

Bestimmung der Kräfte an Schlepper und Pflug bei regelndem Kraftheber

Institut für Schlepperforschung, Braunschweig-Völkenrode

Die Kenntnis der Kräfte in den Lenkern und in den Hubstangen des Dreipunktanbaues ist für die Behandlung der regelnden Kraftheber notwendig, insbesondere solcher mit einer Regelung auf etwa gleichen Zugwiderstand der Geräte; bildet doch hier das Gelenkviereck die sogenannte Übertragungsleitung [1], mit welcher der horizontale Zugwiderstand als Regelgröße auf eine Feder als Meßglied weitergegeben werden soll.

Die Kräfte in den Lenkern sind ferner maßgebend für die Lage der resultierenden Widerstandskraft zum Momentanpol und damit für den Einzug und den „Sitz“ des Pfluges bei allen Anlenkssystemen mit schwimmendem oder regelndem Kraftheber. Außerdem werden die zusätzliche Belastung der Triebachse, die Triebkraft und die Entlastung der Vorderachse durch Größe und Lage der Widerstandskraft in Abhängigkeit von der Tiefe und der Bodenart beeinflusst. Die Summe der Kräfte in den Hubstangen ist für die Übersetzung bis zur Kraftheberwelle, für die Kraft am Kolben und für die Steuerelemente wichtig.

Zur Bestimmung der Kräfte an Schleppern mit regelndem Kraftheber oder mit einer Einrichtung zur Achslasterhöhung (Antischlupf, Raddruckverstärker usw.) können verschiedene Wege eingeschlagen werden:

1. Mit Hilfe graphischer Verfahren lassen sich aus dem horizontalen Zugwiderstand W_L und der Vertikalkraft V an den Pflugkörpern die Kraft im oberen Lenker O_R und die Summe der Kräfte in den Hubstangen H bei regelndem Kraftheber ermitteln, unter Annahme der Größe der Sohlenkraft S_S . Die Kräfte W_L und V werden bei drei Böden den Messungen mit schwimmendem Kraftheber [2], bei vier weiteren Böden den Sechskomponenten-Messungen an Pflugkörpern von GETZLAFF [3; 4] für bestimmte Bodenverhältnisse und Furchenquerschnitte entnommen.

Bei schwimmendem Kraftheber stützt sich der Pflug vorwiegend an der Schleifsohle, an den horizontalen Flächen der Anlage und an denen der Pflugkörper ab. Die von unten beispielsweise am Pflugschar wirkenden Kräfte sind bei den Sechskomponenten-Messungen in der Vertikalkraft V enthalten, die sich aus den von oben und unten auf den Pflugkörper wirkenden Kräften zusammensetzt [3].

Bei regelndem Kraftheber wird im allgemeinen in der Literatur [5; 6] vorausgesetzt, daß die Stützkraft am Pflug von den Hubstangen dauernd und in voller Höhe aufgenommen werden, so daß der Pflug getragen wird. Wie bereits früher [7] beobachtet, ist auch bei regelndem Kraftheber eine in ihrer Größe wechselnde Kraft an den Stützflächen des Pfluges vorhanden, die, wie beispielsweise bei dem Ferguson-Beetpflug an der Bewegung der die Seitenkraft aufnehmenden „Stützscheibe“ zu erkennen, zwischen 0 und etwa 100 kp schwankt. Wenn sich ein Teil des sonst getragenen Gewichts des Pfluges, zum Beispiel bei Unebenheiten, momentan auf den horizontalen Flächen des Pfluges abstützt, ändern sich die Kräfte im oberen Lenker und in den Hubstangen, ebenso, wenn die Zeit für die Ausführung eines Kommandos nicht ausreicht, um die Lage des Pfluges im gewünschten Maße zu ändern, ehe das neue Kommando gegeben wird. Für die Größe der tatsächlich auftretenden Stützkraft S_S liegen bisher noch keine Meßergebnisse vor.

2. Sind nur zwei Meßstellen, nämlich solche für die Kräfte horizontal in Fahrtrichtung und im oberen Lenker vorhanden, so kann die Stützkraft S_S ermittelt werden, wenn die Vertikalkraft V an den Pflugkörpern in Abhängigkeit von der Tiefe für den untersuchten Boden bereits bekannt ist. Der Schlepper muß also über zwei gleichartige Meßstrecken fahren, dabei wird zunächst bei schwimmendem Kraftheber die Vertikalkraft V , wie in [2] beschrieben, ermittelt und dann bei regelndem Kraftheber die Stützkraft S_S , wobei die Kraft V aus der ersten Meßfahrt übernommen werden kann. Vorausgesetzt ist dabei die Kenntnis der Lage der Durchstoßungspunkte der Bodenkraft an den beiden Pflugkörpern; die früher getroffenen Annahmen können für Pflüge mit einem Messersech am hinteren Körper, wie die Messungen mit schwimmendem Kraftheber zeigten, als richtig angesehen werden.

3. Erst durch die Messung der drei Kräfte: W_L , O_R und der Summe der Kräfte in den Hubstangen H lassen sich V und S_S gleichzeitig ermitteln, ebenfalls unter der Voraussetzung, daß die Lage des Durchstoßungspunktes der Bodenkraft R bekannt ist. Wenn die Abmessungen des Lenkergetriebes und des Pfluges vorliegen, läßt sich auch eine rechnerische Lösung angeben.

Eine Reihe weiterer Meßmöglichkeiten wurde bereits erwähnt [2; siehe dort Literaturangaben 1...14; 18].

Im folgenden wird das Verfahren für die Kräfteermittlung aus den Größen W_L und V beschrieben, die Abhängigkeit der Kräfte von Bodenart und Pflugtiefe in Diagrammen dargestellt und Folgerungen für die Regelung gezogen. Die weiter vorgesehenen Meßverfahren und ihre Auswertung werden behandelt, ohne daß bereits Ergebnisse vorgelegt werden können.

Bestimmung der Kräfte bei regelndem Kraftheber, Weg 1

Solange noch keine Meßergebnisse für die Stützkraft S_S vorliegen, können für einen Schlepper mit regelndem Kraftheber die Kräfte im Lenkergetriebe, daraus die resultierende Widerstandskraft W_R und die Summe der Kräfte in den Hubstangen H ermittelt werden, wenn man für S_S bestimmte in einem Erwartungsbereich liegende Werte unterstellt; hierfür seien $S_S = 0$; 50 und 100 kp angenommen.

Das graphische Verfahren zur Feststellung der Kräfte soll an Bild 1 erläutert werden; für die Darstellung von Schlepper und Pflug wurde eine Projektion gewählt, in der die unteren Lenker des Dreipunktanbaues sich decken, also eine Projektion in einer Ebene senkrecht zur Schlepperstandebene (vergleiche [2], Bild 3, Projektion (1)). Dabei erscheinen die senkrechten Komponenten von G , V , S , O und H etwas verkürzt. Die Verkürzung hängt von dem Winkel der Schräglage des Schleppers, also der Furchentiefe ab, sie kann im weiteren vernachlässigt werden, da sie nur klein ist; bei einer Tiefe von 20 cm beträgt der Winkel der Schräglage bei der Spur von 1,38 m nur $8^{\circ}20'$ und der dazugehörige Kosinus 0,989.

Zunächst werden im Krafteck G_{Pfl} und W_L zur Geraden I zusammengefügt und in den Lageplan übertragen bis zum Schnittpunkt mit der Wirkungslinie von V ; nach Anfügung von V an G im Krafteck ergibt sich W_0 , wenn $S_S = 0$ angenommen ist. W_0 schneidet im Lageplan die Wirkungslinie von S . Von diesem Schnittpunkt gehen alle resultierenden Widerstandslinien W_R aus, auch diejenige beim schwimmenden Kraftheber W^+ durch den Führungspunkt; bei „Antischlupf“ oder regelndem Kraftheber, je nach der Größe von S , liegt W_R zwischen W_0 und W^+ . Da sich W_L aus den Kräften L (der Längskraft an den Pflugkörpern), A_W und S_W (den Reibungskräften an Anlage und Sohle) zusammensetzt, wird die Länge von W_L mit wachsendem S größer.

Die resultierende Widerstandslinie W_R schneidet in der Projektion die Wirkungslinie von O_R ; durch diesen Punkt muß auch die Kraft am unteren Kupplungspunkt U_R gehen, womit ihre Richtung bekannt ist (die drei Kräfte O_R , W_R und U_R wirken an der Koppel, wenn diese nach den Regeln der Mechanik „frei gemacht“ ist). Im Krafteck erhält man die Größe von U_R .

Durch den Schnittpunkt von U_R mit H im Lageplan geht auch die Stützkraft E ; sie ist die Summe der Kräfte der unteren Lenker an den Anlenkpunkten am Schlepper (die drei Kräfte U_R , H und E stehen im Gleichgewicht, wenn man die unteren Lenker „frei macht“). Durch Antragen der Richtung von E an die vorher erhaltene Kraft U_R im Krafteck wird die Größe von H gefunden.

Wenn nach diesem Verfahren für verschiedene Böden und Furchentiefen die Kräfte bestimmt worden sind, lassen sich Diagramme herstellen, denen Gesichtspunkte für die Beurteilung von regelnden Krafthebern entnommen werden können.

Lenkerkräfte in Abhängigkeit vom Boden und der Arbeitstiefe

Die Aufgaben einer Regelung durch den Kraftheber bestehen, wie früher erläutert [8], in der Einhaltung der vom Landwirt gewünsch-

ten Tiefe, in der Herstellung einer möglichst großen Hinterachslast durch die zusätzliche Belastung infolge der vom Gerät aus wirkenden Kräfte und in der Erreichung einer möglichst großen Flächenleistung im Verhältnis zur Schlepperstärke durch eine eventuell notwendige Verringerung des Zugwiderstandes. Die Forderungen nach einer gleichmäßigen Furchentiefe und zugleich einem gleichbleibenden Zugwiderstand sind bei wechselnden Böden nicht zu erfüllen. Wenn der Zugwiderstand gleichgehalten werden soll, muß eine Änderung der Furchentiefe in Kauf genommen werden und umgekehrt.

Bei der sogenannten Zugwiderstandsregelung wirken die Kräfte im oberen oder den unteren Lenkern auf das Regelwerk, so daß ihre Änderungen in Abhängigkeit vom Zugwiderstand, von der Arbeitsfläche und umgekehrt untersucht werden müssen. Die Lage der resultierenden Widerstandskraft ist für die Größe und Richtung der Lenkerkräfte maßgebend; hierüber gibt zunächst Bild 1 Aufschluß. Beim Boden 6 (Krafteck rechts) liegt die resultierende Widerstandslinie W_{R6} im Lageplan unterhalb der unteren Kupplungspunkte; hierbei tritt Druck im oberen Lenker auf. Je kleiner die Sohlenkraft wird, umso mehr nimmt die Druckkraft im oberen Lenker ab, um schließlich beim Durchgang von W_R durch den unteren Kupplungspunkt zu Null zu werden; wird W_R noch steiler, wechselt die Krafrichtung im oberen Lenker von Druck auf Zug, was sich auch im Spiel der Gelenke bemerkbar macht. Wenn $S_S = 0$ ist, deckt sich die Richtung von W_{R6} mit derjenigen von W_{06} . Beim Boden 2 (Krafteck links) verläuft die resultierende Widerstandslinie W_{R2} oberhalb der unteren Kupplungspunkte, so daß hier bereits Zug im oberen Lenker entsteht. Die Richtung von W_{R2} wird bei kleinerem S_S noch steiler. W_{R2} liegt dann oberhalb des oberen Kupplungspunktes. Wenn $S_S = 0$ ist, deckt sich schließlich W_{R2} mit W_{02} .

Da U_{R2} infolgedessen die Wirkungslinie von H nicht mehr oberhalb des unteren Lenkers schneidet, sondern unterhalb — die Richtungen von U_{R2} und E sind durch das Seileck mit den Strahlen 2; 3; 4 gewonnen —, wechselt die Richtung der Kraft auch in den unteren Anlenkungen am Schlepper: die Kraft E wird zu einer Druckkraft auf die Anlenkpunkte. Dieser Wechsel der Krafrichtung kann für eine Regelung, bei welcher die Kräfte in den unteren Lenkern maßgebend sind, unvorteilhaft sein; das Spiel in den Gelenken wechselt hier ebenfalls, wenn E von Zug zu Druck übergeht.

Bild 2 zeigt die Größe des Zugwiderstandes W_{RL} in Abhängigkeit von der durch den Handhebel eingestellten Kraft im oberen Lenker O_R für die sieben in der früheren Arbeit [2] untersuchten Böden¹⁾.

Bei der Einstellung einer Regelgröße entsprechend einer bestimmten Kraft im oberen Lenker O_R wird bei der untersuchten Kombination Schlepper-Pflug nur bei einer Zugkraft im oberen Lenker $O_R = 200$ kp bei fast allen Böden eine gleiche Widerstandskraft W_{RL} von etwa 550 kp erreicht, mit Ausnahme des Bodens 4. Bei

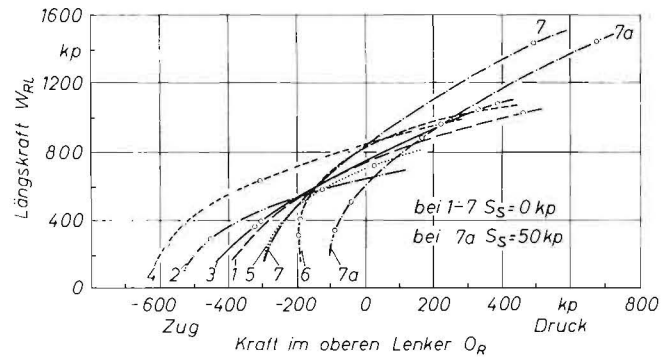


Bild 2: Horizontaler Zugwiderstand W_{RL} in Abhängigkeit von der eingestellten Kraft im oberen Lenker O_R für die Böden 1 bis 7 bei regelndem Kraftheber

allen anderen Einstellungen der Kraft O_R treten unterschiedliche Widerstandskräfte des Pfluges am Schlepper auf. Noch größer werden die Unterschiede, wenn die Stützkraft S_S auf beispielsweise 50 kp ansteigt, wie für den Boden 7 in der Kurve 7a gezeichnet.

Die Kraft am oberen Lenker beziehungsweise an der Feder als Meßglied kann somit gleich bleiben, obwohl sich die Widerstandskraft am Pflug infolge unterschiedlicher Böden oder verschiedener Stützkraften ändert. Eine Regelung auf gleichen Zugwiderstand ist, wenn man die verschiedenen Werte von O_R bei gleichem W_{RL} (also auf einer waagerechten Linie) betrachtet, nur bei ziemlich gleichmäßigen Böden und bei gleicher Stützkraft S_S möglich; dieser Fall tritt jedoch nur selten auf.

Wenn der Schlepper über Unebenheiten fährt und der getragene Pflug etwas herausgehoben wird, ändert sich ebenfalls die Kraft in den Lenkern. Schon bei einem ebenen Acker kann die Tiefe am zweiten Pflugkörper infolge der Nickschwankungen des Schleppers um etwa 4–6 cm abnehmen, also die Kraft um 20–30% bei einer 20 cm tiefen Furche. Bei Versuchen wurde andererseits festgestellt, daß auch bei gleichmäßigem Boden die Zugwiderstandskräfte in einem Bereich von 15% um den Mittelwert schwanken können [2; 9]. Wenn der Kraftheber so empfindlich ist, daß er Änderungen der Furchentiefe infolge von Nickbewegungen des Schleppers bei gleichbleibendem spezifischen Zugwiderstand mit seinem Regelwerk verhindert, entstehen bei wechselndem Boden entsprechende Differenzen der Tiefe. Wenn er andererseits auf Änderungen bei

¹⁾ Für die Böden 2 bis 4 wurden die Kräfte in den Lenkern bei schwimmendem Kraftheber ermittelt. Boden 2 ist ein lehmiger Sand mit einer Feuchtigkeit von 15%, bei 3 und 4 handelt es sich um sandigen Lehm mit 17 beziehungsweise 22% Feuchtigkeit und unterschiedlicher Vorbearbeitung. Für die Böden 1; 5 bis 7 lagen Ergebnisse aus Sechskomponenten-Messungen an Pflugkörpern [3; 4] vor. Der Boden 1 ist ein lehmiger Sand, ein leichter Boden, der Boden 5 ein sandiger Lehm, als mittlerer Boden zu bezeichnen, Boden 6 ein sandig toniger Lehm und Boden 7 ein lehmiger Ton mit einem Schluffanteil von etwa 30%, Feuchtigkeit etwa 15%. Die Böden 6 und 7 sind schwere Böden.

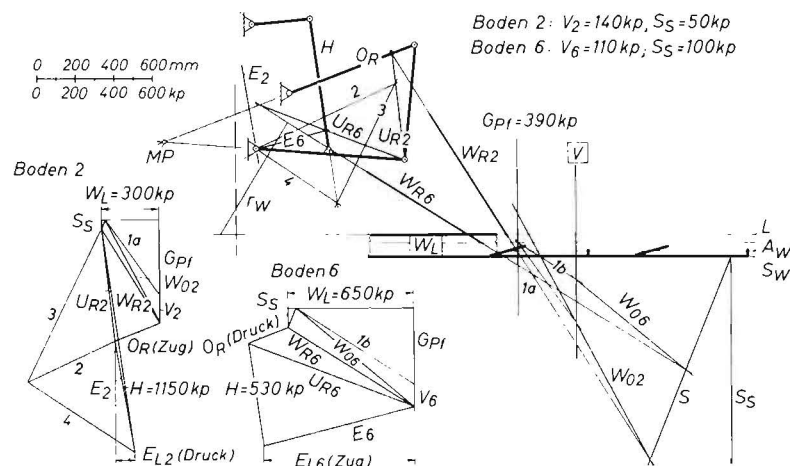


Bild 1: Graphische Ermittlung der Kraft im oberen Lenker O_R und der Summe der Hubstangenkräfte H für die Böden 2 und 6 aus der horizontalen Widerstandskraft W_L und der Vertikalkraft V unter Annahme der Stützkraft S_S bei regelndem Kraftheber

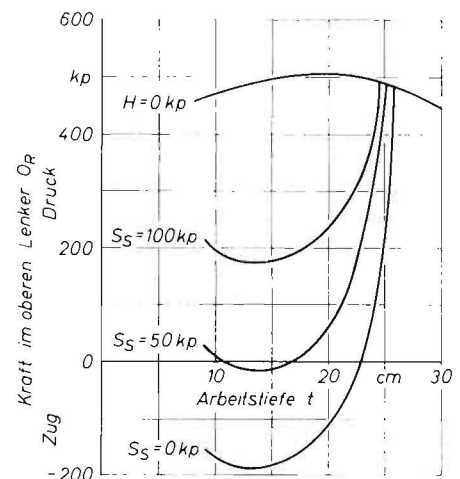


Bild 3: Kraft im oberen Lenker O_R in Abhängigkeit von der Arbeitstiefe t für den Boden 6 unter Annahme der Stützkraft S_S für den regelnden und für den schwimmenden Kraftheber ohne zusätzliche Achslasterhöhung ($H = 0$)

wechselndem Boden nicht reagiert, ergeben sich Tiefenänderungen durch die Nickbewegungen.

Die gegenseitige Abhängigkeit der Arbeitstiefe und der Kraft im oberen Lenker zeigt Bild 3 für den Boden 6 bei den unterstellten Werten für S_s von 0; 50 und 100 kp. Die Grenze bildet eine Kurve, die aus den gemessenen Werten im oberen Lenker bei schwimmendem Kraftheber ($H = 0$) für die verschiedenen Tiefen gewonnen wurde.

Für die Böden 1 bis 7 stellt die Kurvenschar (Bild 4) den Verlauf der Kräfte im oberen Lenker O_R bei regelndem Kraftheber über der Tiefe dar. Die Kraft O_R ändert sich, wie ersichtlich, nicht proportional mit zunehmender Tiefe, besonders nicht bei einer Pflugtiefe flacher als 20 cm. So würde zum Beispiel bei Boden 1 die gleiche Kraft im oberen Lenker auf die Regelung am Kraftheber bei einer Tiefe von 13 und 20 cm wirken; bei Boden 3 würde der Pflug in Tiefen kleiner als 20 cm beim Flachergehen durch den Anstieg von O_R gehoben statt gesenkt werden. Außerdem sind die Unterschiede von O_R bei der gleichen Tiefe zwischen nur wenig voneinander abweichenden Böden, wie sie auf einem Schlag vorkommen, sehr groß. Bei diesen Kurven ist die in ihrer Größe noch nicht bekannte Änderung der Stützkraft, beispielsweise bei Nickbewegungen des Schleppers oder bei nicht sofortiger Auswirkung eines Kommandos durch den Kraftheber auf den Pflug, nicht berücksichtigt, sondern $S_s = 0$ vorausgesetzt. Das Streugebiet würde noch wesentlich größer sein, wenn, wie in Bild 3, die Stützkräfte zwischen 0 und 100 kp schwanken würden.

Dieser Verlauf von O_R über der Tiefe wird durch Feldversuche von SEIFERT [5] bestätigt, bei denen allerdings nicht gleichzeitig die spezifischen Zugwiderstände gemessen werden konnten (dort Bild 18). Das verhältnismäßig große Streugebiet — O_R schwankt bei einer bestimmten Tiefe bis zu 150 kp bei den „mittelschweren bis schweren feuchten“ Böden und bis zu 100 kp bei den Feldern für „mittleren und leichten Boden, feucht“ — deutet auf wechselnden Boden und unterschiedliche Stützkkräfte. Die erwartete Vergrößerung von O_R mit zunehmend schwererem Boden bei bestimmten Tiefen kann aus dem genannten Bild 18 in [5] herausgelesen werden, wie es Bild 4 dieser Arbeit im Druckgebiet des oberen Lenkers zeigt: Die Kurven liegen etwa in der Reihenfolge ihrer Schwere vom leichtesten Boden 1 bis zum schweren 7 von rechts nach links nebeneinander.

Bei einer Regelung durch die Kräfte in den unteren Lenkern bestehen ähnliche Verhältnisse: durch die Lage von W_R wächst die Kraft E beziehungsweise ihre Längskomponente ebenfalls nicht proportional mit der Tiefe — E hängt außerdem von der Größe

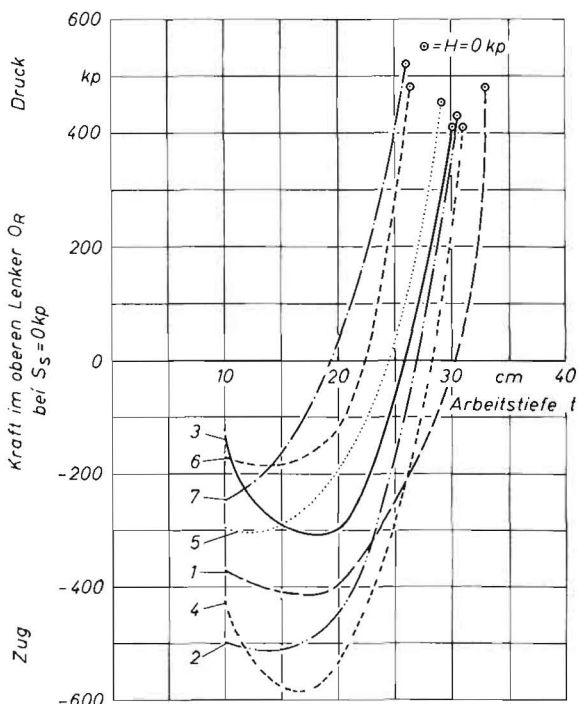


Bild 4: Kraft im oberen Lenker O_R in Abhängigkeit von der Tiefe t für die Böden 1 bis 7 bei regelndem Kraftheber

der Kraft O_R ab —; es können, vor allem bei kleinen Pflugtiefen und schweren Geräten, ebenfalls Zug- oder Druckkräfte auftreten (Bild 1. Boden 2 und 6).

Eine korrekte Regelung auf gleichen Zugwiderstand oder auf eine annähernd gleiche Tiefe durch die Kräfte im oberen beziehungsweise in den unteren Lenkern als den eigentlichen Regelgrößen scheint danach nur für größere Tiefen erreichbar.

Die Furchentiefe wird wahrscheinlich dadurch annähernd gleichmäßig gehalten, daß der Pflug nicht so stark durch die Regelung beeinflusst wird, wie bisher angenommen wurde [5]. Änderungen des Bodenwiderstandes wirken sich häufig bei kleinen Differenzen der Kräfte, infolge der Reibung in den Übertragungsteilen oder aus zeitlichen Gründen [9], nicht so stark aus, daß die Tiefe sich ändert. Einrichtungen an den bekannten Zugwiderstandsregelungen unterstützen diese Tendenz: oft werden nämlich die Vorgänge weiter verlangsamt beziehungsweise verkleinert, oder ihre Auswirkung, wie zum Beispiel bei einer Mischregelung, durch den Einfluß der Lageregelung behindert.

Die Einhaltung der Furchentiefe wird andererseits dadurch unterstützt, daß der Pflug bei dem einseitig wirkenden Kraftheber im allgemeinen nach oben ausweichen kann, und daß ein Tiefergehen des Pfluges beim Ansprechen der Regelung durch seine Stützflächen (auch bei fehlender Schleifsohle) verlangsamt wird. Bei starken Abweichungen muß der Schlepperfahrer eingreifen.

Der Wert einer solchen Regelung besteht deshalb wohl mehr darin, daß die Belastung der Triebäder auf einen möglichst hohen Wert gebracht, also daß der Zugwiderstand oder — durch Beeinflussung der Regelvorgänge — die Arbeitstiefe mehr oder weniger gleichgehalten wird.

Eine genauere Regelung auf gleichen Zugwiderstand (aber nicht auf gleiche Tiefe) kann erreicht werden, wenn die Zugwiderstandskraft unbeeinflusst von anderen Größen direkt auf das Meßglied des Regelkreises übertragen wird, wie beispielsweise beim Schlepper der Fa. Allis-Chalmers, bei der das Pfluggründel an die Meßfeder über die Einpunkt-Kupplung angeschlossen ist. Auch bei der in [2] beschriebenen Meßeinrichtung wird die Zugwiderstandskraft ohne andere Einflüsse gemessen und könnte auf ein Regelwerk gegeben werden.

Bei einer Regelung auf gleiche Tiefe mit Tasträdern oder anderen Einrichtungen sind die Kräfte in den Lenkern nicht maßgebend für das Regelwerk, sondern eine Länge, gemessen von der Ackeroberfläche bis zur Furchensohle, die gleichzuhalten ist. Voraussetzung ist hierbei, daß die Last auf der Triebachse und damit die Triebkraft auch für Stellen des Ackers mit höherem Pflugwiderstand ausreicht, andernfalls muß die Furchentiefe dort von Hand oder automatisch verringert werden.

Zusatzbelastung der Triebachse und Triebkraftbeiwert

Aus der resultierenden Widerstandskraft W_R und ihrem Hebelarm r_W um den Aufstandspunkt der Hinterräder können die zusätzliche Belastung der Triebachse und der erforderliche Triebkraftbeiwert α bei einem gegebenen Schleppergewicht bestimmt werden. Bild 5 zeigt für die sieben Böden die Zusatzlasten auf der Hinterachse für den Anbauwinkeldrehpflug mit 390 kg Gewicht beim schwimmenden und beim regelnden Kraftheber.

Beim schwimmenden Kraftheber erreicht die Zusatzlast nur kleine Werte bei den geringeren Tiefen bis 20 cm, weil der MP etwas zu tief relativ zu den W_o -Linien liegt. Für die größeren Arbeitstiefen ist das Lenkerviereck günstiger, so daß die Zusatzlasten erheblich anwachsen. Wenn die W_o -Linien durch den Momentanpol gehen, ist das Maximum der Zusatzlast erreicht. Auf dem Acker würde bei den geringeren Pflugtiefen die Umstellung des oberen Lenkers in einen tieferen Anlenkspunkt oder am Pflug in einen höheren zu einer steileren Widerstandskraft W_R und damit zu einer größeren Belastung der Triebäder führen.

Bei regelndem Kraftheber steigt die Zusatzlast entsprechend dem wachsenden V bis zu einer Tiefe von 20 cm an und fällt dann bis auf den Wert des schwimmenden Krafthebers zurück, wenn W_o durch den Momentanpol geht und die Hubkraft $H = 0$ ist. Da sich, wie gesagt, auch bei regelndem Kraftheber die Stützkraft dauernd ändert, wird die maximal mögliche Zusatzlast nur selten erreicht beziehungsweise aufrecht erhalten.

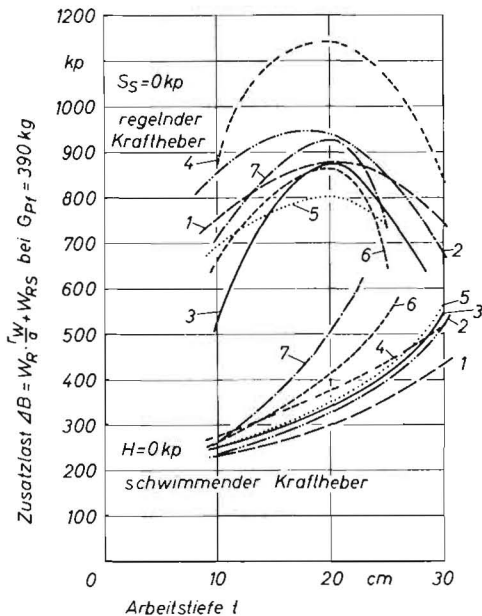


Bild 5: Zusätzliche Belastung der Triebachse für die Böden 1 bis 7 unter Annahme einer Stützkraft $S_S = 0$ bei regelndem und bei schwimmendem Kraftheber

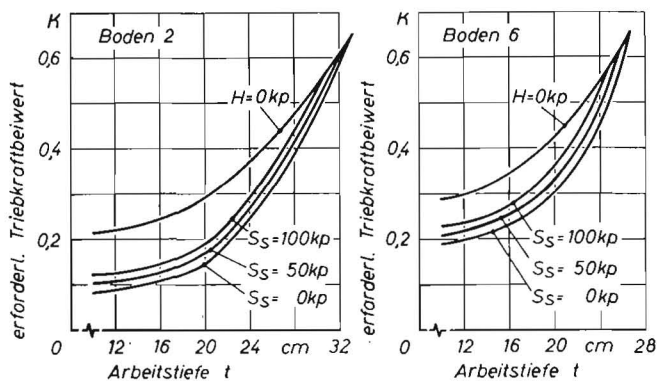


Bild 6: Erforderliche Triebkraftbeiwerte κ in Abhängigkeit von der Tiefe t für Boden 2 und 6 bei verschiedenen Stützkraften S_S bei regelndem und bei schwimmendem Kraftheber

In den Diagrammen (Bild 6) ist der erforderliche Triebkraftbeiwert für zwei Böden bei verschiedenen Tiefen und für die Stützkraft $S_S = 0; 50$ und 100 kp eingetragen. Deutlich ist der Vorteil der Achslasterhöhung des regelnden gegenüber dem schwimmenden Kraftheber durch Verminderung der Schleifsohlenkraft S_S bis auf 0 zu erkennen. Bei größerer Tiefe treffen sich die Kurven des schwimmenden Krafthebers und des regelnden, Stützkraft $S_S = 0$ angenommen, da hier beide resultierenden Widerstandslinien durch den Momentanpol gehen und damit die Zusatzbelastung der Hinterachse gleich ist.

Für ein gegebenes κ , das für einen bestimmten Boden gilt, läßt sich die notwendige Triebachslast (Differentialsperre vorausgesetzt) nach folgenden Formeln errechnen (vgl. [10]):

$$\kappa = \frac{T}{B} = \frac{W_{RL} + Q_A \cdot \frac{a-l}{l} \cdot B_0 - Q_A \cdot W_R \cdot \frac{r_w}{a}}{B_0 + W_R \cdot \frac{r_w}{a} + W_{RS}}$$

daraus ergibt sich:

$$B_0 = \frac{W_{RL} - W_R \cdot \frac{r_w}{a} - W_{RS} - \frac{Q_A}{\kappa} \cdot W_R \cdot \frac{r_w}{a}}{1 - \frac{Q(a-l)}{\kappa \cdot l}}$$

Darin bedeuten:

- T Triebkraft zur Überwindung des Zugwiderstandes W_{RL} und des Rollwiderstandes der Vorderräder;
- B Betriebsachslast auf den Hinterrädern;
- B_0 Ruheachslast auf den Hinterrädern;

- Q_A Rollwiderstandsbeiwert;
- a Radstand;
- l Abstand des Schwerpunktes von der Vorderachse;
- $W_{RL}; W_S$ Komponenten der resultierenden Widerstandskraft W_R ;
- r_w Abstand der Kraft W_R vom Aufstandspunkt der Hinterräder.

Wenn die Werte der Kräfte beispielsweise für den Boden 7 eingesetzt werden: $W_L = 870$ kp; $W_S = 530$ kp; $W_R = 1020$ kp; $r_w = 0,81$ m; $a = 2,1$ m (die Hebelarme der Rollreibung vorn und hinten sind gleich groß angenommen); $l = 1,3$ m; $Q = 0,15$ und $\kappa = 0,4$, so ergibt sich die notwendige Ruheachslast B_0 zu 1430 kp.

Einfluß von Gewicht und Abmessungen des Pfluges und der Art der Ausführung des Lenkervierecks auf die Kraft im oberen Lenker

Die bisherigen Ermittlungen beziehen sich auf die in [2] untersuchte Kombination Schlepper—Pflug. Die für die Regelung maßgeblichen Kräfte im oberen Lenker ändern sich aber bei anderen Gewichten und Maßen des Pfluges sowie bei anderer Lage des Momentanpols am Schlepper.

Das Pfluggewicht von 170 kg im Vergleich zu 390 kg ist bei der Ermittlung der Kräfte im oberen Lenker in Bild 7 zugrundegelegt, während die Abmessungen mit denen des Bildes 1 übereinstimmen. Durch Herabsetzung des Gewichtes beginnt hier beim Boden 5 die Regelung im Druckgebiet bereits bei 17 cm Tiefe, wenn die Stützkraft $S_S = 0$ vorausgesetzt wird.

Die Lage der Pflugkörper, die Maße für die Höhe der Kupplungspunkte und die Koppellänge sind für Bild 8 bei der Bestimmung der Kraft im oberen Lenker O_R in Abhängigkeit von der Tiefe geändert, der Schwerpunkt des Pfluges ($G_{Pf} = 170$ kg) hat etwa den gleichen Abstand von den Kupplungspunkten wie vorher. Die vordere Scharspitze des Pfluges liegt aber etwas vor den Kupplungspunkten, wie es bei Beetpflügen der Fall ist.

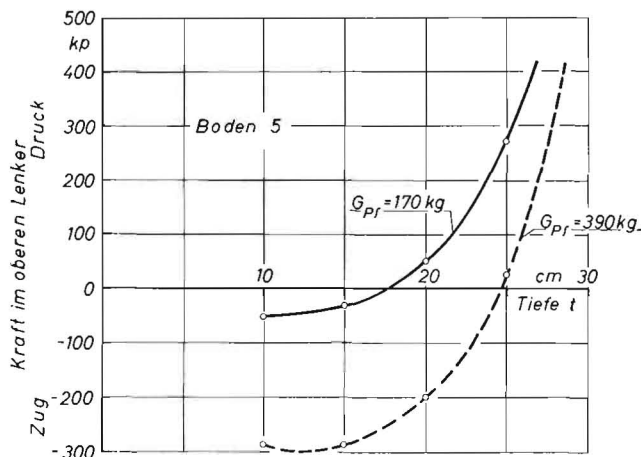


Bild 7: Kraft im oberen Lenker O_R in Abhängigkeit von der Tiefe t bei den Pfluggewichten 170 kg und 390 kg für Boden 5 unter Annahme von $S_S = 0$ bei regelndem Kraftheber

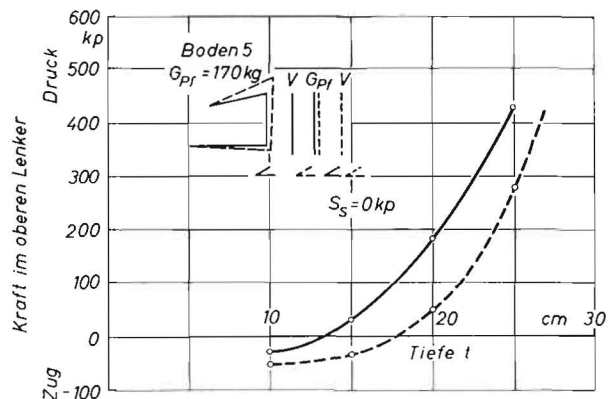


Bild 8: Kraft im oberen Lenker O_R in Abhängigkeit von der Tiefe t bei geänderten Maßen des Pfluges für den Boden 5 unter Annahme $S_S = 0$ bei regelndem Kraftheber

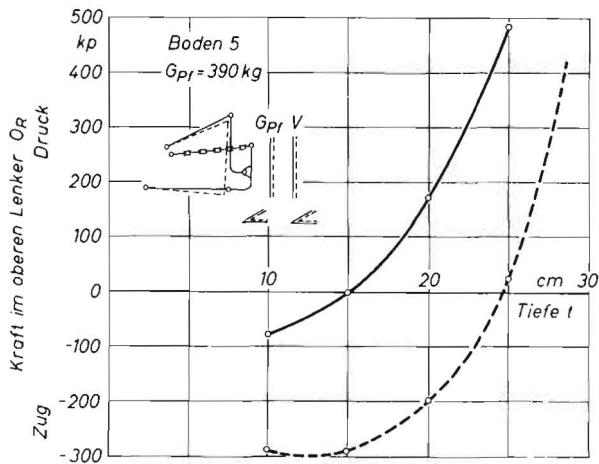


Bild 9: Kraft im oberen Lenker O_R in Abhängigkeit von der Tiefe t bei einer Sonderausführung von Pflug und Anlenkung für regelnden Kraftheber

Durch die Änderung der Abmessungen beginnt die Regelung im Druckgebiet schon bei 13 cm Tiefe und wird damit einfacher: das Gelenkspiel wechselt nicht mehr, der kräftemäßig ungenaue Übergangsbereich zwischen Zug und Druck im oberen Lenker wird vermieden. Andererseits ist ein ausreichendes Pfluggewicht bei verhältnismäßig leichten Schleppern erwünscht; beide Forderungen lassen sich nur durch Sonderausführungen (Verlegungen der Kupplungspunkte am Pflug oder Änderung des Lenkergetriebes) erfüllen.

Bild 9 zeigt schematisch eine solche Konstruktion für einen Drehpflug ($G_{pf} = 390$ kg). Die resultierende Widerstandslinie wird nicht allein von den oberen und unteren Kupplungspunkten an den Lenkern aufgenommen, sondern es ist zusätzlich, in die Zeichenebene projiziert, ein Hebel vorhanden, der gelenkig an die unteren Kupplungspunkte und mit einer Kette an das Getriebegehäuse des Schleppers angeschlossen ist. Zwischen den beiden Anschlußpunkten befindet sich ein weiteres Gelenk, an dem sich die Koppel, mit Grindel und Pflugkörper fest verbunden, befindet. Die Lage der resultierenden Widerstandskraft W_R zu dem mittleren Gelenkpunkt ist maßgebend für die Kraft im oberen Lenker.

Die Regelung im Druckgebiet des oberen Lenkers beginnt hier, ähnlich den leichten Beetpflügen (Bild 7), schon bei einer Tiefe von 15 cm und bringt damit die gleichen Vorteile auch für die Drehpflüge, deren Gewicht durch die Zahl der Pflugkörper für beide Seiten größer sein muß, was für die zusätzliche Belastung der Schleppertriebeachse aber sehr erwünscht ist; die sich ändernden Vertikalkräfte wirken sich hier nicht so stark aus, da die Wirkungslinie von V nahe am mittleren Drehpunkt des genannten Hebels liegt. Die Regelung auf gleichen Zugwiderstand wird dadurch verbessert.

Einfluß der Lage des Momentanpols (MP)

Bei der Normung des Dreipunktanbaues (DIN 9674) war der schwimmende Kraftheber den Überlegungen zugrunde gelegt worden. Die Vorbereitungen für eine Normung auf internationaler Ebene [11; 12] müssen aber den regelnden Kraftheber berücksichtigen. Da es hierbei in erster Linie darauf ankommt, das Einziehen und den „Sitz“ des Pfluges auch bei schwierigen Böden (hart, mit großen Zugwiderständen) zu sichern, muß der Momentanpol (Bild 10) möglichst tief zur W_0 -Linie liegen. Die Stützkkräfte am Pflug, die beim schwimmenden Kraftheber durch eine höhere Lage des Momentanpols verkleinert, aber wegen des ungleichmäßigen Bodens nicht ganz vermieden werden können, werden beim regelnden Kraftheber zum großen Teil über die Hubstangen zur Erhöhung der Achslast verwertet.

Eine niedrige Lage des MP erfordert eine andere Ausbildung des Lenkervierecks und macht eine geänderte Lage der Anlenkpunkte am Schlepper notwendig.

Der Momentanpol ist in Bild 10 als Beispiel für extreme Bedingungen so bestimmt, daß er sich auf einer Linie mit 8° gegenüber der Standebene, ausgehend von einem Punkt senkrecht unter den unteren Kupplungspunkten und in einer Entfernung von etwa 80% des Radstandes des Schleppers vor dessen Hinterachse befindet. Der obere Anlenkpunkt ändert sich gegenüber dem Gestänge auf Bild 1, das etwa den Maßen der Kategorie I für den schwimmenden Kraftheber entspricht, nur unbedeutend, dagegen müssen die unteren Anlenkpunkte entweder tiefer (auf eine Höhe von etwa 380 mm) gelegt werden, wodurch die Bodenfreiheit vermindert wird, oder es muß die Höhe der unteren Kupplungspunkte am Gerät vergrößert werden. Dadurch werden die Konstruktion des Pfluges und seine Transporthöhe beeinflusst.

Die Wirkung der Änderung am Gestänge auf die Kräfte wird durch Bild 10 verdeutlicht. Die Hubstangenkraft H wird bei niedrigem MP nur dann größer als bei dem Lenkergetriebe nach Bild 1, wenn W_R sich unterhalb der unteren Kupplungspunkte befindet; wenn W_R oberhalb der unteren Kupplungspunkte verläuft, wird bei gleicher Koppellänge wie bei Bild 1 die Zugkraft im oberen Lenker O_R größer und die Hubstangenkraft H kleiner.

Vorgesehene Meßverfahren, Weg 2 und 3

Im folgenden werden nun die oben angedeuteten weiteren Meß- und Auswertungsmethoden beschrieben, die zu einer Bestimmung der Stützkraft S_s , deren Größe in den bisherigen Ausführungen angenommen war, Anwendung finden können.

Die Ermittlung der Stützkraft S_s durch Vergleichsfahrten mit schwimmendem und mit regelndem Kraftheber

Nachdem bei der ersten Meßfahrt mit schwimmendem Kraftheber die Vertikalkraft am Pflug V in bekannter Weise [2] bestimmt ist (Bild 11; Kraftecke a und b), kann Größe und Richtung von W_0 gefunden werden.

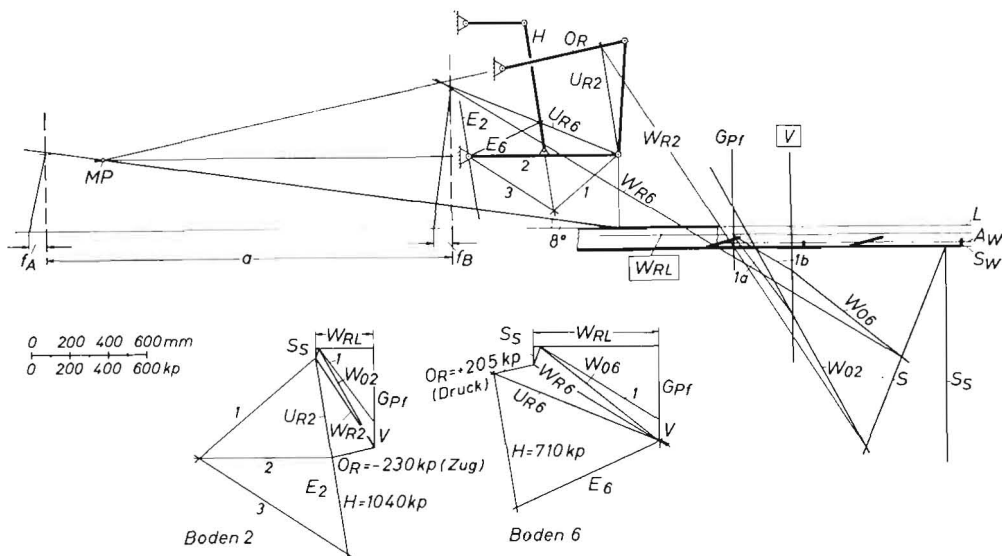


Bild 10: Einfluß der Lage des Momentanpols (MP) auf die Kräfte zwischen Schlepper und Pflug für die Böden 2 und 6 bei regelndem Kraftheber (vgl. Bild 1)

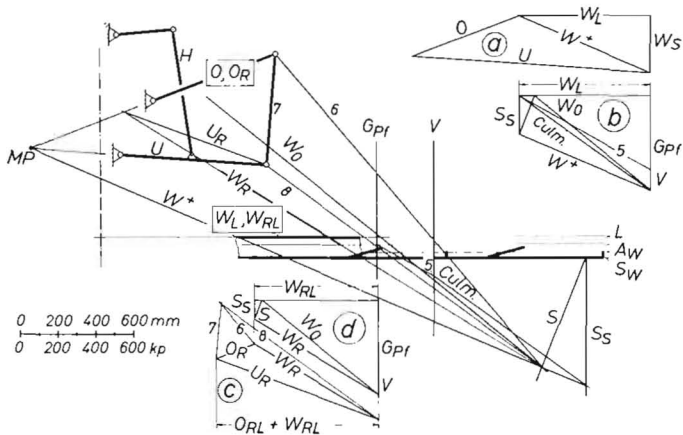


Bild 11: Graphische Ermittlung der Vertikalkraft V und der Stützkraft S_S aus den Meßgrößen O , O_R , W_L und W_{RL} bei zwei Fahrten mit schwimmendem und mit regelndem Kraftheber für die Böden 2 und 6

W_0 schneidet an der gleichen Stelle wie W^1 die Wirkungslinie von S . Von diesem Punkt aus muß bei regelndem Kraftheber auch die Kraft W_R ausgehen. An der „frei gemachten“ Koppel wirken drei Kräfte: die Kraft O_R , von der Größe und Richtung aus der Messung mit regelndem Kraftheber gegeben sind, und die Kräfte W_R und U_R , von denen nur je ein Punkt bekannt ist. Mit den Seilstrahlen 6 und 7, die in dem Krafteck c durch die Endpunkte von O_R gezogen werden und mit Seilstrahl 8 wird der Endpunkt W_R im Schnittpunkt einer Senkrechten gefunden, deren Abstand vom Anfangspunkt der Kraft O_R gleich der Summe der Längskomponenten O_{RL} und W_{RL} ist. Wenn das Krafteck d aus den bekannten Größen W_{RL} , G_{Pf} und V gezeichnet ist, ergibt sich die Größe von S_S durch die Richtung von W_R (Bild 11).

Wenn man von den Differenzen absieht, die von den Ungleichmäßigkeiten des Bodens und den Ungenauigkeiten der Einstellung herrühren können, so besteht die Möglichkeit, mit den zwei Meßstellen auch bei regelndem Kraftheber die Stützkraft festzustellen.

Voraussetzung dafür ist allerdings, daß die beiden Meßeinrichtungen für O_R und W_L sich nicht gegenseitig stören und ein Einfluß

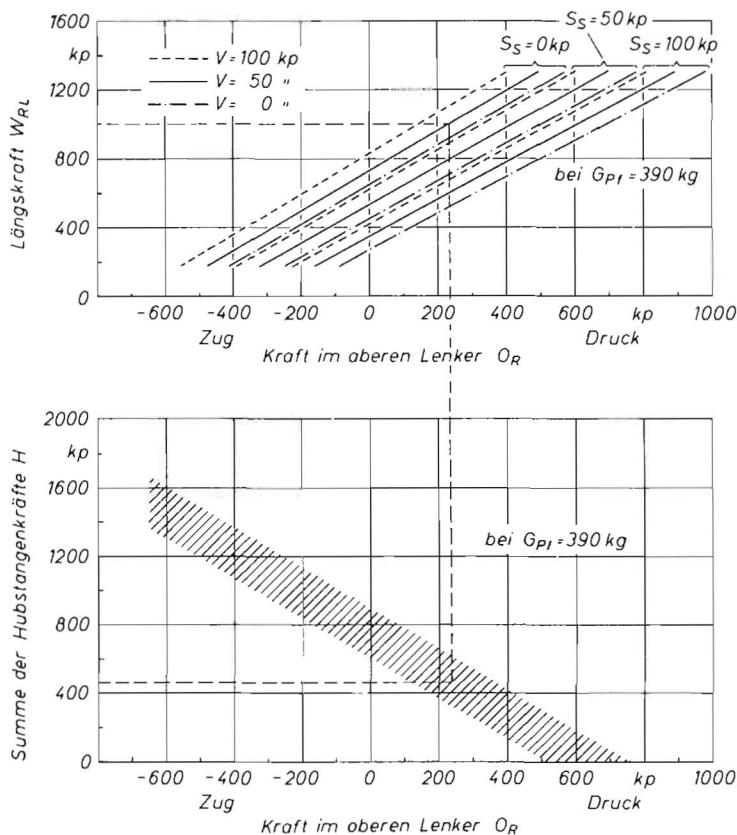


Bild 12: Gegenseitige Abhängigkeit der Kräfte W_{RL} , O_R , V , S_S und H für die Böden 1 bis 7 bei regelndem Kraftheber

der Hubstangenkräfte auf die Messung von W_L vermieden wird. Dazu werden entweder die Kraftheberwelle und der Hubzylinder vom Schlepper gelöst und an dem in [2] beschriebenen Meßrahmen befestigt, was schwierig ist, oder die Halterung für die Feder wird auf den Meßrahmen gesetzt und die Übertragung zum Regelwerk am Kraftheber so ausgeführt, daß die unterschiedliche Rahmenentfernung sich auf die Regelung nicht auswirken kann. Die Meßeinrichtung des Instituts beruht auf einem Lenkergetriebe, das nur die Winkeländerungen, die durch die Regelfeder hervorgerufen werden, überträgt, nicht aber die Änderungen des Abstandes des Meßrahmens in Fahrtrichtung vom Schleppergetriebe. Eine andere Kompensationseinrichtung wurde bereits von NESTOROVIC [13] beschrieben. Um den Einfluß der Hubstangenkräfte auf die Messung zu vermeiden, müssen entweder die Hubstangen senkrecht gestellt werden, wodurch sich die Kinematik beim Ausheben etwas verändert, oder die Horizontalkomponente der Hubstangen wird durch zusätzliche Lenker aufgenommen und am Getriebegehäuse direkt abgestützt [14].

Die Größen von V und S_S können bei bekannter Ausführung von Dreipunktanbau und Pflugabmessungen auch aus Diagrammen ermittelt werden: die Vertikalkraft V erhält man aus dem Diagramm (Bild 5 in [2]). Zur Bestimmung von S_S dient Bild 12, wobei vorausgesetzt ist, daß O_R und W_{RL} gemessen wurden, während V aus der ersten Meßfahrt bekannt ist.

Das Bild 12 zeigt noch einmal die Wirkung der verschiedenen veränderlichen Kräfte auf die Kraft im oberen Lenker O_R , die für die Regelung maßgebend ist: Damit die Kraft im oberen Lenker O_R sich um 75 kp ändert, muß eine Änderung des Zugwiderstandes W_{RL} etwa 100 kp (bei gleichbleibendem V und S_S) betragen, während die gleiche Wirkung bei gleichbleibendem Zugwiderstand W_{RL} durch Abweichung von S_S um nur 25 kp erzielt wird. Die Vergrößerung der Vertikalkraft V um 50 kp bei gleichbleibendem Zugwiderstand W_{RL} bewirkt ebenfalls eine Änderung der Kraft im oberen Lenker O_R von etwa 75 kp. Der Einfluß der Zugwiderstandsänderung wird also durch die Änderung der beiden anderen Größen weitgehend überlagert [7].

Die Summe der Kräfte in den Hubstangen H , aufgetragen in Abhängigkeit von der Kraft im oberen Lenker O_R , streut zwar für verschiedene Tiefen und Böden in einem Bereich von etwa ± 160 kp, liegt aber für die bei den Versuchen verwendete Ausführung von Schlepper und Pflug in einem Band, das mit Zunahme der Druckkraft O_R abfällt. Damit wird die bekannte Erfahrung bestätigt, daß bei großen Zugwiderständen und Tiefen die Zusatzlast auf die Triebäder immer kleiner wird, bis sie den Wert erreicht, der bei schwimmendem Kraftheber als Höchstwert zustaude kommt (vgl. Bild 5).

Bestimmung der Vertikalkraft V und der Stützkraft S_S aus den Meßgrößen W_{RL} , O_R und H

Wenn in die Hubstangen einer der oben beschriebenen Einrichtungen Meßelemente eingebaut werden, können die Vertikalkraft V und die Stützkraft S_S nach einer Meßfahrt graphisch oder rechnerisch bestimmt werden. Die graphische Ermittlung nach Bild 13 ist für den allgemeinen Fall bezeichnet, daß die Hubstangen etwas schräg liegen, während im speziellen Fall auch nur die senkrechte Komponente von H gemessen sein kann.

Zunächst wird W_R aus dem Krafteck a bestimmt. Die Aufteilung von H in E und U_R (untere Lenker „frei gemacht“) erfolgt im Krafteck durch die Seilstrahlen 10; 11 und die Richtung 12 der unteren Lenker, auf der die Endpunkte von E und U_R liegen müssen, und zwar in einem Abstand gleich der Strecke $W_{RL} \pm O_{RL}$ (das Vorzeichen entsprechend der Richtung von O_R) von der Senkrechten durch den Endpunkt von H . Wird an diesem Punkt das gemessene O_R angetragen, so erhält man die Größe und Richtung von W_R als Schlußlinie des Dreiecks.

Im Lageplan ergibt sich im Schnittpunkt von U_R und O_R der Bestimmungspunkt für W_R ; diese Kraft schneidet die Wirkungslinie von S_S . Aus $W_{RL} \rightarrow G$ wird auf der Wirkungslinie von V der zweite Schnittpunkt der CULMANNschen Geraden gefunden, so daß diese jetzt im Krafteck b die Größe von V abgrenzt. Durch die

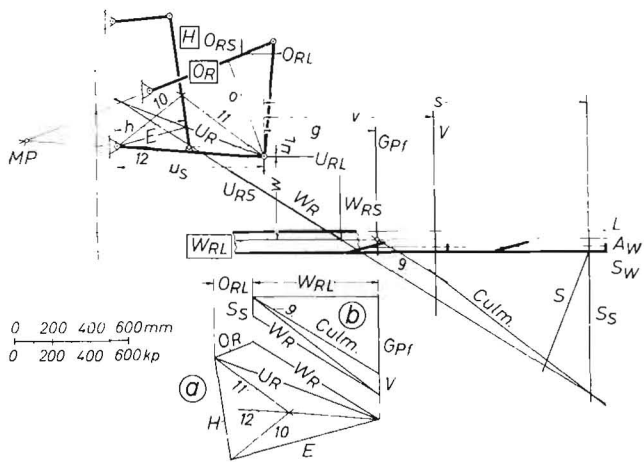


Bild 13: Graphische Ermittlung der Kräfte V und S_s aus den Meßgrößen O_R , W_{RL} und H für die Böden 2 und 6 bei regelndem Kraftheber

Richtung der Kraft W_R , die aus dem Kräfteck a bekannt ist, ergibt sich nun auch die Stützkraft S_s .

Für die rechnerische Lösung sind im folgenden zwei Beispiele mit einer Kraft im oberen Lenker O_R , einmal Zug, einmal Druck, ausgewählt. Um die unbekanntenen Größen V und S_s zu ermitteln, können zwei Gleichungen (vgl. [2]) aufgestellt werden.

Die senkrechte Komponente W_{RS} von W_R wird hier aus den folgenden Größen bestimmt:

$$W_{RS} = O_{RS} + U_{RS} \text{ und } U_{RS} = \frac{H \cdot h + U_{RL} \cdot u_L}{u_S}$$

(Momente um untere Anlenkpunkte am Schlepper).

Damit erhält man

$$V = \frac{O_R \cdot o + G(s - g) - W_{RS} \cdot s - W_{RL} \cdot w}{s - u}$$

(Bezeichnungen s. Bild 13).

Zahlenmäßig ergeben sich aus $O_R = 220$ kp, $W_{RL} = 650$ kp und $H = 530$ kp die Vertikalkraft V zu 110 kp und die Stützkraft S_s zu 100 kp, aus $O_R = -262$ kp, $W_{RL} = 300$ kp, $H = 1150$ kp die Vertikalkraft V zu 140 kp und die Stützkraft S_s zu 50 kp.

Zusammenfassung

Für Schlepper mit regelnden Kraftheber werden mit graphischen Verfahren die Kräfte an den Lenkern des Dreipunktanbaues aus dem horizontalen Zugwiderstand und der Vertikalkraft an den Pflugkörpern für verschiedene Böden und Pflugtiefen ermittelt.

Insbesondere für eine Regelung auf annähernd gleichen Zugwiderstand werden die Zusammenhänge zwischen dem Pflugwiderstand als der Regelgröße und ihrer Wirkung über das Gestänge auf die Feder als Meßglied des Regelkreises untersucht. Die Abhängigkeit ist bei den verschiedenen Böden und Tiefen sehr unterschiedlich. Ein gleichbleibender Zugwiderstand ist um so schwieriger zu erreichen, je größer das Pfluggewicht ist und je weiter die Pflugkörper hinter den unteren Kupplungspunkten liegen. Einen Einfluß auf die Größe der Kräfte in den Lenkern haben ferner die Stützkraften am Pflug, mit denen auch bei regelnden Krafthebern zu rechnen ist. Diese konnten bisher noch nicht gemessen werden. Zwei Meßverfahren mit zwei beziehungsweise drei Meßstellen zur Bestimmung der Stützkraften und die dafür geeigneten graphischen Auswertverfahren werden beschrieben.

Bei den auf dem Markt befindlichen Krafthebern wird im allgemeinen auf eine genaue Zugwiderstandsregelung verzichtet, um auf wechselndem Boden eine bessere Einhaltung der Furchentiefe zu erreichen. Dadurch wird auf einem etwas unebenen Acker infolge der Nickbewegungen des Schleppers auch bei gleichmäßigem Boden auf keine gleichbleibende Furchentiefe geregelt. Überdies ändern sich die Kräfte im oberen Lenker nicht proportional oder sogar nicht immer gleichsinnig mit der Vergrößerung der Tiefe. Die Pflugfurchen werden also im wesentlichen nicht durch die Regelung nach

der Widerstandskraft, sondern durch andere Faktoren, wie zum Beispiel die „Selbstregelung“ des Pfluges und die Änderungen seiner Stützkraften, etwa gleichgehalten. Bei starken Abweichungen muß der Schlepperfahrer eingreifen.

Bei einer Regelung auf gleichmäßige Furchentiefe durch Abtasten der Ackeroberfläche mit Rädern oder anderen Einrichtungen ändert sich unter Umständen die Größe des Zugwiderstandes. Bei relativ leichten Schleppern sollte deshalb beim Überschreiten einer aus der Schlepperzugfähigkeit sich ergebenden Grenze die Furchentiefe verringert werden.

Schrifttum

- [1] SEIFERT, A.: Die Regelsysteme bei hydraulischen Krafthebern für Ackerschlepper aus der Sicht der Regeltechnik. Landtechnische Forschung 11 (1961), S. 97—100
- [2] SKALWEIT, H.: Messung der Kräfte zwischen Schlepper und Anbaupflug in zwei Meßstellen. Landtechnische Forschung 11 (1961), S. 151—159
- [3] GETZLAFF, G.: Über die Bodenkraft beim Pflügen bei verschiedener Körperform und Bodenart. In: 10. Konstrukteurheft, VDI-Verlag, Düsseldorf 1952 (Grundlagen der Landtechnik Heft 3), S. 60—70
- [4] GETZLAFF, G.: Vergleichende Untersuchung über die Kräfte an Normalpflugkörpern. In: 11. Konstrukteurheft (2), VDI-Verlag, Düsseldorf 1953, (Grundlagen der Landtechnik Heft 5), S. 16—35
- [5] SEIFERT, A.: Der neue hydraulische Kraftheber des Fordson Dexta-Schleppers und sein Vergleich mit anderen Systemen. Landtechnische Forschung 9 (1959), S. 34—41
- [6] SKALWEIT, H.: Über die gegenseitige Abhängigkeit von Schleppergewicht und Pflugfurchen. Landtechnische Forschung 10 (1960), S. 10—15
- [7] SKALWEIT, H.: Die bei der Tiefenhaltung von Schlepperanbaugeräten auftretenden Kräfte. In: 10. Konstrukteurheft, VDI-Verlag, Düsseldorf 1952, (Grundlagen der Landtechnik Heft 3), S. 116—117
- [8] SKALWEIT, H.: Regelungsarten für Schlepper-Anbaupflüge. Landtechnische Forschung 8 (1958), S. 78—80
- [9] GUSACKI, M. L.: Über die bei automatisch regelnden Krafthebern auftretenden Kräfte und Tiefenänderungen bei der Bodenbearbeitung mit Anbaugeräten. Doklady Akademii sel'skochozajstvennych nauk 23 (1958), S. 43—48
- [10] SONNEN, F. J.: Zur Frage des Allradantriebes von Ackerschleppern. Landtechnische Forschung 12 (1962), S. 1—6
- [11] ERWIN, R. L.: Background of the ASAE Three-Point Hitch Standard. Transactions of the ASAE 4 (1961), S. 1—5
- [12] HULL, CH. H.: Tractor Requirements for international Agricultural Engineering Standards. J. Proc. Inst. Agric. Eng. 17 (1961), S. 70—81
- [13] NESTOROVIC, M.: Kraftkomponentenmessung an der Dreipunkt-Aufhängung. Landtechnische Forschung 10 (1960), S. 89—92
- [14] REECE, A. R.: A Three-point-linkage Dynamometer. Journal of Agricultural Engineering Research 6 (1961), S. 45—50

Résumé

Helmut Skalweit: „Measurement of Forces on Tractor and Plough with Controlling Power Lifter“.

With tractors having a controlling power lifter the forces in the guides of the three-point mounting are determined graphically from the horizontal tractional resistance and the vertical force in the plough bodies for various soils and ploughing depths.

Especially for adjusting an approximately constant tractional resistance the correlations between the resistance to ploughing as control measure and its effect via the rods on the spring as measured element of the control system are investigated. With the various soils and depths the dependency differs greatly. A constant tractional resistance is the more difficult to obtain the greater the ploughing weight and the farther the plough bodies are behind the lower linkage points. The supporting forces in the plough, which should be taken into account with controlling power lifters, affect also the extent of the forces in the guides. As yet these forces could not be measured. Two methods of measurement with two respectively three measuring points for determining the supporting forces and appropriate graphical evaluation methods are described.

With commercial power lifters one usually does without an exact adjustment of the tractional resistance in order to ensure a better maintaining of the ploughing depth on varying soils. Owing to the pitching motions of the tractor on a somewhat rough ground no constant ploughing depth is obtained, even when the soil is uniform. Moreover, the forces in the upper guide do not change proportionally or not even always parallelly to the increase of the depth. Consequently, the ploughed furrow is not kept uniform by the adjustment according to the power of resistance but mainly by others factors, e.g. the „self-adjustment“ of the plough and the changes of its supporting forces. Should great deviations occur, the tractor driver must interfere.

With an adjustment for a uniform ploughing depth by scanning the field surface with wheels or other devices the extent of the tractional resistance changes. However, when the limit resulting from the traction capacity of relatively light tractors has been exceeded, the ploughing depth should be decreased.

Helmut Skalweit: «Détermination des forces agissant sur le tracteur et la charrue en cas d'utilisation d'un relevage asservi».

A l'aide de méthodes graphiques, on détermine pour des sols et des profondeurs de labour différents, les forces appliquées aux bras de l'attelage trois points d'un tracteur muni d'un relevage asservi à partir de l'effort résistant horizontal et de la force verticale agissant sur les corps de charrue.

On a examiné en particulier, pour un système de contrôle basé sur un effort de traction à peu près uniforme, les relations entre l'effort résistant de la charrue comme facteur de réglage et son influence, par l'intermédiaire d'une tringlerie, sur le ressort comme chaînon du circuit de réglage. La dépendance varie beaucoup en fonction des sols et des profondeurs de labour. Un effort de traction uniforme peut être obtenu d'autant plus difficilement que le poids de la charrue est plus élevé et que les corps sont disposés plus en arrière des points d'attelage inférieurs. De plus, les forces d'appui de la charrue avec lesquelles il faut compter également avec un relevage asservi, ont une influence sur l'importance des forces agissant sur les bras d'attelage. On n'a pu les mesurer jusqu'ici avec précision. L'auteur décrit deux procédés de mesure avec deux, respectivement trois points de mesure, utilisés pour la détermination des forces d'appui, et les procédés graphiques d'interprétation appropriés.

Pour les relevages offerts sur le marché, on renonce généralement à un contrôle exact de l'effort de traction afin d'obtenir une régularité plus grande de la profondeur de labour sur des sols hétérogènes. C'est pourquoi sur un sol un peu accidenté bien qu'homogène, par suite des mouvements d'oscillation d'avant en arrière du tracteur, le réglage n'est pas basé sur une profondeur de labour uniforme. De plus, les forces appliquées au bras d'attelage supérieur ne varient pas proportionnellement à l'accroissement de la profondeur de labour et même pas toujours dans le même sens. La régularité de la profondeur de labour n'est généralement pas obtenue par le contrôle de l'effort de traction, mais par d'autres facteurs comme par exemple "l'autorégulateur" de la charrue et les variations de ses forces d'appui. Si les écarts deviennent trop grands, le conducteur doit intervenir.

En réglant la profondeur de labour par palpée de la surface du sol au moyen de roues ou d'autres dispositifs, l'effort de traction varie. En utilisant des tracteurs relativement légers, il est donc nécessaire de réduire la profondeur de labour quand on dépasse une certaine limite déterminée par la capacité de traction.

Helmut Skalweit: «Determinación de los esfuerzos en tractores y arados con gato mecánico de regulación».

Para tractores con gato mecánico de regulación se determinan por el procedimiento gráfico los esfuerzos sobre las guías del montaje en tres puntos y la resistencia a la tracción horizontal, así como del esfuerzo vertical en el cuerpo de los arados, para terrenos de distintas clases y para profundidades de arado distintas.

Se investigan especialmente las relaciones que existen entre la resistencia del arado como valor regulable y el efecto que este esfuerzo ejerce sobre un muelle por mediación de un carillaje y sobre los elementos de regulación. Según los diferentes terrenos y las profundidades del surco, el grado de dependencia varía mucho. Es tanto más difícil conseguir una resistencia uniforme a la tracción, cuanto más elevado sea el peso del arado y cuanto más grande sea la distancia entre los puntos bajos de acoplamiento y los cuerpos de los arados. Ejercen también influencia en el valor de los esfuerzos sobre las guías, las fuerzas de apoyo del arado, con las que debe contarse también para los gatos mecánicos de regulación. Estas fuerzas hasta aquí no era posible medir. Se describen aquí dos procedimientos de medición con dos, resp. tres puntos de medición, para dar con el esfuerzo de apoyo y para los procedimientos gráficos de evaluación convenientes.

En los gatos mecánicos corrientes que se encuentran en el mercado, se suele renunciar a la regulación exacta de la resistencia a la tracción, con el fin de conseguir una profundidad más igual del surco en terreno desigual. Pero así no puede regularse una profundidad más uniforme del surco en un campo algo accidentado, debido al cabeceo del tractor, aún siendo la calidad del terreno uniforme. Además los esfuerzos en la guía alta no varían de manera proporcional y ni siquiera siempre en el mismo sentido, con la profundidad del surco. Es decir que la profundidad del surco no se conserva aproximadamente constante, en primer lugar por la regulación de la resistencia a la tracción, sino por factores distintos, p.e. por la regulación propia del arado y por el cambio de los esfuerzos de apoyo. Siendo las variaciones de importancia, es preciso que intervenga el conductor del tractor.

Con una regulación de la profundidad de los surcos por exploración de la superficie del terreno con ruedas u otros dispositivos exploradores, la resistencia a la tracción cambia. Tratándose pues de tractores relativamente ligeros, debía reducirse la profundidad del surco, cuando la resistencia a la tracción puse del límite de su potencia.

Konstrukteurtagung 1962

Die Konstrukteurtagung 1962 findet, wie in Heft 1/1962 der „Landtechnischen Forschung“ berichtet, vom 4. bis 6. April in Braunschweig-Völkenrode statt.

Das Programm sieht folgende Themen vor:

Mittwoch, 4. April 1962

Vortragsgruppe: *Arbeitschnik* (Leitung: Prof. Dr.-Ing. H. J. MATTHIES)

- 9.15 Die Einmannbedienung von Zuckerrübenerntemaschinen (Prof. Dr.-Ing. Dr. agr. h. c. C. H. DENCKER, Bonn)
Die Mechanisierung der Freilandgemüseernte (Prof. W. RENARD, Hannover)
Technische Erfahrungen mit Stallungstreuern (Privatdozent Dr.-Ing. K. H. SCHULZE, Gießen)

Vortragsgruppe: *Regelung an Landmaschinen* (Leitung: Prof. Dr.-Ing. W. BATEL)

- 14.00 Systematik und Kinematik von Nachführungsvorrichtungen (Ing. K. HAIN, Braunschweig-Völkenrode)
Über Regelungssysteme zur selbsttätigen Nachführung (Dr.-Ing. R. THEEL, Braunschweig-Völkenrode)
Die Gestaltung der Schlepperhydraulik durch die Beziehung zwischen Schlepper, Kraft und Pflug (Dipl.-Ing. H. MOLLY, Malsch/Karlsruhe)

Donnerstag, 5. April 1962

Vortragsgruppe: *Schlepper und Getriebe* (Leitung: Prof. Dipl.-Ing. H. MEYER)

- 9.00 Neues in Theorie und Praxis der Landlocomotion (des Fahrens im Gelände) (Privatdozent Dr.-Ing. W. SÖHNE, Braunschweig-Völkenrode)

Zur Analyse von Häufigkeitsverteilungen der Belastungen von Motor, Fahrgetriebe und Zapfwelle bei Ackerschleppern (Dipl.-Ing. H. H. COENENBERG, Braunschweig-Völkenrode)

Der Einfluß einiger Bauvorschriften der Verkehrsgesetzgebung auf Ackerschlepper und Landmaschinen (Dipl.-Ing. F. J. SONNEN, Braunschweig-Völkenrode)

- 14.00 Schaltwerksgetriebe auf der Grundlage ungleichförmiger Umlaufbewegungen

(Ing. K. HAIN, Braunschweig-Völkenrode)

Zur Kinematik des Mähschnittes

(Dipl.-Ing. H. HEGE, München)

Messung der Schwingungsbeschleunigung an Fahrern verschiedener Kraftfahrzeuge im praktischen Betrieb

(Dr. H. DUPUIS, Bad Kreuznach)

Aufbaustörungen der Wirbelsäule bei den in der Landwirtschaft tätigen Jugendlichen im Hinblick auf das Schlepperfahren

(Dr. W. CHRIST, Tübingen)

Freitag, 6. April 1962

Vortragsgruppe: *Mähdrescher und Trockner* (Leitung: Prof. Dr.-Ing. H. J. MATTHIES)

- 9.00 Entwicklungsrichtlinien und konstruktive Einzelheiten von Mähdreschern

(Direktor F. HERBSTHOFER, Eschwege/Werra)

Untersuchungen zur festigkeitsgerechten Konstruktion von Mähdreschern

(Dipl.-Ing. E. SCHILLING, Braunschweig-Völkenrode)

Systematik der Trockner für rieselfähiges Gut

(Dipl.-Ing. F. LITZENBERGER, Braunschweig-Völkenrode)

Vortragsgruppe: *Konstruktionslehre* (Leitung: Prof. Dr.-Ing. Dr. agr. h. c. W. KLOTH)

- 14.00 Fertigungsbedingte Maßabweichungen bei Gießereierzeugnissen

(Ing. H. HOSSE, Flensburg)

Gesichtspunkte für das Konstruieren in kleinen Wandstärken

(Prof. Dr.-Ing. Dr. agr. h. c. W. KLOTH, Braunschweig-Völkenrode)

Ursachen der Dauerbrüche und Möglichkeiten ihrer Vermeidung

(Dipl.-Ing. D. RADAJ, Braunschweig-Völkenrode)

Anmeldungen sind an das Institut für landtechnische Grundlagenforschung, Braunschweig-Völkenrode, Bundesallee 50, zu richten. Die Tagungsgebühr beträgt 45,— DM.