei den theoretischen Auseinandersetzungen und Untersuchungen vorgegangen, so daß sich die Versuche über zwei volle Jahre hinzogen.

Es wurden an den in Bild 14 dargestellten sieben Stellen die Kräfte bei der Arbeit hydraulisch gemessen. Die auftretenden Kräfte wurden an den Meßdosen, die in Bild 15 zu sehen sind, abgelesen.

Während man ursprünglich der Ansicht war, daß für die Untersuchungen Schlepper verschiedener Herkunft mit verschieden ausgeführten Dreipunktaufhängungen herangezogen werden müßten, wurde schließlich für alle Versuche ein 24 PS - Schlepper genommen, bei dem praktisch alle Abmessungen des Dreipunktgestänges einschließlich der Kraftheberarme in weiten Grenzen geändert werden konnten (Bild 16). Es war so die Möglichkeit gegeben, an einem einzigen Versuchsschlepper systematische Versuchsreihen durchzuführen, die schneller zu Ergebnissen führten als die Verwendung verschiedener Schleppertypen mit zufälligen Abmessungen der Dreipunktaufhängung. Außerdem konnte man so auf einfache Weise den ganzen Toleranzbereich abtasten. Im Laufe der Versuche war es oft sehr wichtig, ganz extreme Verhältnisse bezüglich der Abmessungen der Dreipunktaufhängung zu wählen, um

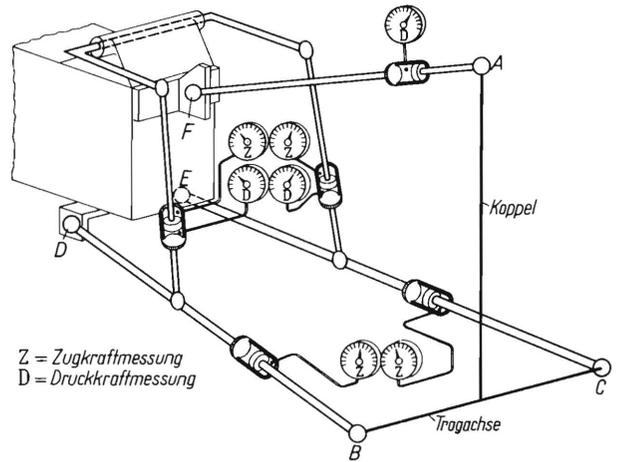


Bild 14. Die sieben Messstellen im Dreipunktgestänge.



Bild 15. Die Messeinrichtung am Schlepper.

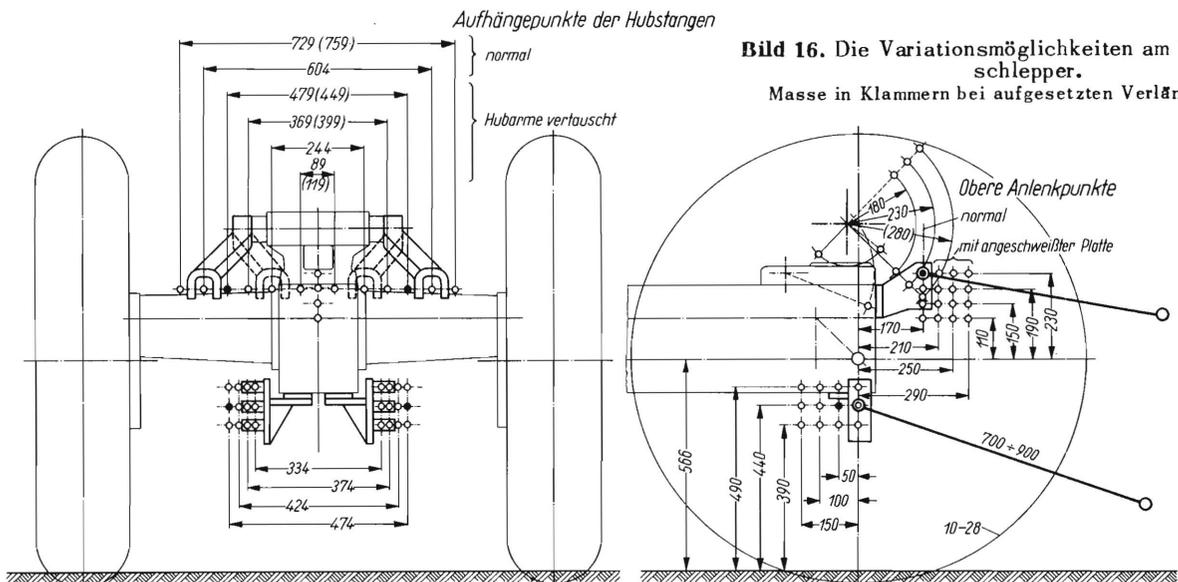


Bild 16. Die Variationsmöglichkeiten am Versuchsschlepper. Masse in Klammern bei aufgesetzten Verlängerungen

recht deutlich die Tendenz der Einflüsse zu erkennen. Man konnte dann durch Engerlegen der Toleranzen das Optimum leichter finden.

Die Annahme, daß man durch Messen der Gestängekräfte einen wesentlichen Beitrag zur Lösung der Vereinheitlichung der Dreipunktaufhängung finden würde, hat sich im Laufe der Versuche als Irrtum erwiesen. Bei einer großen Anzahl von Versuchen, die über Wochen liefen, stellte sich immer wieder heraus, daß Änderungen am Dreipunktgestänge meist wenig Einfluß auf die im Gestänge auftretenden Kräfte hatten, sondern diese Kräfte viel größere Änderungen durch Ungleichmäßigkeiten des Bodens erfuhren, daß aber oft nur geringe Änderungen am Dreipunktgestänge die Führung des Gerätes in erheblichem Maße beeinflussen.

Aus diesem Grunde wird auch hier auf die Wiedergabe der bei den verschiedenen Versuchen registrierten Gestängekräfte verzichtet. Diese Erkenntnis hatte zur Folge, daß die späteren Versuche ohne die Meßeinrichtung für die Kräfte durchgeführt wurden, zumal ja nicht die Feststellung der Gestängekräfte, sondern der Einfluß der Abmessungen der Dreipunktaufhängung auf die Geräteführung von ausschlaggebender Bedeutung ist, worauf schon zu Anfang dieser Ausführungen hingewiesen worden ist.

Gestängeabmessungen und ihr Einfluß auf die Geräteführung

Schon bei der Besprechung des Normvorschlages *Skalweit* wurde angedeutet, daß die Reifengröße und damit die Höhenlage der Anlenkpunkte am Schlepper von erheblichem Einfluß auf die Funktion der Dreipunktaufhängung und des daran angekuppelten Gerätes ist. Es wurde daher zu Anfang dieser Untersuchung der Einfluß der Reifengröße auf die Geräteführung untersucht. Hierbei wurde versucht – entsprechend der Forderung der Gerätehersteller –, die Höhenlage der Anlenkpunkte über der Standfläche des Schleppers und damit relativ zum Gerät konstant zu halten, während nacheinander der Schlepper mit verschiedenen Reifengrößen ausgerüstet wurde. Dabei wurde von Reifen ausgegangen, die normalerweise für Schlepper von 10 bis 20 PS und für Schlepper von 20 bis 30 PS in Frage kommen, **Bild 17 und 18**. Um nun die Höhe der Anlenkpunkte über dem Boden konstant zu halten, müßten vom Schlepperhersteller umfangreiche konstruktive Maßnahmen durchgeführt werden, die erstens sehr unschöne Lösungen brächten und zweitens lösbare Anlenkpunkte zur Voraussetzung hätten. Hierbei besteht die Gefahr – da die Schlepper sehr oft vom Lieferwerk ohne Dreipunktaufhängung ausgeliefert und außerdem sehr oft auch noch nach der Auslie-

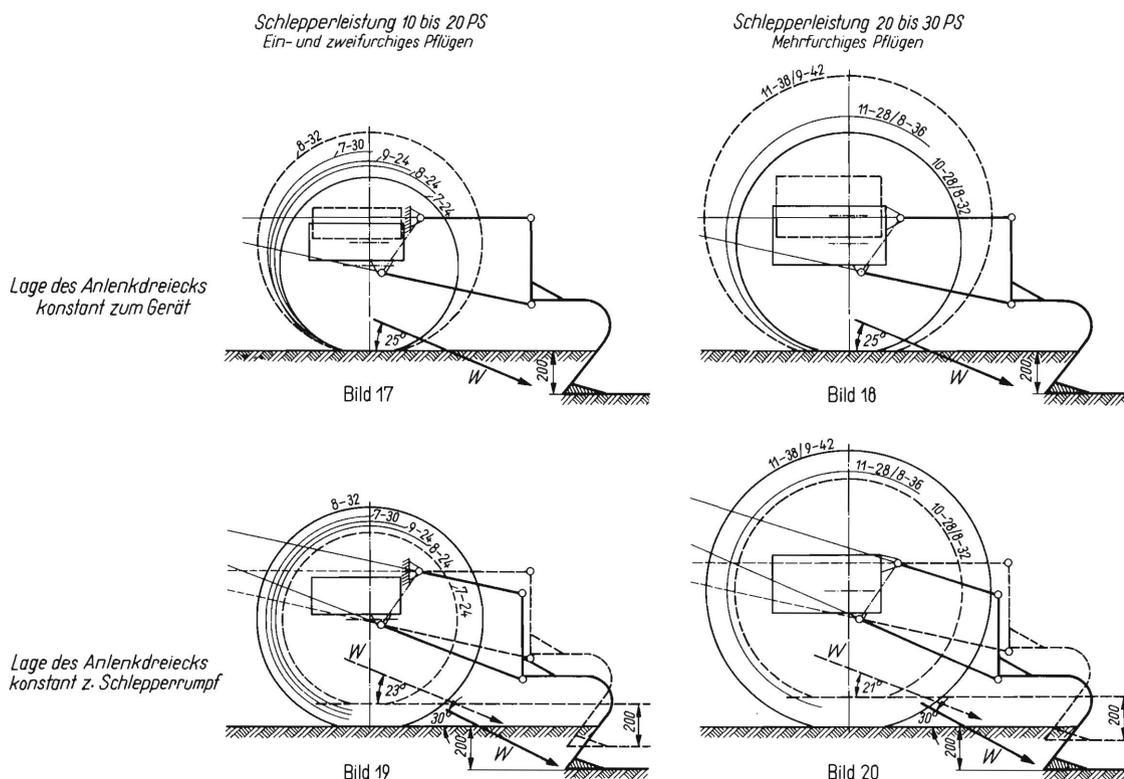


Bild 17 bis 20. Einfluss der Reifengröße auf die Lage der Anlenkpunkte am Schlepper.

- Bild 17 und 18: Lage der Dreipunktaufhängung konstant zum Gerät, insbesondere die gleiche Höhenlage des Anlenkdreieckes über der Fahrbahn des Schleppers bzw. der Furchensohle, und damit verschiedene Höhenlage des Anlenkdreieckes zum Schlepperrumpf.
- Bild 19 und 20: Lage der Dreipunktaufhängung konstant zum Schlepperrumpf und damit insbesondere veränderliche Höhenlage des Anlenkdreieckes über der Schlepperfahrbahn bzw. Furchensohle, wodurch sich für verschiedene Reifengrößen eine verschieden grosse und verschieden gerichtete, resultierende Pflugkraft *W* für denselben Pflug ergibt.

ferung umbereift werden – , daß nachträglich falsche Anlenkteile montiert werden. Diese Lösung wäre außerdem das genaue Gegenteil von dem, was mit einer Vereinheitlichung angestrebt wird.

das Verhalten des Pfluges beim Einsetzen in der Ebene und am Hang erstreckten, wurde beobachtet, daß die Bewegung der Tragachse bei seitlichem Ausschwenken von großem Einfluß auf die Einzugslänge bzw. auf das Verhalten des Pfluges beim Einsetzen schlechthin ist. Daher wurde untersucht, wel-

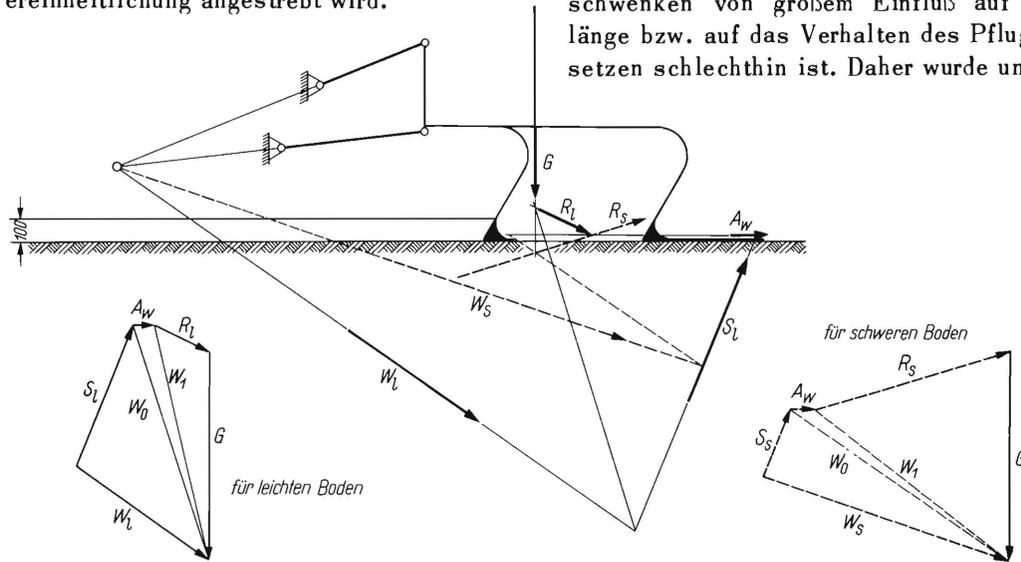


Bild 21. Einfluss des Bodenwiderstandes R auf den Streubereich der resultierenden Pflugkraft W . Die Indices l und s beziehen sich auf leichten und schweren Boden; die Bedeutung der übrigen Bezeichnungen siehe Bild 11

In Bild 19 und 20 wird untersucht – ebenfalls für verschiedene Schleppergrößen – , welche Folgen feste Anlenkpunkte am Schlepperrumpf hätten, wenn man die Reifengröße in den für die Schleppergrößen in Frage kommenden Grenzen ändert. Vom Schlepper aus gesehen, wäre dieses der Idealfall. Man erkennt jedoch, daß bei Vergrößerung des Reifendurchmessers und das dadurch bewirkte Höherücken der Anlenkpunkte die resultierende Pflugkraft W steiler zu liegen kommt. Dadurch besteht die Gefahr, daß die Sohlenkraft zu klein und unter Umständen sogar negativ wird, was bedeutet, daß der Pflug die gewünschte Tiefe nicht hält oder unter Umständen ganz herausgezogen wird. Diese Feststellung wurde durch eingehende Versuche erhärtet. Der sich dabei ergebende Toleranzbereich für die Höhenlage der unteren Anlenkpunkte ist leider so klein, daß sich die Hoffnung, man könne mit am Schlepper festliegenden Anlenkpunkten über einen großen Bereich die Reifengrößen ändern, nicht erfüllt hat.

che Bewegungen die Tragachse ausführt und welche Teile der Dreipunktaufhängung die Form dieser Bewegung beeinflussen. Dabei ergab sich, daß die relative Lage des Gelenkpunktes zwischen Hubstange und Hubarm zum unteren Lenker einen außerordentlich großen Einfluß auf die Bewegungsbahn der Tragachse hat. Wie in Bild 22 zu erkennen ist, führen die Kupplungspunkte der unteren Lenker bei seitlichem Ausschwenken eine Kreisbewegung um die Schwenkachsen I-I bzw. II-II aus; diese Schwenkachsen werden durch den jeweiligen unteren Anlenkpunkt und den entsprechenden Gelenkpunkt zwischen Hubstange und Hubarm gebildet. Je nach der Lage der beiden Schwenkachsen wird nun die Tragachse bei seitlicher Verschiebung eine mehr oder weniger starke Schaukelbewegung ausführen.

Der zulässige Toleranzbereich wird dadurch noch wesentlich eingeeengt, daß bei schwerem Boden die Pflugkraft W_0 flach verläuft und der Sohlendruck selbst bei flachlaufender, resultierender Pflugkraft W klein ist. Wenn nun noch durch Höherlegen der Anlenkpunkte die resultierende Pflugkraft W steiler verläuft, so ist die Gefahr des negativen Sohlendruckes und damit des Herausziehens des Pfluges besonders groß geworden. In Bild 21 sind diese Verhältnisse für leichten und schweren Boden dargestellt.

Auf Bild 23 ist die Bewegung der Tragachse für drei verschiedene Lagen der Kraftheberarme und damit der Schwenkachsen dargestellt, wobei zu er-

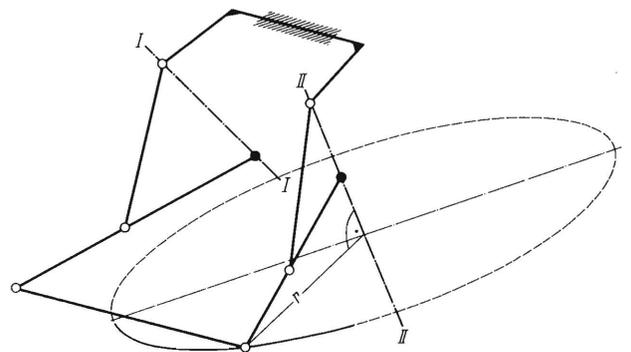


Bild 22. Bewegungsbahn der Geräteträgachse bei seitlicher Auslenkung des Gestänges. Die unteren Kupplungspunkte führen eine Kreisbahn um die momentanen Schwenkachsen I-I und II-II mit dem Radius r aus

Bei den praktischen Versuchen, die sich nicht nur auf die Führung des Gerätes, sondern auch auf

kennen ist, daß die Tragachse in der Heckansicht bei seitlichem Ausschwenken nur dann keine Schaukelbewegung, sondern eine Parallelbewegung ausführt, wenn jede der beiden Schwenkachsen (DS_0 und ES_0') und damit auch die entsprechenden Hubstangen (S_0L und $S_0'L'$) mit dem jeweiligen unteren Lenker (DB bzw. EC), wenn er sich in Mittellage befindet, eine lotrechte Ebene bildet. Wegen der Konvergenz der unteren Lenker stehen die Hubstangen dabei in der Regel nicht senkrecht im Raum und laufen dann auch nicht parallel, obwohl sie in senkrechten Ebenen auf den unteren Lenkern

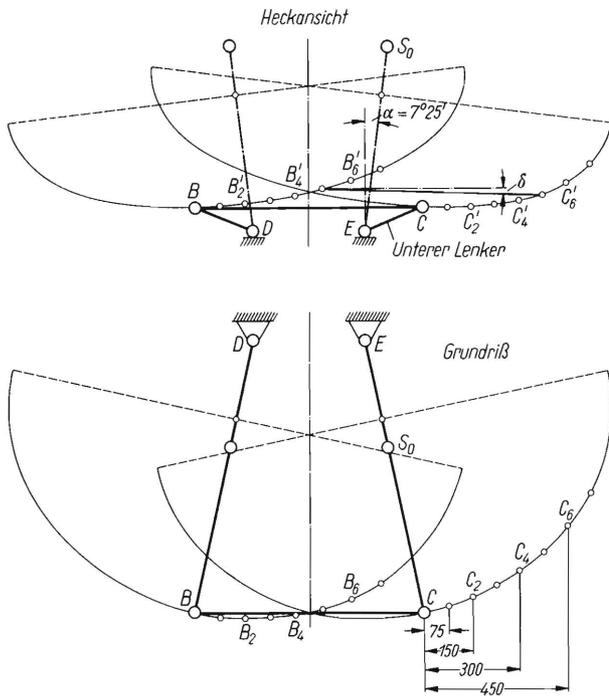


Bild 24. Parallele Bewegung der Tragachse, wenn die „Schwenkachsen“ I-I und II-II in den Vertikalebene durch die unteren Lenker liegen (nach Hain).

Seitliche Auslenkung der Tragachse in mm	75	150	300	375	450	525
Abweichung δ der Tragachse von der Horizontalen	+10'	+20'	+10'	-5'	-30'	-1° 45'

liegen. Rückt der Anlenkpunkt nach außen (S_a) oder nach innen (S_i) von dieser eben gekennzeichneten Ebene S_0LD , so kommen Schaukelbewegungen nach den Kurven a und i der Tragachse zustande.

Die erwähnte Parallelbewegung der Tragachse unter der Bedingung, daß die Schwenkachse in einer senkrechten Ebene auf dem unteren Lenker liegt, ist nicht ganz exakt. Es wurde daher untersucht, wie groß die Abweichung von der Parallelbewegung unter den Bedingungen des praktischen Einsatzes ist. In **Bild 24** hat Hain nachgewiesen ²⁾, daß selbst bei seitlichem Ausschwenken um 450 mm die Abweichung der Tragachse von der Parallelbewegung in der Heckansicht nur 30' beträgt. Ein seitliches Aus-

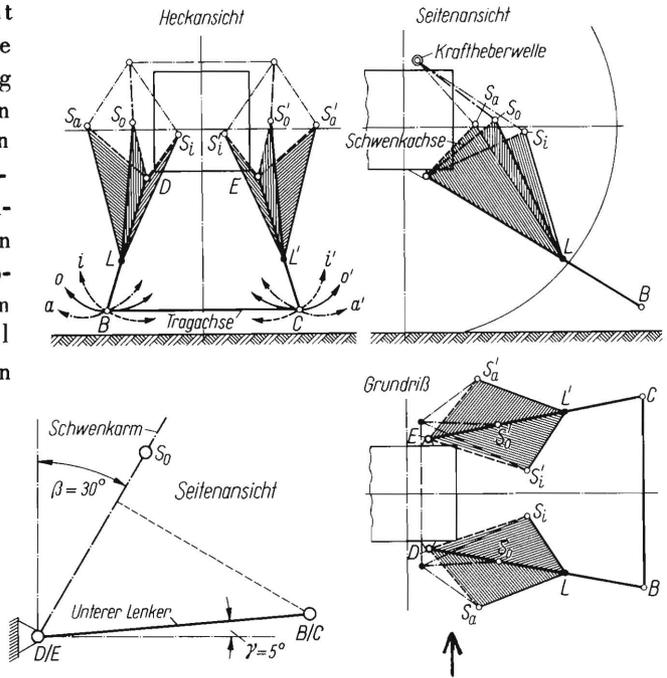


Bild 23. Einfluss der Lage des Hubgestänges zu den unteren Lenkern auf die Bewegung der Tragachse.

- 1) Aufhängung der Hubstangen in S_0 , senkrecht über den unteren Lenkern; die unteren Kupplungspunkte B und C bewegen sich in der Heckansicht auf den Bewegungsbahnen o , d.h. die Tragachse macht eine Parallelbewegung.
- 2) Aufhängung der Hubstangen nach aussen (S_a) bzw. nach innen (S_i) verlegt; die unteren Kupplungspunkte B und C bewegen sich in der Heckansicht auf den Bewegungsbahnen a bzw. i , d.h. die Tragachse macht Schaukelbewegungen.

schwenken von 450 mm aus der Mittellage dürfte wohl in keinem Fall vorkommen, wie auch eine Abweichung der Parallelität um nur 30' praktisch belanglos ist.

Es erhebt sich nun die Frage, ob die Parallelbewegung oder unter Umständen eine bestimmte Schaukelbewegung der Tragachse in der Heckansicht wünschenswert ist. Aus diesem Grund ist in **Bild 25 bis 27** dargestellt, welche Bewegung ein Drehpflug am Dreipunktgestänge beim Einsetzen vor dem Einfahren in die Furche ausführen würde, wenn wegen ungünstiger Ausbildung des Hubgestänges die Tragachse des Drehpfluges in der Heckansicht eine Schaukelbewegung ausführen würde. Bild 25 zeigt den Drehpflug bei der Arbeit. Das Dreipunktgestänge hat sich unter der Wirkung der Pflugführung durch die Anlage aus der Mittellage nach rechts bewegt. Der Grindel steht dabei normalerweise senkrecht zur Furchensohle; die Tragachse hat sich jedoch infolge der Schaukelbewegung schräg zur Aufstandsebene des Schleppers eingestellt. Beim Einsetzen des Pfluges vor dem Einfahren in die Furche ist das Dreipunktgestänge wieder in seiner Mittelstellung (Bild 26), die Tragachse ist dabei parallel zur Aufstandsfläche, und der Pflugkörper nimmt eine schrägere Stellung ein, als wenn die Tragachse sich parallel verschoben hätte. Am Hang beim Aufwärtspflügen (Bild 27) sind die Verhältnisse noch

²⁾ Interner Untersuchungsbericht für die Arbeitsgruppe „Dreipunktnormung“

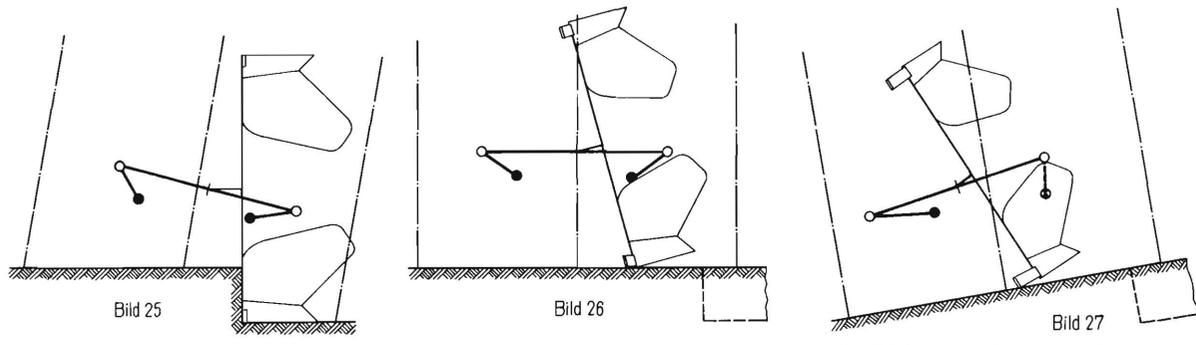


Bild 25 bis 27. Schaukelbewegung der Tragachse eines Drehpfluges bei ungünstiger Ausbildung des Hubgestänges.

Bild 25: Pflug- und Tragachsenstellung bei der Arbeit – Bild 26: Pflug- und Tragachsenstellung beim Einsetzen vor dem Einfahren in die Furche in die Ebene – Bild 27: Pflug- und Tragachsenstellung beim Einsetzen des Pfluges vor dem Einfahren in die Furche am Hang beim Hangaufwärtspflügen

Infolge der Schräglage des Pflugkörpers zur Ackeroberfläche wird dieser sehr schlecht in den Boden eindringen; zumindest wird eine grosse Einzugslänge die Folge sein

ungünstiger: Der Pflugkörper schwenkt infolge seiner Schwerpunktlage seitlich nach der Landseite aus und nimmt dabei infolge der Schaukelbewegung der Tragachse eine noch größere Schräglage zur Ackeroberfläche ein. Der Pflug legt sich auf die Schleifsohle, die noch weiter seitlich gewandert ist als die Scharspitze. Wenn der Pflug überhaupt eindringt, so wird zumindest ein langer Einzugsweg nötig sein, bis der Pflug die gewünschte Arbeitstiefe bzw. -breite erreicht hat. Bei einem Drehpflug muß also die Tragachse sich auf jeden Fall parallel zur Aufstandsfläche des Schleppers seitlich bewegen; auch bei Beetpflügen muß eine Parallelbewegung der Tragachse in Heckansicht gefordert werden, wobei die Tragachse dann aber nicht zugleich auch parallel zur Aufstandsfläche des Schleppers zu liegen braucht.

Die vorstehende Forderung nach einer Parallelbewegung der Tragachse bei seitlicher Auslenkung des Dreipunktgestänges bezog sich immer auf die Heckansicht des Schleppers (d.h. auf die Sicht in Fahrtrichtung). Diese Forderung der Parallelverschiebung der Tragachse in der Heckansicht schließt nicht ein, daß sich die Tragachse auch, im Grundriß gesehen, parallel bewegen soll – im Gegenteil: eine Schaukelbewegung der Tragachse im Grundriß begünstigt nur eine schnelle seitliche Einzugs- und Rückstellbewegung des Pfluges, so daß eine kurze Einzugslänge erreicht wird. In **Bild 28** laufen die unteren Lenker parallel, haben also keine Konvergenz. Der ideale Führungspunkt für die Seitenbewegung liegt im Unendlichen, was einem unendlich langen Grindel hinsichtlich der Pflugführung entspricht. Die Trag-

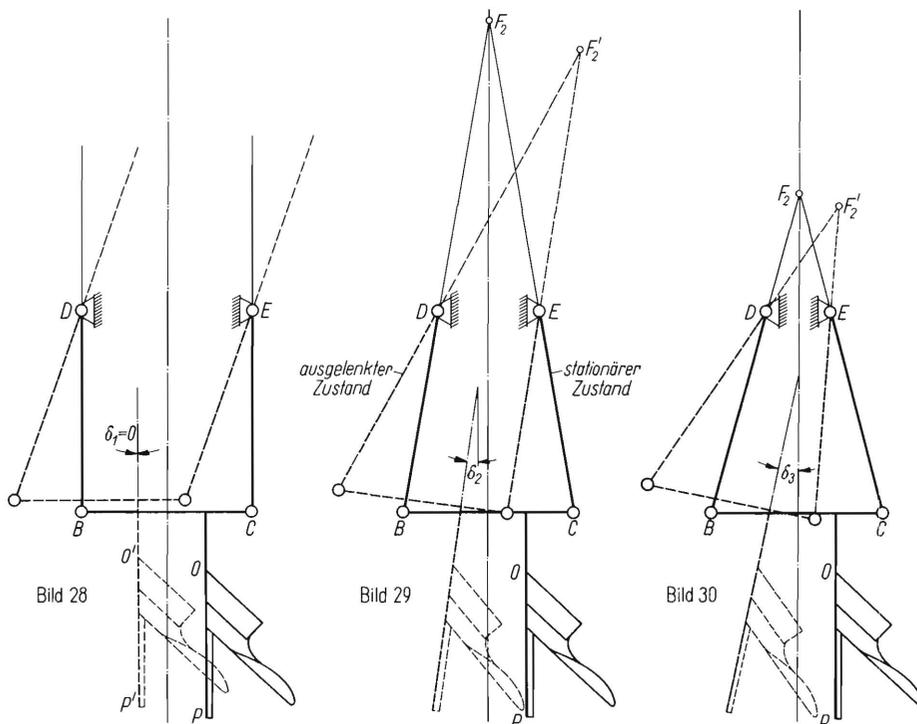


Bild 28 bis 30. Einfluss der Konvergenz der unteren Lenker auf die Geräteführung.

Bild 28: Bei parallelen unteren Lenkern keine Rückstellbewegung Bild 29 und 30: Grosse Konvergenz, d.h. ein kurzer ideeller Grindel

achse BC und damit die Richtlinie ³⁾ OP des Pfluges verschiebt sich parallel, infolgedessen ist eine Rückstellkraft des Pfluges nur durch die seitliche Verschiebung des im Unendlichen liegenden Führungspunktes und damit durch die Änderung der Neigung von W gegeben; die Änderung der Sohlenkraft, d.h. die Rückstellkraft ist also verhältnismäßig sehr klein. Erst bei einer Konvergenz der unteren Lenker, **Bild 29 und 30**, ergibt sich eine endliche ideale Grindellänge und somit bei seitlicher Auslenkung des Pfluges eine Neigungsänderung δ der Richtlinie des Pfluges gegenüber der Fahrtrichtung, so daß der Pflug in weit stärkerem Maße in die Normalstellung zurückgeführt wird, als bei parallelen Lenkern nach Bild 28. Je stärker die Konvergenz ist, umso kürzer wird der ideale Grindel, umso größer ist der Neigungswinkel δ der Richtlinie, d.h. aber, umso schneller erfolgt die Rückstellbewegung des Pfluges bei seitlicher Auslenkung. Es war daher bei den praktischen Versuchen das Toleranzgebiet bezüglich der Konvergenz festzustellen, wobei für die obere Grenze der Konvergenz die zulässige Größe der Anlagenkraft, für die untere Grenze dagegen die Forderung nach einer schnellen Einzugs- bzw. Rückstellbewegung maßgebend war.

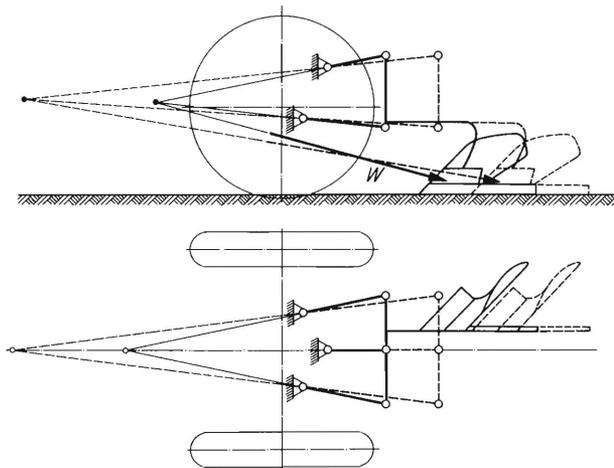


Bild 31. Einfluss der Länge der unteren Lenker auf die Geräteführung und die Schlepperzugfähigkeit.

Die Änderung der Konvergenz der unteren Lenker ist, sofern die Länge der Tragachse festliegt, durch zwei Maßnahmen zu erreichen: durch Änderung des Abstandes der unteren Anlenkpunkte voneinander (Bild 29 und 30) oder durch Änderung der Länge der unteren Lenker (**Bild 31**). Eine Änderung der Tragachsenlänge kommt nicht in Frage, da diese bereits durch internationale Norm festliegt und an allen Dreipunktgeräten der Welt dasselbe Maß hat. Bezüglich der Wirkung auf die seitliche Einzugs- und Rückstellbewegung sowie auf die Anlagenkraft hat eine Verlängerung der unteren Lenker die gleiche Wirkung wie eine Verringerung der Konvergenz. Eine

weitere Wirkung der Verlängerung der unteren Lenker ist die Änderung von der Lage und damit der Richtung der resultierenden Pflugkraft W (s. Bild 31 oben). Damit ändert sich die Größe der Sohlenkraft und die zusätzliche Hinterachslast, d.h. die Schlepperzugfähigkeit. Eine Verlängerung der unteren Lenker ergibt eine flachere Richtung von W und damit eine größere Sohlenkraft bei gleichzeitig verringerter Schlepperzugfähigkeit. Bei Verkürzung der unteren Lenker tritt sinngemäß das Gegenteil ein.

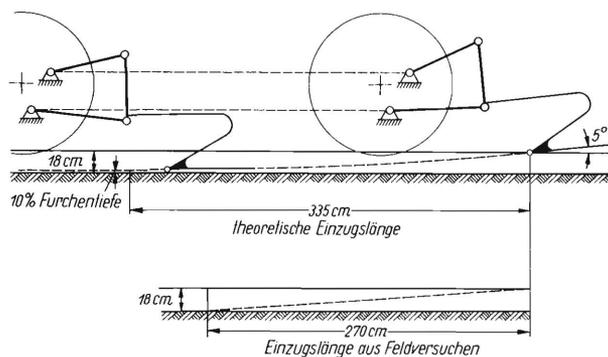


Bild 32. Einzugslänge auf Furchentiefe bei einem einfurchtigen Winkeldrehpflug (ohne Querrfurche im Vorgewende).

Um den Einfluß der Länge des oberen Lenkers auf die Einzugsängen hinsichtlich der Furchentiefe wie auch der Schnittbreite zu finden, wurden sowohl auf graphischem Wege als auch im Feldversuch die Einzugsängen für verschiedene Lenkerlängen festgestellt. Hierbei hat sich ergeben, daß hinsichtlich der Furchentiefe die im Feldversuch festgestellten Einzugsängen kleiner sind als die graphisch ermittelten, während bei den Einzugsängen auf die Schnittbreite zwischen der theoretischen und praktischen Einzugslänge fast kein Unterschied besteht. Nachdem diese Beobachtung gemacht worden war, hielten wir uns für berechtigt, den Einfluß der Länge des oberen Lenkers auf die Einzugsängen graphisch für eine große Anzahl von Lenkerlängen zu ermitteln, wodurch wir eine große Anzahl an Feldversuchen sparen konnten. Dieses war wegen der zur Verfügung stehenden, geringen Zeit und der gerade in den Jahren 1954 und 1955 schlechten Wetterlage außerordentlich wichtig. In **Bild 32 und 33** ist je ein Beispiel des Vergleichs zwischen der theoretischen und der praktischen Einzugslänge sowohl für die Furchentiefe als auch für die Schnittbreite wiedergegeben. Aus diesen Untersuchungen ergab sich, wie auch *Thaer* [1] ausführlich darlegt, daß für schnellen

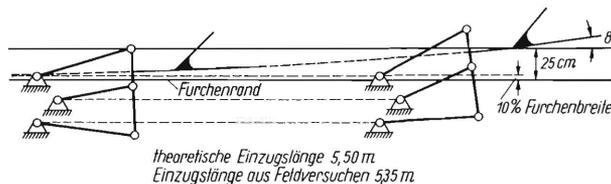


Bild 33. Länge des seitlichen Einzugs bei einem einfurchtigen Winkeldrehpflug.

³⁾ siehe Normblatt DIN 11118, Begriffe des Pfluges

Einzug auf Furchentiefe ein kurzer oberer Lenker wünschenswert ist, während hinsichtlich der Seitenbewegung ein langer oberer Lenker vorteilhaft ist.

Gestängeabmessungen und ihr Einfluß auf die Zugfähigkeit der Schlepper

In den bisherigen Darlegungen wurde der Einfluß der wichtigsten Abmessungen des Dreipunktgestänges auf die Funktion der Geräte kritisch betrachtet. Da beim praktischen Arbeitseinsatz der Geräte die Größe der zur Verfügung stehenden Schlepperzugkraft von großer Bedeutung ist, wurde untersucht, ob und welchen Einfluß die Abmessungen der Dreipunktaufhängung auf die Zug- und Lenkfähigkeit des Schleppers haben. Die Schlepperzugfähigkeit ist außer einer großen Anzahl anderer Faktoren, die in diesem Rahmen nicht behandelt werden sollen, von dem vorhandenen Hinterachsdruk abhängig. Die Lenkfähigkeit des Schleppers hängt u.a. von der Größe des Vorderachsdruk ab. Daher war vor allen Dingen die Wirkung der Lage der Anlenkpunkte des Gestänges relativ zur Schlepperhinterachse auf Vorder- und Hinterachsdruk zu untersuchen.

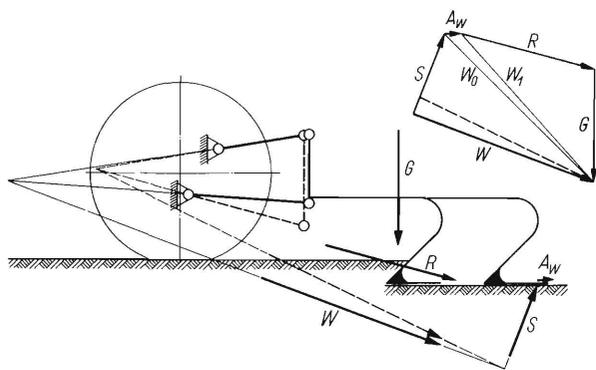


Bild 34. Bei gleicher Anlenkung bringt eine Vergrößerung der Koppellänge eine Erhöhung der zusätzlichen Hinterachslast und damit der Schlepperzugfähigkeit.

Wenn auch die Größe der Koppellänge im allgemeinen von dem Gerätekonstrukteur mit Rücksicht auf die Funktion des Gerätes gewählt wird, so soll hier doch darauf hingewiesen werden, daß die Koppellänge auch einen Einfluß auf den Hinterachsdruk hat. **Bild 34** zeigt, daß bei sonst gleichen Abmessungen der Dreipunktaufhängung durch Vergrößerung der Koppellänge bzw. Tieferlegen der Tragachse eine Erhöhung der zusätzlichen Hinterachslast und damit der Schlepperzugfähigkeit auftritt. Bei Vergrößerung der Koppellänge oder auch Tieferlegen der Tragachse ergibt sich ein steilerer Verlauf der Richtung von W , wodurch die Sohlenkraft und damit auch der Reibungswiderstand des Pfluges im Boden geringer wird (s. Kräfteck in **Bild 34**). Gleichzeitig wird aber auch die Schlepperzugfähigkeit durch die Erhöhung des Momentes von W um den Aufstandspunkt der Schlepperhinteräder am Boden und damit die Hinterachslast größer.

Eine ähnliche Wirkung wird durch Änderung der Höhenlage des oberen Anlenkpunktes am Schlepper erzielt (**Bild 35**). Je tiefer bei sonst gleichen Abmessungen des Dreipunktgestänges der obere Anlenkpunkt gelegt wird, umso steiler verläuft die Richtung von W . Der damit erzielten Steigerung der Schlepperzugfähigkeit wird durch das Kleinerwerden der Sohlenkraft eine Grenze gesetzt. In dem in **Bild 35** gezeigten Beispiel kann der tiefste Anlenkpunkt nicht mehr genommen werden, weil die Sohlenkraft bereits negativ wird und somit der Pflug nicht in der Furche bleiben wird.

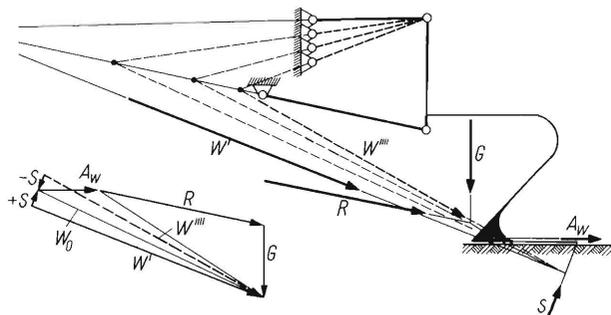


Bild 35. Einfluss der Höhenlage des oberen Anlenkpunktes auf die Zugfähigkeit des Schleppers.

Leichter Pflug in schwerem Boden
Bei Tieferlegen des oberen Anlenkpunktes erhöht sich die Schlepperzugfähigkeit, die Sohlenkraft wird dagegen kleiner und u.U. sogar negativ, so dass eine gesicherte Pflugführung auf Tiefe in Frage gestellt ist.

Diese Tatsache ist den meisten Schlepperherstellern, Kundendienstmonteuren und Schleppervorführern bekannt, und sie helfen sich, wenn die Schlepperräder zu rutschen beginnen, sehr gern einfach dadurch, daß sie einen Etagenbock mit verschiedenen hohen Anlenkpunkten für den oberen Lenker an der Getrieberrückwand anbringen. Wird nun aber der obere Lenker, was oft geschieht, zu tief angehängt, so ergibt sich zwar für den Schlepper eine gute Zugfähigkeit, aber leider nur auf Kosten einer guten Pflugarbeit. Es war daher, besonders mit Rücksicht auf die leichten Einscharpflüge, eine der Hauptaufgaben bei der Normung, die tragbaren

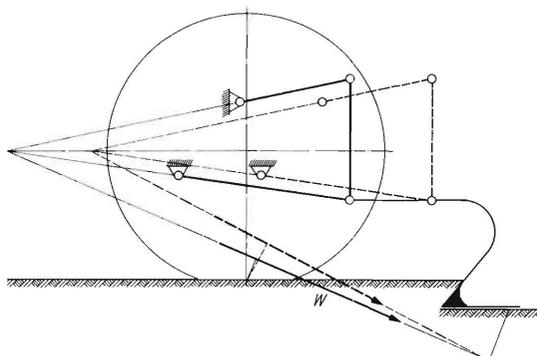


Bild 36. Parallelverschiebung der Dreipunktaufhängung ermöglicht eine Erhöhung der zusätzlichen Hinterachslast, d.h. Zugfähigkeit des Schleppers, ohne die Verhältnisse am Gerät wesentlich zu ändern. Es sei dabei auf Änderung der Lage der Scharspitze zur Koppel hingewiesen.

Grenzen für die höchste und tiefste Anhängung des oberen Lenkers zu finden. Diese Grenzen wurden durch eine sehr große Anzahl von Versuchen mit den verschiedensten Pflügen auf den unterschiedlichsten Böden in ebenem und hängigem Gelände festgestellt.

Wegen der konstruktiven Schwierigkeiten, welche die Anbringung der Anlenkpunkte am Schlepper sehr oft, vor allen Dingen bei bereits vorhandenen Schleppertypen, mit sich bringt, mußte auch der Einfluß einer horizontalen Parallelverschiebung der Dreipunktaufhängung in Schlepperlängsrichtung unter Beibehaltung der übrigen Gestängeabmessungen auf die Schlepperzugfähigkeit und die Lenkfähigkeit untersucht werden. Bild 36 zeigt, daß ein Zurückversetzen des Anlenksystems eine Erhöhung der Schlepperzugfähigkeit mit sich bringt, weil das Moment von W um den Aufstandspunkt des Schlepperhinterrades vergrößert wird. Die Verhältnisse am Gerät ändern sich dabei nur unwesentlich.

Die Veränderung der Schlepperzugfähigkeit und der Lenkfähigkeit bei Parallelverschiebung des Anlenksystems soll im folgenden wegen ihrer Wichtigkeit graphisch und analytisch untersucht werden. Die auftretenden Kräfte am Schlepper sind nach Größe, Lage und Bezeichnung aus Bild 37 zu ersehen. Während der Arbeit ist nicht die statische, sondern die sogenannte dynamische Hinterachslast G'_h vorhanden, die sich aus den Formeln (1) bis (3) errechnet:

$$G'_h = G_h + W \sin \alpha + W \frac{s}{a} \quad (1)$$

$$G_h = G \frac{a - q}{a} \quad (2)$$

$$G'_h = G \frac{a - q}{a} + W \frac{s}{a} + W \sin \alpha \quad (3)$$

Hierin bedeutet G_h die statische Hinterachslast. Die Umfangskraft U an den beiden Hinterrreifen muß nun gleich oder größer als die vorhandenen Widerstandskräfte sein:

$$U \geq Gf + W \cos \alpha + fW \sin \alpha \quad (4)$$

Andererseits ist die wirkliche Größe von U durch die dynamische Hinterachslast und den Radhaftbeiwert gegeben:

$$U = \mu G'_h \quad (5)$$

Durch Gleichsetzung der Formeln (4) und (5) ergibt sich

$$\mu \left[G \frac{a - q}{a} + W \frac{s}{a} + W \sin \alpha \right] \geq Gf + W \cos \alpha + fW \sin \alpha \quad (6)$$

und nach Umformung

$$s \geq a \left[\frac{\cos \alpha - \mu \sin \alpha}{\mu} - \frac{G}{W} \left(\frac{a - q}{a} - \frac{f}{\mu} \right) \right], \quad (7)$$

wobei das Glied $f \sin \alpha / \mu$ vernachlässigt wurde.

Die Formel (7) sagt aus, wie groß der Hebelarm s der resultierenden Pflugkraft W bezüglich des Auf-

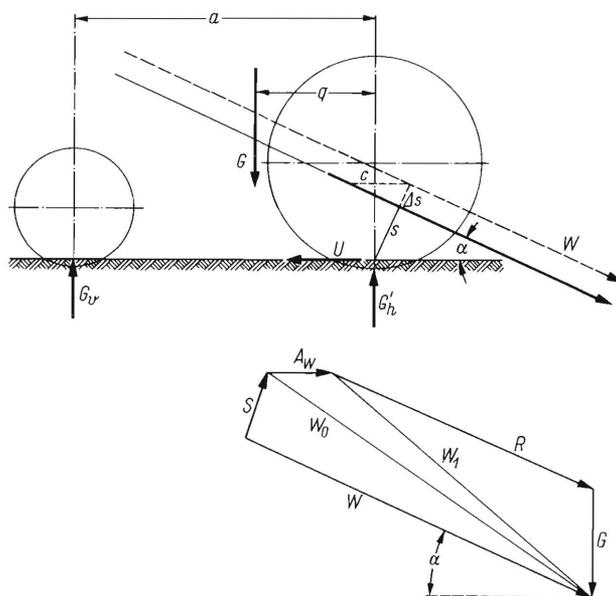


Bild 37. Einfluss der Lage der resultierenden Pflugkraft zur Schlepperhinterachse auf die Zugfähigkeit der Schlepper.

G	kg	Gesamtgewicht des Schleppers
G_v	kg	Vorderachslast
G'_h	kg	dynamische Hinterachslast
U	kg	notwendige Umfangskraft am Hinterradreifen
W	kg	vom Pflug auf den Schlepper wirkende Kraft (unter Beachtung der gewünschten Sohlenkraft)
a	cm	Achsabstand
q	cm	Abstand der Schlepperschwerlinie von der Hinterachse
α		Neigungswinkel der resultierenden Pflugkraft
s	cm	Abstand von W zum Berührungspunkt des Hinterrades mit dem Boden
Δs	cm	Änderung von s bei Parallelverschiebung von W
c	cm	horizontales Mass für die Parallelverschiebung von W
f		Rollwiderstand
μ		Radhaftbeiwert

standspunktes des Hinterrades mindestens sein muß, damit der Schlepper bei der auftretenden, resultierenden Pflugkraft W und den gegebenen Schlepperdaten die notwendige Zugfähigkeit hat. Aus Formel (8) geht hervor, um wieviel sich der Hebelarm s bei einer Horizontalverschiebung c der Pflugkraft W ändert.

$$\Delta s = c \sin \alpha \quad (8)$$

Wie groß darf nun die Hebelarmlänge s mit Rücksicht auf die Vorderachsentlastung höchstens sein? Den Grenzwert für die Vorderachsentlastung gibt die kleinste Vorderachslast $G_{v \text{ zul}}$, die zum Lenken erforderlich ist. Aus der Momentengleichung um den Aufstandspunkt des Hinterrades ergibt sich

$$G_v a + Ws - Gq = 0 \quad (9)$$

und hieraus durch Umformung

$$s = \frac{Gq - G_v a}{W} \quad (10)$$

und schließlich der Größtwert des Hebelarmes s der resultierenden Pflugkraft W , der für die Lenkfähigkeit der Vorderräder noch zugelassen werden kann:

$$s \leq \frac{Gq - G_{v \text{ zul}} a}{W_{\text{max}}} \quad (11)$$

Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

Im Laufe der über zwei Jahre sich erstreckenden theoretischen und praktischen Untersuchungen haben sich die in **Bild 38** dargestellten Größen als für die Zusammenarbeit von Schlepper und Gerät besonders wichtig herausgestellt. Diese Größen wurden daher für eine Vereinheitlichung vorgeschlagen. Eine Wiedergabe aller gemessenen Versuchswerte wäre viel zu umfangreich. Es sollen daher hier nur die gegenseitige Beeinflussung der Abmessungen der Dreipunktaufhängung sowie der Tendenz aufgezeigt wer-

werden können. Die in der Tabelle aufgestellten Bewertungen der Tendenzen beruhen zum Teil auf theoretischen Untersuchungen, die durch die praktischen Versuche bestätigt worden sind; zum anderen Teil beruhen sie auf subjektiven Beobachtungen bei der Arbeit, bei welchen jedoch die Tendenz klar zu erkennen war. Von einigen Größen der Dreipunktaufhängung, die in **Bild 38** aufgeführt sind, soll im Nachstehenden gezeigt werden, wie man aus den festgestellten Zahlenwerten und Tendenzen bezüglich ihrer Wirkung den Normwert und dessen zulässigen Toleranzbereich gefunden hat.

Variable	Hinterachsbelastung	Zugkraft	Vorderachsbelastung	Seitenzug am Schlepper	Abhängigkeit Schlepper-Gerät	Geräteleitung in Tiefe	Geräteleitung in Breite	Rückstellbeweg.	Rückstellwinkel	Anlagenkraft	Sohlenkraft	Einzug	Beziehung der Variablen
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
h_1	gross	gross	gross	gross	—	—	schlecht	—	schnell	gross	—	klein	schnell
	klein	klein	klein	klein	—	—	gut	—	langsam	klein	—	gross	langsam
e_1	gross	—	—	—	gross	gering	—	schlecht	langsam	klein	klein	—	schlecht
	klein	—	—	—	klein	stark	—	gut	schnell	gross	gross	—	gut
a_1	gross	gross	gross	gross	—	gering	—	—	—	—	—	—	—
	klein	klein	klein	klein	—	stark	—	—	—	—	—	—	—
l_1	lang	klein	klein	klein	gross	gering	gut	schlecht	langsam	klein	klein	gross	schlecht
	kurz	gross	gross	gross	klein	stark	schlecht	gut	schnell	gross	gross	klein	gut
h_2	gross	klein	klein	klein	—	gering	gut	—	langsam	klein	—	gross	schlecht
	klein	gross	gross	gross	—	stark	schlecht	—	schnell	gross	—	klein	gut
a_2	gross	gross	gross	gross	—	stark	schlecht	schlecht	schnell	gross	gross	klein	—
	klein	klein	klein	klein	—	gering	gut	gut	langsam	klein	klein	gross	—
l_2	lang	klein	klein	klein	—	gering	schlecht	gut	—	—	klein	gross	—
	kurz	gross	gross	gross	—	stark	gut	schlecht	—	—	gross	klein	—
k	gross	gross	gross	gross	—	stark	schlecht	—	schnell	gross	—	klein	schnell
	klein	klein	klein	klein	—	gering	gut	—	langsam	klein	—	gross	langsam

(Die Bewertung ist nur relativ zu verstehen)

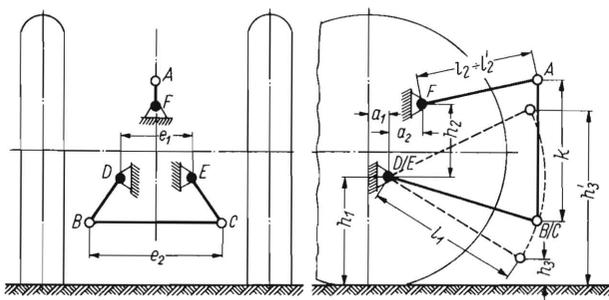


Bild 38. Die zu normenden Grössen und die tabellarische Zusammenfassung der Tendenz ihres wechselseitigen Einflusses.

Koppellänge k ist verschieden je nach Gerät
Kugelanschlussmasse für A, B und C siehe
Normvorschlag 9674 in Bild 8

den, die bei Änderung einer dieser Größen eintritt. Bei der Gesamtbetrachtung hat sich herausgestellt, daß man nun nicht einfach willkürlich die eine oder andere Größe ohne Rücksicht auf alle anderen Größen ändern kann. So ist es einleuchtend, daß man z.B. die obere Lenkerlänge l_2 nicht mit 800 mm ausführen kann, während man den unteren Lenkern eine Länge von $l_1 = 400$ mm gibt. Aus der Tabelle in **Bild 38** (Spalte 14) geht hervor, daß verschiedene Größen miteinander gekoppelt sind und nicht unabhängig voneinander in beliebigen Grenzen verändert

Bild 39 zeigt den Einfluß der Höhenlage h_1 der unteren Anlenkpunkte sowohl auf die Pflugführung in der Tiefe als auch auf die Schlepperzugfähigkeit. Die Kurven sind für ein- und zweischarige Pflüge beim Arbeiten am Hang gezeichnet. Da es die Aufgabe der Arbeitsgruppe „Dreipunktnormung“ war, außer einer Norm auch den Toleranzbereich aufzustellen, der für alle, das heißt auch für die schwierigsten Fälle, gültig ist, mußte naturgemäß ein verhältnismäßig kleiner Toleranzbereich festgelegt werden. Nach **Bild 39** bestimmt der einscharige Pflug am Hang den Toleranzbereich von h_1 mit 400 bis 440 mm, wobei sich das untere Maß durch die Mindestzugfähigkeit des Schleppers, das obere dagegen durch die Pflugführung des Ein-

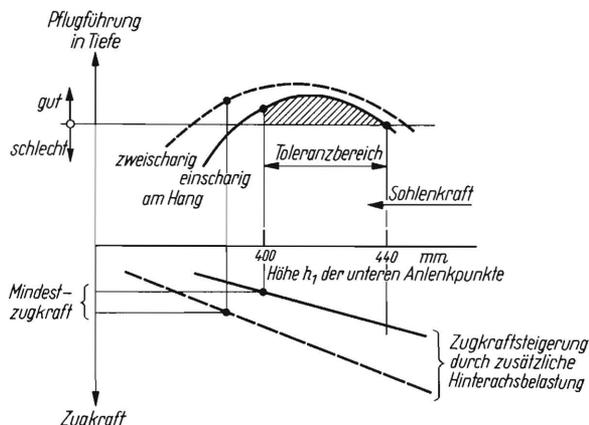


Bild 39. Einfluss der Höhe h_1 der unteren Anlenkpunkte und Festlegung des Toleranzbereiches.

scharpfluges ergibt. Somit war für h_1 in dem später gezeigten Normvorschlag der Wert 420 ± 20 festzulegen. Aus Bild 39 geht ferner hervor, daß mit abnehmendem h_1 die Sohlenkraft größer wird.

Bild 40 zeigt den Einfluß der Konvergenz der unteren Lenker auf die seitliche Pflugführung. Da die Konvergenz sowohl vom Abstand e_1 der unteren Anlenkpunkte als auch von der Länge l_1 der unteren Lenker abhängt, sind die Kurven in Abhängigkeit von e_1 für verschiedene Lenkerlängen l_1 gezeichnet. Die Grenzen des Toleranzbereiches werden hierbei durch die Größe der Anlagenkraft, die mit Rücksicht auf die Pflugführung weder zu klein noch zu groß sein darf, bestimmt (vergl. auch Thær [1]). Aus der Darstellung ergibt sich gleichzeitig, daß die untere Lenkerlänge von 800 mm die günstigsten Verhältnisse ergibt, während eine Lenkerlänge von 700 mm eine zu kleine, eine solche von 900 mm eine zu große Anlagenkraft zur Folge haben kann.

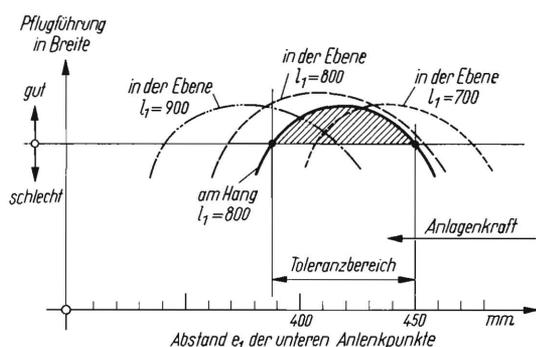


Bild 40. Einfluss der Konvergenz der unteren Lenker und Festlegung des Toleranzbereiches.

Der Einfluß der Lage des oberen Anlenkpunktes auf die Pflugführung in Tiefe und Breite und auf die Schlepperzugfähigkeit ist in Bild 41 dargestellt. Die Lage des oberen Anlenkpunktes ist durch die beiden Größen a_2 und h_2 bestimmt. Mit größer werdendem Abstand a_2 wächst die Anlagenkraft. Sie bestimmt den oberen Grenzwert von a_2 mit 220 mm. Hierbei muß, um einen schlepperseitig verwertbaren To-

leranzbereich zu erhalten, eine Mindestlänge von $h_2 = 325$ mm zugrunde gelegt werden. Eine Veränderung von a_2 hat bei konstantem h_2 nur einen geringen Einfluß auf die Schlepperzugfähigkeit, dagegen ist der Einfluß von h_2 auf die Schlepperzugfähigkeit erheblich. Bei Vergrößerung von h_2 tritt nämlich einerseits eine Verkleinerung der zusätzlichen Hinterachsbelastung, d.h. der Schlepperzugfähigkeit auf, und gleichzeitig nimmt die Sohlenkraft des Pfluges, und damit die vom Schlepper zu überwindende Reibungskraft, zu. Der Kleinstwert für a_2 ergibt sich zu 180 mm, weil bei kleinerem a_2 die Mindestzugkraft des Schleppers für $h_2 = 325$ mm nicht mehr gewährleistet ist. In der Norm wurde h_2 mit 325 ± 10 mm festgelegt. Bei der Festlegung der Größe von h_2 mit 325 mm ist deshalb nur eine sehr geringe Toleranz zulässig, weil sich eine Verkleinerung von h_2 geräteseitig (zu kleine Sohlenkraft) und eine Vergrößerung von h_2 schlepperseitig (geringe Zugfähigkeit) verbieten.

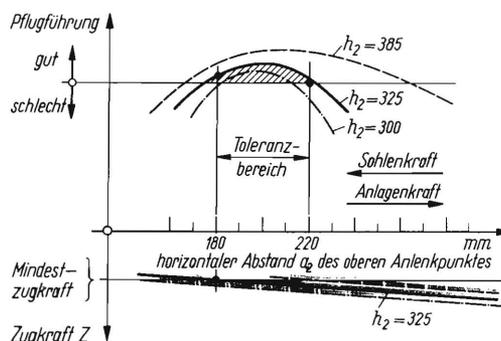
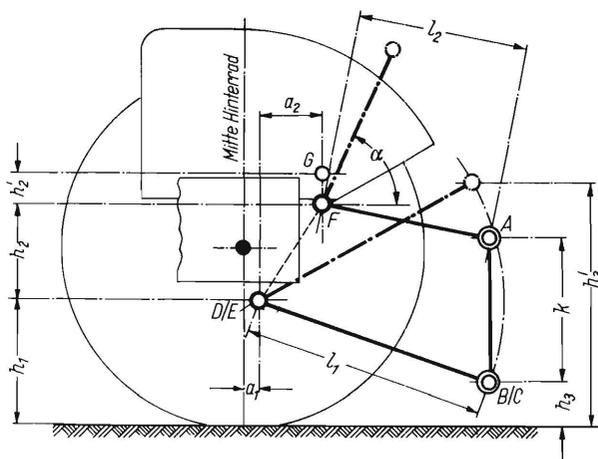
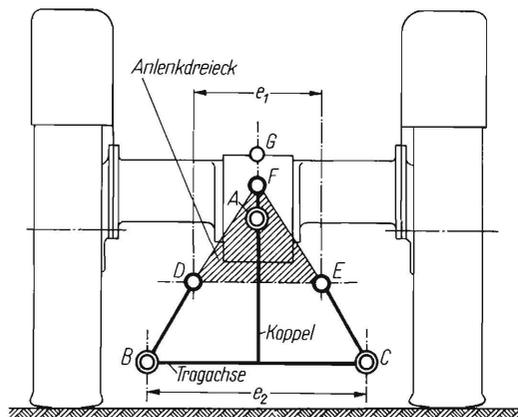


Bild 41. Einfluss der Lage des oberen Anlenkpunktes und Festlegung des Toleranzbereiches.

Gerade bei der Festlegung der Größe von h_2 zeigte sich am deutlichsten, wie sich die Forderungen der Geräte- und Schlepperhersteller entgegenstehen können. Mit Rücksicht auf die leichten Einscharpflüge wurde von der Geräteseite her ein höher liegender zweiter oberer Anlenkpunkt gefordert, damit die Sohlenkraft nicht zu klein oder gar negativ wird. Da für diesen Fall aber andererseits die dem Schlepper abverlangte Zugkraft nicht groß zu sein braucht, konnte von der Schlepperseite her die dabei auftretende Verringerung der zusätzlichen Hinterachsbelastung in Kauf genommen werden. Deshalb wurde in den Normvorschlag ein um 60 mm höher liegender zweiter oberer Anlenkpunkt aufgenommen. Die Gerätehersteller müssen aber in ihren Betriebsanleitungen ausdrücklich darauf hinweisen, bei welchen ihrer Geräte der obere Anlenkpunkt gewählt werden muß.

Die Normung der Dreipunktaufhängung

In Bild 42 sind alle Abmessungen der Dreipunktaufhängung als Empfehlung für ein neues Normblatt zusammengestellt. Es handelt sich hierbei um die



Anlenkdreieck	$h_1 = 420 \pm 20$	$h_2 = 325 \pm 10$	$h'_2 = 60$
	$e_1 = 420 \pm 30$	$a_1 = 50 \pm 100$	$a_2 = 200 \pm 20$
Lenker	$l_1 = 800 \pm 30$	$l_2 = \text{verstellbar}$ von $l_1 - a_2 - 75$ bis $l_1 - a_2 + 125$	
	Koppellänge $k \leq 650$		$e_2 = 683 \pm 1,5$ (s. Bild 8)
Kupplungspunkte	$\alpha \geq 75^\circ$	$h_3 = 180 \pm 100$ (s. Bild 8)	$h'_3 = 850 \pm 20$
	Anschlussmasse der Kupplungspunkte A,B,C siehe DIN 9674 Bl.1 (Bild 8)		

Normung derjenigen Abmessungen, die in dem eingangs erwähnten Normentwurf DIN 9674 (Bild 8) fehlen, die aber für die einheitliche Ausführung der Dreipunktaufhängung unerlässlich sind. Außer den in vorigem Abschnitt besprochenen sechs Größen ($h_1, h_2, h'_2, e_1, l_1, a_2$) sind in dem Normvorschlag noch die Größen $h_3, h'_3, e_2, l_2, a_1, k$ und α aufgeführt.

Hinsichtlich des horizontalen Abstandes a_1 der unteren Anlenkpunkte von der Hinterradachse wird auf die Ausführungen, die bezüglich der Lage der resultierenden Pflugkraft W zum Aufstandspunkt der Hinterräder auf dem Boden gemacht wurden, verwiesen. Für a_1 hat sich ein ziemlich großer Toleranzbereich als zulässig ergeben. Da zwischen den Hinterrädern und den unteren Kupplungspunkten ein Mindestabstand eingehalten werden muß, wird die Wahl der Größe von a_1 praktisch durch die Reifengröße und die Länge l_1 der unteren Lenker stark beeinflusst.

Die Länge l_2 des oberen Lenkers ist ausführlich von *Thaer* [1] behandelt. Aus Bild 42 geht hervor, daß die Länge l_2 des oberen Lenkers von der Länge l_1 der unteren Lenker und dem Abstand a_2 des oberen Anlenkpunktes abhängt und ferner einen Verstellbereich von mindestens 200 mm haben muß.

Für die Größe h_3 ist das Maß 180 ± 100 mm vom ersten Normvorschlag DIN 9674 (Bild 8) beibehalten worden. Die Größe h'_3 und die Koppellänge k sind ausführlich von *Thaer* [1] behandelt und deren Abmessungen von ihm eingehend begründet worden.

Bezüglich der Größe des Winkels α , den der obere Lenker im ausgehobenen Zustand mit der Horizon-

Bild 42. Die Normempfehlung für die Abmessungen der Dreipunktaufhängung als Endergebnis der Untersuchungen. (Die Bezeichnung der Größen wird im endgültigen Normblatt aus normtechnischen Gründen eine andere sein)

talen bildet, ist zu sagen, daß in bestimmten Fällen, z.B. beim Transport und beim Wenden von Drehpflügen (s. *Thaer* [1]) für den oberen Lenker eine Winkelstellung α bis zu 75° erforderlich ist. Deshalb müssen die Schlepperhersteller am Schlepper einen entsprechenden Freiraum für den oberen Lenker bei der Anordnung des Sitzes u.a. vorsehen.

Der Anbau von bestimmten Geräten, z.B. Pflügen mit vorn liegendem Stützrad, erfordert auch zwischen Tragachse und Schlepper einen bestimmten Freiraum. Die Festlegung der Abmessungen dieses Freiraumes erfordert noch eingehende Untersuchungen an Geräten und Schleppern. Diese Arbeiten sind inzwischen eingeleitet worden, beeinflussen aber die hier aufgezeigten Ergebnisse über die Untersuchungen zur Dreipunktaufhängung, und damit auch die Normempfehlung, nicht.

Auf Grund der vorstehenden Empfehlung (Bild 42) wurde nun der Normentwurf DIN 9674, Blatt 2, vom April 1956 veröffentlicht [3] und ist hier in **Bild 43** nochmals wiedergegeben. Bezüglich der Maße stimmt dieser Normblattentwurf mit der Normempfehlung in Bild 42 überein, wenn auch die Bezeichnungen der einzelnen Größen aus normtechnischen Gründen geändert wurden. Auf Grund der inzwischen abgelaufenen Einspruchsfrist kann gesagt werden, daß sich die endgültige Norm DIN 9674 inhaltlich mit den Normentwürfen in Bild 8 und 42 decken wird, nur wird mit Rücksicht auf die englische Norm für die Koppellänge u das Nennmaß 460 mm erscheinen mit einer Toleranzangabe, die Koppellängen bis 650 mm zuläßt. Die beiden Blätter der endgültigen Norm DIN 9674 werden außerdem noch redaktionell überarbeitet und erscheinen in Kürze.

In der Empfehlung wie auch im Normblatt sind nicht die Ergebnisse der Untersuchungen über den Einfluß des Aufzugsystems enthalten. Es wurde

DK 629.114.2

Deutsche Normen

Entwurf

April 1956

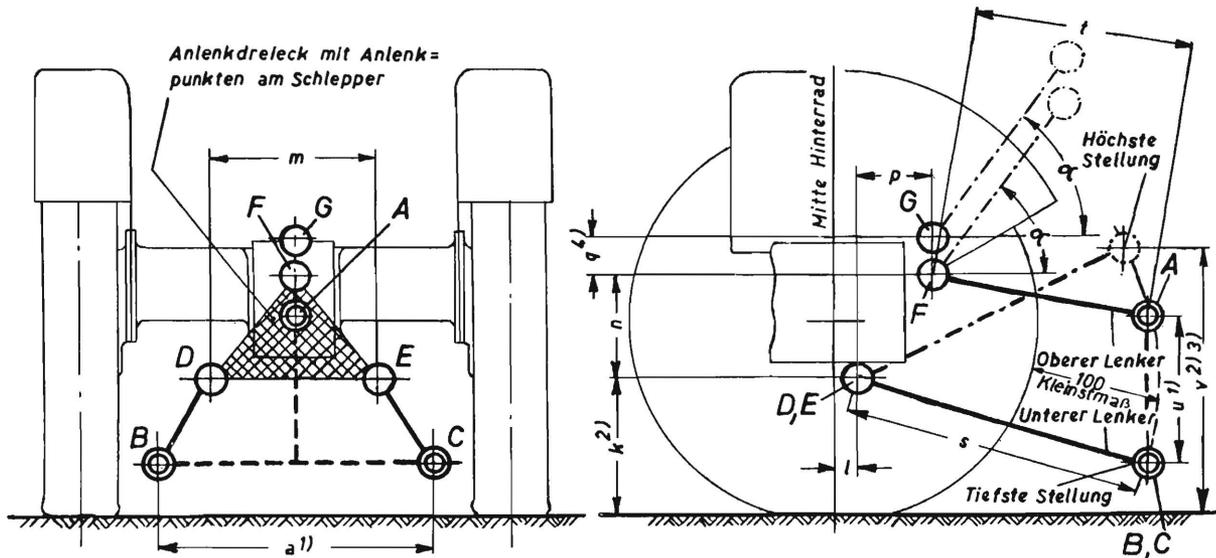
**Ackerschlepper
Dreipunkt-Aufhängung von Anbaugeräten**

Lage der Anlenkpunkte am Schlepper
Länge der Lenker · Bewegungsbereich der Kupplungspunkte

**DIN
9674
Blatt 2**

Einsprüche bis 31. Juli 1956

Einsprüche und Änderungsvorschläge werden erbeten an die Normengruppe Landmaschinen und Ackerschlepper, Frankfurt/Main, Barckhausstr. 2.



Größe	Motorleistung des Ackerschleppers PS (Richtwerte)	a ¹⁾ Nennmaß	k ²⁾	l	m	n	p	q ⁴⁾	s	t	u ¹⁾	v ^{2,3)}	α Kleinmaß
I	bis 30	718	420 ± 20	50 ± 100	420 ± 30	325 ± 10	200 ± 20	60	800 ± 30	verstellbar von s - p - 75 bis s - p + 125	≤ 650	850 ± 20	75°
II	über 30	870	In Vorbereitung										

- 1) Anschlußmaß am Anbaugerät
 - 2) Bei wirksamem Halbmesser der Luftreifen lt. DIN 7807 oder 2/3 eingesunkenen Greifern.
 - 3) Wird durch entsprechende Bemessung des Hubes oder durch entsprechende Verstellung der Hubstangenlängen oder durch beide Maßnahmen erreicht.
 - 4) Für den oberen Lenker ist ein zweiter Anlenkpunkt senkrecht über dem ersten anzuordnen.
- Ackerschlepper, Dreipunkt-Aufhängung von Anbaugeräten siehe DIN 9674 (z. Z. noch Entwurf; endgültige Norm erhält Zusatz „Blatt 1“)

Fachnormenausschuß Maschinenbau im Deutschen Normenausschuß (DNA)

Bild 43. Normblattentwurf DIN 9674, Blatt 2, April 1956 [3].

Das endgültige Normblatt wird sich mit diesem Normentwurf und mit dem in Bild 8 gezeigten decken, nur wird mit Rücksicht auf die englische Norm für die Koppellänge u das Nennmaß 460 mm erscheinen mit einer Toleranzangabe, die Koppellängen bis 650 mm zulässt.

aber bereits in den Ausführungen zu Bild 22 bis 24 dargelegt, daß das Hubgetriebe einen großen Einfluß auf die Pflugarbeit hat. Eine zahlenmäßige Festlegung bzw. eine Normung ist aber bei der Vielzahl der Krafthebersysteme nicht oder kaum möglich. Ungeachtet dessen muß jedoch der Schlepperkonstrukteur den Einfluß kennen und durch geeignete Konstruktionsmaßnahmen eine optimale Wirkung anstreben (Bild 44).

Selbstverständlich besitzt auch das Spiel in den einzelnen Gelenken der Dreipunktaufhängung Einfluß auf die Wechselwirkung zwischen Schlepper und

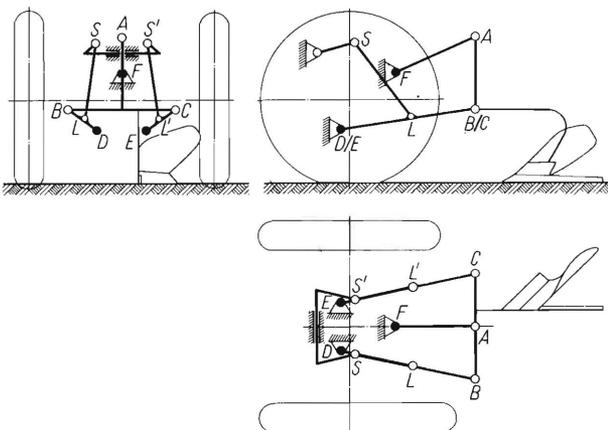


Bild 44. Die günstigste Lage des Hubgestänges. Gelenkpunkte S sollen senkrecht über den unteren Lenkern bei Mittelstellung des Gestänges liegen. In der Heckansicht werden dann die Hubstangen wegen der Konvergenz der unteren Lenker im allgemeinen nicht parallel stehen.

Gerät. Die inzwischen von *Hain* durchgeführten Untersuchungen [4] ergaben aber, daß auch im ungünstigsten Fall, wenn sich die einzelnen Gelenkspiele addieren, der Einfluß des Gelenkspieles nicht so groß wird, daß die Ergebnisse der vorstehenden Betrachtungen ihre Gültigkeit verlieren.

Es ist eine erfreuliche Tatsache, daß sich trotz der vielen und großen Schwierigkeiten, welche sich besonders bei Beginn und auch noch während der Arbeit in den zwei Jahren einstellten, doch ein positives Ergebnis herauschälte. Die der Arbeitsgruppe „Dreipunktnormung“ gestellte Aufgabe einer Normung der Dreipunktaufhängung wurde tatsächlich gelöst, und zwar in einer Weise, daß sich sowohl die Geräte- als auch die Schlepperhersteller bei einigermaßen gutem Willen bei ihren Konstruktionen darauf

einstellen können. Nachdem nun die endgültige Norm der Dreipunktaufhängung gefunden ist, liegt es im Interesse aller beteiligten Kreise, d.h. der Abnehmer, des Vertriebes und der Hersteller, die Norm auch in der Praxis anzuwenden, zumal in diesem Falle alle aufeinander angewiesen sind und nur Vorteile daraus ziehen können.

Als Leiter der Arbeitsgruppe „Dreipunktnormung“ ist es mir ein Bedürfnis, allen denen zu danken, die zu dem Gelingen der Vereinheitlichung der Dreipunktaufhängung beigetragen haben, sei es durch Freistellung von Mitarbeitern, durch Überlassung von Schleppern und Geräten oder durch finanzielle Unterstützung. Meinen besonderen Dank spreche ich den Herren aus, die in selbstloser und unermüdlicher Weise ihr Können und ihre Arbeitskraft zur Verfügung gestellt haben.

Schrifttum

- [1] *Thaer, R.*: Untersuchungen über die Dreipunktaufhängung der Geräte am Schlepper (In diesem Heft).
- [2] — Deutsche Normen DIN 9674, Entwurf November 1952. Landtechn. 7 (1952) S. 730.
- [3] — Deutsche Normen DIN 9674, Blatt 2, Entwurf April 1956. Landtechn. 11 (1956) S. 198 und 260.
- [4] *Hain, K.*: Untersuchung des Gelenkspieles an der Dreipunktaufhängung. Bericht Nr. 331.14 des Institutes für Landtechnische Grundlagenforschung, Braunschweig-Völkenrode.

Vorgetragen am 9. 3. 1955 und 1. 3. 1956

Inhaltlich abgeschlossen am 15. 9. 1956

Anschrift des Verfassers: Oberingenieur Bernhard Flerlage, Prokurist in der Firma Maschinenfabrik FAHR A.G.,
Werk Schlepperbau, Gottmadingen (Kreis Konstanz)