

Bild 2  
Entwicklung des Anteils der Traktoren mit Mängeln nach Bewertungsgruppen

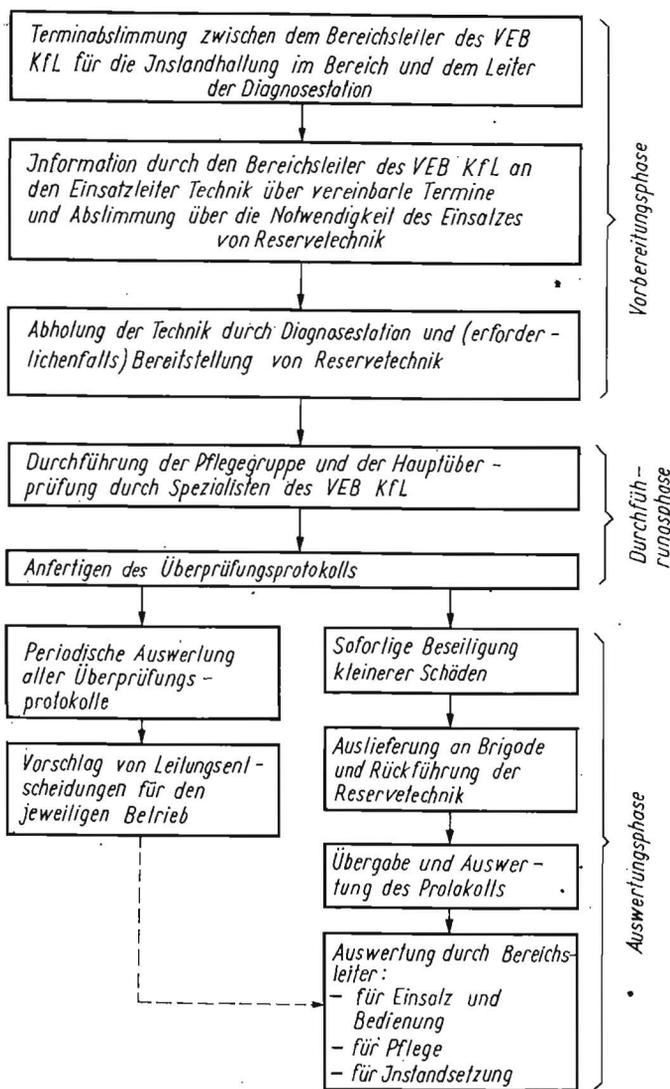


Bild 3  
Organisatorischer Ablauf einer Hauptüberprüfung

stationäre Diagnose in sinnvoller Kombination mit mobilen Kapazitäten. Für die Organisation der Hauptüberprüfungen in einer zentralen Pflege- und Diagnosestation des Kreises wurden deshalb folgende Vorstellungen erarbeitet:

— Die Grundlage für die Organisation der Hauptüberprüfungen bilden einheitliche

technische und technologische Unterlagen.

— Die Pflege- und Überprüfungsintervalle sind auf der Grundlage der geltenden Vorschriften vereinbart.

— Die Hauptüberprüfung erfolgt gemeinsam mit einer höheren (möglichst der höchsten) Pflegegruppe.

- Die Hauptüberprüfung einschließlich der höheren Pflegegruppe erfolgt in der zentralen Diagnosestation des VEB KfL.
- Die sich aus der Hauptüberprüfung ergebenden Instandsetzungsmaßnahmen werden inhaltlich und zeitlich sofort bestimmt. Wenn erforderlich, erfolgt die Instandsetzung sofort nach der Hauptüberprüfung in der Werkstatt unmittelbar neben der Diagnosestation, die über maschinentypen-gebundene Arbeitsplätze verfügt.
- Für die Entwicklungsphase, in der die Instandhaltungseinrichtungen der sozialistischen Landwirtschaftsbetriebe leitungs-mäßig dem VEB KfL zugeordnet sind, ist der im Bild 3 dargestellte organisatorische Ablauf vorgesehen.

### 3. Zusammenfassung

Die Durchführung und Auswertung der Hauptüberprüfungen von Traktoren darf nicht nur ein Problem der auf diesem Gebiet Tätigen sein. Neben den vielen praktizierten Formen der Auswertung der Ergebnisse sind weitere anzuwenden, um die Verfügbarkeit der Maschinen zu beeinflussen. Die beschriebene Möglichkeit zeigt bestimmte Ergebnisse, muß aber ständig vervollkommen werden. Besonders wichtig ist, bei der Hauptüberprüfung festgestellte Mängel in den Kollektiven auszuwerten, die diese Mängel verursacht haben oder zu deren Beseitigung beitragen können. Zum organisatorischen Ablauf der Hauptüberprüfung wird ein Vorschlag unterbreitet, der Anregung sein soll und als Diskussionsgrundlage dienen kann.

### Literatur

- [1] TGL 80-22 278 „Grundbegriffe der landtechnischen Instandhaltung“. Aug. Nov. 1973.
- [2] Technologien und Überprüfungs-kennwerte für die einzelnen Maschinentypen von der Erzeugnisgruppe 18. Herausgegeben vom VEB Kreisbetrieb für Landtechnik „Vogtland“.
- [3] Rationelles Pflegen und Prüfen der Landtechnik in vorhandenen Gebäuden. Markkleeberg: agrabuch 1975.
- [4] Rationalisierungsmöglichkeiten zur Wartung und Pflege der Landtechnik. Herausgegeben vom VEB Kreisbetrieb für Landtechnik „Vogtland“.
- [5] Gäbler, K.: Optimaler Diagnoseaufwand für landtechnische Arbeitsmittel. agrartechnik 26 (1976) H. 9, S. 422—423. A 1468

## Schadensanalytische Untersuchungen an Radialkolbenpumpen des Traktors ZT 300

Dr.-Ing. E. Hlawitschka, KDT, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik

Die Hydraulikanlagen in Landmaschinen und Traktoren sind häufig wegen ungünstiger Betriebsbedingungen hohen Beanspruchungen ausgesetzt. Es konnte nachgewiesen werden, daß sie ihre Betriebsstauglichkeit weniger durch kurzzeitige Überlastung als vielmehr durch hohe Verschleißbeanspruchung verlieren [1] [2] [3]. Oft ist jedoch nicht exakt bekannt, welchen Grad der Schädigung die einzelnen Bauelemente der Hydraulikanlage infolge des Verschleißes aufweisen, und es gibt häufig auch noch Unklarheiten darüber, welche Ursachen diese Schädigung hervorrufen. Untersuchungsergebnisse weisen eindeutig nach, daß vor-

nehmlich die vielfältigen Ölverunreinigungen Hauptursache des hohen Verschleißes der Hydraulikanlagen in Landmaschinen und Traktoren sind.

Bekannt ist, daß die verschiedenen Baugruppen einer Hydraulikanlage unterschiedliche Empfindlichkeit gegenüber Verschmutzungen des Hydrauliköls aufweisen. Entscheidenden Einfluß darauf hat das gewählte Konstruktionsprinzip, denn dieses führt häufig zu zunehmender Kompliziertheit der viele Anforderungen zu erfüllenden Aggregate. Solche Baugruppen erfordern daher die Untersuchung ihres Schädigungsverhaltens, um daraus Rückschlüsse für

Nutzung, Instandsetzung und Konstruktion ziehen zu können. Nachdem bereits über schadensanalytische Untersuchungen an Zahnradpumpen berichtet wurde [4], sollen nachfolgend die Ergebnisse der Verschleißermittlung an der Zweistrom-Radialkolbenpumpe (Bild 1), die zur Hydraulikanlage des Traktors ZT 300 gehört, vorgestellt werden. Diese Pumpe besitzt zwei Fördereinheiten mit Förderströmen von 50 l/min und 10 l/min. Der Anlagen-Maximaldruck beträgt 150 bar ± 5 bar. Der größere der beiden Förderströme versorgt die Kraftheberanlage (Arbeitshydraulik), mit dem kleineren Förderstrom wird die Regel-

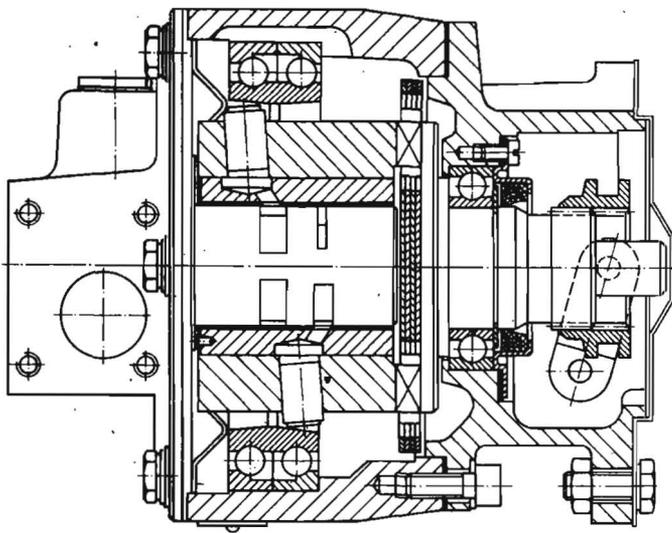


Bild 1  
Zweistrom-Radialkolbenpumpe des  
Traktors ZT 300

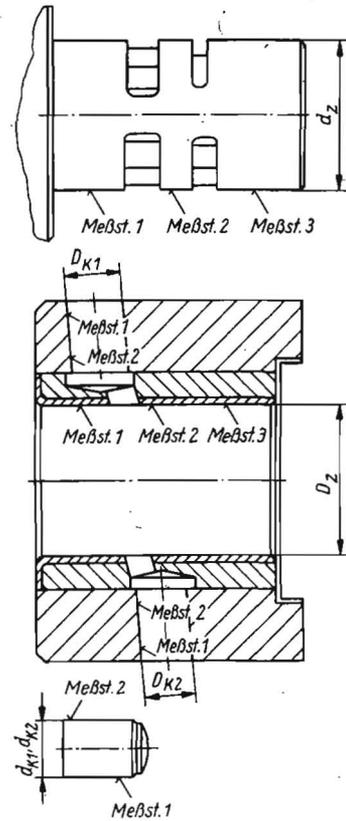


Bild 2  
Meßstellen an Bauteilen der Zwei-  
strom-Radialkolbenpumpe; Messun-  
gen mit 90° Versatz an jeder Meß-  
stelle

hydraulik betrieben. Die genannte Radialkolbenpumpe wird im VEB Landtechnisches Instandsetzungswerk (LIW) Stralsund instand gesetzt. Um Aussagen über den Schädigungszustand der an der Flüssigkeitsförderung beteiligten Bauelemente dieser Pumpe nach deren Anlieferung zur Instandsetzung treffen zu können, wurden jeweils 100 Bauelemente vermessen und die gewonnenen Ergebnisse anschließend einer statistischen Auswertung unterzogen. Im Bild 2 sind die Bauelemente mit den ausgewählten Meßstellen und den ermittelten Maßen dargestellt worden. Die gewonnenen Ergebnisse der statistischen Auswertung der Messungen enthält Tafel 1. Der Verschleiß an den Bauelementen der Pumpeneinheit zur Versorgung der Arbeitshydraulik ist größer als der an den Bauelementen der Pumpeneinheit zur Versorgung der Regelhydraulik. Beide werden aber nach Herstellerangaben [5] mit der gleichen Toleranz gefertigt. Die Begründung zu obiger Feststellung kann darin gesucht werden, daß die Regelhydraulik des Traktors ZT 300 nur beim Pflügen benutzt wird und diese Pumpeneinheit außerhalb dieser Zeit ohne Belastung arbeitet, so daß sich dadurch eine geringere Schädigung ergeben muß.

Als weiteres markantes Ergebnis kann angegeben werden, daß der Verschleiß an der Meßstelle 2 der Zylinder und Pleuenschalen, d.h. an dem dem Verdrängerraum zugewendeten Zylinder- und Pleuenseite, größer ist als der an der Meßstelle 1. Höherer Verschleiß an der Meßstelle 2 dürfte deshalb auftreten, weil zu vermuten ist, daß nicht alle festen Verunreinigungen des Öls den Spalt zwischen Zylinderwand und Pleuenschalen passieren, sondern zu einem Teil durch die Bewegung des Pleuens wieder aus dem Spalt hinausgeschoben werden. Vom Hersteller der Radialkolbenpumpe wird das bei der Fertigung zu erreichende Pleuenspiel mit  $8 \mu\text{m}$  bis  $18 \mu\text{m}$  angegeben [5]. Demnach liegt laut Tafel 1 das mittlere Pleuenspiel an der Meßstelle 1 bei der Pumpeneinheit zur Versorgung der Regelhydraulik noch innerhalb des Spiels für den Neuzustand, während das mittlere Spiel an der Meßstelle 2 bereits größer als das vorgegebene ist. An der Meßstelle 1 hatten 63% und an der Meßstelle 2 15% der Paarungen das für die Fertigung vorgegebene Spiel noch nicht überschritten. Bei der Pumpeneinheit zur Versorgung der Arbeitshydraulik betragen die entsprechenden Werte 5% bzw. 1%. Das mittlere Pleuenspiel liegt um  $18 \mu\text{m}$  bis  $40 \mu\text{m}$  über dem Pleuenspiel, das den

Neuzustand der Radialkolbenpumpe kennzeichnet. Nach Herstellerangaben [5] soll dann eine Instandsetzung der Radialkolbenpumpe vorgenommen werden, wenn u. a. das Pleuenspiel  $28 \mu\text{m}$  und mehr beträgt. Bei einem Vergleich mit den Meßwerten konnte festgestellt werden, daß bei der Pumpeneinheit zur Versorgung der Arbeitshydraulik lediglich 1% und bei der Pumpeneinheit zur Versorgung der Regelhydraulik 58% der Pleuenspiele unterhalb des Aussonderungsgrenzwerts liegen. Die gewonnenen Meßergebnisse bestätigen demnach, daß die angelieferten Radialkolbenpumpen aus dem Traktor ZT 300 in der Paarung Pleuenschalen/Zylinder so weit verschliffen sind, daß ihre Instandsetzung notwendig und gerechtfertigt ist.

Nach dem Vermessen des Steuerzapfendurchmessers und des Pleuenschaleninnendurchmessers kann anhand der Angaben der Tafel 1 festgestellt werden, daß der Verschleiß von der Einspannstelle des Steuerzapfens nach außen hin zunimmt. Während sich der mittlere Pleuenschaleninnendurchmesser um  $7 \mu\text{m}$  vergrößert, nimmt der mittlere Steuerzapfendurchmesser um  $17 \mu\text{m}$  ab. Die Ursache dafür kann u. a. in der elastischen Verformung des Steuerzapfens durch die Flüssigkeitskräfte gesucht werden, die das Verbiegen des als

einseitig eingespannten Trägers anzusehenden Steuerzapfens hervorrufen. Diese Aussage läßt sich auch noch dadurch belegen, daß die Unrundheit des Steuerzapfens von der Einspannstelle nach außen hin zunimmt. Diese beträgt im Maximum an der Meßstelle 1  $121 \mu\text{m}$ , an der Meßstelle 2  $33 \mu\text{m}$  und an der Meßstelle 3  $53 \mu\text{m}$  und überschreitet damit weit die vom Hersteller zugelassenen Werte für die Unrundheit von  $6 \mu\text{m}$ .

Das mittlere Spiel zwischen Pleuenschalen und Steuerzapfen nimmt von innen nach außen um rd.  $25 \mu\text{m}$  zu. Das Spiel beträgt im Maximum  $71 \mu\text{m}$  und liegt damit um etwa  $32 \mu\text{m}$  über dem Wert, der für die Fertigung vorgegeben wird. Da das Aussonderungsgrenzwert für die Paarung Pleuenschalen/Steuerzapfen vom Hersteller [5] mit  $45 \mu\text{m}$  angegeben wird,

Tafel 1  
Zusammenstellung statistischer Werte für Einzelteile und Spiele der Zweistrom-Radialkolbenpumpe des Traktors ZT 300 ( $\bar{x}$  Mittelwert,  $s^2$  Streuung,  $s$  Standardabweichung,  $v$  Variationskoeffizient,  $v_G$  Vertrauensgrenze,  $f$  Mittelwertfehler)

Einzelteilmaße bzw. Spiele	Meß-Stelle	$\bar{x}$ mm	$s^2$ $\mu\text{m}^2$	$s$ $\mu\text{m}$	$v$ %	$v_G$ $\mu\text{m}$	$f$ %
Zylinderdurchmesser Arbeitshydraulik $D_{K1}$	1	17,0330	77,7	8,82	26,50	$\pm 1,75$	5,25
Kolbendurchmesser 1	2	17,0370	96,0	9,80	26,80	$\pm 1,95$	5,31
Arbeitshydraulik $d_{K1}$	2	16,9960	23,1	4,80	0,48	$\pm 0,96$	0,10
Zylinderdurchmesser Regelhydraulik $D_{K2}$	1	16,9840	104,5	10,23	1,04	$\pm 2,03$	0,21
Kolbendurchmesser 1	2	15,0120	42,2	6,50	54,10	$\pm 1,29$	10,70
Regelhydraulik $d_{K2}$	2	15,0160	61,5	7,85	48,10	$\pm 1,55$	9,53
Kolbendurchmesser 1	1	14,9950	13,7	3,71	0,37	$\pm 0,73$	0,07
Regelhydraulik $d_{K2}$	2	14,9910	16,7	4,10	0,41	$\pm 0,81$	0,08
Zylinderpleuenschaleninnendurchmesser $D_z$	1	45,0210	245,0	15,70	73,50	$\pm 4,85$	22,80
	2	45,0150	600,0	24,50	161,00	$\pm 7,60$	49,80
	3	45,0140	445,0	21,10	150,00	$\pm 6,55$	46,90
Steuerzapfendurchmesser $d_z$	1	44,9400	1260,0	35,50	3,78	$\pm 11,00$	1,17
	2	44,9540	631,0	25,10	2,63	$\pm 7,78$	0,82
	3	44,9570	538,0	23,20	2,42	$\pm 7,18$	0,75
Kolbenspiel Arbeitshydraulik $s_A$	1	0,0357	114,0	10,70	30,00	$\pm 2,12$	5,95
Kolbenspiel 2	2	0,0489	182,0	13,50	27,60	$\pm 2,68$	5,48
Kolbenspiel 1	1	0,0160	37,6	6,14	38,40	$\pm 1,22$	7,60
Regelhydraulik $s_R$	2	0,0248	68,3	8,30	25,30	$\pm 1,84$	7,40
Steuerzapfenspiel $s_z$	1	0,0714	615,0	24,80	34,80	$\pm 7,60$	10,70
	2	0,0547	421,0	20,50	37,60	$\pm 6,30$	11,50
	3	0,0466	156,0	12,50	26,70	$\pm 3,84$	8,24

wurden nur bei 4,6% der untersuchten Paarungen kleinere Spiele gefunden, die jedoch nahe an der angegebenen Grenze lagen. Die Meßergebnisse beweisen auch für diese Paarung die absolute Notwendigkeit der Instandsetzung. Der Schädigungszustand der die Flüssigkeitsförderung besonders beeinflussenden Elementepaarungen der zur Instandsetzung angelieferten Radialkolbenpumpen kann mit Hilfe der Verteilungsfunktionen der ermittelten Kolben- und Steuerzapfenspiele charakterisiert werden. In den Bildern 3 und 4 sind die Verteilungsfunktionen der verschiedenen Spiele aufgetragen worden. Dazu lassen sich folgende Aussagen treffen:

- Die absolute Häufigkeit der Kolbenspiele der Pumpeneinheit zur Versorgung der Regelhydraulik liegt bei um rd.  $20 \mu\text{m}$  niedrigeren Werten als die der Pumpeneinheit zur Versorgung der Arbeitshydraulik.
- Die Kolbenspiele an der Meßstelle 2 unterliegen einer größeren Streuung, und die Maxima der absoluten Häufigkeit sind hier weniger ausgeprägt als an der Meßstelle 1.
- Die absolute Häufigkeit der Meßwerte an der Meßstelle 1 ist um rd. 12% größer als an der Meßstelle 2.
- Die Streuung der Steuerzapfenspiele nimmt von der Meßstelle 1 zur Meßstelle 3 hin zu.
- An der Meßstelle 1 liegen die der absoluten Häufigkeit zugeordneten Steuerzapfenspiele um rd.  $25 \mu\text{m}$  über denjenigen der Meßstelle 3.

Bei der Beantwortung der Frage nach den Auswirkungen der in der Radialkolbenpumpe ermittelten Spiele der Elementepaarungen, die die Flüssigkeitsförderung im wesentlichen bestimmen, muß man davon ausgehen, daß hierdurch vornehmlich die Höhe der inneren Leckverluste bestimmt wird. Zunehmender Verschleiß, der zur Spielvergrößerung führt, reduziert den effektiven Förderstrom der Pumpe. Dieses Verhalten der Pumpe führt letztlich dazu, daß bei einem geforderten Nenndruck in der Hydraulikanlage der effektive Förderstrom der Pumpe bei zu großem Spiel zu Null wird und die gewünschten Hubfunktionen der Kraftheberanlage des Traktors nicht mehr ausgeführt werden können. Dichtspaltweite und -länge sind die konstruktiven Größen, die die Höhe der Leckverluste bestimmen. Unter Beachtung der im Bild 2 und in der Tafel 1 dargestellten Verhältnisse der Radialkolbenpumpe gelangt man zu der Aussage, daß der Anteil der am Steuerzapfen auftretenden Leckverluste am gesamten Leckölstrom wegen der weitaus größeren Spiele und der geringeren Dichtlängen größer als der zwischen Zylinder und Kolben sein wird, obwohl mit 9 Kolben eine größere Anzahl von Dichtstellen vorhanden ist. Bezieht man in die Überlegungen die Unrundheit des Steuerzapfens mit ein, dann kann ausgesagt werden, daß der größte Anteil der Leckverluste in verschlissenen Radialkolbenpumpen der untersuchten Bauart am Steuerzapfen auftritt. Es ist zu vermuten, daß die Radialkolbenpumpen vornehmlich wegen unzulässiger Veränderungen des Steuerzapfens und des Zylinderkörperlindendurchmessers ausgesondert werden müssen. Diese Aussage muß jedoch durch quantitative Untersuchungen noch bestätigt werden. Aus der durch die Untersuchungen bestätigten Erkenntnis, daß auch bei Radialkolbenpumpen im landwirtschaftlichen Einsatz der Verschleiß die Hauptursache für die mit zunehmender Betriebszeit abnehmende Betriebstauglichkeit ist, lassen sich konkrete Forderungen an den Nutzer ableiten. Als

Bild 3  
Verteilungsfunktionen der Kolbenspiele der Radialkolbenpumpe;  
— Regelhydraulikpumpe  
- - - Arbeitshydraulikpumpe

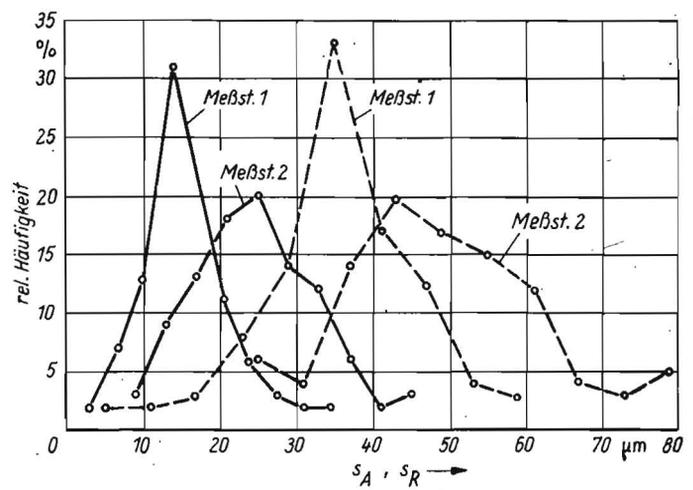
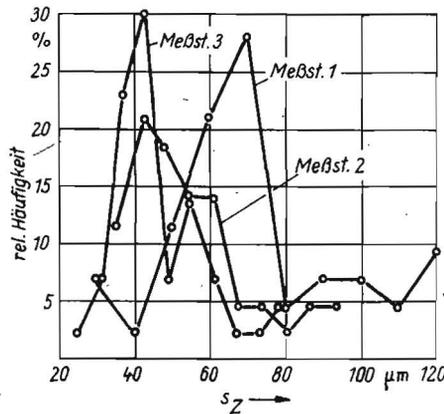


Bild 4  
Verteilungsfunktionen der Steuerzapfenspiele der Zweistrom-Radialkolbenpumpe



- Kolben und Zylinder der die Arbeitshydraulik versorgenden Pumpeneinheit weisen höheren Verschleiß auf als jene Elemente, die die Regelhydraulik mit Öl versorgen.
- Höherer Verschleiß der Kolben und Zylinder an der dem Verdrängungsraum zugewendeten Seite führt zur konischen Ausbildung dieser Elemente.
- Der Verschleiß des Steuerzapfens und der Zylindertrommelbohrung nimmt von innen nach außen zu. Die Steuerzapfen weisen eine beträchtliche Unrundheit auf.
- Der Verschleiß in allen Paarungen ist so groß, daß die vom Hersteller angegebenen Aussonderungsgrenzwerte überschritten werden.

In der Paarung Zylindertrommel/Steuerzapfen treten höhere Leckverluste auf als zwischen Zylinder und Kolben.

wesentlichste und auch unter Praxisbedingungen einhaltbare Voraussetzung zum Erreichen einer hohen Grenznutzungsdauer hydraulischer Bauelemente muß die ausreichende Filterung des Hydrauliköls in Verbindung mit richtiger Öl- und Filterpflege und einwandfreier Wartung der Anlage angesehen werden. Böinghoff [2] hat nachgewiesen, daß 60% bis 70% der Schäden von Hydraulikbaugruppen durch gute Filterung vermeidbar sind. Böer [6] verlangt einen Frischölrreinheitsgrad von weniger als 50 mg Verunreinigung je l Öl und sieht einen Gehalt von 400 mg Fremdstoffe je l Öl (0,04%) bezüglich der Verschleißgefahr als besonders kritisch an. Daher sollten die in den Betriebsanleitungen der Traktoren und Landmaschinen vom jeweiligen Hersteller angegebenen Richtlinien für die Nutzung und Pflege der Hydraulikanlagen mit besonderer Sorgfalt unbedingt studiert und in der Praxis durchgesetzt werden. An dieser Stelle soll auch auf Hinweise zur Nutzung von Hydraulikanlagen in der Landtechnik [7] aufmerksam gemacht werden. Mit der Realisierung der vielfach formulierten Forderungen kann ein wesentlicher Beitrag zur Erhöhung der Grenznutzungsdauer hydraulischer Baugruppen geleistet werden.

#### Zusammenfassung

Im VEB LIW Stralsund wurden Ermittlungen zum Schädigungszustand jener Elemente der Zweistrom-Radialkolbenpumpe des Traktors ZT 300 angestellt, die die Höhe des effektiven Förderstroms wesentlich bestimmen. Die Untersuchungsergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

#### Literatur

- [1] Hlawitschka, E.: Methoden zur Ermittlung von Schädigungsgrenzen für Zahnradpumpen. Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Teilschlussbericht 1975.
- [2] Böinghoff, O.: Ursachen und Folgen der Verschmutzung von Hydraulikflüssigkeiten. Grundlagen der Landtechnik 24 (1974) H. 2.
- [3] Barysev, V.J.: Trebovanija k čistote rabočeje židkosti gidrosistem (Anforderungen an die Sauberkeit des Arbeitsmediums in Hydrauliksystemen). Traktory i sel'chosmašiny (1973) H. 11.
- [4] Hlawitschka, E.: Schadensanalytische Untersuchungen an Zahnradpumpen. agrartechnik 26 (1976) H. 9, S. 424—427.
- [5] Konstruktionsunterlagen zur Zweistrom-Radialkolbenpumpe des Traktors ZT 300. VEB Industriewerke Karl-Marx-Stadt.
- [6] Böer, H.: Verschleißlebensdauer (MTBF-Werte) von Hydromotoren und Hydropumpen. Schmier-technik und Tribologie 20 (1973) H. 6.
- [7] Hlawitschka, E.: Hinweise zum Betrieb von Hydraulikanlagen in der Landtechnik. agrartechnik 24 (1974) H. 4, S. 193—195, H. 5, S. 254—256.