

Möglichkeiten der Triebachslasterhöhung bei Ackerschleppern

Von **Horst Hesse** und **Rudolf Möller**, Braunschweig-Völkenrode

Aus den Arbeiten des Instituts für landtechnische Grundlagenforschung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode

Die von einem Schlepper aufgebrauchte Zugkraft hängt im wesentlichen von der Belastung der Triebachse ab. Daher wird versucht, zur Erhöhung der Triebachslast das Gewicht des Arbeitsgerätes oder einen Teil desselben auf die Triebachse des Schleppers zu übertragen. Es werden die Systeme zur Achslasterhöhung bei aufgesattelten und angehängten Geräten beschrieben. Außer den mechanischen passiven Elementen, wie z. B. Federn, sind vor allem die aktiven hydraulischen Elemente von Interesse. Es werden hydraulische Systeme erörtert, die nicht nur die Vorwahl einer bestimmten Größe der Triebachslasterhöhung, sondern auch eine Regelung in Abhängigkeit von anderen Größen, wie z. B. der verbleibenden Vorderachslast, ermöglichen.

Einleitung

In den letzten Jahren haben die Motorleistungen der Ackerschlepper beträchtlich zugenommen, während das Eigengewicht der Schlepper nicht im gleichen Maße gesteigert worden ist. Die Größe der Schlepperzugkraft hängt im wesentlichen von der Belastung der Schleppertriebachse ab und wird durch sie begrenzt. Moderne Schlepper können ihre Motorleistung deshalb bei Feldarbeiten ohne Hilfsmittel nur dann in Zugleistung wandeln, wenn die Fahrgeschwindigkeit erhöht wird. Da das jedoch nicht immer möglich oder erwünscht ist, muß man versuchen, durch zusätzliche Maßnahmen eine Erhöhung der Triebachslast und damit der möglichen Zugkraft zu erreichen. Sieht man von der Anbringung von Zusatzgewichten und von der Wasserfüllung der Reifen ab, dann muß versucht werden, einen Teil des Gewichtes der angebauten oder angehängten Geräte auf den Schlepper zu übertragen.

Den ersten Schritt in diese Richtung machte vor über 30 Jahren *Ferguson*, indem er den Anbaupflug vom Schlepper tragen ließ und gleichzeitig die Arbeitstiefe des Pfluges regelte. Mit diesem System wird nicht nur der größte Teil des Gerätegewichtes, sondern auch ein entsprechender Teil des Schleppergewichtes von der Vorderachse auf die Triebachse verlagert. Bei Anbaupflügen erreicht man dadurch bei richtiger Ausbildung der Pflugkörper das Maximum an Achslasterhöhung. Bei angehängten Geräten, wie z. B. Anhängerpflügen, Scheibeneggen oder Zweiachsackerwagen, ergibt sich während der Arbeit ebenfalls eine dynamische Zusatzbelastung der Schleppertriebachse. Bei aufgesattelten Geräten wie Einachsackerwagen, Aufsattel-pflügen usw. kommt noch ein entsprechender statischer Anteil hinzu. Es muß allerdings bezweifelt werden, ob dabei gerade das Optimum an Zusatzlast erreicht wird. Für angehängte oder aufgesattelte Geräte wurden bereits Versuche unternommen, einen Teil des Gewichtes der Geräte bzw. der an diesen Geräten angreifenden Kräfte auf den Schlepper zu übertragen [4; 6; 8 bis 11].

Im folgenden sollen verschiedene Möglichkeiten, mit denen sich eine gesteuerte bzw. geregelte Achslasterhöhung bei angehängten oder aufgesattelten Geräten am Schlepper erreichen läßt, beschrieben werden. Grundsätzlich besteht das Problem darin, zwischen zwei sich relativ zueinander bewegenden Systemen (Nickbewegung des Schleppers) bestimmte Kräfte zu übertragen, die möglichst unabhängig von Amplitude und Frequenz dieser Relativbewegung sein sollen, und deren Größe unter Umständen in Abhängigkeit von anderen Systemparametern geregelt werden muß. Zur Lösung dieser Aufgabe können passive Elemente, z. B. Federn, oder aktive Elemente, wie z. B. hydraulische Kraftregelkreise, zur Anwendung kommen.

Dipl.-Ing. Horst Hesse ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Ing. (grad.) Rudolf Möller Versuchingenieur im Institut für landtechnische Grundlagenforschung (Direktor: Prof. Dr.-Ing. W. Batel) der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode.

Grundsätzlicher Aufbau von Systemen zur Achslasterhöhung

Bei Anhängern oder Anhängegeräten, die am Zugmaul des Schleppers angekoppelt werden, kann die Achslasterhöhung mit Hilfe des hydraulischen Krafthebers durchgeführt werden. **Bild 1** zeigt den prinzipiellen Aufbau eines von Massey-Ferguson entwickelten Systems zur Achslasterhöhung bei Anhängegeräten. Im Bild ist als Beispiel die Achslasterhöhung für einen Zweiachsanhänger gezeigt. Hier wird um die Zugdeichsel des Anhängers eine Kette geschlungen, die vom Kraftheber des Schleppers gespannt wird. Mit Hilfe eines Ventils wird im Hubzylinder ein bestimmter vorwählbarer Druck aufrechterhalten. Ein solches System muß sehr schnell ansprechen, um die erforderliche Nachgiebigkeit bei Nickbewegungen des Schleppers zu gewährleisten.

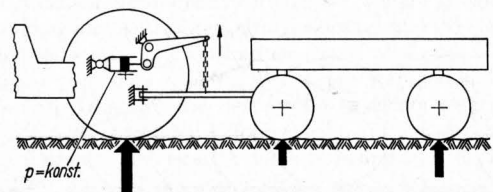


Bild 1. Triebachslasterhöhung mit dem hydraulischen Kraftheber bei Anhängegeräten.

Mit seiner Hilfe kann nun nicht nur eine größere Zugkraft erreicht werden, sondern bei Straßenfahrt auch ein geringer Schlupf beim Bremsen. Um die Gefahr des Aufbäumens und Überschlagens des Schleppers zu verhindern, ist eine Sicherheitseinrichtung vorhanden. Bäumt der Schlepper sich um einen bestimmten Winkel auf, dann rutscht eine am Ende der Kette befestigte Kugel aus ihrer Halterung, womit die Wirkung des Achslasterhöhungssystems ausgeschaltet wird. Auf die Wirkungsweise und den Aufbau der Hydraulikschaltung dieses Systems wird weiter unten näher eingegangen. In gleicher Weise wie in **Bild 1** für einen Anhänger gezeigt, kann eine Achslasterhöhung auch für andere Anhängegeräte durchgeführt werden.

Bei Aufsattelpflügen und -anhängern stützt sich bereits ein Teil des Geräte- bzw. Anhängergewichtes auf den Schlepper ab [7]. Das Lastverhältnis wird hier durch die während der Arbeit auftretenden Zugkräfte je nach Auslegung der kinematischen Verbindung zugunsten der Triebachslast verschoben. Es wird aber dadurch noch nicht für alle Fälle die maximal mögliche Last auf die Triebachse übertragen. So bleibt z. B. bei Aufsattelpflügen noch immer ein großer Teil des Pfluggewichtes ungenutzt auf dem Spornrad des Pfluges, **Bild 2**.

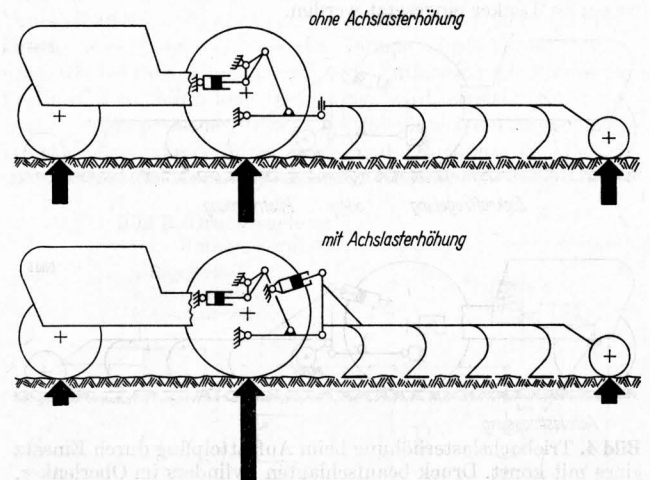


Bild 2. Qualitativer Vergleich der Stützlasten an einem Schlepper mit Aufsattelpflug ohne und mit Triebachslasterhöhung.

Normalerweise wird der Pflug an der Ackerschleife aufgesattelt. Setzt man hier eine Tiefenregelung nach dem Pilotsystem oder eine Zugkraftregelung mit Hilfe der unteren Lenker ein, dann wird dadurch keine zusätzliche Belastung für die Schleppertriebachse erreicht [3].

Bei einer anderen Anlenkung des Aufsattelpfluges unter Zuhilfenahme des oberen Lenkers wird zwar eine Zugkraftregelung wie bei Anbaupflügen über den oberen Lenker möglich, aber auch hierdurch würde keine Zusatzlast gewonnen. Bei einer solchen Regelung muß der Dreipunkturm des Pfluges gegenüber dem Pflugrahmen beweglich angebracht werden, dadurch ergibt sich die Möglichkeit zwischen dem oberen Turmende und dem Pflugrahmen eine Feder zu spannen, **Bild 3**. Damit kann nun eine zusätzliche Last auf den Schlepper übertragen werden. Diese Lösung mit einem passiven System hat den Nachteil, daß sich mit der Längenänderung der Feder auch die übertragene Kraft ändert.

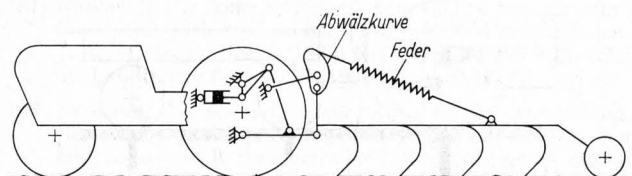
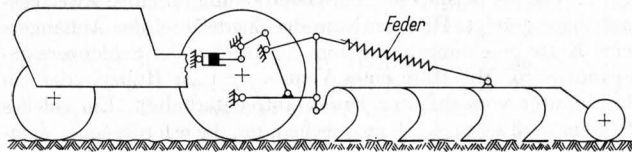


Bild 3. Mechanische Triebachslasterhöhung bei Aufsattelpflügen durch Federn.

oben: Bei Nickbewegungen ändert sich die übertragene Kraft.
unten: Abwälzgetriebe hält die Kraft bei Nickbewegungen konstant.

Man kann hier aber durch ein Abwälzgetriebe (**Bild 3**, unten) erreichen, daß die Federkraft bei Relativbewegungen zwischen Schlepper und Pflug konstant bleibt. Die wesentlichen Nachteile eines solchen Systems bestehen darin, daß das Einstellen der gewünschten Kraft während der Arbeit nur schwer möglich ist, und daß hier eine Regelung der Kraft in Abhängigkeit von anderen Größen sehr kompliziert ist. Darüber hinaus ergeben sich Schwierigkeiten beim An- und Abkoppeln des Gerätes.

Verwendet man einen Pflug, bei dem der Dreipunkturm mit dem Pflugrahmen fest verbunden ist, dann läßt sich anstelle des Oberlenkers ein Hydraulikzylinder einbauen, **Bild 4**, in dem ein vorgewählter Druck aufrechterhalten werden kann. Dadurch wird eine bestimmte Kraft vom Pflug auf den Schlepper übertragen. Bei Nickbewegungen muß sich allerdings die Einbaulänge des Zylinders ändern, wobei der eingestellte Druck und damit die übertragene Kraft konstant bleiben sollen. Bei einer solchen Anordnung ist eine Tiefenregelung des Pfluges mit Hilfe der Oberlenkerkraft nicht mehr möglich, es muß dafür entweder eine Pilotregelung oder eine Zugkraftregelung über die unteren Lenker eingesetzt werden.

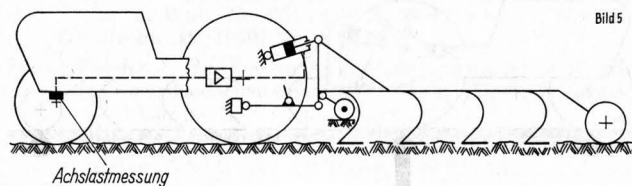
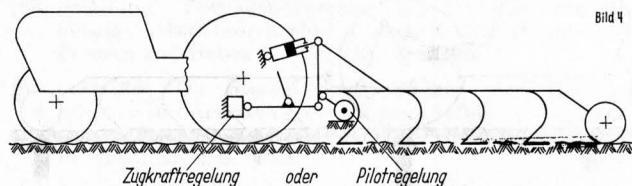


Bild 4. Triebachslasterhöhung beim Aufsattelpflug durch Einsatz eines mit konst. Druck beaufschlagten Zylinders im Oberlenker.
Bild 5. Triebachslasterhöhung beim Aufsattelpflug mit Regelung der Vorderachslast.

Wird bei dem System nach **Bild 4** die Kraft im Oberlenkerzylinder auf einen bestimmten konstanten Wert eingestellt, dann können bei stark wechselnden Bodenverhältnissen dadurch Schwierigkeiten auftreten, daß die Schleppervorderachse bei schweren oder stark verdichteten Böden zu stark entlastet wird, wobei auch die Gefahr des Aufbäumens auftritt. Um diese Gefahr, die auch bei dem Federsystem besteht, vollständig auszuschalten, kann man eine Regelung der zusätzlichen Achslast entsprechend **Bild 5** durchführen. Bei dieser Regelung wird die Vorderachslast gemessen und die Kraft im Oberlenker so eingestellt, daß die Vorderachslast konstant, z. B. auf dem für die Lenkfähigkeit erforderlichen Wert, gehalten wird. Auf diese Weise stellt sich unabhängig vom jeweiligen Zugwiderstand automatisch die Zusatzlast ein, die ohne Beeinträchtigung der Lenkfähigkeit möglich ist. Die Zusatzbelastung kann damit auf dem maximal möglichen Wert gehalten werden, wodurch die besten Zugkraftübertragungsverhältnisse und damit der bestmögliche Wirkungsgrad erreicht wird. In ähnlicher Weise kann auch die höchstzulässige Last auf der Triebachse als Grenzwert gewählt werden [1].

Der Vorteil der hier beschriebenen hydraulischen Systeme zur Achslasterhöhung gegenüber den passiven Systemen mit Federn, liegt in ihrer Flexibilität, d. h., die zu übertragenden Kräfte lassen sich nicht nur sehr leicht von Hand vorwählen, sondern auch in Abhängigkeit von anderen Größen des Schlepper-Pflugsystems regeln.

Ein Grenzfall des Systems mit geregelter Vorderachslast ergibt sich dann, wenn die gesamte Vorderachslast zur Triebachslasterhöhung herangezogen wird, indem man den Schlepper während der Arbeit aufbäumen läßt. Auf diese Weise wird die mit den Massen des Systems Schlepper-Pflug maximal mögliche Belastung der Triebachse erreicht [5]. Um einen solchen Betrieb zu ermöglichen, muß man die unteren Lenker mit dem Pflugrahmen starr verbinden, so daß sie um die Querachse nicht mehr knicken können. Dadurch wird der vordere Anlenkpunkt der Unterlenker zum Drehpunkt, **Bild 6**. Ist die beschriebene Arretierung zwischen Pflugrahmen und unteren Lenkern vorhanden, dann kann man den Schlepper mit Hilfe seines Krafthebers kontrolliert zum Aufbäumen bringen, so daß die Vorderachse gerade etwas vom Boden abhebt. Das System, das dadurch erhalten wird, ist eine Einheit, die in ihrem Verhalten bezüglich Tiefenführung des Pfluges einem Anhängerpflug entspricht. Eine Regelung der Arbeitstiefe ist nicht erforderlich. In ihrer Wirkung auf die Triebachslasterhöhung übertrifft sie alle anderen hier diskutierten Möglichkeiten.

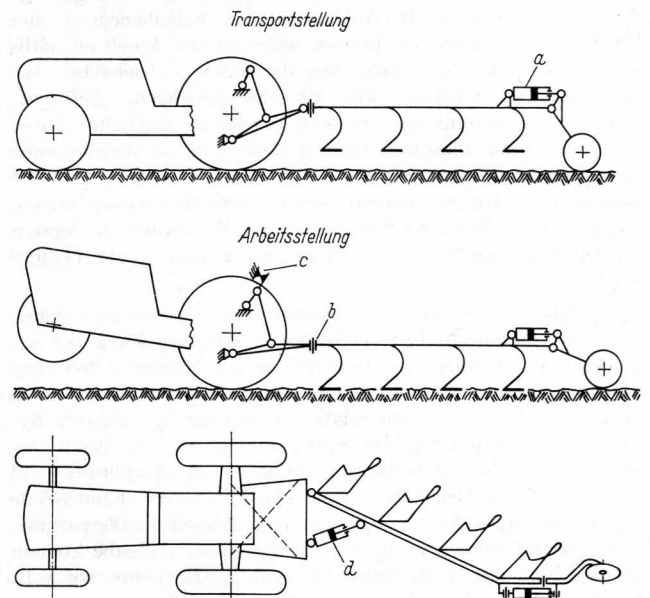


Bild 6. Triebachslasterhöhung beim Aufsattelpflug durch kontrolliertes Aufbäumen des Schleppers.
a hydraulischer Zylinder für das Spornrad
b Arretierung von Pflug und Unterlenkern
c Hubbegrenzung
d hydraulischer Zylinder für die Knicklenkung

Mit einem solchen System wird ohne Regelung ständig das Maximum an Triebachslasterhöhung erreicht. Während der Pflugarbeit selbst kann die Lenkung eines solchen Systems mit Hilfe eines kleinen Zylinders in Form einer Knicklenkung erfolgen, Bild 6. Die Arbeit mit diesem Aggregat würde etwa wie folgt ablaufen: Der Schlepper fährt an die Furche heran, senkt den Pflug mit Hilfe des Krafthebers ab und zieht ihn ein. Dabei kann der Pflug am Spornrad mit einer vorgewählten Zeitverzögerung automatisch abgelassen werden, um ein sauberes Vorgewende zu erzielen. Wenn der Pflug seine Solltiefe erreicht hat, wird die Verbindung zwischen den Unterlenkern und dem Pflugrahmen arretiert und der Schlepper vorn angehoben, bis ein Endschalter die Hydraulik abschaltet. Die Winkelstellung zwischen Unterlenkern und Pflugrahmen gibt die Arbeitstiefe vor, wenn gleichzeitig das Spornrad auf einen entsprechenden Wert eingestellt wird. Am Ende der Furche wird zunächst die Arretierung zwischen Unterlenkern und Pflugrahmen gelöst. Der Schlepper senkt sich vorn wieder ab, die Hubbegrenzung wird aufgehoben und der Kraftheber hebt den Pflug aus. Der Einsetz- und Aushubvorgang könnte durch eine Schaltautomatik ausgeführt werden. Zur Realisierung dieses Systems müssen die Gewichte von Schlepper und Pflug so aufeinander abgestimmt sein, daß nicht der gesamte Pflug wie ein Anbaupflug angehoben wird. Das gezielte Aufbäumen des Schleppers läßt sich auch mit einem Hydraulikzylinder anstelle des oberen Lenkers erzielen, wenn die Koppel des Dreipunktgestänges mit dem Pflugrahmen fest verbunden wird. In diesem Fall kann die Pflugtiefe mit dem Kraftheber eingestellt werden.

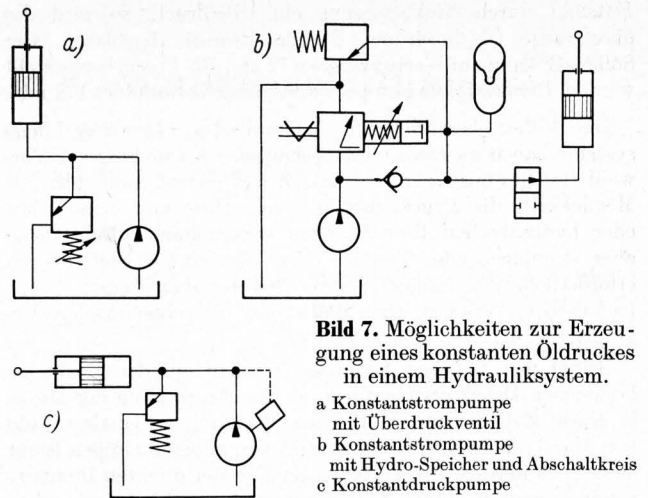
Die hier beschriebene Koppelung von Schlepper und Pflug ist wegen der genauen Anpassung und der erforderlichen hydraulischen Einrichtungen zwar nicht mehr so flexibel in der Geräteauswahl und würde sich daher nur für große Einheiten lohnen. Der technische Aufwand hierfür ist aber nicht höher, vielleicht sogar geringer, als für die anderen Systeme, während der erreichte Nutzeffekt am größten ist.

Hydraulische Schaltungen für Kraft- oder Druckregelungssysteme

Das System zur Achslasterhöhung mit Hilfe einer Feder wirkt weniger konstruktive Probleme auf als die hydraulischen Lösungen. Deshalb soll hier nur auf Schaltungen für hydraulische Kraft- oder Druckregelungssysteme eingegangen werden. Die Aufgabe der hydraulischen Systeme besteht, wie bereits gesagt, darin, in einer Kammer eines hydraulischen Zylinders trotz Bewegung des Kolbens den Öldruck konstant zu halten. Die Kolbenbewegung tritt bei den beschriebenen Systemen auf, wenn der Schlepper Nickbewegungen ausführt. Die Geschwindigkeit der Kolbenbewegung ist bei der Auswahl der Ölversorgung und auch für das Ansprechverhalten der gewählten Ventile von großer Bedeutung. Die Achslasterhöhungssysteme müssen bei plötzlichen Relativbewegungen zwischen Schlepper und Gerät den druckbeaufschlagten Zylindern die entsprechende Ölmenge zuführen oder eine Ölmenge ablassen, ohne daß der Druck im Zylinder sich wesentlich ändert. Bei den in der Praxis vorkommenden Unebenheiten muß für ein Regelungssystem, bei dem die Achslasterhöhung mit Hilfe des Oberlenkers erfolgt, mit maximalen Geschwindigkeiten der Längenänderung des Zylinders von 15 bis 20 cm/s gerechnet werden.

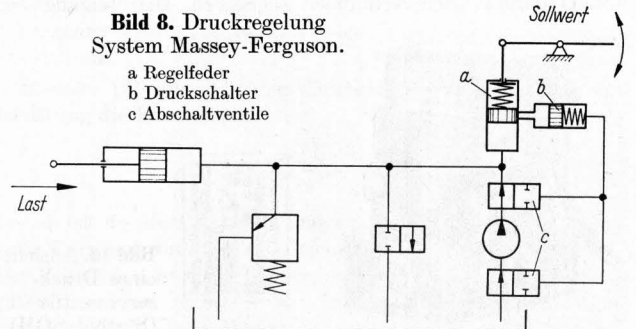
Verschiedene Möglichkeiten zur Erzeugung von konstanten Drücken sind in Bild 7 dargestellt. Der einfachste Weg ist der direkte Anschluß einer Konstantstrompumpe (Zahnpumpe) an den Zylinder. Dabei kann der gewünschte Druck an einem Überdruckventil eingestellt werden, Bild 7a. Die überschüssige Ölmenge wird dabei über ein Überdruckventil in den Tank zurückgeleitet. Diese sehr einfache Lösung scheidet bei großen Leistungen wegen der hohen Verluste und der damit verbundenen Erwärmung des Öles aus.

Um diese Nachteile zu vermeiden, kann man Abschaltkreise in Verbindung mit Hydraulikspeichern verwenden, Bild 7b. Hier fördert eine Konstantstrompumpe so lange Öl in einen Speicher, bis der gewünschte Druck erreicht ist. Dann schaltet ein druckabhängiges Ventil den Ölstrom der Pumpe auf freien Umlauf. Damit werden ein unnötiger Energieverbrauch und eine ständige Belastung der Pumpe vermieden. Wird der Arbeitszylinder direkt mit dem Speicher gekoppelt, so halten sich die Druck-



schwankungen in engen Grenzen. Ein solches System kann von der normalen Schlepperhydraulik mit versorgt werden, da es immer nur die Ölmenge aufnimmt, die vom druckgeregelten Zylinder wirklich verbraucht wird. Eine weitere Möglichkeit zur Erzeugung und Aufrechterhaltung eines bestimmten Druckes stellen die selbsttätig auf konstanten Druck regelnden Pumpen (Nullhubpumpen) dar, Bild 7c. Bei diesen Pumpen stellt sich die geförderte Ölmenge wie der Strom an einem elektrischen Generator entsprechend den Erfordernissen am Verbraucher ein. Derartige Pumpen gibt es in Axialkolben- und in Flügelzellenbauart. Die Flügelzellenpumpen sind zwar billiger, sie haben jedoch bei Nullförderung, wenn der Verbraucher kein Öl abnimmt, einen Leckölstrom von ca. 20% ihrer maximalen Fördermenge und sind deshalb bei großen Leistungen auch nur in Verbindung mit einem Ölkühler verwendbar. Der Vorteil dieser Pumpen liegt jedoch in der großen Geschwindigkeit, mit der sie ihre Fördermenge den jeweiligen Bedürfnissen anpassen. Ihre Einstellzeit von der Nullförderung auf die volle Fördermenge liegt in der Größenordnung von 10 bis 20 ms. Sie können deshalb häufig ohne Speicher betrieben werden. Druckgeregelte Axialkolbenpumpen haben gegenüber den Flügelzellenpumpen einen besseren Wirkungsgrad, sie sind aber teurer und ihr Zeitverhalten ist schlechter. Hier muß mit Einstellzeiten von ca. 100 ms gerechnet werden. Bei den druckgeregelten Pumpen wird die Einstellung des Druckes an der Pumpe vorgenommen. Die Einstellung kann mechanisch, hydraulisch oder elektrisch erfolgen. Es ist also möglich, die Druckeinstellung solcher Pumpen direkt in Abhängigkeit von anderen Größen vorzunehmen, um damit eine Regelung des Druckes zu erreichen. Solche Systeme sind bisher nicht gebaut worden.

Bei dem in Bild 1 beschriebenen System zur Triebachslasterhöhung wird der Öldruck mit einem etwas abgewandelten Abschaltssystem erzeugt, Bild 8. Die Pumpe fördert gegen den Lastdruck bis eine Kontrollfeder, an der der Sollwert eingestellt wird, den Weg zum Druckschalter freigibt. Mit Hilfe dieses Druckschalters, der zwei Ventile steuert, werden gleichzeitig die Druck- und Sauganschlüsse der Pumpe abgeschaltet. Damit wird, wie bei dem Abschaltkreis, eine Entlastung der Pumpe im Leerlauf, d. h., wenn kein Öl benötigt wird, erreicht. Sinkt der Druck im geschlossenen System, so schließt sich der Zugang zum Druckschalter, dieser öffnet Saug- und Druckseite der Pumpe und das System wird wieder auf den Solldruck aufgepumpt.



Entsteht durch Nickbewegung ein Überdruck, so wird das überflüssige Öl durch ein Überdruckventil abgelassen. Der Solldruck kann auf Werte zwischen 11 und 168 kp/cm^2 eingestellt werden. Die maximale Pumpenfördermenge beträgt hier 17 l/min.

Die bisher beschriebenen hydraulischen Druckregelsysteme haben meistens eine mechanische Einstellung zur Vorwahl des gewünschten Druckes. Zwar besteht auch hier die Möglichkeit, die Druckeinstellung mit Hilfe von elektrischen oder hydraulischen Einrichtungen vorzunehmen. Dafür sind aber entsprechende Ventile oder elektrische Stellmotoren erforderlich. Ein solches System bedingt daher einen hohen technischen Aufwand, ohne daß damit ein schnellreagierendes Druckregelungssystem erreicht wird.

Bringt man dagegen die in neuerer Zeit auf den Markt gekommenen Druckservoventile zum Einsatz, so kann der Druck in einem Zylinder mit Hilfe eines elektrischen Signals sowohl von Hand als auch in Abhängigkeit von anderen Größen leicht eingestellt werden. Ihr Vorteil gegenüber der direkten Pumpenregelung liegt in ihrem Zeitverhalten, das durch keine andere Lösung erreicht wird. Die Grenzfrequenzen von Druckservoventilen liegen in der Größenordnung von 100 Hz und damit ihre Einstellzeiten im Bereich von 2 ms.

Auf die gleiche Weise, wie in [3] für eine Kraftübertragung mit Hilfe einer Feder vorgeschlagen, läßt sich mit einem Druckservoventil auch eine Regelung des Druckes und damit der Zusatzlast, z. B. in Abhängigkeit von der erforderlichen Restbelastung der Vorderachse des Schleppers, durchführen. Elektrohydraulische Druckservoventile sind für die Luftfahrtindustrie entwickelt worden, wo sie z. B. die Fahrgestellbremsanlage von Überschallflugzeugen eingesetzt werden [2]. Da ihre Anwendung zur Zeit noch nicht sehr weit verbreitet ist, ist der Preis noch vergleichsweise hoch.

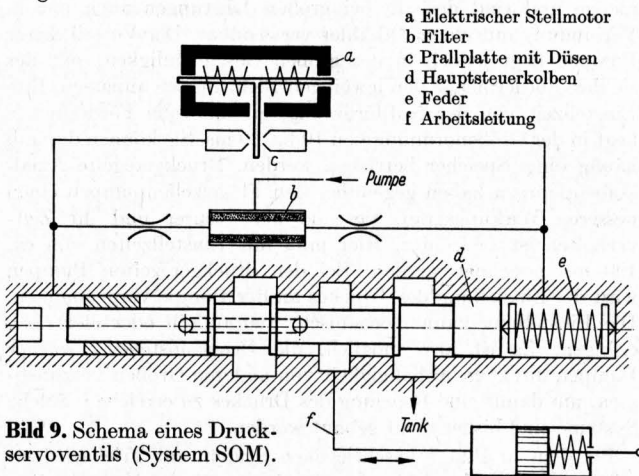


Bild 9. Schema eines Druckservoventils (System SOM).

Der prinzipielle Aufbau eines Druckservoventils ist in **Bild 9** gezeigt. Die Prallplatte des Ventils wird durch den elektrischen Stellmotor proportional zum Steuerstrom der beiden Spulen ausgelenkt. Dadurch werden die Drücke an den Stirnseiten des Steuerschiebers gegenseitig und ebenfalls proportional dem Steuerstrom verändert. Die Druckdifferenz wird gegen eine Feder an einer Seite des Kolbens und den Druck in der Arbeitsleitung ausgewogen. Dadurch wird erreicht, daß der Druck im angeschlossenen Zylinder sich proportional zum Steuerstrom einstellt. Der Hersteller hat für das in **Bild 10** gezeigte Ventil die in **Bild 11** dargestellten Kennlinien angegeben. Die Steigung der

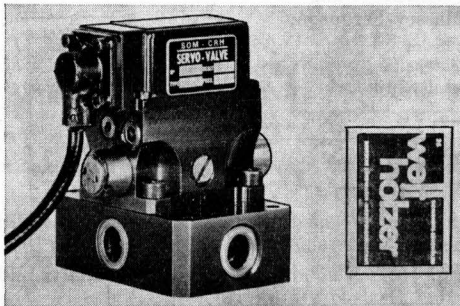


Bild 10. Ansicht eines Druckservoventils (System SOM).

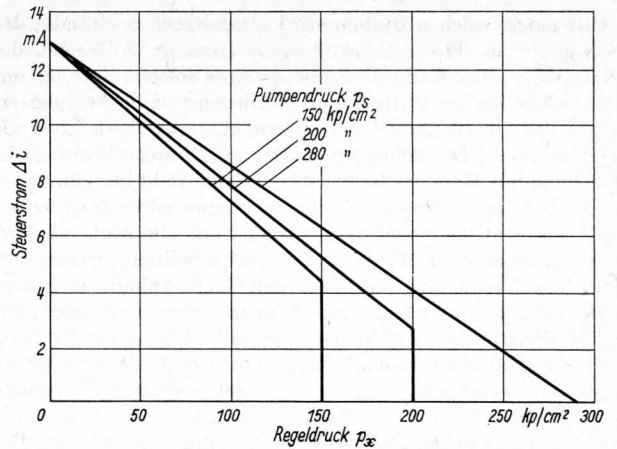


Bild 11. Kennlinien des Druckservoventils nach Bild 10 bei verschiedenen Pumpendrücken.

Kennlinien ändert sich mit dem Versorgungsdruck etwas. Die Kennlinien zeigen aber, daß bei konstantem Versorgungsdruck der Regeldruck linear vom Steuerstrom abhängt. Der Betrieb des Ventils macht allerdings Ölversorgungen entsprechend **Bild 7** und **8** erforderlich. Diesem relativ hohen technischen Aufwand steht eine leichte und genaue Druckeinstellung sowie ein ausgezeichnetes Zeitverhalten gegenüber.

Schlußbetrachtung

Wegen der steigenden Leistungen der Ackerschlepper bei unterproportionaler Erhöhung der Schleppergewichte entsteht die Forderung, durch entsprechende Maßnahmen eine schlepperunabhängige Zusatzbelastung der Triebachsen zu erreichen, um damit die vorhandene Motorleistung voll und mit bestem Wirkungsgrad ausnützen zu können. Wie die Ausführungen gezeigt haben, gibt es eine Reihe von Lösungsmöglichkeiten für das Problem der Übertragung von Zusatzlasten von angehängten oder aufgesattelten Geräten auf die Schleppertriebachse.

Nach Auffassung der Verfasser muß den Systemen der Vorzug gegeben werden, bei denen sowohl eine leichte Einstellung der gewünschten Zusatzbelastung als auch eine Regelung dieser Zusatzbelastung in Abhängigkeit von anderen Größen mit gutem Zeitverhalten möglich ist. Dieser Auffassung folgend wird im Institut für landtechnische Grundlagenforschung ein System zur Triebachslasterhöhung bei Aufsattelpflügen eingehend untersucht, bei dem ein Druckservoventil eingesetzt wird.

Schrifttum

- [1] Grečenko, A.: Efektivnost vytižení kolového traktoru v různých agregacích s pluhem (Verbesserung der Schlepperzugfähigkeit). *Zemědělská Techn.* **11** (1965) Nr. 10, S. 559/84.
- [2] Himmler, C. R.: Untersuchungen an druckregelnden Servoventilen und Triplex-Redundanzsystemen. *ölydraulik und pneumatik* **12** (1968) Nr. 3, S. 87/95.
- [3] Krause, R.: Die Zug- und Lenkfähigkeit schwerer Radschlepper mit Regelhydraulik beim Arbeiten mit Anbau- und Aufsattelpflügen sowie die Tiefen- und Seitenführung der Pflüge. *Grundl. Landtechn.* **17** (1967) Nr. 4, S. 132/42.
- [4] Meincke, K.: Achslastverstärkung des Ackerschleppers beim Zug zweiachsiger Wagen. *Landtechn. Forsch.* **16** (1966) H. 6, S. 223/28.
- [5] Möller, R.: Triebachslasterhöhung bei Aufsattelpflügen. Vortrag auf dem Kolloquium über Automatisierung in der Landtechnik am 24./25. April 1969 in der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode.
- [6] Persson, S. P. E., und S. Johansson: A weight-transfer hitch for pull-type implements (Triebachslasterhöhung bei gezogenen Geräten). *Transactions ASAE* **10** (1967) Nr. 6, S. 847/49. Ref. in: *Grundl. Landtechn.* **18** (1968) Nr. 4, S. 158.
- [7] Söhne, W.: Der Aufsattelpflug als Zwischenlösung zwischen Anhäng- und Anbaupflug. *Grundl. Landtechn.* H. 4 (1953) S. 77/83.
- [8] M-F pressure control system for agricultural weight transfer. *Fluid Power International* **31** (1966) Nr. 362, S. 137/39.
- [9] Test report for users Nr. 493, Dez. 1965. NIAE Silsoe/England.
- [10] Deutsches Bundespatent 1 242 930/Kl. 45a (1967).
- [11] USA — Patent No. 3275084, K. 172 — 9 (1966).