

Schrifttum

- [1] *Stoppel, A. u. W. Schäfer:* Arbeitszeit- und Energiebedarf beim Pflügen in Abhängigkeit vom Getriebeangang, der Arbeitsbreite des Pfluges und der Schleppermasse. *Grundl. Landtechnik* Bd. 31 (1981) Nr. 5, S. 165/71.
- [2] *Meyer, H.:* Die Bedeutung eines stufenlosen Getriebes für den Ackerschlepper und seine Geräte. *Grundl. Landtechnik*, Heft 11 (1959) S. 5/12.
- [3] *Coenberg, H.-H.:* Einige Grundbedingungen und Möglichkeiten für die automatische Regelung stufenloser Getriebe in Schleppern. *Landt. Forschung* Bd. 11 (1961) Nr. 4, S. 101/107.
- [4] *Stoppel, A.:* Energie- und Arbeitszeitbedarf für gezogene Geräte der Bodenbearbeitung bei unterschiedlicher Schlepperauslastung. *Grundl. Landtechnik* Bd. 30 (1980) Nr. 4, S. 135/39.
- [5] Prospektmaterial der Fa. Eicher, Forstern, aus den Jahren 1965/1966.
- [6] Prospektmaterial der Fa. White Farm Equipment, USA

Hydrostatische Antriebssysteme für Schleuderdüngerstreuer

Von Manfred Gluth, Osnabrück*)

Professor Dr.-Ing. Hans Jürgen Matthies zum 60. Geburtstag

DK 631.333.5:621.8.032:62-522

Zur Ausbringung von Mineraldünger sind bei den heute üblichen hohen Düngemittelgaben nur Düngerstreuer geeignet, die eine gleichbleibende Streumenge je Flächeneinheit unabhängig von Schwankungen der Fahrgeschwindigkeit gewährleisten. Diese Forderung läßt sich bei Schleuderdüngerstreuern, die zum Streuen von granuliertem Dünger bevorzugt eingesetzt werden, nur mit hohem technischen Aufwand verwirklichen. Mit Hilfe hydrostatischer Antriebe, die sich mit entsprechenden elektrohydraulischen Komponenten zu selbsttätig geregelten Systemen ausbauen lassen, ist eine optimale Auslegung der Antriebe der Zuführ- und Streuorgane möglich.

1. Einführung

In den letzten Jahrzehnten hat der Verbrauch von Mineraldünger ständig zugenommen. In der Bundesrepublik Deutschland erreicht der Aufwand je ha an reinen Nährstoffen z. Zt. Extremwerte von etwa 400 kg Stickstoff, 200 kg Phosphat und 200 kg Kali. In Zukunft wird man sowohl aus ökonomischen als auch aus ökologischen Gründen gezwungen sein, auf einen rationelleren Einsatz des Mineraldüngers zu achten. Bereits heute erfolgt bei der Stickstoffdüngung die Ausbringung in mehreren Gaben, um eine optimale Düngung jeweils zum Zeitpunkt des Bedarfes zu erreichen.

Die zur Ausbringung von Mineraldünger eingesetzten Streuer müssen daher die folgenden Forderungen erfüllen:

1. Gleichbleibende Streumenge je Flächeneinheit, um Ertragsverluste infolge von Über- bzw. Unterdüngung zu vermeiden.
2. Minimale Änderung der Streumenge je Flächeneinheit bei Fahrfehlern, d.h. bei geringen Schwankungen der Arbeitsbreite.
3. Variabilität der Arbeitsbreite zwecks Anpassung an unterschiedliche Fahrgassenabstände bzw. an ein Vielfaches der Arbeitsbreite von Drillmaschinen.

*) Prof. Dr.-Ing. M. Gluth war von 1963 bis 1969 Mitarbeiter von Herrn Prof. Dr.-Ing. H.J. Matthies am Institut für Landmaschinen der TU Braunschweig; er ist jetzt Professor im Fachbereich Maschinenbau an der Fachhochschule Osnabrück.

Diese Forderungen werden von den zur Ausbringung von gekörntem Mineraldünger bevorzugt eingesetzten Schleuderdüngerstreuern in der heute üblichen Grundkonzeption nur bedingt erfüllt. Normalerweise erfolgt der Antrieb der Schleuderscheibe von der Zapfwelle des Ackerschleppers aus über eine Gelenkwelle und ein Winkelgetriebe, und das Streugut gelangt über Düsen bzw. Blenden mit zeitlich konstantem Durchfluß auf die Schleuderscheibe. Schleuderdüngerstreuer dieser Konzeption liefern nur dann befriedigende Streuergebnisse, wenn die Nenndrehzahl der Schleuderscheibe eingehalten, d.h., wenn die Fahrgeschwindigkeit konstant gehalten werden kann. Bei Schwankungen der Fahrgeschwindigkeit ändert sich das Grundstreubild des Streuers erheblich, und es kommt zu starken Über- bzw. Unterdüngungen.

In der Praxis ist es vor allem bei unebenem und hängigem Gelände sowie infolge von Querfurchen nicht möglich, die Fahrgeschwindigkeit konstant zu halten. Zur Vermeidung von Verlusten, die durch Über- bzw. Unterdüngung entstehen, ist das Antriebs- und Dosiersystem eines Schleuderdüngerstreuers demzufolge so auszulegen, daß es die folgenden Forderungen erfüllt:

1. Konstanthaltung der Nenndrehzahl der Schleuderscheibe, um auch bei Absinken der Motordrehzahl ein optimales Streubild unabhängig von der Fahrgeschwindigkeit zu gewährleisten.
2. Zuführung des Mineraldüngers auf die Schleuderscheibe über Dosierorgane – wie Schnecken, Wabenketten o.ä. – in der Weise, daß die Zuführmenge der zurückgelegten Wegstrecke proportional ist.

Im folgenden wird aufgezeigt, wie sich diese Forderungen mit Hilfe hydrostatischer Antriebe erfüllen lassen.

2. Vergleich hydrostatischer Antriebssysteme

Die zum Aufbau der hydrostatischen Antriebe benötigten Komponenten, wie Pumpen, Motoren und Ventile, werden – abgesehen von einer Ausnahme – von der Hydraulikindustrie in den benötigten Größen angeboten, so daß sich die Hydrostatik bereits bei Kleinserien sinnvoll einsetzen läßt.

Bild 1 zeigt drei hydrostatische Antriebssysteme für Schleuderdüngerstreuer, die die in der Einführung erläuterten Forderungen erfüllen. In der Ausführung des Schleuderscheibenantriebes stimmen die Antriebssysteme überein; die Unterschiede liegen in der Konzeption des Antriebes der Dosierorgane.

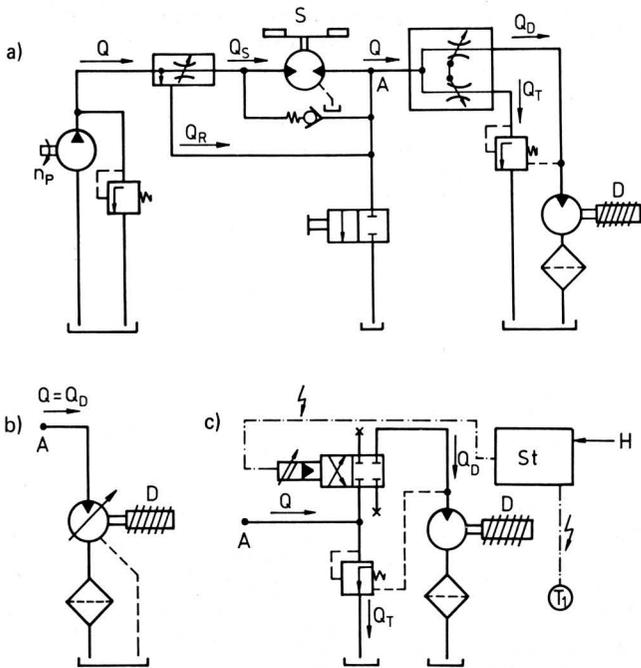


Bild 1. Hydrostatische Antriebssysteme für Schleuderdüngerstreuer.

n_p	Pumpendrehzahl	Q_T	Teilstrom zum Tank
Q	Gesamtstrom der Pumpe	D	Dosieraggregate
Q_S	Strom zum Motor der Schleuderscheibe	H	Hilfsenergie
Q_R	Reststrom	S	Schleuderscheibe
Q_D	Strom zum Motor des Dosieraggregates	St	Steuerelektronik
		T_1	Tachogenerator für Fahrgeschwindigkeitsmessung

In allen Fällen wird zur Umformung der mechanischen Leistung in hydrostatische Leistung eine über ein Getriebe von der Zapfwelle des Ackerschleppers angetriebene Konstantpumpe (Zahnradpumpe) eingesetzt, die einen zur Drehzahl des Schleppermotors proportionalen Ölstrom Q liefert. Dieser Ölstrom wird in einem einstellbaren 3-Wege-Stromregelventil in einen Konstantstrom Q_S und in einen Reststrom Q_R aufgeteilt. Der Ölstrom Q_S treibt einen Konstantmotor an, auf dessen Antriebswelle die Schleuderscheibe sitzt. Diese rotiert so lange mit gleichbleibender Drehzahl, wie der Ölstrom Q größer als der am Stromregelventil eingestellte Ölstrom Q_S ist. Parallel zum Konstantmotor ist ein Rückschlagventil eingebaut, das ein Nachlaufen der Schleuderscheibe beim Abstellen des Schleppermotors gestattet. Diese Konzeption hat sich bereits in der Praxis bewährt [1]; sie wird daher für alle Antriebssysteme als sinnvolle Lösung erachtet.

Die Dosierorgane müssen eine Düngermenge auf die Schleuderscheibe fördern, die dem vom Schlepper zurückgelegten Weg proportional ist, d.h. ihre Antriebsdrehzahl muß sich proportional zur Fahrgeschwindigkeit ändern. Grundsätzlich sind zwar auch mechanische Antriebe für die Dosierorgane denkbar, aber hydrostatische Antriebe bieten vor allem hinsichtlich der Steuer- und Regelbarkeit wesentliche Vorteile.

Die in Bild 1 dargestellten Antriebssysteme sind, wie bereits erläutert wurde, mit einer von der Zapfwelle aus angetriebenen Konstantpumpe versehen. Die Ölströme Q_S und Q_R werden wieder zum Ölstrom Q zusammengefaßt, und man erhält damit im Punkt A eine zur Fahrgeschwindigkeit proportionale Größe, deren Gangabhängigkeit zu beachten ist.

Bei der in Bild 1a dargestellten Lösung wird der Ölstrom Q in einem Stromteiler in zwei Teilstrome Q_D und Q_T aufgeteilt. Das Verhältnis Q_D/Q_T ist einstellbar, es ändert sich im Betrieb aber nicht. Erreicht wird dieses durch ein zum Hydraulikmotor des Dosieraggregates parallel geschaltetes Ventil (Druckwaage), das

dafür sorgt, daß der Druckabfall an den beiden Blenden des Stromteilers unabhängig vom Arbeitsdruck des Motors immer gleich groß ist [2]. Der Ölstrom Q_D , der sich damit ebenfalls proportional zur Fahrgeschwindigkeit ändert, treibt einen Konstantmotor – Langsamläufer mit großem Schluckvolumen – an. Durch das Verändern des Teilungsverhältnisses Q_D/Q_T läßt sich die Zuordnung von der Fahrgeschwindigkeit zur Drehzahl des Dosieraggregates stufenlos ändern, so daß eine einfache Einstellung der gewünschten Streumenge je Flächeneinheit möglich ist. Zur Erleichterung des "Abdrehens" des Düngerstreuers (Kalibrierung der Dosiereinrichtung für das jeweils auszubringende Düngemittel) ist es sinnvoll, die Drehzahl des Dosieraggregates mit Hilfe eines Tachogenerators auf einem Instrument anzuzeigen [1].

In dem in Bild 1b dargestellten Antriebssystem ist anstelle des Stromteilers und des Konstantmotors ein Verstellmotor eingesetzt. Die Drehzahl des Motors ändert sich proportional zu dem von der Konstantpumpe geförderten Ölstrom Q , d.h. proportional zur Zapfwelldrehzahl. Die Veränderung der Zuordnung von der Fahrgeschwindigkeit zur Drehzahl des Dosieraggregates erfolgt über die Veränderung des Schluckvolumens des Verstellmotors. Da auf diese Weise nur Übersetzungsänderungen von etwa 1 : 3 möglich sind, sind zur Grobeinstellung des Massenstromes Sekundärmaßnahmen vorzusehen (Umsteckkräder in einem nachgeschalteten Getriebe). Diese Lösung hat zwar den Vorteil, daß keine Drosselverluste auftreten, aber aus preislichen Gründen wird man gezwungen sein, mit einem relativ kleinen Verstellmotor und einem nachgeschalteten Getriebe mit großem Untersetzungsverhältnis zu arbeiten. Zur Überprüfung der Drehzahl des Dosieraggregates ist ebenfalls eine Anzeige vorzusehen.

Eine weitere Möglichkeit für den Antrieb des Dosieraggregates ist aus Bild 1c zu ersehen. In diesem Antriebssystem wird gegenüber dem in Bild 1a dargestellten System der einstellbare Stromteiler durch ein Proportional-Drosselventil ersetzt; Proportionalventile sind entfeinerte und damit preiswertere Servoventile. Parallel zum Proportionalventil ist eine Druckwaage angeordnet, die für einen gleichbleibenden Druckabfall am Proportionalventil sorgt. Dieses ist erforderlich, weil der in etwa lineare Zusammenhang zwischen dem Durchfluß Q_D und dem elektrischen Eingangssignal am Proportionalventil nur bei gleichbleibendem Druckabfall besteht (üblich ist ein Druckabfall von $\Delta p = 10$ bar). Als Motor ist wiederum ein Langsamläufer mit konstantem Schluckvolumen vorzusehen.

Zur Steuerung wird ein elektrisches Signal benötigt, das der Fahrgeschwindigkeit proportional ist; denkbar für dessen Erzeugung ist entweder ein Tachogenerator oder ein induktiver Drehzahlgeber, der an der Zapfwelle – Gangabhängigkeit beachten – bzw. an der Hinterachse des Schleppers angebaut wird. Dieses elektrische Signal wird in einer Steuerelektronik verarbeitet, die dann das zur Ansteuerung des Proportionalventils benötigte elektrische Signal liefert. Die Zuordnung zwischen der Fahrgeschwindigkeit und der Ventilstellung, d.h. dem Ölstrom Q_D , muß verstellbar sein.

Das Antriebssystem nach Bild 1c stellt die universellste Lösung dar, weil sich die dort verwendete Steuerung der Antriebsdrehzahl des Dosieraggregates mit geringem Mehraufwand zu einem elektrohydraulischen Regelkreis ausbauen läßt, Bild 2. Zu diesem Zweck muß neben der Fahrgeschwindigkeit nur noch die Drehzahl des Dosieraggregates elektrisch erfaßt werden. Der Meßwertempfänger für die Fahrgeschwindigkeit stellt den Sollwertgeber dar, der die Führungsgröße liefert, und der Drehzahlgeber des Dosieraggregates liefert den Istwert der Regelgröße [3]. In der Regel elektronik wird nach entsprechender Transformation der Vergleich von Führungs- und Regelgröße durchgeführt, und die "Regelabweichung" bewirkt eine entsprechende Änderung des elektrischen Eingangssignals zum Torque-Motor des Proportionalventils und damit des Ölstromes Q_D .

Zur Variation der Streumenge je Flächeneinheit muß das Verhältnis von Führungsgröße zu Regelgröße verstellbar sein. Die Verstellung der Antriebsdrehzahl des Dosieraggregates, d.h. die Änderung der Streumenge je Flächeneinheit, läßt sich bei entsprechender An-

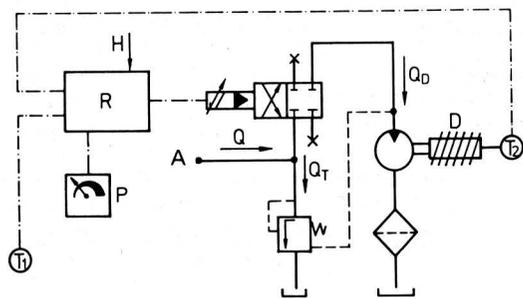


Bild 2. Antrieb des Dosieraggregates mit elektrohydraulischer Regelung.

Q	Gesamtstrom der Pumpe	P	Potentiometer
Q_D	Strom zum Motor des Dosieraggregates	R	Regelelektronik
Q_T	Teilstrom zum Tank	T_1	Tachogenerator für Fahrgeschwindigkeitsmessung
D	Dosieraggregat	T_2	Tachogenerator für Drehzahlmessung
H	Hilfsenergie		

ordnung des Drehpotentiometers sogar während der Fahrt vom Schlepper aus vornehmen. Weiterhin bietet die elektrohydraulische Regelung die Möglichkeit, bei Schleppern mit einer "hydraulischen Steckdose" auf die Konstantpumpe mit dem Übersetzungsgetriebe zu verzichten.

Alle oben erläuterten Antriebssysteme bieten außerdem die speziellen Vorteile der Hydrostatik [4], wobei sich insbesondere die Flexibilität bei der Anordnung der Bauelemente vorteilhaft auswirkt. Die Verstellung der Schleuderscheibe zur Änderung des Aufgabepunktes sowie die Leistungsübertragung bei sehr hoch angehobenem Schleuderdüngerstreuer (Spätdüngung) lassen sich auf einfache Weise verwirklichen. Wegen des geringen Leistungsbedarfs von Schleuderdüngerstreuern liegt das Druckniveau in den Hydrauliksystemen verhältnismäßig niedrig. Demzufolge sind weder durch Drosselverluste bedingte Temperaturprobleme noch merkliche Lecköleinflüsse zu erwarten.

3. Zusammenfassung

Die Schleuderdüngerstreuer haben sich in der Praxis zur Ausbringung von gekörntem Mineraldünger bewährt. In Zukunft ist es aus ökonomischen Gründen erforderlich, die Düngemittel noch effizienter einzusetzen. Voraussetzung hierfür ist eine gleichmäßige Verteilung des Düngers ohne Streifenbildung. Die Hydraulik bietet die Möglichkeit, die Antriebssysteme von Schleuderdüngerstreuern

so auszulegen, daß die Streuergebnisse wesentlich verbessert werden können. Bild 3 zeigt einen Schleuderdüngerstreuer mit hydrostatischem Antrieb; das Antriebssystem entspricht dem in Bild 1 a dargestellten.

Zur weiteren Verbesserung der Antriebssysteme tragen elektrohydraulische Regelungen bei, die den Schlepperfahrer hinsichtlich der Kontrollfunktionen entlasten. Mit Hilfe von Proportionalventilen lassen sich Regelungssysteme mit vertretbarem Aufwand verwirklichen.



Bild 3. Schleuderdüngerstreuer mit hydrostatischem Antrieb (Werkbild Fa. Dreyer, Bad Essen-Wittlage).

Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [1] *Causin, K.-O.*: Schleuderdüngerstreuer "Diadem HS 1000 Super". Die Landtechnische Zeitschrift — dlz (1980) Nr. 4, S. 520/21.
- [2] *Backe, W.*: Grundlagen der Ölhydraulik. 2. Aufl. Institut für hydraulische und pneumatische Antriebe und Steuerungen, Rhein.-Westfälische Technische Hochschule Aachen 1974.
- [3] *Göllner, E.*: Verhalten elektrohydraulischer Geschwindigkeitsregelungen. Ölhydraulik + Pneumatik Bd. 23 (1979) Nr. 11, S. 815/18.
- [4] *Matthies, H.J.*: Entwicklungslinien auf dem Gebiet der Schlepperhydraulik. Grndl. Landtechnik Bd. 24 (1974) Nr. 1, S. 31/40.

Wirtschaftlichkeit und technische Weiterentwicklung des Ackerschleppers

Von Karl Theodor Renius, Köln *)

Professor Dr.-Ing. Hans Jürgen Matthies zum 60. Geburtstag

DK 631.372:65.011.4:65.012.23

*) Dr.-Ing. K.Th. Renius war von 1966 bis 1973 Mitarbeiter von Herrn Prof. Dr.-Ing. H.J. Matthies am Institut für Landmaschinen der TU Braunschweig. Er ist jetzt Hauptabteilungsleiter Produktbetreuung Traktoren der KLÖCKNER-HUMBOLDT-DEUTZ AG, Entwicklungswerk Köln-Porz.

Es wird eine Ordnung entwickelt für die Faktoren, die Einfluß auf die Nutzen/Kosten-Bilanz des Ackerschleppers haben. Diese dient im folgenden zur Diskussion des erreichten Entwicklungsstandes und zur Ableitung der Prioritäten für zukünftige Entwicklungsziele. Die drei bedeutendsten Aufgaben sind: Reduzierung der Herstellkosten, Steigerung der Einsatzleistung und Senkung des auf die abgegebene Leistung bezogenen Kraftstoffverbrauchs.