

1. Bedeutung der Prüfung von Hydraulikbaugruppen

Hydrauliksysteme gewinnen für Steuer-, Regel- und Arbeitsprozesse an landtechnischen Arbeitsmitteln eine immer größere Bedeutung. Dabei werden die Hydrauliksysteme in der Regel immer komplizierter und stellen hohe Ansprüche an die Bedienung und Instandhaltung. Bereits gegenwärtig ist die Instandhaltung der Hydrauliksysteme sehr aufwendig und verursacht hohe Kosten. Diese hohen Instandhaltungskosten der Hydrauliksysteme sind jedoch objektiv nicht notwendig.

Dafür gibt es verschiedene Ursachen:

- Aufgrund fehlender Prüfmittel werden Baugruppen wahllos getauscht, bis die schadhafte Baugruppe gefunden wurde. Auch wenn die gerade ausgebaute Baugruppe die Störung nicht verursacht hat, wird sie in der Regel nicht wieder eingesetzt.
- Diese Baugruppen werden der Instandsetzung in den LW zugewandt, obwohl ihre Verschleißgrenzen bei weitem noch nicht erreicht wurden.
- Operative Instandsetzungen können ohne geeignete Prüfmittel kaum durchgeführt werden.
- Neu eingebaute Baugruppen werden mitunter kurz nach der Inbetriebsetzung zerstört, da die Schadensquelle nicht erkannt und beseitigt wurde.

Der Schaden an einer Baugruppe kann sich im Hydrauliksystem auf die Funktionsfähigkeit mehrerer Baugruppen auswirken. Die Funktionsunfähigkeit einer Baugruppe kann wiederum das Ergebnis der unterschiedlichen Verschleißzustände an mehreren Baugruppen sein.

Durch subjektive Prüfungen des Hydrauliksystems, die gegenwärtig vielfach üblich sind, kann deshalb der Fehler kaum gefunden werden. Außer der Feblersuche bei aufgetretenen Störungen ist im Sinne einer planmäßig vorbeugenden Instandhaltung die Kenntnis des Zustands der Hydrauliksysteme zur Gewährleistung einer hohen Verfügbarkeit bei den modernen, hochproduktiven, landtechnischen Arbeitsmitteln unbedingt erforderlich. Dem Einsatz von Prüfmitteln zur Diagnose von Hydrauliksystemen kommt damit eine große Bedeutung zu.

2. Gegenwärtiger Stand der Prüfgeräte

Die Prüfgruppen des Landtechnischen Dienstes der KfL verfügen gegenwärtig über die im Bild 1 dargestellte Hydraulikmeßdrossel. Dieses Prüfgerät kann zur Überprüfung der verschiedenen Einstell- und Maximaldrücke einer Hydraulikanlage verwendet werden. Außerdem kann mit diesem Prüfgerät bei einem Druck von 100 kp/cm² die Fördermenge im Hydrauliksystem nach dem Wirkdruckverfahren bestimmt werden. Bei der Messung mit diesem Prüfgerät wird der Ablaufdruck vernachlässigt und gleich Null gesetzt. Das Prüfgerät ist einfach zu bedienen und wenig störanfällig. Der Einsatz des Prüfgeräts ist jedoch eingeschränkt. Da nur der Druck vor der Drossel gemessen wird und auch die Öltemperatur, als sehr wichtige Einflußgröße, nicht bestimmt wird, treten bei diesem Prüfgerät größere Fehler auf. Es ist deshalb z. B. für Fördermengenvergleichsmessungen an verschiedenen Punkten des Hydrauliksystems ungeeignet. Auch können mit diesem Hydraulikprüfgerät außer Druckstromezeuger und Druckbegrenzungsventile keine weiteren Baugruppen geprüft werden.

Um den steigenden Anforderungen an die Einsatzbereitschaft unserer Technik zu entsprechen, war es deshalb er-

forderlich, eine Prüfeinrichtung zu entwickeln, mit der sich jede Baugruppe des Hydrauliksystems überprüfen läßt.

Diese Prüfeinrichtung soll im folgenden näher vorgestellt werden.

3. Prüfeinrichtung zur Diagnose von Hydraulikbaugruppen

Eine komplexe Überprüfung aller Baugruppen der Hydrauliksysteme ohne deren Demontage aus dem System gestattet die neuentwickelte Hydraulikprüfeinrichtung, wie sie in den Bildern 2 und 3 gezeigt wird und bereits in /1/ kurz vorgestellt wurde.

Diese mobile Prüfeinrichtung ist zur Überprüfung folgender Hydraulikbaugruppen geeignet:

- Druckstromezeuger
- Druckbegrenzungsventile
- Wegeventile
- Rückschlagventile und ihre Varianten (z. B. Rohrbruchventile, Halteventile)
- Arbeitszylinder

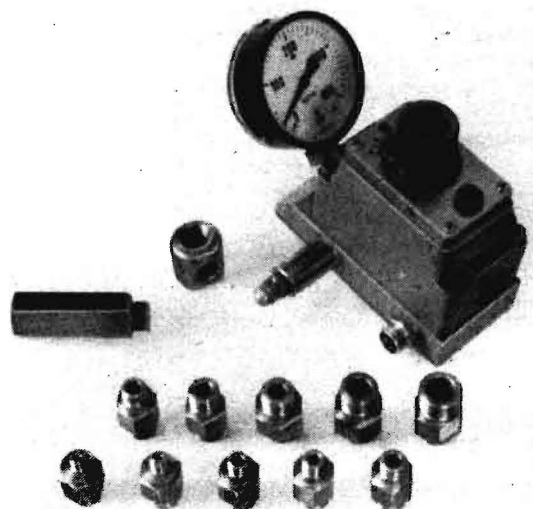
Zur Überprüfung der genannten Baugruppen werden folgende Parameter erfaßt:

- | | |
|-----------------------|--|
| — Fördermenge | \dot{Q} in l/min |
| — Druck | p in kp/cm ² |
| — Öltemperatur | T in °C |
| — Fördermengenverlust | $\Delta \dot{Q}$ in l/min |
| — Druckdifferenz | Δp in kp/cm ² |
| — Druckabfall | p_t in $\frac{\text{kp/cm}^2}{\text{min}}$ |

3.1. Fördermenge

Die Ermittlung der Fördermenge erfolgt wie bei dem vorher beschriebenen Prüfgerät (Hydraulikmeßdrossel) nach dem Wirkdruckprinzip. Dieses Prinzip gewährleistet bei ausreichender Genauigkeit einen geringeren Prüfgerätaufwand als andere bekannte Fördermengenmeßeinrichtungen, z. B. Ringkolbenzähler. Außerdem ist dieses Prinzip besonders für mobile Prüfgeräte geeignet, da es ohne Energiequelle anwendbar und wenig störanfällig ist.

Bild 1. Hydraulikmeßdrossel mit verschiedenen Anschlußstutzen



* Ing.-Büro für Technische Diagnostik beim Bezirkskomitee für Landtechnik Dresden (Leiter: Dr.-Ing. H. Wohlbe)

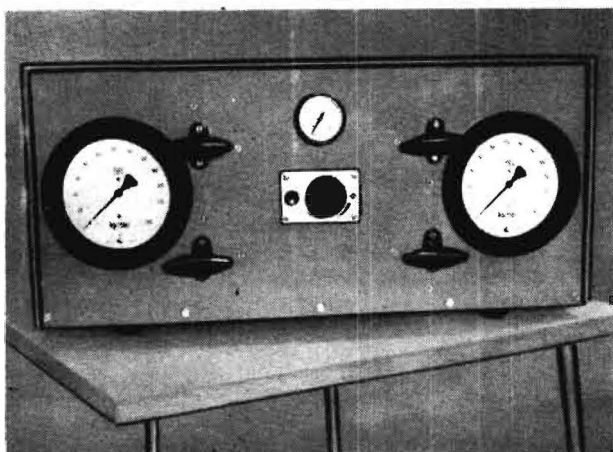


Bild 2. Hydraulikprüfeinrichtung; Frontansicht mit Deckplatte der Drossel, Fernthermometer, Feinmeßmanometern und Bedienelementen für Absperrhähne

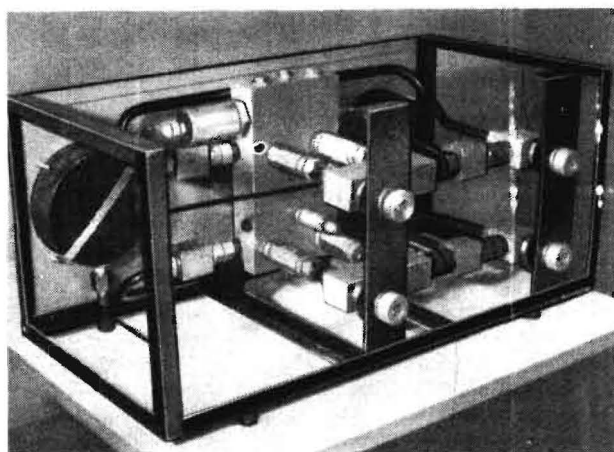


Bild 3. Hydraulikprüfeinrichtung; Rückansicht ohne Verkleidung mit den Anschlußstellen (schraubbare Schnellkupplungen)

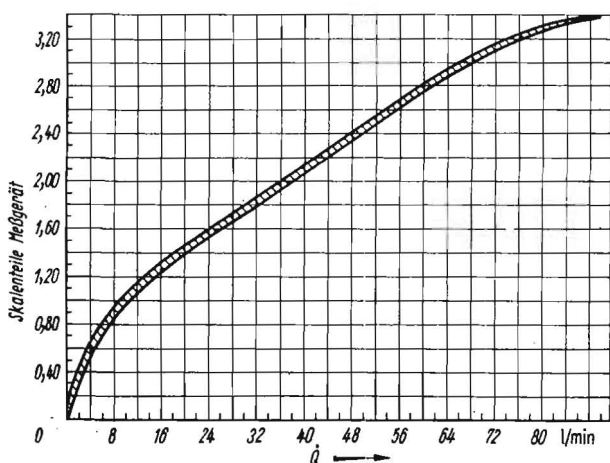


Bild 4. Eichdiagramm zur Drossel BOH 13-160, TGL 10 159; Prüfdruck 100 kp/cm^2 , Prüftemperatur 50 $^{\circ}\text{C}$

In der neu entwickelten Prüfeinrichtung wird die bereits gegenwärtig vorhandene Hydraulikdrossel verwendet.

Für eine Temperatur von 50 $^{\circ}\text{C}$ und eine Druckdifferenz von 100 kp/cm^2 wurde die Abhängigkeit des Drosselquerschnitts vom Durchfluß bestimmt und in einem Diagramm dargestellt (Bild 4). Anhand des Eichdiagramms erfolgt die Umrechnung des an der Drossel in Skalenteilen abgelesenen Öffnungsquerschnitts in Fördermenge.

Der bedeutendste Nachteil dieser Variante der Anwendung des Wirkdruckprinzips ist die Forderung nach konstanter Druckdifferenz und Temperatur. Für jeden neuen Prüfdruck und entsprechend auch für jeden neuen Differenzdruck ist ein neues Eichdiagramm aufzunehmen. Gleichzeitig müssen auch Korrekturwerte für Temperaturschwankungen vorhanden sein. Der Drosselquerschnitt wird an einem Drehgriff auf der Deckplatte der Drossel verstellt (Bild 2). Die Drossel ist im Mittelteil der Frontplatte angeordnet. Bei einer Markierung wird am Drehgriff der Skalenteil der Drosselöffnung abgelesen.

Die Temperatur des Hydrauliköls wird durch ein Flüssigkeitsdruckthermometer gemessen und an dem Anzeigeelement, das über der Drossel angeordnet ist, in $^{\circ}\text{C}$ angezeigt. Der Geber des Thermometers befindet sich in der Druckleitung vor der Drossel (Bild 5).

An den Feinmeßmanometern wird der Druck vor und hinter der Drossel abgelesen und die Druckdifferenz bestimmt.

Der Meßbereich der Fördermengenmessung beträgt bei einem Differenzdruck von 100 kp/cm^2 und einer Öltemperatur von 50 $^{\circ}\text{C}$ 5 bis 80 l/min.

3.2. Fördermengenverlust

Die Fördermengenverlustmessung setzt sich aus zwei Fördermengenmessungen an definierten Stellen des Hydrauliksystems zusammen. Es wird damit der Fördermengenverlust aufgrund von Lecköl an Hydraulikaggregaten ermittelt.

Durch die Kontrolle der Öltemperatur werden Temperaturschwankungen bei den nacheinander erfolgenden Messungen überwacht. Die vom Hydrauliksystem abhängigen Ablaufdrücke an den verschiedenen Meßpunkten werden durch die Differenzdruckmessung berücksichtigt.

Mit der Prüfeinrichtung können unter Berücksichtigung des Meßfehlers Fördermengenverluste ab 3 l/min bestimmt werden.

3.3. Druck und Druckdifferenz

Der Druck wird mit Feinmeßmanometern mit einem Meßbereich von 0 bis 250 kp/cm^2 gemessen. Die Prüfeinrichtung ist durch zwei Druckbegrenzungsventile mit einem Öffnungsdruck von 160 kp/cm^2 vor Überlastung geschützt.

Das Manometer 1 ist direkt an die Druckleitung der Drossel angeschlossen. Das Manometer 2 wird mit Hilfe von Absperrventilen (Bild 5, i und k) wahlweise benutzt.

Der Differenzdruck läßt sich durch entsprechende Schaltung der Absperrventile zwischen der Druck- und Ablaufleitung messen. Es ist jedoch außerdem möglich, den Druck an allen Stellen des Hydrauliksystems mit dem Druck, der durch den Druckstromerzeuger aufgebaut wird, zu vergleichen. Auf diese Weise kann man Stellen mit hohem Druckverlust ermitteln.

3.4. Druckabfall

Der Druckabfall wird mit Hilfe von Absperrventilen und mit dem Manometer 2 bestimmt. Der Druckstromerzeuger des Hydrauliksystems erzeugt entsprechend der Drosselstellung der Prüfeinrichtung einen Förderstrom mit dem gewünschten Prüfdruck. Der Prüfdruck wird am Manometer 2 angezeigt und steht auch zwischen der Prüfeinrichtung und den zu überprüfenden Baugruppen, die über die Schnellkupplungen A_3 und A_4 angeschlossen wurden. Nach Umschalten eines Absperrventils (Bild 5, g oder h) wird die Baugruppe vom Gesamtölstrom abgesperrt. Am Manometer kann danach der durch Leckverluste in der zu überprüfenden Baugruppe entstehende Druckabfall je Zeiteinheit ermittelt werden.

4. Anwendung der Prüfeinrichtung

4.1. Druckstromerzeuger

Der Verschleiß an Druckstromerzeugern führt in erster Linie zur Verminderung der Nennfördermengen. Erst ein fortgeschrittener Verschleißzustand führt zur Senkung des Nenn-

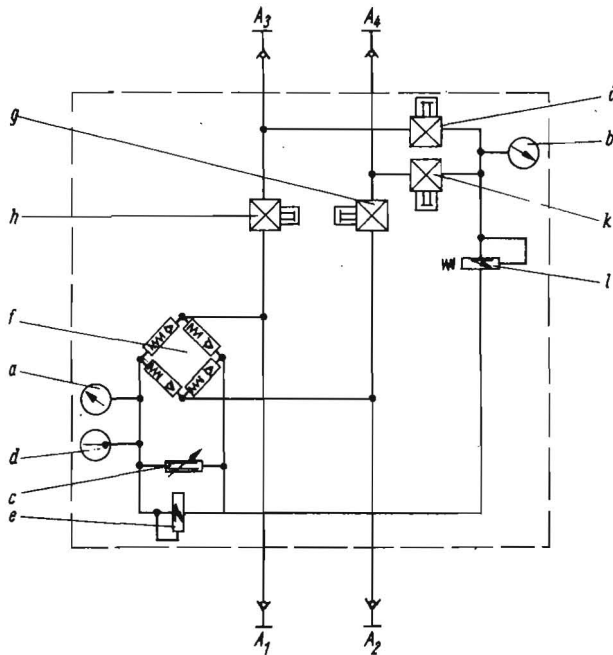


Bild 5. Schaltplan der Hydraulikprüfeinrichtung; a Manometer, b Manometer, c Drossel, d Thermometer, e Druckbegrenzungsventil NW 25, f Rückschlagventilkombination NW 25, g bis k Absperrventile, l Druckbegrenzungsventil NW 10, A₁ bis A₄ Anschlußstellen (schraubbare Schnellkupplungen)

drucks. Da viele Arbeits- und Regelprozesse in technologisch vorgeschriebenen Zeiten vom Hydrauliksystem durchzuführen und diese Zeiten abhängig vom Förderstrom sind, werden Druckstromerzeuger aufgrund ihrer Fördermenge, die mit der Prüfeinrichtung gemessen wird, beurteilt.

Die zur Fördermengenmessung notwendige Drehzahlmessung wird in Zukunft vorwiegend mit einem elektronischen Drehzahlmeßgerät /1/ durchgeführt. Dieses Meßgerät ermöglicht eine ständige Beobachtung der Drehzahl während der Messung mit der Hydraulikprüfeinrichtung, ohne eine zusätzliche Arbeitskraft damit zu belasten. Die Kontrolle der Drehzahl ist besonders während der Druckerhöhung durch Verstellen des Drosselquerschnitts erforderlich, damit Abweichungen von der vorgeschriebenen Nennzahl korrigiert werden können.

4.2. Druckbegrenzungsventil

Verschleiß an diesem Ventil wird sehr oft durch Verunreinigungen im Hydrauliköl hervorgerufen und führt zur Undichtheit des Ventils sowie zur Änderung des Öffnungsdrucks. Außerdem wird der Öffnungsdruck durch Alterungserscheinungen an der Ventildfeder herabgesetzt.

Die Dichtheit des Druckbegrenzungsventils läßt sich mit der Prüfeinrichtung durch eine Druckabfallmessung prüfen. Bei vielen Hydraulikanlagen sind diese Ventile mit dem Wegeventil zusammengebaut. In solchen Fällen ist die Druckabfallmessung ohne Demontage des Ventils aus dem Wegeventil nicht möglich.

Der Öffnungsdruck des Druckbegrenzungsventils wird durch Schließen der Drossel der Prüfeinrichtung erzeugt. Die Drossel wird solange geschlossen, bis das Manometer 1 keinen weiteren Druckanstieg anzeigt. Entsprechend des angezeigten Drucks kann die Einstellung des Ventils korrigiert werden.

4.3. Wegeventile

Der Zustand der Wegeventile ist für die Funktion des Hydrauliksystems von größter Bedeutung. Treten an diesen Baugruppen Schäden auf, so kann das gesamte System ausfallen. Durch Verschleiß an Wegeventilen werden die Leckölmengen und die Druckdifferenzen zwischen Eingang des Wegeventils und den Abzweigungen erhöht.

Die Messung der Leckölmengen bietet sich hierbei als einfachere Lösung an. Sie wird durch einen Vergleich der Fördermenge des Druckstromerzeugers mit gemessenen Fördermengen in den Abzweigungen bestimmt. Damit lassen sich Schäden an Wegeventilen objektiv nachweisen.

4.4. Rückschlagventile

Aufgrund der unterschiedlichen Varianten von Rückschlagventilen soll im folgenden nur auf Wegerrückschlagventile eingegangen werden. Für andere Bauarten ergibt sich die gleiche Problematik. Wegerückschlagventile übernehmen außer der Steuerung des Ölstroms auch die Funktion des Absperrens des Ölstroms bei neutraler Stellung des Steuerschiebers.

Durch Schmutz und Verunreinigungen werden die im Ventil eingebauten Rückschlagventile oft vorzeitig zerstört. Die Beschädigungen führen zum ungewollten Absinken der Arbeitselemente und damit zur Minderung der Arbeitsqualität des Hydrauliksystems. Die Rückschlagventile können mit Hilfe einer Druckabfallmessung beurteilt werden.

Bei Wegerückschlagventilen mit mehreren Steuereinheiten ist es möglich, den Zustand jedes einzelnen Rückschlagventils zu überprüfen. Dadurch kann man zielgerichtet notwendige Instandsetzungen festlegen. Zur Zeit wird bei der Beschädigung eines Rückschlagventils das gesamte Wegerückschlagventil aus dem Hydrauliksystem ausgebaut und einer komplexen Instandsetzung zugeführt.

4.5. Arbeitszylinder

An Arbeitszylindern können bei Beschädigungen äußere und innere Leckölmengen auftreten. Äußere Leckölmengen sind sichtbar und lassen sich visuell durch eine subjektive Kontrolle einschätzen.

Innere Leckölmengen treten vor allem durch Verschleiß oder Beschädigen der Dichtringe des Kolbens auf. Mit der Druckabfallmessung sind diese Leckölmengen indirekt nachweisbar. Bei Druckabfallmessung eines Zylinders bei eingefahrener Kolbenstange können auch die äußeren Leckölmengen objektiv beurteilt werden.

Die Dichtringe des Arbeitszylinders legen sich bei längerer Ruhepause der Kolbenstange in der Endstellung günstiger an den Zylinder bzw. an die Kolbenstange an und täuschen einen besseren Zustand vor. Deshalb müssen die Arbeitszylinder in ständigem Wechsel der Hubrichtung geprüft werden. Durch Einbau einer Kombination von Rückschlagventilen in die Prüfeinrichtung, ähnlich einem Gleichrichter, werden diese Messungen ermöglicht. Ohne Wechsel der Anschlüsse der Prüfeinrichtung kann die Förderstromrichtung des Hydrauliköls zu beliebigen Zeiten geändert werden. Zum anderen verringert sich dadurch der Zeitaufwand bei der Überprüfung von Wegeventilen und vereinfacht sich der Anschluß der Prüfeinrichtung an die zu überprüfenden Baugruppen.

5. Schlußbetrachtung

Die vorgestellte Hydraulikprüfeinrichtung ist für die komplexe Überprüfung von Hydrauliksystemen bestimmt. Diese Überprüfung sollte mindestens einmal jährlich durchgeführt werden. Dabei ist besonders der Erfassung und der Auswertung der Meßergebnisse besondere Beachtung zu schenken.

In Zukunft sollten Hydraulikbaugruppen nur aufgrund der Meßergebnisse und deren Auswertung getauscht und der Instandsetzung zugeführt werden. Dieses System wird bereits in der Sowjetunion an Traktoren praktiziert.

Die Hydraulikmeßdrossel wird neben der Hydraulikprüfeinrichtung weiterhin ihre Bedeutung haben. Sie sollte vor allem bei Zwischenüberprüfungen als Schnellprüfmittel eingesetzt werden.

Das Anwendungsgebiet der beschriebenen Diagnosegeräte für Hydrauliksysteme erstreckt sich jedoch nicht nur auf land-

(Fortsetzung auf Seite 514)

1. Einleitung

Die Ölhydraulik und ihre Anwendung in der Technik hat sich in den letzten Jahren nahezu stürmisch entwickelt. Es gibt kaum einen Industriezweig, in dem die Hydraulik keine vorteilhaften Anwendungsmöglichkeiten findet. So wird die moderne Hydraulik z. B. eingesetzt im

- Werkzeugmaschinenbau
- Landmaschinen- und Traktorenbau, Baumaschinentechnik
- Fördertechnik
- Verarbeitungsmaschinen-, Fahrzeug- und Schiffbau

Dazu ist zu bemerken, daß die Anwendungsmöglichkeiten und -bereiche bei weitem noch nicht voll erfaßt und ausgeschöpft sind. Vielmehr ergeben sich durch die Entwicklung dieses Fachgebiets immer neue Anwendungsaspekte.

Nicht zuletzt ist der Aufschwung der Hydraulik an der Reihe der Mobilkrane T 170 (mechanisch), T 172 (teilhydraulisch) und T 174 (vollhydraulische Arbeitsbewegungen) zu erkennen, die im VEB Weimar-Werk entwickelt wurden.

Mit zunehmender Bedeutung der Ölhydraulik und dem ständig steigenden Anteil hydraulischer Bauelemente an den Mobilkranen muß deren sachgemäßer Herstellung, Montage, Wartung und Instandhaltung besondere Aufmerksamkeit zuteil werden. Von entscheidender Bedeutung ist dabei die Hydraulikflüssigkeit, die als Energieträger das hydraulische System durchströmt. Ihre Sauberhaltung sorgt für den störungsfreien Betrieb des Hydrauliksystems und für die Verschleißminderung an Pumpen, Motoren und Ventilen, die im Mobilkran eingesetzt sind.

Auf einige Schadensfälle am Mobilkran T 174, die durch verschmutzte Hydraulikflüssigkeit entstanden sind, soll nun eingegangen werden.

2. Darlegung von Schadensfällen

2.1. Bei der Besichtigung von 2 Geräten T 174 auf einer Großbaustelle behauptete der Gerätebetreiber, daß die Arbeitszylinder (nach der alten TGL 10 906) höchstens eine Dichtungslebensdauer von 2 bis 4 Wochen aufweisen. An ausgetauschten Arbeitszylinderkolben waren starke Freßriefen zu sehen, die durch Verunreinigung metallischer oder mineralischer Art im Hydraulikkreislauf hervorgerufen wurden. Aus dem Riefenbild war dies zu erkennen.

Gleiche Freßriefen befinden sich natürlich dann auch im Zylinderrohr. Auf der Baustelle bestätigte man, daß in diesem Fall normalerweise nur der Einbau neuer Dichtungen erfolgt und kein Austausch des Zylinderrohres vorgenommen wird. So ist zu erklären, daß die Freßriefen innerhalb kurzer Zeit die neuen Dichtelemente wieder zerstörten. Um das durch Lecken während einer Woche verlorene Öl im Hydraulikkreislauf zu ersetzen, mußten nach Angaben des Kranfahrers 20 bis 50 Liter Hydrauliköl nachgefüllt werden. In

* VEB Weimar-Werk Weimar, Direktorat Forschung/Entwicklung

(Fortsetzung von Seite 413)

technische Arbeitsmittel. Sie können unter Beachtung der Meßbereiche überall dort eingesetzt werden, wo Hydrauliksysteme funktionswichtige Systeme sind; z. B. an Baumaschinen, Textilmaschinen u. a. m.

Literatur

- /1/ Schülmann, E/H. Wohlbe: Zur Weiterentwicklung der Prüf- und Überwachungstätigkeit an landtechnischen Arbeitsmitteln. Dt. Agrartechnik 22 (1972) H. 12, S. 554-556. A 9164

diesem Fall, meinte der Fahrer, könne man auf einen Ölwechsel verzichten, da immer neues Öl dem Kreislauf zugeführt würde.

Das bedeutet aber, daß sämtliche Verunreinigungen durch den noch vorhandenen Ölrest im System erhalten bleiben. Eine Säuberung des Hydrauliksystems war dem Fahrer weitgehend unbekannt. Die Zuführung des Öls geschieht ungefiltert, einfach aus dem Faß, wobei die rauen Bedingungen eines Bauplatzes noch verschlimmernd wirken. Beim Ausbau des Mikro-S-Filters — auf unser Verlangen hin — wurden neben dem normalen Verschleißabrieb Rückstände von Dichtelementen in der Größenordnung von 3 bis 10 mm und einige Metallspäne von 2 mm Länge und etwa 0,3 mm Durchmesser gefunden. Dies läßt auf starke Anfressungen im Hydrauliksystem schließen.

2.2. Bei der Reparatur eines Versuchsgerätes, das sich zur Praxiserprobung auf der Baustelle befand, wurde bei der Überprüfung der Hydraulikanlage festgestellt, daß der Filter total verschmutzt war. Eine nähere Untersuchung der Verunreinigungen im Filter zeigte größere Mengen von textilen Fasern. Das bedeutet, daß bei Wartungs- und Pflegearbeiten Überreste von Putzlappen o. ä. im Kreislauf verblieben sein müssen.

3. Ursachen der Verunreinigungen

3.1. Verunreinigungen des Hydrauliköls vor dem Einfüllen in den Öltank

Verunreinigungen im Hydrauliköl können schon im Anlieferungszustand vorhanden sein. Entscheidenden Anteil an der Sauberkeit hat jedoch die Lagerung des Hydrauliköls und die Sauberkeit der Aufbewahrungsgefäße. Bei der Lagerung in feuchten Räumen oder in einer Umgebung, die hohen Temperaturschwankungen unterworfen ist, kann Wasser (freie Feuchtigkeit und Kondenswasser aus der Luftfeuchtigkeit) in das Hydrauliköl gelangen. Gesäuberte Fässer und dergleichen Behältnisse sowie ihre Aufbewahrung in staubfreien Räumen sind die Voraussetzung für eine gute Lagerung.

3.2. Verunreinigungen beim Aufbau der Hydraulikanlage

Bei der Fertigung, Montage und Farbbehandlung entstehen zwangsläufig Verunreinigungen, die sich in den Bauelementen und in Verbindungsleitungen festsetzen können. Das sind zumeist: Läpprückstände, Zunder, Rost, Bearbeitungsspäne, Schweiß- und Lötrückstände, Farbückstände, Textilfasern. Das Vorhandensein dieser Partikel wurde in vielen Fällen schon als Störungsursache ermittelt. Um dem auszuweichen, werden vor der Inbetriebnahme des Geräts entsprechende technologische Maßnahmen zur Beseitigung der Verunreinigungen durchgeführt, z. B. Beizen des Ölbehälters, Spülen des Hydrauliksystems usw.

3.3. Verunreinigungen beim Betrieb der Hydraulikanlage

Beim Betrieb der Hydraulikanlage sind zwei Quellen vorhanden, die zur Verunreinigung der Hydraulikflüssigkeit führen. Das ist einerseits der Betriebsverschleiß von beweglichen Teilen in Pumpen, Motoren, Ventilen und Arbeitszylindern, der bei sauberem Öl jedoch relativ klein ist. Verunreinigungen metallischer oder mineralischer Art erhöhen den Betriebsverschleiß außerordentlich stark. Außerdem können aber auch in Abhängigkeit vom Betriebsstandort Verunreinigungen in den Ölkreislauf gelangen, z. B. bei Baubetrieben — Staub, in Chemiebetrieben — aggressive Medien, im Freien — Luftfeuchtigkeit, Regenwasser. Diese Verunreinigungen gelangen fast ausschließlich über den Ölbehälter in