

Die Kurve des Seitenversatzes y_{VL} der gelenkten Vorderachse verläuft (im festen Koordinatensystem) von Null bis zur Maximalauslenkung im positiven Bereich, d. h. bei einer Linkskurve verschiebt sich die gelenkte Achse nach der linken Seite, wobei die Parallelspur vom Mittelpunkt der Vorderachse nach rd. 1 s erreicht wird. Der Mittelpunkt der gelenkten Hinterachse dagegen bewegt sich bis zu rd. 1 s im negativen Bereich (d. h. beim Linkseinschlag läuft die gelenkte Achse erst nach rechts) und danach erst im positiven Bereich. Die Parallelspur wird erst nach 2 s erreicht.

Einen sehr guten Überblick über die unterschiedlichen Informationen bei Vorderrad- und Hinterradlenkung gibt die Darstellung des gesamten Fahrzeugs beim Fahrspurwechsel (Bild 5). Zum betrachteten Zeitpunkt t_1 ist deutlich zu sehen, daß beide Fahrzeuge trotz gleichen Lenkwinkelverlaufs bezüglich des Seitenversatzes während der Zeit T gegenüber dem festen Koordinatensystem unterschiedliche Lagen einnehmen. Während das vorderradgelenkte Fahrzeug auf einen Lenkeinschlag sofort mit einem entsprechenden Seitenversatz reagiert, ist die Reaktion des hinterradgelenkten Fahrzeugs bis zur Zeit $t = T/2$ nur sehr langsam; bei $t = 3/4 T$ ist dann erst das Maximum der Seitenversatzgeschwindigkeit erreicht.

Da der Fahrer die Informationen von der hinter ihm liegenden Lenkachse nur in geringem Maß wahrnehmen kann, ist er auf die Informationen von der nicht gelenkten Vorderachse angewiesen. Die richtige Eingabe des Lenkwinkels als Funktion der Zeit ist deshalb schwieriger. Dadurch ist bedingt, daß ein hinterradgelenktes Fahrzeug bei gleicher Voraussetzung nicht die Regelgüte eines Fahrzeugs mit Vorderradlenkung erreichen kann. Die Fahrerinformation Lenkmoment kann bei hinterradgelenkten Fahrzeugen durch instabiles Lenkverhalten — die Räder schlagen bei Kurvenfahrt bei losgelassenem Lenkrad von selbst bis zum Volleinschlag ein, anstelle sich in die Geradeausfahrt zurückzudrehen — ungünstig sein, da durch ein negatives Lenkmoment das menschliche Übertragungsverhalten gestört und der Regelkreis instabil werden kann. Bei modernen selbstfahrenden Landmaschinen

mit vollhydraulischer Lenkung geht die Information Lenkmoment infolge geringer Lenkkräfte von 10 bis 20 N völlig verloren. Es wird deshalb hauptsächlich nach optischer Information gefahren, wobei die Abweichung von der Sollspur über den Seitenversatz und die Drehung des Fahrzeugs über den Gierwinkel wahrgenommen werden. Die bisher im Kraftfahrzeugbau stets betonte Wichtigkeit des Lenkmoments ist für den vorliegenden Anwendungsfall nicht zutreffend.

Auswirkungen der Regelstrecke und der Fahrerinformationen

Wie die bisherigen Betrachtungen zur Regelstrecke und zu den Fahrerinformationen gezeigt haben, ist bei Hinterradlenkung die Regelstrecke instabil und die Übertragung der Information stark verzögert.

Die Begründung dafür, daß man trotzdem mit hinterradgelenkten Fahrzeugen in der Praxis fahren kann, ist folgende: Das Fahrzeug als Regelstrecke ist bei Hinterradlenkung zwar instabil, der Fahrer als ausgezeichneter Regler ist aber in der Lage, den Regelkreis mit instabiler Regelstrecke bei niedrigen Geschwindigkeiten stabil zu halten. Außerdem ist es im praktischen Fahrbetrieb nicht erforderlich, eine vorgegebene Sollspur genau einzuhalten. Ein gegenüber vergleichbaren vorderradgelenkten Fahrzeugen größerer Seitenversatz und mehr Lenkkorrekturen werden zugelassen. Der Fahrer ist jedoch höheren physischen und psychischen Belastungen ausgesetzt.

Aus der Kenntnis dieses Umstands wurde versucht, die Instabilität der Regelstrecke abzubauen. Durch Änderungen der Radstellungsgrößen ist das auch gelungen. Durch den Abbau der Instabilität der Regelstrecke konnte das Fahrverhalten hinterradgelenkter Landmaschinen verbessert werden. Die Ergebnisse dieser Forschungsarbeiten werden am Mähdrescher E 516 angewendet. Trotzdem wird empfohlen, bei der Konzipierung neuer selbstfahrender Landmaschinen auf Vorderradlenkung zu orientieren.

Bei einer auf dem Feld eingesetzten Landmaschine, wie z. B. Mähdrescher oder Feldhäcksler, steigt die Anzahl der vom Fahrer zu

verarbeitenden Informationen und damit die psychische Belastung gegenüber normaler Transportfahrt beträchtlich an. Neben den Informationen, die zum Führen des Fahrzeugs erforderlich sind, wie Einhaltung der Sollfahrspur am Bestand mit größtmöglicher Ausnutzung der Schneidwerkbreite und maximaler Fahrgeschwindigkeit, sind außerdem folgende Informationen zu beachten:

- von den Arbeitsaggregaten:
 - Durchsatz
 - Schneidwerkhöhe
 - Haspelstellung
 - Trommeldrehzahl usw.
- vom Transportfahrzeug, das das Erntegut übernimmt:
 - Gleichlauf und Seitenabweichung von Erntemaschine und Transportfahrzeug
 - Übergabe des Erntegutes
 - Befüllungszustand.

Hinzu kommen noch erschwerende Bedingungen, wie Lärm, Staub, Schwingungen, ungünstige Sichtverhältnisse, durch die das Wahrnehmen von Informationen erschwert wird. Mit zukünftigen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten müssen deshalb Möglichkeiten zur Entlastung des Fahrers geschaffen werden. Positive Beispiele hierfür sind die Bodenkopierung bei Schneidwerken und die automatische Lenkung am Bestand, wie sie für den Mähdrescher E 512 angeboten werden, und erste Forschungen zum Problem der Gleichlaufregelung von Erntemaschine und Transportfahrzeug.

Literatur

- [1] Hesse, H.: Über den Regelkreis Mensch—Maschine. Grundlagen der Landtechnik 17 (1967) Nr. 2, S. 41.
- [2] Schmidlein, H.: Über den Wissensstand auf dem Forschungsgebiet „Regler“ Mensch. Jahrbuch d. Wiss. Ges. f. Luft- und Raumfahrt 1963, S. 484.
- [3] Mitschke, M.; Niemann, K.: Die Regeltätigkeit des Autofahrers bei Kursabweichungen. Deutsche Kraftfahrtforschung und Straßenverkehrstechnik (1970) H. 206.
- [4] Schmidt, M.: Untersuchungen zum Lenkverhalten an hinterradgelenkten Fahrzeugen. TU Dresden, Dissertation 1978. A 2079

Experimentelle Untersuchungen zum Verschleißverhalten hydrostatischer Fahrtriebe

Dr.-Ing. B. Leitholdt, KDT, Ingenieurbüro für vorbeugende Instandhaltung Dresden

Verwendete Formelzeichen

n	U/min	Drehzahl
p_B	bar	Betriebsdruck
p_N	bar	Nennndruck
p_{Sp}	bar	Speisedruck
$Q_{L,M}$	l/min	Leckölstrom des Hydromotors
Q_{LP}	l/min	Leckölstrom der Hydropumpe
Q_{Sp}	l/min	Spülölstrom
t_B	h	Betriebsdauer
V_g	cm ³	geometrisches Verdrängungsvolumen

1 Problemstellung

Der Antrieb von Fahrzeugen unter Verwendung von hydrostatischen Getrieben wird als hydrostatischer Fahrtrieb bezeichnet. Die Aus-

rüstung von Fahrzeugen mit hydrostatischen Fahrtrieben anstelle der bisher üblichen mechanischen Getriebe führt zu einer erheblichen Erleichterung der Arbeitsbedingungen. So kann der Fahrer des Mähdreschers E 516 die Geschwindigkeitsregelung, das Bremsen, Anhalten und Rückwärtsfahren mit der Betätigung nur eines Hebels bewerkstelligen.

Der Fahrtrieb stellt eine Hauptbaugruppe selbstfahrender Landmaschinen dar. Sein Ausfall führt zum Ausfall der Gesamtmaschine. Da die selbstfahrenden Erntemaschinen leistungsbestimmend für das gesamte hochproduktive Maschinensystem sind, verursacht ein solcher Ausfall erhebliche Verluste.

Die Zuverlässigkeit der hydrostatischen Fahrtriebe hat somit eine große Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit ganzer Maschinensysteme. Die Gewährleistung einer hohen Zuverlässigkeit erfordert die planmäßig vorbeugende Instandhaltung der Landmaschinen.

Voraussetzung für die Anwendbarkeit vorbeugender Instandhaltungsmaßnahmen sind ausreichende Kenntnisse bezüglich des Verschleißverhaltens sowie der Aussonderungsgrenzen. Im folgenden wird über grundlegende Untersuchungen zur demontagearmen Bestimmung des Verschleißzustands hydrostatischer Fahrtriebe berichtet. Diese Untersuchungen wurden im Auftrag des VEB Kombinat Fort-

schrift Landmaschinen Neustadt vom Ingenieurbüro für vorbeugende Instandhaltung Dresden durchgeführt.

2. Ursachen für den Verschleiß hydrostatischer Fahrtriebe

Die entscheidenden Ursachen für den Verschleiß hydrostatischer Fahrtriebe sind — unzulässig verschmutzte Hydraulikflüssigkeiten

- dynamische Betriebsbelastungen [1, 2, 3, 4]. Die hydrostatischen Baueinheiten sind im Verlauf ihrer Weiterentwicklung immer schmutzempfindlicher geworden. Der Grund hierfür ist die mit der Senkung des Masse-Leistungs-Verhältnisses verbundene Steigerung der Betriebsdrücke. Höhere Betriebsdrücke erfordern zur Verringerung der Leckverluste besonders enge und damit schmutzempfindliche Dichtspalte zwischen den bewegten Elementen. Unter dem Begriff „Schmutz“ sollen hier alle festen, flüssigen und gasförmigen Stoffe verstanden werden, die in einer Hydraulikanlage Verschleiß erzeugen. Schmutz gelangt in die Hydraulikanlage bei
 - Fertigungsprozess und Montage
 - Einfüllen neuer Hydraulikflüssigkeit
 - Betrieb der Anlage
 - Instandhaltung der Anlage.

Die bei der Fertigung und Montage in die Hydraulikanlage gelangten Schmutzteilechen, z. B. Metallspäne, Gußsand, Schleifstaub, Schweißrückstände und Dichtungspartikel, sind wegen ihrer Härte besonders verschleißfördernd. Durch sorgfältige Reinigung aller Bauteile während der Montage und anschließende gründliche Spülung der Anlage können diese Schmutzteilechen bereits vor der Auslieferung der Anlage an den Nutzer entfernt werden.

Die neue Hydraulikflüssigkeit enthält meist sehr viele Schmutzteilechen, z. B. Lackreste aus den Transportbehältern, verklumpte Additives und Staub. Durch eine Filterung beim Einfüllen kann ein Teil des Schmutzes zurückgehalten werden.

Der größte Teil des Schmutzes gelangt erst beim Betrieb der Anlage in die Hydraulikflüssigkeit. Das betrifft vor allem Abrieb, Lackteilchen, Alterungsprodukte des Öls, die in der Anlage entstehen, sowie Staub, Wasser und Luft, die von außen durch Belüftungsventile, Leckstellen und Kupplungen in das System gelangen.

Als eine nicht zu vernachlässigende Schmutzursache muß auch die unsachgemäße Instandhaltung von Hydraulikanlagen angesehen werden. Das betrifft bei der Durchführung von Instandhaltungsmaßnahmen sowohl die Vernachlässigung der Sauberkeit als auch die Nichteinhaltung der festgelegten Zeitpunkte.

Je nach Beschaffenheit und Größe der Schmutzteilechen sind ihre Auswirkungen auf den Verschleiß der Hydraulikelemente unterschiedlich. Flüssige und gasförmige Stoffe üben im wesentlichen nur einen indirekten Einfluß auf den Verschleiß aus, indem sie die Oxydation des Hydrauliköls und die Korrosion der Metallteile fördern.

Den weitaus größten Einfluß auf den Verschleiß haben jedoch die festen Schmutzteilechen. Sie wandern in enge Spalte und erzeugen starken Verschleiß an den Gleitflächen, da die meisten von ihnen relativ hart sind. Durch eine ausreichende kontinuierliche Filterung sowie sorgfältige Pflege und Wartung kann das Eindringen fester Schmutzteilechen in die Hydraulikflüssigkeit vermieden werden. Dem entgegen stehen das teilweise nicht ausreichende Pflegeniveau in landwirtschaftlichen Betrieben und die hohen Sauberkeitsanforderungen von seiten des Fahrtriebs.

Der Einfluß der Betriebsbelastungen auf den Verschleiß wurde noch nicht umfassend untersucht.

Nach Hofmann [2] und Hlawitschka [4] können vor allem dynamische Belastungen verschleißfördernd wirken. Sie werden hervorgerufen durch:

- Beschleunigungs- und Bremsvorgänge
- Schwankungen von Drücken und Drehzahlen
- Umsteuervorgänge
- äußere Schwingungseinflüsse.

Verschleiß entsteht vorwiegend an den Gleitflächen der bewegten Bauelemente. Deshalb konzentriert sich der Verschleiß in hydrostatischen Fahrtrieben vor allem auf die Verdrängungsmaschinen.

3. Kenngrößen des Verschleißverhaltens hydrostatischer Fahrtriebe

Die Bestimmung des Verschleißzustands hydrostatischer Fahrtriebe kann mit folgenden Methoden erfolgen:

- Nachweis von Abmessungs- und Masseänderungen der durch Verschleiß beanspruchten Teile
- Nachweis der Verschleißpartikel
- Nachweis der durch den Verschleiß hervorgerufenen Sekundäreffekte.

Der Nachweis der Abmessungs- oder Masseänderungen erfordert entweder die Demontage des Fahrtriebs oder den Einsatz radioaktiver Isotope. Eine demontagefreie Bestimmung des Verschleißzustands mit Hilfe radioaktiv markierter Verschleißteilchen bleibt jedoch speziellen Untersuchungen vorbehalten, eine Breitenanwendung ist ausgeschlossen.

Die während des Verschleißvorgangs von der Oberfläche der Teile losgetrennten Werkstoffteilchen, die Verschleißpartikel, werden von der Hydraulikflüssigkeit aufgenommen. Der Nachweis der Verschleißpartikel (2. Methode) erfordert deshalb die Bestimmung der Ölverschmutzung. An die Methoden zur Bestimmung des Gehalts an festen Verunreinigungen werden dabei hohe Anforderungen gestellt, die nur in Speziallabors erfüllt werden können.

Durch den Verschleiß werden zahlreiche Sekundäreffekte verursacht, wie Ölstrom-, Druck- und Temperaturänderungen und Schwingungen. Die Bestimmung dieser Effekte kann mit Hilfe der folgenden Kenngrößen erfolgen:

- Leckölstrom
- Spülölstrom
- Speisedruck
- Öltemperatur
- Wärmestrahlung
- Körperschall
- Luftschall.

Für die Bestimmung des Verschleißzustands unter Praxisbedingungen kommen unter Berücksichtigung des notwendigen Zeit- und Kostenaufwands sowie der Genauigkeit der Ergebnisse derzeit nur Leckölstrom, Spülölstrom und Speisedruck in Frage.

Als Lecköl wird das aus den Druckräumen durch die zwischen den bewegten Elementen vorhandenen Dichtspalte abfließende Verlustöl bezeichnet. Der Verschleiß führt zur Vergrößerung der Dichtspalte und damit zum Anwachsen des Leckölstroms.

Die Leckölverluste werden bei den in der Landtechnik zum Einsatz kommenden Fahrtrieben von einer Zahnradspiepumpe ergänzt. Diese Pumpe fördert mehr Öl in den Kreislauf, als Lecköl aus dem Kreislauf abfließt. Deshalb strömt ein Teil des Öls als Spülöl aus der Niederdruckleitung des Kreislaufs ab. Das

Spülöl stellt eine Reserve für den Anstieg des Leckölstroms dar. Zwischen dem von der Spiepumpe gelieferten Ölstrom und der Summe aus Leckölstrom und Spülölstrom besteht ein Gleichgewicht. Unter der Voraussetzung eines konstanten Speiseölstroms verringert sich der Spülölstrom um den Betrag der verschleißbedingten Erhöhung des Leckölstroms. Daraus folgt, daß der Spülölstrom die gleiche Aussage bezüglich des Verschleißzustands ermöglicht wie der Leckölstrom.

Der Speisedruck garantiert die ordnungsgemäße Befüllung der Hauptpumpe des Fahrtriebs. Er wird von der Spiepumpe solange aufrechterhalten, wie der Leckölstrom kleiner ist als der Förderstrom der Spiepumpe. Wird der Leckölstrom gleich dem Förderstrom der Spiepumpe, kann sich kein Speisedruck mehr aufbauen. Dadurch verschlechtert sich der Füllvorgang der Hauptpumpe und es kommt zum Verschleiß, der zum Ausfall des Fahrtriebs führen kann. Durch Beobachten des Speisedrucks kann also die Schadensgrenze des Fahrtriebs erkannt werden.

4. Durchführung und Ergebnisse experimenteller Untersuchungen

Ziele der experimentellen Untersuchungen waren:

- Überprüfung der Eignung der Kenngrößen Leckölstrom, Spülölstrom und Speisedruck zur Bestimmung des Verschleißzustands hydrostatischer Fahrtriebe
- Wichtung der genannten Kenngrößen hinsichtlich der Widerspiegelung von Änderungen des Verschleißzustands
- Ermittlung der Auswirkungen ungenügender Filterpflege auf den Verschleiß des Fahrtriebs.

Die Untersuchungen wurden in Form von Prüfstanduntersuchungen an einem Fahrtrieb der Nenngröße 100/320 durchgeführt (Hersteller: VEB Kombinat ORSTA-Hydraulik). Er besteht aus einer Axialkolbenpumpe mit verstellbarem Verdrängungsvolumen und einem Axialkolbenmotor mit konstantem Verdrängungsvolumen (Bild 1). Charakteristische Parameter dieser Axialkolbenmaschinen sind [5]:

- Geometrisches Verdrängungsvolumen $V_g = 100 \text{ cm}^3$
- Nenndruck $p_N = 320 \text{ bar}$
- Betriebsdruck $p_B = 0 \dots 400 \text{ bar}$
- Drehzahl $n = 0 \dots 2400 \text{ U/min.}$

Die Hydropumpe wird von einem Dieselmotor angetrieben. Das Hydrauliköl wird von der Zahnradspiepumpe über einen Saugfilter (Filterfeinheit $10 \mu\text{m}$) angesaugt. Die Spiepumpe ist mit der Hydropumpe mechanisch gekoppelt. Zwischen Hydromotor und Hydropumpe besteht ein geschlossener Kreislauf. Der in der Hochdruckleitung des Kreislaufs vorhandene Druck ist abhängig von der Belastung des Hydromotors. Der von der Spiepumpe in den Kreislauf eingespeiste Ölstrom fließt als Lecköl- und Spülölstrom wieder in den Behälter zurück. Der Leckölstrom wird vor dem Eintritt in den Ölbehälter gekühlt. Die Untersuchungen wurden bei konstanter Belastung des Fahrtriebs durchgeführt. Der Verschleiß wurde durch die Zugabe definierter Mengen Korund (Al_2O_3) sowie durch den Betrieb der Anlage ohne Filter bzw. mit einem Filter der Filterfeinheit $63 \mu\text{m}$ hervorgerufen. Die Messung des Speisedrucks erfolgte mit einem Feinmeßmanometer. Zur Bestimmung von Lecköl- und Spülölstrom wurden Ringkolbenzähler verwendet.

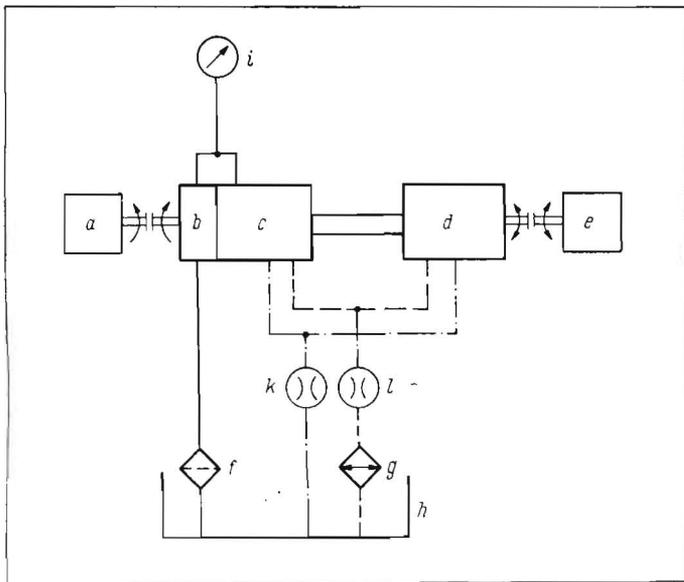


Bild 1. Schema des untersuchten ORSTA-Fahrtriebs; a Dieselmotor, b Zahnradspeisepumpe, c Axialkolbenpumpe, d Axialkolbenmotor, e Wasserwirbelbremse, f Filter, g Kühler, h Behälter, i Manometer zur Speisedruckmessung, k Ringkolbenzähler zur Messung des Spülölstroms, l Ringkolbenzähler zur Messung des Leckölstroms

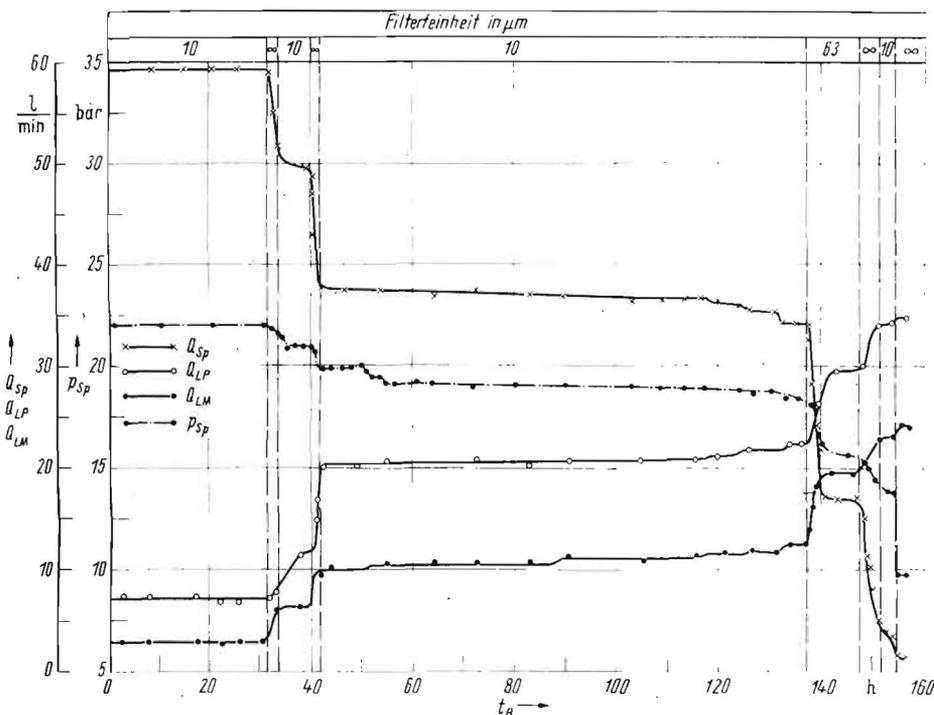


Bild 2. Abhängigkeit der Kenngrößen Q_{SP} , Q_{LP} , Q_{LM} und p_{SP} von der Betriebsdauer t_B

Die experimentellen Untersuchungen führten zu folgenden wichtigen Ergebnissen (Bild 2):

- Bei ordnungsgemäßem Betreiben des Fahrtriebs (Filterfeinheit $10 \mu\text{m}$, keine Zugabe verschleißfördernder Zusätze) bleiben die genannten Kenngrößen mit steigender Betriebsdauer konstant ($t_B = 0 \dots 32 \text{ h}$).
- Die Zugabe verschleißfördernder Zusätze bewirkt einen Anstieg der Leckölströme von Pumpe und Motor bzw. einen Abfall des Spülölstroms und des Speisedrucks ($t_B = 100 \dots 137 \text{ h}$).
- Das Betreiben des Fahrtriebs mit einem $63\text{-}\mu\text{m}$ -Filter bzw. ohne Filter führt zu einem sprunghaften Anstieg der Leckölströme von Pumpe und Motor bzw. zum Abfall von Spülölstrom und Speisedruck infolge einer sprunghaften Zunahme fester Schmutzteilchen ($t_B = 32; 40; 137; 147 \text{ h}$).

- Die ermittelte Änderung der Kenngrößen spiegelt die Änderung des Verschleißzustands der Verdrängungsmaschinen wider. Die Ergebnisse der durchgeführten Verschleißmessungen im demontierten Zustand zeigten, daß die Änderung der Kenngrößen vor allem auf die Änderung des Verschleißzustands am Axiallager der Verdrängungsmaschinen zurückzuführen ist.
- Durch den Einsatz eines einwandfreien $10\text{-}\mu\text{m}$ -Filters können der Verschleißvorgang gestoppt und eine weitere Verschleißzunahme verhindert werden.
- Leckölstrom und Spülölstrom ermöglichen eine empfindlichere Widerspiegelung des Verschleißzustands als der Speisedruck.
- Während die Kenngrößen Speisedruck und Spülölstrom für die gesamte Einschätzung des Verschleißzustands des Fahrtriebs

(Komplexdiagnose) geeignet sind, kann bei dem untersuchten Fahrtrieb mit Hilfe einer Messung von Pumpen- und Motorleckölstrom eine getrennte Einschätzung von Hydropumpe und -motor (Tiefendiagnose) realisiert werden.

- Aufgrund des sprunghaften Verschleißverlaufs beim Eintritt fester Schmutzteilchen in die Hydraulikflüssigkeit ist eine permanente Überwachung des Verschleißzustands des Fahrtriebs anzustreben.

5. Zusammenfassung

Die Ausrüstung selbstfahrender Landmaschinen mit hydrostatischen Fahrtrieben führt zu einer erheblichen Erleichterung der Arbeitsbedingungen. Eine wichtige Voraussetzung für die Gewährleistung einer hohen Zuverlässigkeit derartiger Antriebe sind ausreichende Kenntnisse bezüglich ihres Verschleißverhaltens. Die entscheidende Ursache für den Verschleiß hydrostatischer Fahrtriebe stellen die in der Hydraulikflüssigkeit vorhandenen festen Schmutzteilchen dar. Sie können beim Einfüllen der Hydraulikflüssigkeit, beim Betrieb des Fahrtriebs und bei der Durchführung von Instandhaltungsmaßnahmen in die Flüssigkeit gelangen.

Anhand theoretischer Überlegungen wurden zunächst Kenngrößen ermittelt, die für eine demontagearme Bestimmung des Verschleißzustands hydrostatischer Fahrtriebe unter Praxisbedingungen in Frage kommen.

Die an einem ORSTA-Fahrtrieb durchgeführten Prüfstanduntersuchungen bestätigten die Eignung der Kenngrößen Leckölstrom, Spülölstrom und Speisedruck für die genannte Aufgabe.

Die Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen verdeutlichen die entscheidende Bedeutung der Filterpflege für den ordnungsgemäßen Betrieb des Fahrtriebs. Defekte oder zu grobmaschige Filter führten in kurzer Zeit zu erhöhtem Verschleiß oder sogar zum Totalausfall des Fahrtriebs.

Ausgehend von den Ergebnissen der beschriebenen Untersuchungen sind in weiteren Forschungsarbeiten Verfahren für die reproduzierbare Bestimmung der Kenngrößen unter den Bedingungen der landwirtschaftlichen Praxis zu entwickeln.

Literatur

- Böinghoff, O.: Ursachen und Folgen der Verschmutzung von Hydraulikflüssigkeiten. Grundlagen der Landtechnik 24 (1974) H. 2, S. 46–50.
- Hofmann, K.: Die Möglichkeiten der Diagnose bei hydrostatischen Fahrtrieben. Tagungsmaterial der 3. Wiss. Tagung der Sektion Landtechnik im Rahmen der Rostocker Universitätstage 1977, Teil 1, S. 85–86.
- Sevčenko, V. S.; Betcher, V. N.; Lapotko, O. P.: Uskorennyye resursnyye ispytaniya nasosov stanočnych sistem (Beschleunigte Lebensdaueruntersuchungen von Werkzeugmaschinenpumpen). Vestnik mašinostr., Moskva 54 (1976) H. 6, S. 10–13.
- Hlawitschka, E.: Ursachen und Auswirkungen des Verschleißes auf das Betriebsverhalten hydrostatischer Baugruppen. agrartechnik 26 (1976) H. 4, S. 196–199.
- Hydrostatische Axialkolbenwandler nach TGL 10862. Prospekt des VEB Kombinat ORSTA-Hydraulik, 1972. A 2096