

# t l Der Einsatz von Stromteilern in Hydraulik-Systemen von Landmaschinen

## 1. Einleitung

Mit zunehmender Mechanisierung in der Landwirtschaft gewinnt der hydraulische Antrieb von Arbeitsgeräten ständig an Bedeutung. Die problemlose Übertragung der Energie an jede gewünschte Stelle von Erntemaschinen beispielsweise ist einer der Gründe für die rasche Ausbreitung der Hydraulik im Bau von Vollerntemaschinen. Dabei ist es nicht selten notwendig, daß zur Erfüllung der verschiedenen Funktionen einer Maschine mehrere voneinander unabhängige Kreisläufe vorhanden sind.

Die Forderung nach getrennten Kreisläufen läßt sich durch den Einsatz einer Mehrkreis- oder Tandempumpe lösen (Bild 1). Eine weitere Möglichkeit ergibt sich in der Reihenschaltung von Hydraulik-Verbrauchern (Bild 2), während in Bild 3 der Einsatzfall eines Stromteilers dargestellt ist.

Die Lösungen gemäß Bild 1 machen den Einsatz einer meist teureren Mehrkreis- oder Tandempumpe notwendig, die darüber hinaus den Nachteil eines festen, durch das Förder Volumen der Pumpe bestimmten Förderstromes in den einzelnen Ausgängen aufweisen. Die Lösung nach Bild 2 erfordert eine Pumpe mit größerem Fördervolumen, da in Reihe geschaltete Verbraucher niedrige Druckausnutzung erlauben.

Gemäß Bild 3 ist das Problem dagegen durch den Einbau eines Stromteilers unter Verwendung einer normalen Einkreispumpe gelöst (Parallelschaltung der Verbraucher). Diese Lösung erlaubt die im voraus bestimmte, jedoch beliebige Aufteilung des Förderstromes auf die beiden Kreise.

Da in modernen Maschinen mit verzweigten Antriebsverhältnissen nicht selten mehr als zwei Antriebe gleichzeitig in Funktion gehalten werden müssen, lassen sich diese Antriebsprobleme durch den Einsatz relativ preiswerter Stromteiler auf einfache Art realisieren.

## 2. Ausführungsarten von Stromteilern

Soll die jeweils geforderte Funktion auf optimale Weise sichergestellt werden, ist es notwendig, den für den jeweiligen Einsatzfall geeigneten Stromteiler einzusetzen.

Dabei muß man unter folgenden Ausführungsarten unterscheiden:

- 2.1. Stromteiler für einfachwirkende Funktion, die nur in Durchflußrichtung von der Pumpe zum Verbraucher durchflossen werden können (Bild 4, links),

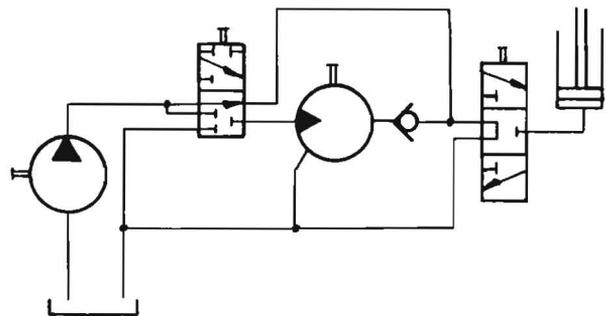


Bild 2: Reihenschaltung von zwei Hydraulik-Verbrauchern

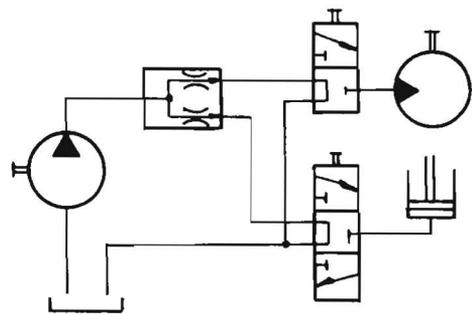
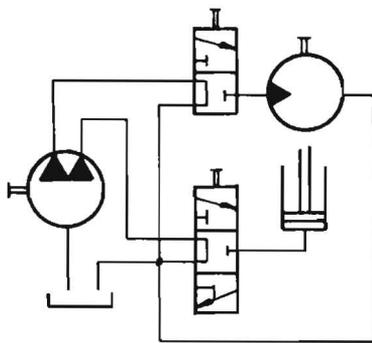


Bild 3: Gleichlauf von zwei Verbrauchern unter Verwendung eines Stromteilers

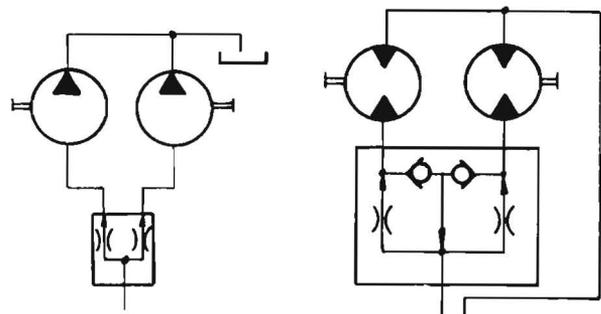
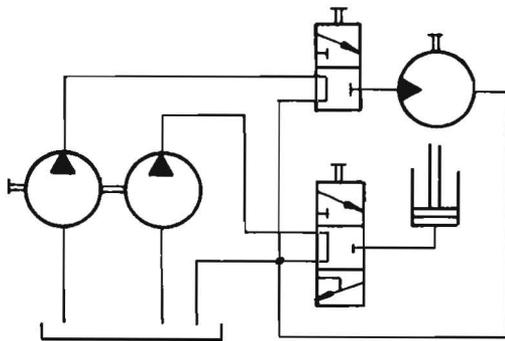


Bild 1: Gleichlaufsystem

Bild 4: Einfachwirkender Stromteiler

oben: Zweikreispumpe; unten: Doppel- oder Tandempumpe

rechts mit unreguliertem Rückstrom über Rückschlagventile

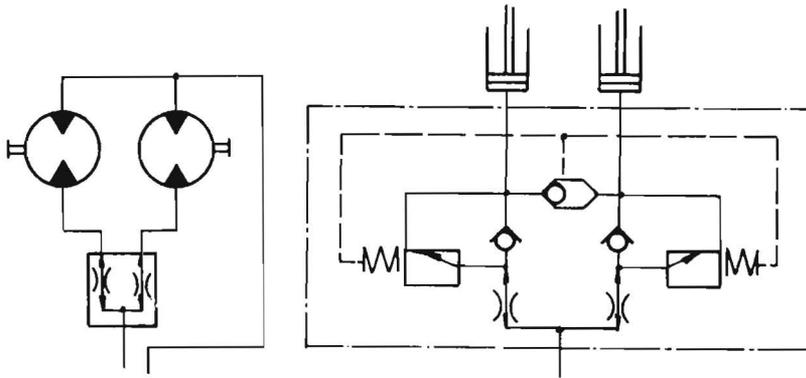


Bild 5: Doppeltwirkender Stromteiler rechts mit Sperrschaltung

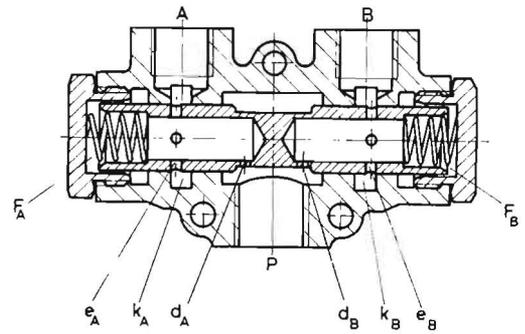


Bild 6: Schnittbild eines einfachwirkenden Stromteilers

- 2.2. Stromteiler für einfachwirkende Funktion, die in Durchflußrichtung von der Pumpe zum Verbraucher teilend durchfließen werden können und über eingebaute Rückschlagventile einen unregelmäßigen Rückstrom erlauben (Bild 4, rechts),
- 2.3. Stromteiler für doppeltwirkende Funktion, die in der einen Durchflußrichtung teilend, in Gegenrichtung durchströmt, jedoch addierend funktionieren (Bild 5, links),
- 2.4. Stromteiler, doppeltwirkend mit Sperrschaltung, die in der einen Durchflußrichtung teilen, in Gegenrichtung durchströmt addieren und über eine eingebaute Sperrschaltung bei abgeschaltetem Ölstrom den Austausch von Druckflüssigkeit von einem zum anderen Verbraucher druckdicht absperren (Bild 5, rechts).

### 3. Funktionsbeschreibung eines einfachwirkenden Stromteilers

Ein im Anschluß P eintretender Ölstrom passiert auf seinem Weg zu den beiden Ausgängen A und B die beiden Lochblenden  $d_A$  und  $d_B$ , um über die Abströmbohrungen  $e_A$  und  $e_B$  in die mit den Ausgängen verbundenen Ringkanäle  $K_A$  und  $K_B$  zu gelangen (Bild 6). Entsprechen die beiden aus Ausgang A und B tretenden Ölströme dem vorgesehenen Teilverhältnis, so entsteht in jeder der beiden Blendenbohrungen  $d_A$  und  $d_B$  der gleiche Druckabfall. Damit sind die beiden Kolbenflächen  $F_A$  und  $F_B$  von gleichen Drücken beaufschlagt und der Regelkolben 1 nimmt, unterstützt durch die beiden Zentrierfedern, eine Mittelstellung ein.

Steigt aber an Ausgang A der Arbeitsdruck über den von Ausgang B an, so würde durch die größere Druckdifferenz von P zu B mehr Öl zu diesem Ausgang strömen wollen. Hierdurch steigt jedoch der Druckabfall in der Lochblende  $d_B$  an, womit die Druckbeaufschlagung der Kolbenfläche  $F_A$  zu und die der Kolbenfläche  $F_B$  abnimmt. Als Folge dessen wird sich der Regelkolben 1 in Richtung gegen die Steuerkante  $K_B$  so lange verschieben und die Abströmbohrungen  $e_B$  soweit verdecken, bis der aus dem Druckunterschied zwischen den beiden Verbrauchern und der aus dem Druckabfall an beiden Blendenbohrungen resultierende Differenz-

druck zwischen Kolbenraum  $F_A$  und  $F_B$  wieder ausgeglichen ist. Somit fließen auf beiden Ausgängen wieder Ölströme, die unabhängig von der Druckhöhe jedes Verbrauchers, wieder im vorgesehenen Verhältnis liegen.

### 4. Kennlinien

Zur Erzielung günstiger Betriebsdaten ist es wichtig, die Stromteiler unter Berücksichtigung ihrer Charakteristiker und Kennlinien einzusetzen. Die zur Beurteilung eines Stromteilers und dessen zweckmäßigem Einsatz notwendigen Kennlinien sollen nachfolgend aufgezeigt und erklärt werden.

#### 4.1. Druckverlust

In Bild 7 ist der Druckverlust  $\Delta p$  über dem Ölstrombereich eines Stromteilers bestimmter Größe aufgezeichnet, während Bild 8 den durch verschiedene Baugrößen bestrichenen Durchflußstrombereich zeigt. Es ist daraus unschwer zu erkennen, daß für einen konkreten Einsatzfall, zum Beispiel der Einsatz eines größeren Stromteilers bei 60 % seines Nennstromes, gegenüber dem mit Maximalstrom durchflossenen nächstkleineren Stromteiler einen um 50 % geringeren Druckverlust ergibt.

#### 4.2. Teilgenauigkeit

Über seinem Durchflußbereich besitzt jeder Stromteiler eine Teilgenauigkeit, die mit abnehmendem Durchflußstrom geringfügig schlechter wird (Bild 9). Es ist also darauf zu achten, daß jeder Stromteiler, vor allem bei variablen Förderströmen in seinem spezifischen Einsatzbereich, eingesetzt wird.

Grundsätzlich kann gesagt werden, daß sich der Ölstrom im Verhältnis 1:2 ändern kann, ohne daß die Teilgenauigkeit darunter nennenswert leidet. Dabei spielt die Größe des Druckunterschiedes zwischen beiden Verbraucheranschlüssen keine wesentliche Rolle.

#### 4.3. Einschaltsperrung

Im Augenblick des Einschaltens befindet sich der Regelkolben des Stromteilers in beliebiger Lage und muß nun entsprechend der bei Beginn der Durchströmung herrschenden

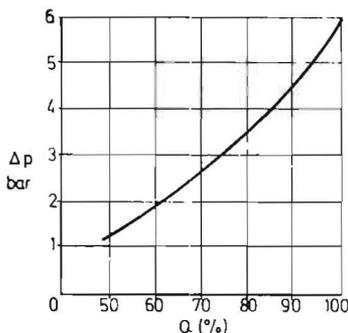


Bild 7: Druckverluste in Abhängigkeit vom Durchflußstrom

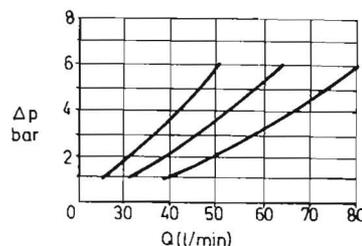


Bild 8: Druckverluste nach Durchflußstrombereich verschiedener Stromteiler-Baugrößen

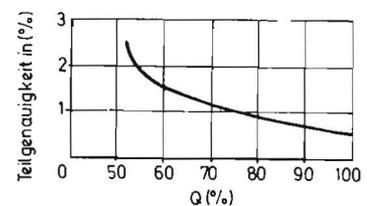


Bild 9: Teilfehler in Abhängigkeit vom Durchflußstrom

Verhältnisse in Regellage gebracht werden. Die Einstellzeit beträgt je nach Größe des im Einschaltmoment herrschenden Fehlers 30 bis 150 ms (Bild 10). Während dieser kurzen Zeit wird dem offenen Ausgang mehr Druckflüssigkeit zuströmen und der dort angeschlossene Verbraucher kurzzeitig voreilen. Aus diesem Grunde sollten Stromteiler nur eingesetzt werden, wenn die Laufzeit mindestens 25 mal so groß ist wie die Einstellzeit.

#### 4.4. Einstellsprung während der Laufzeit

Ähnliches Verhalten zeigt ein Stromteiler, wenn die Druckverhältnisse während der Laufzeit an einem der beiden Ausgänge stark schwanken (Bild 11). Die Erhöhung des Betriebsdruckes des einen Verbrauchers, beispielsweise durch Steigerung der verlangten Leistung, zwingt den Regelkolben, sich gegenüber der Steuerkante des niedriger belasteten Ausgangs neu einzustellen. Während dieser Einstellzeit, etwa 30 bis 100 ms, wird der zum höher belasteten Ausgang fließende Ölstrom kurzzeitig absinken, der andere ebenso ansteigen. Dabei spielt die Druckänderungsgeschwindigkeit eine erhebliche Rolle. Auch hier kann als Faustregel angenommen werden, daß die Teilgenauigkeit nicht beeinträchtigt wird, wenn die Druckschwankungen an beiden Ausgängen auftreten und 50 % des Systemdruckes nicht übersteigen.

### 5. Praktische Anwendung

Die Einsatzmöglichkeiten von Stromteilern sind vielfältig, und es soll anhand der nachfolgenden Beispiele versucht werden, einige praktische Hinweise zu geben.

#### 5.1. Allgemeines

Da die Funktionsfähigkeit eines Stromteilers von dem Vorhandensein eines Druckabfalles in den Lochblenden abhängt, ist es zur Sicherstellung derselben notwendig, daß auf beiden Ausgängen jederzeit ein Ölstrom fließt. Dies bedeutet, daß, wenn einer der beiden nachgeschalteten Verbraucher nur zeitweise eingeschaltet sein soll, trotzdem durch geeignete Schaltung sein Teilstrom ohne Leistungsabgabe weiterfließen muß. Ebenso ist darauf zu achten, daß die dem Teilstrom eines Stromteilers zugeordneten Wegeventile keine positive Schaltüberdeckung aufweisen. Diese Eigenschaft eines Stromteilers, den Ablaufstrom auf dem zweiten Ausgang zu sperren, sobald auf dem ersten Ausgang kein Ölstrom mehr fließt (z. B. durch Erreichen des Hubendes eines Zylinders), lassen es oft angezeigt erscheinen, für den Endausgleich von entsprechend dem Teilfehler zum Endanschlag gekommenen Zylindern geeignete Maßnahmen zu ergreifen. Diese bestehen zumeist darin, daß durch Anbringen von Hubbegrenzern, Beilagescheiben oder Einstellschrauben der Weg des Regelkolbens im Stromteiler so begrenzt wird, daß ein vollständiges Absperren der Ausgänge verhindert wird.

Diese Maßnahme setzt jedoch die Kenntnis der Betriebsverhältnisse voraus, da durch falsche Dimensionierung der Hubbegrenzung die Funktion der Stromteiler ausgesetzt werden kann. Weitere Beachtung ist der Einbaulage des Stromteilers zu schenken, da beispielsweise durch senkrechte Einbaulage das Gewicht des Regelkolbens die Teilgenauigkeit in geringem Maße beeinflussen kann.

Der Filtrierung des Hydraulikmediums ist ebenfalls entsprechende Beachtung zu schenken, da Unreinheiten im System die Funktion des Stromteilers beeinträchtigen oder gar aussetzen können. Die Ansprüche an die Filterfeinheiten liegen dabei in einer Größenordnung, wie sie auch von übrigen Hydraulikbauteilen wie zum Beispiel Hydromotoren-Pumpen und Wegeventilen gefordert werden.

#### 5.2. Leistungsgemäßes Verhalten

Wie schon aus den Ausführungen unter Abschnitt 3 zu entnehmen, stellt sich der Systemdruck im Zulaufstrom zum

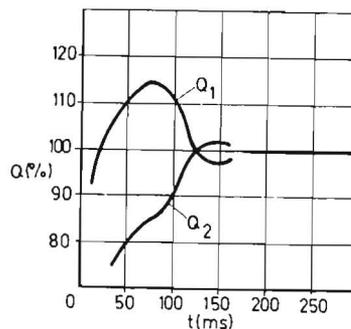


Bild 10: Drucksprung beim Anfahren  
Teilfehler in Abhängigkeit von der Zeit bei Beaufschlagung mit Drucköl

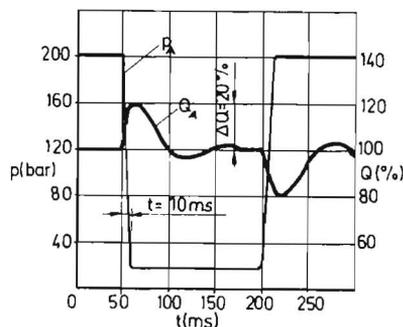


Bild 11: Drucksprung während der Laufzeit  
Teilfehler in Abhängigkeit von der Druckänderung über der Zeit

Stromteiler immer entsprechend dem Arbeitswiderstand des höher belasteten Verbrauchers ein.

Deswegen ist es zweckmäßig, die beiden dem Stromteiler nachgeschalteten Verbraucher mit möglichst gleichen Drücken zu betreiben. Ist dies aus irgendwelchen Gründen nicht durchführbar, ist diesem Umstand bei der leistungsmäßigen Auslegung Rechnung zu tragen. Bei großen Druckunterschieden zwischen den beiden Verbrauchern entsteht im Ölstrom des niedriger belasteten Verbrauchers ein Druckabfall, der eine Verlustleistung bewirkt und die Anlage thermisch belastet. Die vorerwähnten Tatsachen können unberücksichtigt bleiben, wenn deren zeitliches Auftreten 10 bis 15 % der Einschaltdauer nicht überschreiten oder auf Grund weitverzweigter Rohrleitungen, großem Ölbehälter oder ähnlichem, mit entsprechender Wärmeabstrahlung gerechnet werden kann.

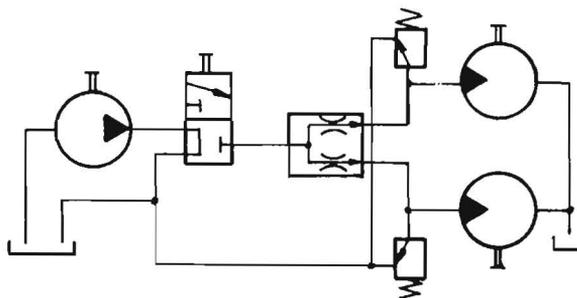


Bild 12: Stromteiler für zwei einfachwirkende abhängige Verbraucher

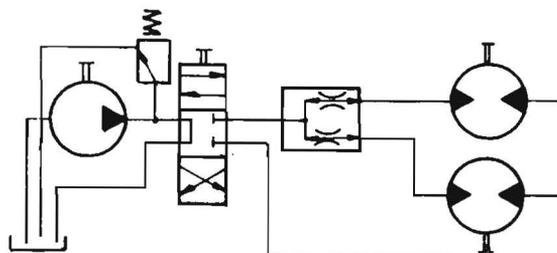


Bild 13: Stromteiler für zwei doppeltwirkende abhängige Verbraucher

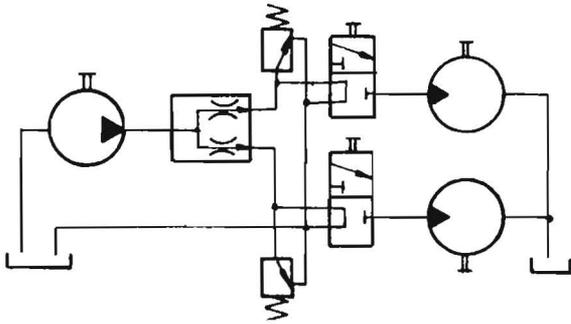


Bild 14: Stromteiler einfachwirkend für zwei unabhängige einfachwirkende Verbraucher

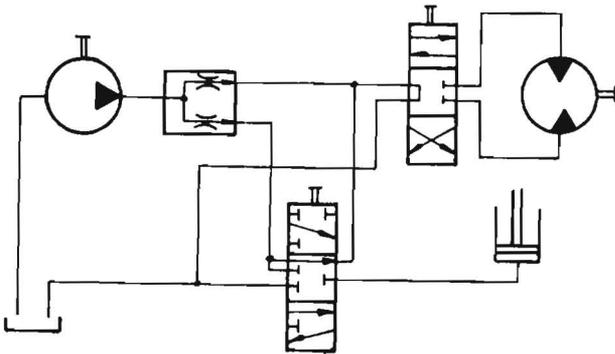


Bild 15: Stromteiler einfachwirkend für zwei einfach- oder doppeltwirkende beschränkt abhängige Verbraucher

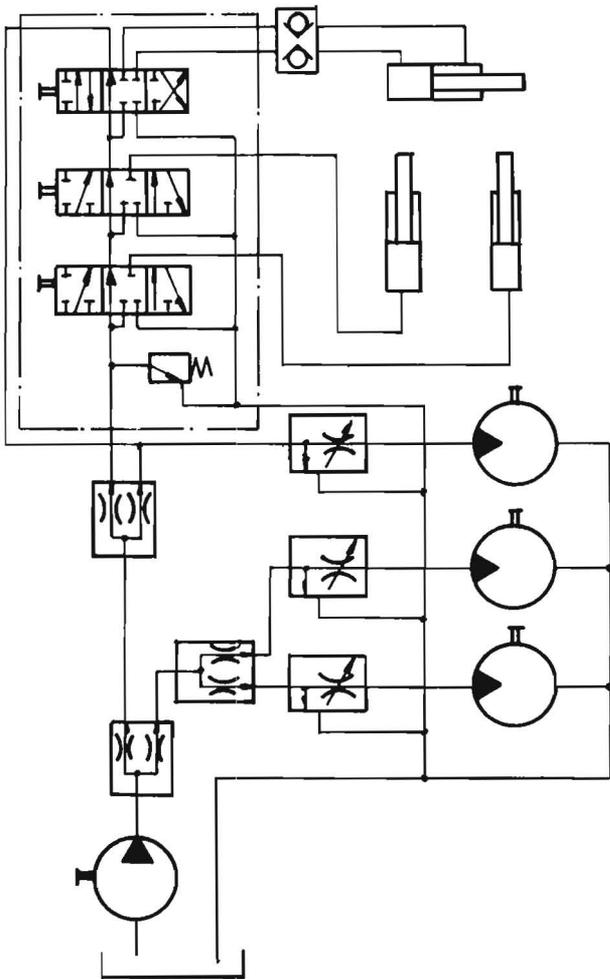


Bild 16: Hydraulikschemata eines Vollernters mit zwei unabhängigen und zwei beschränkt abhängigen Verbrauchern

### 5.3. Ungleiche Aufteilung

Der Einsatz von Stromteilern ist keinesfalls nur auf gleiche Ölstrom-Aufteilung beschränkt. Theoretisch können Stromteiler für jedes beliebige Teilverhältnis ausgelegt werden. Praktisch sind der ungleichen Aufteilung jedoch dadurch Grenzen gesetzt, daß sich der Teilfehler für den kleineren Ausgang eines Stromteilers mit dem Teilverhältnis multipliziert. Hieraus ergibt sich ein maximales Teilverhältnis von etwa 1:4.

### 5.4. Stromteiler für zwei einfachwirkende abhängige Verbraucher

In diesem Einsatzfall (Bild 12) wird der Stromteiler erst im Augenblick des Einschaltens der beiden Hydromotoren mit Drucköl beaufschlagt. Der Systemdruck stellt sich entsprechend dem höher belasteten Verbraucher ein. Damit der eine Antrieb nicht zum Stillstand kommt, falls der andere durch Erreichen der Belastungsgrenze stillgesetzt wird, ist in jeder Verbraucherleitung ein Druckbegrenzungsventil vorgesehen. Auf diese Weise bleibt auch bei Überlastung eines Antriebes der Abfluß des geteilten Ölstromes und somit die Funktion des Stromteilers sichergestellt. Im weiteren hat diese Schaltung den Vorteil, daß in Ausschaltstellung der funktionell notwendige Druckverlust im Stromteiler nicht auftritt.

### 5.5. Stromteiler für zwei doppeltwirkende abhängige Verbraucher

Das im vorangegangenen Abschnitt Gesagte gilt hier sinngemäß. Jedoch ist dem Umstand Rechnung zu tragen, daß während des umgekehrten Ölflusses vom Verbraucher zum Stromteiler der Rücklaufanschluß des niedriger belasteten Verbrauchers mit Druck beaufschlagt wird, entsprechend dem Druckunterschied zwischen den beiden Verbrauchern (Bild 13).

### 5.6. Stromteiler für zwei einfach- oder doppeltwirkende unabhängige Verbraucher

Um jeden Verbraucher unabhängig vom anderen ein- und auszuschalten, sind entsprechende Steuergeräte in die Verbindungsleitungen zwischen Stromteiler und Verbraucher einzubauen (Bild 14). Im übrigen gelten auch hier die Ausführungen gemäß Abschnitt 5.1. und 5.4.

### 5.7. Stromteiler für zwei doppelt- oder einfachwirkende beschränkt abhängige Verbraucher

Für den Fall, daß ein Verbraucher dauernd, ein anderer jedoch nur kurzzeitig eingeschaltet werden soll, empfiehlt sich die Anordnung gemäß Bild 15. Diese Lösung bietet den Vorteil, daß der für den kurzzeitig eingeschalteten Verbraucher abgezweigte Teilstrom dem des langfristig eingeschalteten wieder zugefügt wird. Dadurch kann der Gesamtstrom niedriger gehalten und Leistungsverluste, wie sie durch langzeitige ungleiche Belastung der beiden Verbraucheranschlüsse am Stromteiler entstehen können, vermieden werden. Der einzige Nachteil zeigt sich darin, daß der Verbraucher 1 während der Einschaltdauer des Verbrauchers 2 seine Leistung, das heißt seine Arbeitsgeschwindigkeit entsprechend dem Teilverhältnis im Stromteiler ändert, was in vielen Fällen aber ohne Bedeutung ist.

In Bild 16 ist das Hydraulikschemata einer ausgeführten Vollerntemaschine gezeigt, bei welcher zwei voneinander unabhängige und zwei beschränkt abhängige Funktionen durch den Einsatz von drei Stromteilern gewährleistet werden. Solche und ähnliche Maschinen sind in Tausenden von Exemplaren schon seit Jahren im Einsatz und haben die Funktionstüchtigkeit und Betriebssicherheit von Stromteilern erwiesen.

## 6. Schlußbetrachtung

Der vorliegende Beitrag gibt anhand von Beispielen einen kleinen Überblick über die gebotenen Möglichkeiten beim Einsatz von Stromteilern. Dabei sollten vor allem für den praktischen Anwender die Kenntnis vermittelt werden, die für den zweckmäßigen Einsatz ausschlaggebend sind.

Obwohl das Thema im Rahmen eines solchen Aufsatzes nicht erschöpfend behandelt werden kann, zeigt sich doch daß die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten der Hydraulik in mobilen und stationären Anlagen erheblich erweitert werden, weil mit dem Stromteiler Antriebsprobleme ökonomisch gelöst werden können, die andernfalls aus wirtschaftlichen Überlegungen zurückgestellt werden müßten.

Walter Krumrey

## Empfehlungen des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft für Agrartechnik zur Entwicklung der agrartechnischen Forschung und Lehre an den Universitäten und Forschungsanstalten

Angesichts des bedeutenden Wandels der Agrartechnik in den vergangenen Jahren hält es der Arbeitskreis Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft für Agrartechnik<sup>1)</sup> für dringlich geboten, den Rahmen der Agrartechnik im Hinblick auf die Entwicklung von Lehre und Forschung für die nahe Zukunft neu abzustecken. Zudem erfordert das Gutachten des Wissenschaftsrates zur Neuordnung von Forschung und Ausbildung im Bereich der Agrarwissenschaften die Stellungnahme des Arbeitskreises.

### 1. Lehr- und Forschungsgebiete der Agrartechnik

Die Empfehlungen des Arbeitskreises für die weitere Entwicklung der Agrartechnik bauen auf eine eingehend beratende Neuordnung der Lehr- und Forschungsgebiete auf. Als wichtigste Gebiete seien genannt:

*an den Technischen Fakultäten*

die Grundfächer

- Landtechnische Grundverfahren
- Landmaschinenbau
- Schlepperbau
- Landwirtschaftliches Bauwesen

und die Nebenfächer

- Terramechanik
- Mehrphasige Strömungen
- Olhydraulik
- Erdbaumaschinen

*an den Agrarwissenschaftlichen Fakultäten*

- Verfahrenstechnik der Gewinnung und Verarbeitung pflanzlicher Produkte
- Verfahrenstechnik der tierischen Produktion
- Verfahrenstechnik der heimischen Sonderkulturen
- Tropische Agrartechnik
- Technik im Gartenbau
- Kulturbauertechnik
- Arbeitswissenschaft im Landbau
- Arbeitswissenschaft im Gartenbau

### 2. Umfang der Agrartechnik

#### 2.1. Agrartechnik an den Technischen Fakultäten

##### 2.1.1. Landtechnische Grundverfahren, Landmaschinen- und Schlepperbau sowie Nebenfächer

Nach der Ausbildung in den grundlegenden und übergreifenden naturwissenschaftlichen technischen Disziplinen muß dem Maschinenbaustudenten Gelegenheit gegeben werden, sich in die agrartechnischen Grundlagen zu vertiefen und

Kenntnisse im Rahmen eines speziellen, der Praxis nahestehenden Fachgebietes anzuwenden, um insbesondere das Konstruieren von Maschinen und Geräten zu erlernen. Hierzu ist die Disziplin des Landmaschinenbaues in hervorragender Weise geeignet. Aus diesem Grund und zur Sicherung des von Industrie und Wissenschaft benötigten Nachwuchses an Landmaschinen-Ingenieuren sollten die in Berlin, Braunschweig, München und Stuttgart vorhandenen Ausbildungsmöglichkeiten und die dort vorhandenen Landmaschinen-Institute und Landmaschinen-Fachrichtungen erhalten bleiben und weiter ausgebaut werden.

Die Landmaschinen-Institute sollten neben ihren Aufgaben im speziellen Landmaschinenbau auch die ihnen — je nach den Erfahrungen der Professoren — nahestehenden Randgebiete mit vertreten, so daß sich für Lehre und Forschung insgesamt etwa die folgende Fächerskala ergibt:

*Grundfächer:*

- Landtechnische Grundverfahren
- Landmaschinenbau
- Schlepperbau

*Nebenfächer:*

- Erdbaumaschinen
- Terramechanik
- Mehrphasige Strömungen

Innerhalb der einzelnen Fächer dieser Skala sollten in Lehre und Forschung die folgenden Stoffgebiete berücksichtigt werden:

- Stoffeigenschaften
- Stoffgesetze und Grundverfahren
- Funktion und Gestaltung der Maschinen und Verfahren
- Einsatz der Maschinen

##### 2.1.2. Landwirtschaftliches Bauwesen an den Technischen Universitäten

Im Bereich des landwirtschaftlichen Bauwesens ergeben sich nachstehende Aufgabengebiete:

1. Bauen im landwirtschaftlichen Betrieb (Betriebswirtschaft und Funktion, Bauphysik und Konstruktion, Vorfertigung, Althofsanierung)
2. Strukturfragen des ländlichen Raumes, besonders der Dorferneuerung (Bauleitpläne, Sanierung des vorhandenen Baubestandes, Schaffung und Erneuerung von Dorfkernen, Verkehrserschließung, Gewerbe- und Gemeinschaftsbauten)
3. Landschaft und Raumordnung (Flurbereinigung, Landschaftsgestaltung, Aussiedlung, Dorf- und Kleinstädterweiterung)

Die Architekturstudenten sind während ihres Studiums mit diesen Aufgabengebieten vertraut zu machen, um sie in die

<sup>1)</sup> Dem Arbeitskreis Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft für Agrartechnik gehören die Professoren und Dozenten der Universitäts-Institute und die Direktoren der Forschungs-Institute in der Bundesrepublik Deutschland auf dem Gebiet der Agrartechnik an