

Regelungsarten für Schlepper-Anbaupflüge

Institut für Schleppertorschung, Braunschweig-Völkenrode

Die Vorteile des Anbaues von Pflügen an den Schlepper liegen nicht zuletzt in der einfachen Bedienung durch den „motorisierten“ Kraftheber. Dieser wird bei den inländischen Schleppern meistens, wie der von Hand betätigte Kraftheber, nur zum Heben und Senken des Pfluges verwendet. In letzter Zeit wird er auch zur Verminderung der Sohlenkraft und schon länger im Ausland zur Regelung des Zugwiderstandes durch Änderung der Furchentiefe herangezogen. Dabei ist zu unterscheiden, ob diese Vorgänge willkürlich vom Menschen vorgenommen werden oder selbsttätig vor sich gehen. Bei der sowieso starken Beanspruchung des Schlepperfahrers wird eine automatische Regelung anzustreben sein.

Damit diese gesteuerten oder automatischen Einrichtungen eine für den Landwirt befriedigende Arbeit und Leistung erreichen, müssen sie zwei Forderungen erfüllen:

1. **Einhaltung der gewünschten Lage des Pfluges**, um den Boden überall bis zur notwendigen Tiefe zu lockern und durch guten Furchenanschluß eine gleichmäßige Oberfläche zu erzielen. Von landwirtschaftlicher Seite werden Abweichungen von etwa 10 % nach oben und unten von der eingestellten Furchentiefe als erträglich angesehen. Beim Übergang vom Zugtier zum Schlepper kann es vorkommen, daß an Stellen des Ackers mit schwerem Boden bisher nicht so tief gepflügt wurde, so daß zunächst auch beim Anbaupflug die Notwendigkeit besteht, die Furchentiefe während der Fahrt zu verstellen und den schweren Boden erst nach und nach zu vertiefen. Eine Voraussetzung für die Einhaltung gleichmäßiger Tiefe besteht darin, daß die Resultierende W_0 aus Gewicht des Pfluges und Bodenkraften (also ohne eine Schleifsohlenkraft) oberhalb des sogenannten Führungspunktes verläuft; sonst geht der Pflug auf die Spitze (über die grafischen Kräfteermittlungen und die benutzten Bezeichnungen z. B. [4]).

2. **Ausreichende Hinterachsbelastung des Schleppers**, um den gewünschten Furchenquerschnitt bei noch zulässigem Schlupf und die, bezogen auf die Motorleistung, höchstmögliche Flächenleistung zu erzielen. Um eine der Schlepperstärke angemessene Furche zu erreichen, ist — das wird in der Praxis noch nicht genügend beachtet — ein passender Pflug mit einem ausreichenden Gewicht notwendig. Seine W_0 -Linie sollte bei dem schwersten im Betrieb vorkommenden Boden noch ein solches Moment um den Führungspunkt hervorrufen, daß der Pflug nicht auf die Spitze geht. Andererseits darf der Pflug auch nicht zu schwer sein, um die Lenksicherheit durch Entlastung der Vorderachse nicht zu beeinträchtigen.

Unterschiedlicher Bodenwiderstand und unebenes Gelände sowie dadurch hervorgerufene Schwankungen des Schleppers erschweren die Erfüllung der obigen Forderungen. Steigt der Zugwiderstand bei gleicher Tiefe infolge des Überganges von leichtem zu schwerem Boden, so werden sich die Kraftverhältnisse am Pflug und Schlepper ändern — der Schlupf wächst, und der Schlepper kann sich im Extremfalle eingraben. Aber auch auf mittlerem Boden kann wegen zu großer Sohlenkraft der Zugwiderstand so hoch werden, daß der Triebkraftbeiwert nicht mehr ausreicht.

Auf unebenem Boden wird die Tiefe nur gehalten, wenn der Pflug nicht starr mit dem Schlepper verbunden ist; besonders bei mehrscharigem Schälern wird der letzte Pflugkörper manchmal aus dem Boden gehoben, wenn keine genügende Beweglichkeit vorhanden ist.

Im folgenden sollen die Regelungsarten bei den bekannten Anbau- und Krafthebersystemen bezüglich ihrer Wirkung beschrieben und daraufhin untersucht werden, welche der obigen Forderungen ganz oder teilweise erfüllt werden können.

1. Die Regelung durch die geometrischen Verhältnisse am freipendelnden Pflug und seiner Anlenkung. Bei diesem Anbausystem, gleichgültig, ob ein reeller oder ideeller Führungspunkt vorhanden ist, wird während der Arbeit die eingestellte Tiefe (ähnlich die Breite) durch die bekannte wechselseitige Beeinflussung von Scharsschneide und Schleifsohle gleichgehalten. Wenn sich Abweichungen von der eingestellten Tiefe ergeben, ändert sich der Winkel der Richtlinie zur Horizontalen, und entsprechend dessen Größe wird eine mehr oder weniger schnelle Rückstellbewegung eingeleitet. Diese Regelung hat nichts mit den Kräften oder dem Gleichgewicht des Pfluges zu tun. Voraussetzung ist nur, daß immer eine positive Sohlenkraft vorhanden ist.

Wird der Boden im Furchengrund einmal weniger tragfähig, sinkt eine nicht genügend große Schleifsohle tiefer ein. Dadurch wird die Arbeitstiefe je nach Boden wesentlich größer in Abhängigkeit von der Länge des Grindels [1]. Um die Schleifsohle beim Halten der Tiefe zu unterstützen, wird eine Rolle angebracht, die eine Vergrößerung der Tiefe verhindern soll.

Bei Unebenheiten, auch bei der Vorfurche, werden diese je nach Lage des Führungspunktes unterschiedlich stark in der Pflugfurche abgebildet. Je kürzer der Grindel, um so rascher folgt der Pflug und um so größer werden die Tiefendifferenzen [2]. Der Kraftheber beeinflusst die Pflugarbeit nicht, er befindet sich in der sogenannten Schwimmstellung.

Der Anbaupflug belastet bei gleichzeitiger Vorderachsentlastung des Schleppers dessen Triebachse stärker als der Anhängerpflug. Dadurch kann ein Schlepper mit Anbaupflug entweder leichter gebaut sein oder es läßt sich mit dem gleichen Schlepper ein größerer Furchenquerschnitt erzielen.

Die zusätzliche Belastung der Triebachse wird infolge einer Änderung der Lage des Führungspunktes, etwa durch Steilerstellen des oberen Lenkers, größer, jedoch nur so lange, bis der Führungspunkt an die W_0 -Linie herankommt. Überschreitet er diese Linie, geht der Pflug auf die Spitze.

Die W_0 -Linie bei schwerem Boden liegt bekanntlich flacher als bei mittlerem. In diesem Falle muß also der Führungspunkt niedriger gewählt werden als bei mittlerem Boden. Man erkennt daraus, daß die zusätzliche Belastung bei schwerem Boden, bei dem sie notwendiger wäre als bei mittlerem, kleiner ist. Andererseits kann durch Steilerstellen des oberen Lenkers (beim Dreipunktanbau sind zwei Anlenkpunkte vorhanden) die Sohlenkraft auf mittlerem Boden herabgesetzt werden.

Bei manchen Schleppern mit sogenanntem Etagenbock oder ähnlichen Anordnungen ist eine noch weitere Verstellung des Lenkers und damit des Führungspunktes näher an die W_0 -Linie heran möglich. Auch bei Vorhandensein mehrerer Kupplungspunkte am Pflug läßt sich der Führungspunkt verlegen und damit die gewünschte Belastung hervorrufen [2].

2. Der wie bei 1. geregelte, freipendelnde Pflug mit Einrichtungen zur zusätzlichen Achslasterhöhung. Unter normalen Verhältnissen arbeitet der Pflug freipendelnd, wie unter 1. beschrieben. Wird aber beispielsweise auf mittlerem Boden die Sohlenkraft hoch und damit auch die Reibung an der Schleifsohle, so kann der Schlupf ansteigen, zumal der Kraftschlußbeiwert bei etwas lockerem Boden kleiner wird, und der Schlepper zieht nicht mehr. Für diesen Fall sind Vorrichtungen geschaffen, mit denen Kräfte zwischen Schlepper und Pflug durch Federn oder dosierten Druck im Kraftheberzylinder hervorgerufen werden, welche die Schleifsohle des Pfluges entlasten. Dadurch entsteht eine stärkere Belastung der Triebachse, und der Triebkraftbeiwert steigt. (Durch

eine Verstellung des Führungspunktes während der Arbeit, wie es am Schlepper der BTG bekannt geworden ist, kann die gleiche Wirkung erzielt werden.)

Diese Einrichtungen zur Entlastung der Sohle finden allerdings ebenso ihre Grenzen wie vorher bei Nr. 1 das Steilerstellen des oberen Lenkers. Die Resultierende der Pflugkräfte geht nämlich nicht mehr durch den Schnittpunkt des oberen mit den unteren Lenkern, sondern verläuft steiler infolge der zusätzlichen Kraft zwischen Schlepper und Pflug. Die Triebachslast wächst sowohl wegen der stärkeren Entlastung der Vorderachse (größeres Moment von W um die Aufstandspunkte der Triebachse) als auch wegen der größeren senkrechten Komponente von W . Die Gegenkraft entlastet die Schleifsohle des Pfluges. Da die Sohlenkraft nicht unter den Wert Null absinken darf, ist die Grenze für die mögliche Belastung der Triebachse gegeben. Wenn die Kräfte zwischen Schlepper und Pflug noch vergrößert würden, würde der Pflug auf die Spitze gehen und flacher arbeiten. Diese Lage ist sehr labil, und die Furchentiefe würde ungleichmäßig ausfallen.

Die andere Grenze liegt in der bereits erwähnten Entlastung der Vorderachse. Die Vorderachslast darf wegen der Lenksicherheit nicht unter einen Wert, der sehr verschieden sein kann, für den aber doch schon Erfahrungswerte vorliegen [3], sinken.

Da Änderungen in der Schwere des Bodens häufig auf einem Schlag auftreten, eignet sich eine leicht verstellbare Einrichtung, zum Beispiel am Kraftheber zur Steuerung der Sohlenkraft, besser als die unter 1. genannte feste Einstellung des oberen Lenkers. Theoretisch erreicht man in beiden Fällen maximal unter denselben Verhältnissen die gleiche Belastung.

(Der Vollständigkeit halber sollen noch die Dreipunkt-Pflüge genannt werden, bei denen der obere Lenker keine Kraft aufnimmt. Diese Pflüge laufen wie Anhängelpflüge auf einer vorderen Stützrolle, die manchmal durch Federkraft entlastet wird. Dadurch erhält man ebenfalls eine höhere Triebachsbelastung.)

3. Der automatisch auf eine gewünschte Tiefe geregelte Pflug mit automatisch wirkender zusätzlicher Achslasterhöhung. Mit einer beweglich am Grindel des Pfluges angebrachten Rolle wird die Tiefe abgetastet. Bei Änderungen wird die Rolle gegen eine Federkraft verstellt; sie beeinflusst so den Kraftheber, der den Pflug anhebt oder senkt, bis wieder die eingestellte Tiefe erreicht ist [4 und 5].

Eine Schleifsohle ist bei dieser Anordnung nicht notwendig, da die Tiefe durch die Tastrolle und den Kraftheber gleichgehalten wird. Alle senkrechten Kräfte am Pflug werden automatisch für die Belastung der Triebachse verwendet. Auch hier ist durch Zusatzgewichte dafür zu sorgen, daß die Vorderachslast nicht zu klein wird. Aus diesem Grunde sollte der Pflug — das gilt für alle Anbauarten — möglichst nahe an den Schlepper herangebaut werden. Bekanntlich erlaubt ein größerer Radstand höhere Momente des Pfluges, ohne daß die Entlastung der Vorderachse unzulässig hoch wird. Hierauf kann der Schlepperkonstrukteur bei der Wahl der Anlenkpunkte am Schlepper innerhalb der Toleranzen des Dreipunktanbaues Rücksicht nehmen.

4. Der auf gleichen Zugwiderstand regelnde Kraftheber mit automatisch wirkender zusätzlicher Achslasterhöhung. Diesen Weg, den Zugwiderstand des Gerätes zugunsten des Schleppers durch den Kraftheber etwa gleichzuhalten, ist Ferguson gegangen; andere Fabrikate, so auch John Deere, sind teilweise gefolgt. Die Wirkung der genannten Regelungssysteme auf die Tiefenhaltung hat Seifert [6] untersucht und in einer Übersichtstabelle zusammengestellt.

Die Tiefe wird bei diesen Systemen nur in gleichmäßigem Boden — auch wenn das Gelände etwas uneben ist — automatisch gleich gehalten; jedoch ändert sie sich entsprechend der Ausbildung des Krafthebers sofort oder lang-

sam, wenn der Bodenzustand wechselt. Bei stärkeren Bodenunebenheiten wird durch die geänderte Richtung der Resultierenden W_0 trotz gleicher Kraft im oberen Lenker die Tiefe nicht genau gehalten. (Der Kraftheber regelt auf gleiche Druckkraft im oberen Lenker, die nicht immer einem gleichen Zugwiderstand zu entsprechen braucht.)

Die Genauigkeit der Tiefenhaltung bei kurzweiligen Unebenheiten hängt von der Empfindlichkeit des Krafthebers ab. Wenn die Zeit für die Beeinflussung des Pfluges größer ist als diejenige für das Auf- oder Abfahren eines Schleperrades am Hindernis, wird die Tiefe sich ändern. Aus diesem Grunde ist für kurzweilige Unebenheiten bei Massey Ferguson die Stellung „schnell“ vorteilhafter, bei langen Wellen und auf ebenem, wechselndem Boden die Stellung „langsam“.

Wenn der Wechsel der Bodenverhältnisse nicht unerwartet auftritt, läßt sich durch Nachregeln des Krafthebers die gewünschte Tiefe wieder erreichen. Dies ist aber bei unregelmäßig verlaufenden festen Spuren schwerer Erntemaschinen und Ackerwagen kaum zu erreichen, weil es schwierig ist, vom Sitz aus nach hinten beobachtend die Tiefe richtig zu schätzen und so schnell wie notwendig zu reagieren. Gerade unter solchen Verhältnissen möchte der Landwirt eine Auflockerung des Bodens bis zur vorgesehenen Bearbeitungstiefe erhalten.

Auch bei dieser Regelung nach dem Zugwiderstand ist am Pflug keine Schleifsohle vorhanden, das Moment um den Führungspunkt muß durch den Kraftheber über die Hubstangen aufgenommen werden. Bei schweren Böden kann es vorkommen, daß der Pflug nicht auf Tiefe bleibt, weil die W_0 -Linie unterhalb des Führungspunktes hindurchgeht.

Wie bei System 3, sollte der Pflug auch hier nahe an den Schlepper gebaut sein, damit die Entlastung der Vorderachse nicht zu groß wird — dies ist beim Massey Ferguson-Beetpflug der Fall. Der John Deere-Schlepper hat einen großen Radstand, seine Vorderachse wird aber bei Ausnutzung seiner Zugfähigkeit unter die zulässige Grenze entlastet.

Die Tabelle (S. 80) zeigt — etwas vereinfacht — die Merkmale der beschriebenen vier Regelarten.

Zusammenfassung

Zusammenfassend ergeben sich bei einem Vergleich der vier Anbau- und Regelarten folgende Vor- und Nachteile:

Der Versuch, die Tiefe konstant zu halten, ist bei allen Regelarten unternommen worden. Unterschiedliche Böden und unebenes Gelände beeinträchtigen die Genauigkeit der Tiefenhaltung, die bei den Regelungen 1 bis 3 üblicherweise auf die geforderten $\pm 10\%$ gebracht werden kann. Der Fahrer braucht im allgemeinen während der Arbeit nicht einzugreifen. Bei der Regelung Nr. 4 nach dem Zugwiderstand, sind wesentlich größere Abweichungen möglich, wenn nicht öfters von Hand sofort nachgeregelt wird.

Die Hinterachsbelastung des Schleppers wird bei den Regelarten 3 und 4 automatisch so hoch gehalten, wie es die senkrechten Kräfte (Gewicht und Bodenkräfte am Pflug) zulassen; bei 2 ist es möglich, von Hand die Kräfte an den Hubstangen so einzustellen, daß die Sohlenkraft fast gleich null wird. Ein Überschreiten der Kraft führt zur Änderung der Furchentiefe, da der Pflug auf die Spitze geht. Beim freipendelnden Pflug Nr. 1 ist die Belastung im allgemeinen nicht so hoch, da sich die Einstellung des oberen Lenkers nach dem schwersten Boden des Schlages richten muß, die Wahl des Führungspunktes also für etwas leichteren Boden nicht mehr so vorteilhaft ist.

Der erreichbare Furchenquerschnitt ist aus diesem Grunde bei dem freipendelnden Pflug ohne Nachstellmöglichkeit bei der Arbeit auf wechselndem Boden am kleinsten. Bei den anderen Systemen wäre er bei gleichen Abmessungen und Gewichten des Schleppers gleich, wenn sich nicht bei der Regelung nach dem Zugwiderstand die Tiefe entsprechend ändern würde.

Tiefenhaltung und Triebachsbelastung bei den vier Regelarten

Regelart	Einhaltung der gewünschten Arbeitstiefe		Triebachsbelastung mit maximal erreichbarem Wert	
	durch	automat.	durch	automat.
1.	Schleifsohle und Stützrad	ja	nur bei gleichmäßigem Boden (fest eingestellt)	nein
2.	Schleifsohle und Stützrad	ja	entsprechend den Bodenverhältnissen (von Hand gesteuert)	nein
3.	Tastrolle und Kraftheber	ja	durch Kraftheber	ja
4.	Kraftheber, nur bei gleichmäßigem Boden, sonst Nachregelung von Hand	nur z. Teil	durch Kraftheber	ja

Der technische Aufwand und damit die Kosten können bei den automatischen Regelungen höher liegen — dies wird sich nicht immer lohnen. Der Bauer, der seinen Schlepper selber fährt, wird auch mit dem System 2 zufriedenstellend arbeiten können, das gegenüber dem System 1 eine bessere Steuerung der Triebachsbelastung bei wechselnden Böden hat.

Zur endgültigen Entscheidung über den Wert der verschiedenen Regelungsarten wird jedoch wesentlich die Kenntnis darüber beitragen, wie die ungleichmäßige Furchentiefe sich später auf die Pflanze auswirkt.

Schrifttum:

- [1] Hain, K.: Zur Kinematik der Tiefenhaltung von Schlepperanbaugeräten. In: Grundlagen der Landtechnik H. 3, Düsseldorf 1952, S. 111—128.
- [2] Hain, K. und H. Skalweit: Dreipunktbau: Kompromiß zwischen Zugfähigkeit des Schleppers und Tiefenhaltung des Pfluges. Landtechnische Forschung 7 (1957), H. 5, S. 127—133.
- [3] Meyer, H.: Zur Problematik des Sattelanhängers für Ackerschlepper. Landtechnische Forschung 6 (1956), H. 2, S. 39—42.
- [4] Skalweit, H.: Über die bei der Tiefenhaltung von Schlepperanbaugeräten auftretenden Kräfte. In: Grundlagen der Landtechnik, H. 3, Düsseldorf 1952, S. 109—118.
- [5] Patent Nr. 968 218 der Firma Hanomag.
- [6] Seifert, A.: Neue ausländische hydraulische Kraftheber mit Regelfunktionen. Landtechnische Forschung, in diesem Heft.

Résumé:

Dipl.-Ing. H. Skalweit: „Regelungsarten für Schlepper-Anbaupflüge.“

Wenn der hydraulische Kraftheber außer zum Heben und Senken der Geräte auch zur Verminderung der Sohlenkraft und zur Regelung des Zugwiderstandes durch Änderung der Furchentiefe herangezogen wird, müssen zwei Forderungen erfüllt werden: Die gewünschte Lage des Pfluges muß eingehalten werden und die Hinterachsbelastung des Schleppers darf eine bestimmte Grenze nicht unterschreiten. Der Verfasser untersucht bei vier grundsätzlichen Anbau- und Krafthebersystemen, ob und wie weit sie diese Forderungen erfüllen. In bezug auf Einhaltung einer konstanten Arbeitstiefe weist der auf gleichen Zugwiderstand regelnde Kraftheber mit automatisch wirkender zusätzlicher Achslasterhöhung größere Abweichungen auf als die anderen drei Systeme. Die Hinterachsbelastung kann beim freipendelnden Pflug ohne Einrichtungen zur zusätzlichen Achslasterhöhung nicht reguliert werden, so daß hier der erreichbare Furchenquerschnitt am kleinsten ist, wenn auf einem Schlag ungleichmäßige Bodenverhältnisse herrschen. Da bei automatischen Regelungen der technische Aufwand und damit auch die Kosten höher liegen, wird in vielen Fällen mit einem freipendelnden Pflug mit der Möglichkeit zusätzlicher Achslasterhöhung auszukommen sein.

Dipl. Ing. H. Skalweit: „Regulation and Control of Tractor-drawn Ploughs.“

If hydraulic lifting gear is to be used for regulating the resistance to traction by adjustment of the depth of the furrow in addition to its normal function of raising and lowering the implements, then two requirements must met. The first is that the desired location of the ploughshare must be maintained and the second requirement is that the load on the rear axle of the tractor must not exceed certain definite limits. The writer has investigated four different types of lifting and coupling systems for the purpose of ascertaining whether these different systems met the afore-mentioned requirements. In respect of maintenance of a constant depth of cut, the method dependent upon maintenance of constant resistance to traction by an automatic increase in the load on the rear axle showed greater fluctuations than did the other three systems. In the case of a loosely coupled, swinging plough without any special equipment, the load on the rear axle of the tractor cannot be regulated; so that in this case the cross-sectional area of the furrow is at a minimum when irregularities and inconsistencies in soil conditions are at a maximum. Since automatic regulation requires a greater amount of equipment, and, hence, a substantial increase in cost occurs, it would appear that, in many cases, where freely swinging, loosely coupled ploughs are used, the adoption of supplementary axle loading methods must suffice.

Dipl.-Ing. H. Skalweit: «Types de réglage de charrues portées.»

Quand le relevage hydraulique doit servir aussi bien au terrage et déterrage des outils qu'à la diminution de la force de talonnage et au réglage de l'effort résistant par la variation de la profondeur de travail, il faut que deux conditions soient réalisées: La position désirée de la charrue doit être maintenue et la charge du pont arrière du tracteur ne doit pas être inférieure à une certaine valeur. L'auteur examine quatre systèmes d'attelage et de relevage hydraulique pour savoir si et dans quelle mesure ils répondent à ces exigences. En ce qui concerne le maintien d'une profondeur de travail uniforme, le relevage à système de réglage basé sur l'effort résistant de l'outil et à augmentation automatique supplémentaire de la charge du pont arrière montre des variations de profondeur plus importantes que les trois autres systèmes. Quand on utilise une charrue attelée d'une manière flottante, la charge du pont arrière ne peut être réglée sans l'incorporation d'un système dit «report de poids», de sorte que la section de la raie réalisable est, dans ce cas, la plus petite lorsque la qualité du terrain est irrégulière. Etant donné que les réglages automatiques exigent l'application d'une technique très poussée, et, par conséquent, des dépenses plus élevées, il est dans beaucoup de cas possible, de se contenter d'un dispositif de «report de poids» pour une charrue montée au moyen d'un attelage flottant.

Ing. dipl. H. Skalweit: «Sistemas de regulación para arados montados en tractores.»

Cuando el elevador hidráulico se emplee además de para subir y para bajar los aparatos de enganche también para la reducción de la fuerza de fondo y para la regulación de la resistencia a la tracción, cambiando la profundidad del surco, es preciso cumplir las dos condiciones siguientes: Se debe conservar la posición deseada del arado, y la carga sobre el eje trasero del tractor no debe bajar de un valor determinado. En cuatro sistemas fundamentales de montaje al tractor y de elevadores, el autor investiga si cumplen — y hasta qué punto — estas dos condiciones. En cuanto a la profundidad constante de trabajo, el elevador que regula por la resistencia a la tracción con aumento automático de la carga adicional en el eje, ofrece diferencias mayores que los otros tres sistemas. Con el arado de suspensión móvil la carga sobre el eje trasero no puede regularse sin que exista un dispositivo de aumento de la carga adicional sobre el eje, siendo así que la sección transversal posible del surco es en este caso la más pequeña, cuando se encuentren condiciones distintas de terreno en un mismo campo. Como en la regulación automática el aparato técnico — y con él los gastos — son más elevados, en muchos casos se llegará aproximadamente al mismo resultado con el arado de suspensión móvil que ofrece la posibilidad de cargar más el eje trasero.