

Demontagelose Überprüfung des Betriebszustands von Hydraulikanlagen

Dr.-Ing. J. Roh, Landwirtschaftliche Hochschule Prag-Suchdol (ČSSR), Fakultät für Mechanisierung
Dipl.-Ing. W. Tilgner, KDT, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Technologie der Instandsetzung

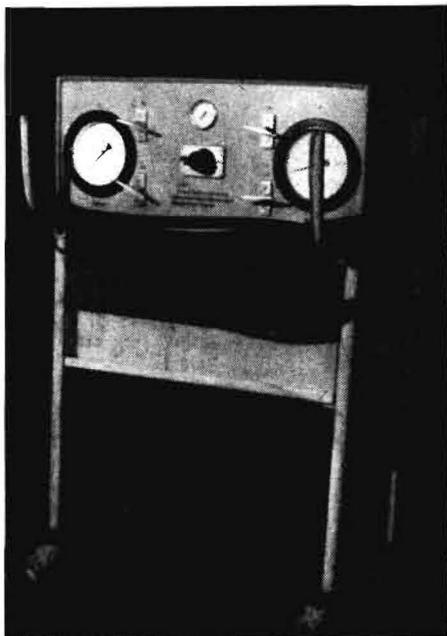
1. Problemstellung

Die Mehrzahl der gegenwärtig in der Landwirtschaft genutzten Maschinen und Geräte ist mit Hydraulikbauelementen ausgerüstet. Die Palette reicht von unkomplizierten Hydraulikanlagen, z. B. an Anhängemaschinen, bis zu Maschinen, deren Hydraulikanlagen eigene Druckstromerzeuger haben und oft aus einem oder mehreren Kreisläufen bestehen. Die breite Anwendung hydraulischer Bauelemente ist durch ihre zahlreichen Vorteile hinsichtlich Übertragung und Umwandlung von Kräften und Bewegungen bei günstigem Masse-Leistungs-Verhältnis und im Bedienkomfort (Fernbedienung vom Fahrerstand) begründet.

Zusammengefaßt sind die Vorteile der hydraulischen Übertragung und Umwandlung von Kräften und Bewegungen durch folgende Merkmale gekennzeichnet [1]:

- einfache und unmittelbare Erzeugung geradliniger Bewegungen mit Hilfe hydraulischer Arbeitszylinder
- einfache und stufenlose Steuerung des Kraft- und Geschwindigkeitsverlaufs solcher Bewegungen
- einfache Übertragung der Energie von einer Antriebsquelle zu einer oder mehreren Bewegungsstellen mit Hilfe von Rohrleitungen oder Schläuchen
- leichte Veränderung der Hublänge
- geringe Abmessungen und Massen für Zylinder, Motoren und übrige Bauelemente, besonders bei Anwendung hoher Drücke
- einfache Verteilung und Zusammenführung eines hydraulischen Ölstroms durch manuell, mechanisch, pneumatisch, hydraulisch oder elektrisch betätigte Steuergeräte zum Zweck der Schaltung, Steuerung und Regelung

Bild 1. Hydraulikprüfgerät HP 80/160



- einfache Herstellung großer Übersetzungen und stufenlose Veränderung des Übersetzungsverhältnisses
- sichere Beherrschung des Druckes und damit auch über längere Zeitdauer einwandfreie Überlastsicherung
- hohe Lebensdauer aller gleitenden Teile infolge idealer Schmierung.

Die o. g. Vorteile können jedoch nur vollständig genutzt werden, wenn die Hydraulikanlagen ordnungsgemäß bedient, gewartet und gepflegt werden. Von besonderer Bedeutung ist die Überprüfung des Betriebszustands. Für den zuverlässigen und wirtschaftlichen Betrieb der Hydraulikanlagen und letztendlich der gesamten Arbeitsmaschine ist die Einhaltung der vom Hersteller vorgegebenen Betriebsparameter erforderlich. Im vorliegenden Beitrag soll auf praktikable Methoden für die Überprüfung des Betriebszustands, z. B. während der Nachtdurchsicht einer kampagneweise eingesetzten Landmaschine, am Beispiel des Mähdreschers E 512 eingegangen werden.

2. Methoden für die Überprüfung des Betriebszustands von Hydraulikanlagen

Zur Überprüfung des Zustands von Hydraulikanlagen oder deren Bauelementen sind grundsätzlich drei Methoden anwendbar:

- Überprüfung ohne Demontage
- Überprüfung mit Teildemontage
- vollständige Demontage der Hydraulikanlage und Überprüfung der Bauelemente auf Prüfständen.

2.1. Überprüfung ohne Demontage

Bei der demontagelosen Überprüfung des Zustands hydrostatischer Bauelemente bedient man sich oft der Messung indirekter Zustandsparameter [2]. Solche Parameter sind u. a. Kraft, Geschwindigkeit, Drehmoment, Temperatur und Drehzahl. Mit Hilfe der Temperaturmessung sind Drosselstellen, hervorgerufen durch Verunreinigungen des Hydrauliköls, feststellbar. Auch die durch einen Hydraulikzylinder erzeugte Kraft ist für den Zustand des Druckbegrenzungsventils in einer Hydraulikanlage charakteristisch. Diese Methode ist zwar relativ ungenau, aber für den Nutzer von Hydraulikanlagen zur Beurteilung des Betriebszustands ausreichend. Vorteile dieser Methode sind:

- Die Zustandsbeurteilung ist direkt am Einsatzort möglich.
- Das Hydrauliköl wird nicht während des Meßvorgangs zusätzlich durch eindringenden Schmutz verunreinigt.
- Leckagen und Verschmutzung der Umwelt mit Hydrauliköl werden vermieden, da keine Demontage von Hydraulikbauelementen erforderlich ist.

2.2. Überprüfung mit Teildemontage

Die Teildemontage von Hydraulikanlagen ist zur Messung der Betriebsparameter Druck und Volumenstrom mit bekannten Meßmethoden, vor allem für die Schädigungsdiagnose erforderlich, um die Meßgeräte anschließen zu können. Bei einer Komplexdiagnose wird das

Meßgerät möglichst weit entfernt vom Druckstromerzeuger angeordnet. Für die Tiefendiagnose müssen die Meßstellen zur Vermeidung von Fehlmessungen durch den Einfluß von benachbarten Baugruppen nahe an die zu überprüfende Hydraulikbaugruppe gelegt werden [1]. Die Erfüllung dieser Forderungen ist wegen konstruktiver Mängel (nicht diagnosegerecht konstruiert) nicht unproblematisch. Zur Bestimmung des Schädigungszustands von hydrostatischen Bauelementen sowie zur Fehlersuche haben sich diese Methode als auch das im Bild 1 dargestellte Hydraulikprüfgerät HP 80/160 oder für einfache Druckmessungen die Anwendung einer Verstelldrossel bewährt.

Kann zur Überprüfung der Hydraulikanlage der Druckstromerzeuger nicht mit einem Verbrennungsmotor angetrieben werden (z. B. bei der spezialisierten Instandsetzung von Erntemaschinen), ist zusätzlich das im Bild 2 dargestellte Hydraulikaggregat zu verwenden. Der Vorteil dieser Methode gegenüber der Überprüfung ohne Demontage besteht in einer größeren Meßgenauigkeit.

2.3. Überprüfung der Hydraulikbauelemente auf Prüfständen

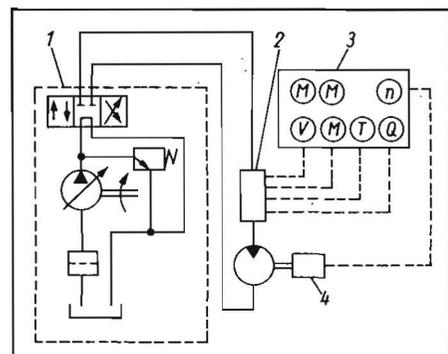
Die vollständige Demontage der Hydraulikanlage und die Überprüfung der einzelnen hydrostatischen Bauelemente dienen vorwiegend der Feststellung der Instandsetzungsbedürftigkeit während der spezialisierten Instandsetzung oder zur Überprüfung der Herstellungs- bzw. Instandsetzungsqualität. Hierzu werden meistens spezielle Meßgeräte verwendet (Bilder 3 bis 5).

3. Demontagelose Überprüfung des Betriebszustands

3.1. Prüfung der Reinheit des Hydrauliköls

Die im Hydrauliköl enthaltenen vielfältigen Verunreinigungen werden meist durch Filter

Bild 2. Meßgeräteaufbau zur Überprüfung einer Hydraulikanlage durch hydraulischen Fremdantrieb; 1 hydraulischer Antrieb (Drehstromerzeuger, Steuerkeil), 2 Rohr mit Meßstern, 3 Hydraulikprüfgerät (M Manometer, n Drehzahlanzeige, Q Durchflussmengenmesser, T Thermometer, V Unterdruckmesser), 4 Hydromotor mit Dynamometer



entfernt, bevor eine Schädigung an den hydrostatischen Bauelementen eintritt. Ausgenommen sind chemische Verunreinigungen, die durch Alterung des Hydrauliköls entstehen und Schädigungen an Gleitflächen und Dichtungen der Hydraulikbauelemente verursachen. Bei stark verschmutzten und damit nicht mehr funktionstüchtigen Filtern gelangen die Verunreinigungen, wie Sand, Staub oder metallischer Abrieb, mit dem Hydrauliköl in die Bauelemente und bewirken einen erhöhten Verschleiß oder führen zu Verstopfungen der Drosselventile bzw. der Rohrleitungen. Lagern sich diese Verunreinigungen auf den Ventilsitzen ab, dann erhöhen sich die Leckagen. Bereits bei neuen und grundüberholten Maschinen bzw. Anlagen können durch verschiedene Mängel im Fertigungsverfahren (z. B. Montage) Verunreinigungen in die Hydraulikanlage gelangen. Häufige Mängel sind:

- durch den Biegevorgang verschmutzte Rohre
- Zunderbildung an wärmebehandelten Rohrverbindungen
- Eisenspäne, hervorgerufen durch spanende Bearbeitung lösbarer Verbindungen.

Die Anwendungen, die durch die Demontage und Reinigung der Hydraulikbauelemente (auch bei neuen Maschinen) entstehen würden, sind zur Vermeidung plötzlicher Ausfälle durch Verunreinigungen keinesfalls gerechtfertigt. Durch folgende Maßnahmen kann die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Havarien infolge Verschmutzung der Hydraulikanlage bereits bei der ersten Inbetriebnahme gesenkt werden:

- Die Hydraulikanlage der neuen oder grundüberholten Maschine ist lange Zeit ohne Belastung in Betrieb zu halten, so daß die Verunreinigungen in den Filter gelangen. Anschließend erfolgt die Filterpflege. Als Richtwert für gegenwärtig genutzte Landmaschinen gilt 1 h. Diese Maßnahme sollte auch bei Landmaschinen mit geschlossenen hydraulischen Kreisläufen, z. B. beim Mähdrescher E 516, durchgeführt werden. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß das Hydrauliköl bei stehenden Hydromotoren lediglich aus dem hydraulischen Hilfskreislauf gefiltert wird. Nur bei rotierenden Hydromotoren erfolgt der Austausch des Hydrauliköls über Spülventil und Fülldruckbegrenzungsventil.
- Anschließend sind die Reinheit des Hydrauliköls und die Öltemperatur zu überprüfen. Bei Notwendigkeit ist das Hydrauliköl zu wechseln.

Geeignete Prüfmethoden sind:

- Tüpfeltest
- Ölgrobprüfung
- Temperaturmessung [2].

Die Prüfergebnisse sind mit den Angaben in den Instandhaltungsvorschriften zu vergleichen [3].

Sind solche Angaben nicht vorhanden, können entsprechende Richtwerte durch Vergleichsmessungen mit anderen gut funktionierenden Maschinen des gleichen Typs ermittelt werden. Dazu sind der Meßfühler eines elektrischen Thermometers oder direkt ein Quecksilberthermometer (Bild 6) mit einem Meßbereich bis 100°C im Ölbehälter zu befestigen. Die Messung erfolgt bei Nenndrehzahl des Motors und beginnt, wenn eine Öltemperatur von 30°C erreicht ist (Bild 7).

Die Vergleichsmessung ist nur bei gleichem Füllstand im Ölbehälter und etwa gleicher Umgebungstemperatur zulässig. Oft ist jedoch die Temperaturdifferenzmessung in einem

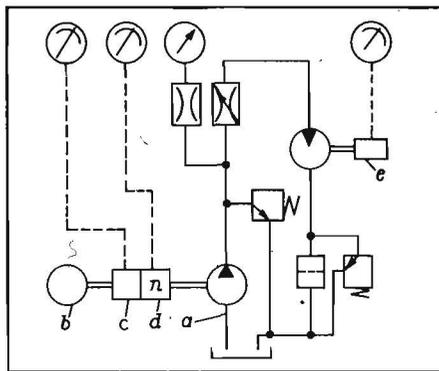


Bild 3. Meßgeräteaufbau zur Pumpenüberprüfung (Einzelüberprüfung); a zu prüfende Pumpe, b Elektromotor, c Meßfühler für Drehmomentenmessung, d Drehzahlmesser, e Hydromotor mit Dynamometer

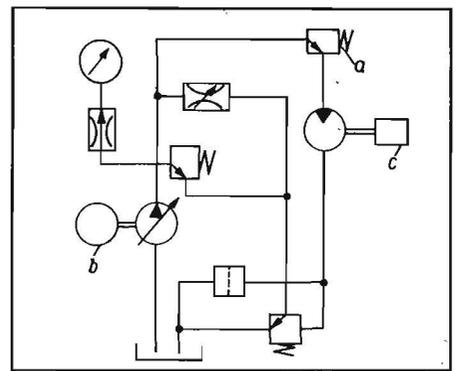


Bild 4. Meßgeräteaufbau für statische Überprüfungen von Druckventilen; a zu prüfendes Druckventil, b Elektromotor, c Hydromotor mit Dynamometer

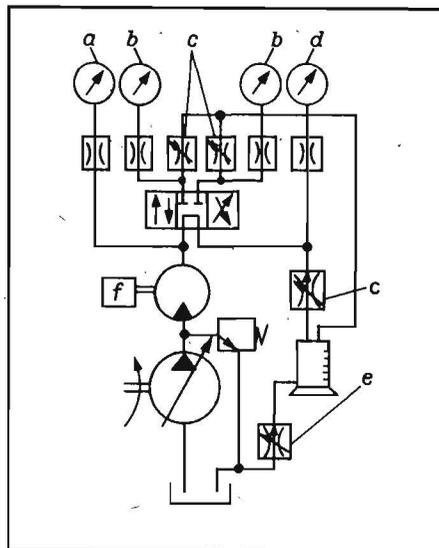


Bild 5. Meßgeräteaufbau für die Überprüfung von Wegeventilen; a Manometer für die Messung des Eingangsdrucks, b Manometer für die Messung des Ausgangsdrucks, c verstellbares Drosselventil, d Manometer für die Messung in Neutrallage, e Sperrventil, f Hydromotor mit Dynamometer

differentiell kleinen Zeitabschnitt für die Überprüfung der Reinheit des Hydrauliköls ausreichend. Für den Mähdrescher E 512 ist eine Temperaturerhöhung des Hydrauliköls in einem Intervall von 5 min um 6 bis 8 K und für den Mähdrescher SK-6 um 15 K maximal zulässig.

Bild 6. Messung der Temperatur der Hydraulikflüssigkeit während des Betriebes der Hydraulikanlage

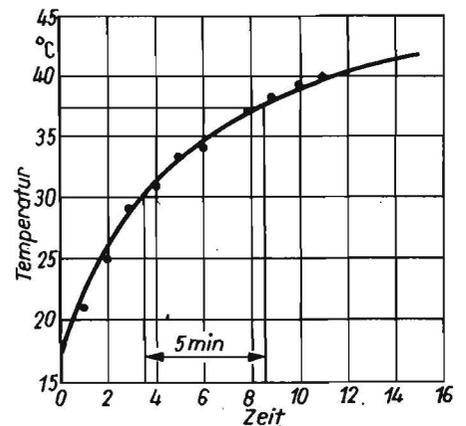


Bild 7. Temperatur-Zeit-Verhalten der Hydraulikflüssigkeit im Mähdrescher E 512

3.2. Überprüfung des Betriebszustands von Druckstromerzeugern

Voraussetzung für diese Überprüfung ist die Kenntnis der geometrischen Volumina des Druckstromerzeugers und der größten in der Hydraulikanlage befindlichen Druckstromverbraucher.

Für die Hydraulikpumpe des Mähdreschers E 512 wird der Volumenstrom nach Gl. (1) bestimmt [4]:

$$Q = n q \eta_c; \quad (1)$$

Q Volumenstrom in dm³/s

n Drehzahl

q geometrisches Volumen

η_c Gesamtwirkungsgrad ($\eta_c = 0,85 \dots 0,9$).

Die größten Druckstromverbraucher am E 512 sind die Hydraulikzylinder zur Höhenverstellung des Schneidwerks. Ihr Volumen ergibt sich aus Gl. (2):

$$V_2 = \frac{1}{2} \pi D^2 h; \quad (2)$$

D Durchmesser des Zylinders

h Hublänge des Kolbens.

Mit Gl. (3) kann der Hub zum Ausfahren der Kolben der Schneidwerkzylinder bei konstanter Pumpendrehzahl bestimmt werden:

$$t = \frac{V_2}{Q}. \quad (3)$$

Bei selbstfahrenden Landmaschinen kann die Pumpendrehzahl relativ leicht mit dem eingebauten Drehzahlmesser gemessen werden. Günstig ist es, wenn die Messung bei kleiner

Pumpendrehzahl erfolgt. Somit wird eine hohe Abnutzung auch durch einen niedrigen volumetrischen Wirkungsgrad charakterisiert. Wichtig ist, daß für die Messung belastete einfachwirkende Hydraulikzylinder ausgewählt werden. Während der Zeitmessung ist zu prüfen, ob das Hydrauliköl in den Behälter fließt. Hierzu kann man einen durchsichtigen Behälterdeckel aus Plexiglas verwenden (Bild 6).

Die Hydraulikpumpe des Typs A 16, wie sie im Mährescher E 512 verwendet wird, ist noch betriebstauglich, wenn sich das Schneidwerk bei einer Motordrehzahl $n = 700 \text{ U/min}$ um 15 cm (Stoppelhöhe) in 20 s hebt. Dabei fließt kein Hydrauliköl in den Vorratsbehälter zurück.

Bei einer höheren Pumpendrehzahl fließt wenig Öl in den Behälter. Das Hydrauliköl fließt auch bei Erreichen des Öffnungsdrucks des Druckbegrenzungsventils in den Ölbehälter zurück. Bei Nenn Drehzahl des Verbrennungsmotors darf das Heben des Schneidwerks nicht länger als $t = 10 \text{ s}$ dauern.

Fließt während der Zeit $t \leq 10 \text{ s}$ kein Hydrauliköl in den Behälter zurück, so ist die Hydraulikpumpe stark abgenutzt. Der volumetrische Wirkungsgrad liegt dann etwa 35% niedriger als bei neuen Pumpen. Es ist jedoch zu prüfen, ob der Schlupf des Antriebsriemens den zulässigen Grenzwert nicht überschritten hat und wie das Hydrauliköl beschaffen ist (Alterungszustand).

Hebt sich das Schneidwerk während der Prüfung schon in rd. 6 s bei Nenn Drehzahl des Verbrennungsmotors und fließt kein Öl in den Behälter zurück, so ist meistens das Druckbegrenzungsventil nachzustellen bzw. instand zu setzen.

3.3. Überprüfung der Wegeventile

Wird das Schneidwerk bei niedriger Drehzahl der Pumpe angehoben und fließt immer noch Öl in den Behälter zurück, dann ist oft das Druckbegrenzungsventil VD_1 undicht. Aufgrund von inneren Lässigkeitenverlusten im Wege- und Rückschlagventil kann auch Öl in den Hydraulikölbehälter fließen. Bei vorschriftsmäßiger Einstellung des Druckbegrenzungsventils kann dessen Dichtheit überprüft werden, indem ein anderes Wegeventil der Anlage in Arbeitslage gebracht wird (z. B. Heben der Haspel). Fließt jetzt kein Öl in den Behälter zurück, so sind das Wegeventil zum Heben des Schneidwerks oder das Rückschlagventil defekt.

3.4. Überprüfung von Rückschlagventilen

Rückschlagventile lassen sich sehr leicht bei abgestelltem Verbrennungsmotor auf Dichtigkeit überprüfen, indem die Bewegung des jeweiligen Elements (Haspel oder Schneidwerk) kontrolliert wird. Senkt sich das betrachtete Element, dann ist das Rückschlagventil nicht dicht.

Bei Hydraulikzylindern, die nicht durch eine äußere Kraft belastet werden, kann die erforderliche Prüfkraft mit Hilfe von Hebeln erzeugt werden. Die Überprüfung des Rückschlagventils im Hydraulikkreislauf für den Fahrvariator erfolgt bei laufendem Verbrennungsmotor. Der Fahrvariator wird vollständig aufgeregelt (max. Eingangsdrehzahl am Wechselgetriebe) und kontrolliert, ob sich die Variatorscheiben selbstständig verstellen. Auch Informationen des Maschinenbedieners, der z. B. während des Betriebes das selbständige Verstellen des Variators erkannt hat, sind zur Beurteilung des Betriebszustands dienlich.

3.5. Überprüfung des Druckbegrenzungsventils VD_1

Für die Überprüfung des Druckbegrenzungsventils VD_1 am E 512 verwendet man am zweckmäßigsten die Schlauchkupplung zum Anschluß der Hydraulikschläuche für die Haspelverstellung. Ein Druckmanometer mit einem Meßbereich von 0 bis 16 MPa oder von 0 bis 25 MPa wird an die Schlauchkupplung über eine Drossel, die zur Dämpfung der in der Hydraulikanlage entstehenden Schwingungen dient, angeschlossen. Als Drossel kann eine etwa 2 m lange Leitung (z. B. Einspritzleitung von Dieselmotoren), die zu einer Spirale geformt wurde, verwendet werden. Zur Überprüfung des Druckbegrenzungsventils VD_1 werden der Hebel des Wegeventils zur Haspelverstellung in Arbeitsstellung gebracht und der Druck im Hydraulikkreislauf kontrolliert. Das Druckbegrenzungsventil ist nicht betriebstauglich, wenn bei Nenn Drehzahl des Druckstromerzeugers der Nenndruck in der Hydraulikanlage nicht erreicht wird.

Der Mährescher E 512 verfügt über einen Verbindungsstutzen mit Blindanschluß. Dieser kann ebenso wie die Schlauchkupplung für die Überprüfung der Druckbegrenzungsventile VD_1 und des Druckbegrenzungsventils für die Lenkhydraulik verwendet werden. Nachteilig ist, daß Lässigkeitenverluste beim Anschluß des Druckmanometers an den Verbindungsstutzen nicht vermeidbar sind. Wenn bei der zu überprüfenden Maschine weder ein Verbindungsstutzen mit Blindanschluß noch eine Schlauchkupplung in der

Hydraulikanlage vorhanden sind, kann die Überprüfung mit Hilfe einer selbstgefertigten Prüfeinrichtung erfolgen, die aus einem Hydraulikzylinder mit Manometer besteht. Dazu wählt man den kleinsten und am besten zugänglichen Hydraulikzylinder aus. Zur Dimensionierung der Meßeinrichtung ist die Berechnung der Kraft des ausgewählten Arbeitszylinders erforderlich [4, 5]:

$$F_x = F_r = \frac{1}{4} \pi d^2 p; \quad (4)$$

F_r Hubkraft des ausgewählten Hydraulikzylinders (Arbeitszylinder)

F_x Kraft des Hydraulikzylinders der Meßeinrichtung

d Durchmesser des Kolbens des Arbeitszylinders

p Betriebsdruck der Anlage.

Wirkt an dem ausgewählten Hydraulikzylinder (Arbeitszylinder) von außen eine Kraft F_G , z. B. das Gewicht einer zu bewegenden Baugruppe, so sind bei der Dimensionierung der Meßeinrichtung diese von außen wirkende Kraft und der mechanische Wirkungsgrad η_{mech} zu berücksichtigen:

$$F_x = F_r - F_r (1 - \eta_{\text{mech}}) - F_G; \quad (5)$$

F_G von außen auf den Hydraulikzylinder (Arbeitszylinder) einwirkende Kraft

η_{mech} mechanischer Wirkungsgrad

$$(\eta_{\text{mech}} = 0,95 \dots 0,97).$$

Für die Meßeinrichtung ist ein doppelwirkender Hydraulikzylinder auszuwählen, sorgfältig (blasenfrei) mit Hydrauliköl zu füllen und mit einem Manometer zu verbinden (Bild 8).

Die Hubkraft F_r des Hydraulikzylinders (Arbeitszylinder) ist vom Betriebsdruck p abhängig. Infolge des Kräftegleichgewichts kann der Betriebsdruck direkt am Hydraulikzylinder mit Hilfe eines Manometers (Meßzylinder) abgelesen werden.

$$p = p_m = \frac{4 F_x}{(D^2 - d^2)}; \quad (6)$$

p_m am Hydraulikzylinder (Meßzylinder) gemessener Druck

D Durchmesser des Hydraulikzylinders

d Durchmesser der Kolbenstange.

Die Druckmessung im Hydraulikkreislauf des Mähreschers E 512 wird im Bild 9 gezeigt. Mit Hilfe einfacher Halter wird der Meßzylinder neben dem Hydraulikzylinder der Haspel so befestigt, daß sich die Haspel fast in der oberen Stellung befindet. Beim Anbringen des Meßzylinders in einer anderen Stellung oder beim Anheben der Haspel würden sonst Deformationen hervorgerufen werden.

Bild 8. Überprüfung des Lenkzylinders einer selbstfahrenden Landmaschine

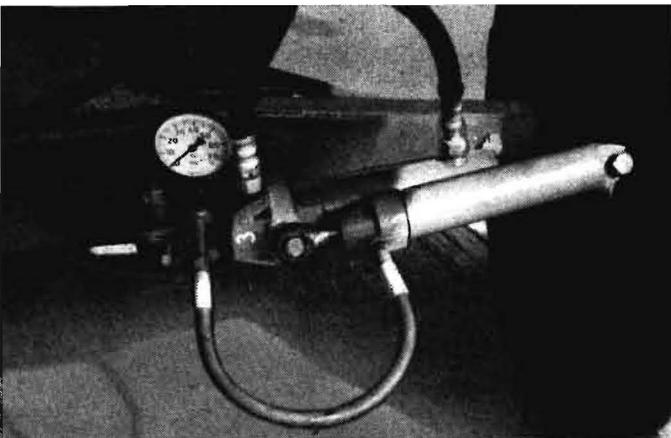
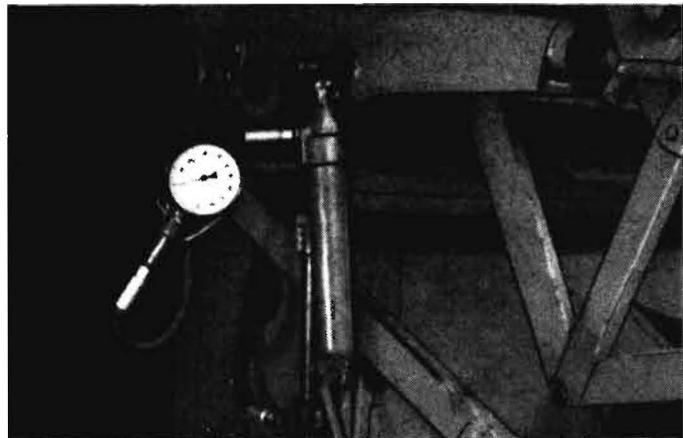


Bild 9. Druckmessung am Haspelzylinder des Mähreschers E 512



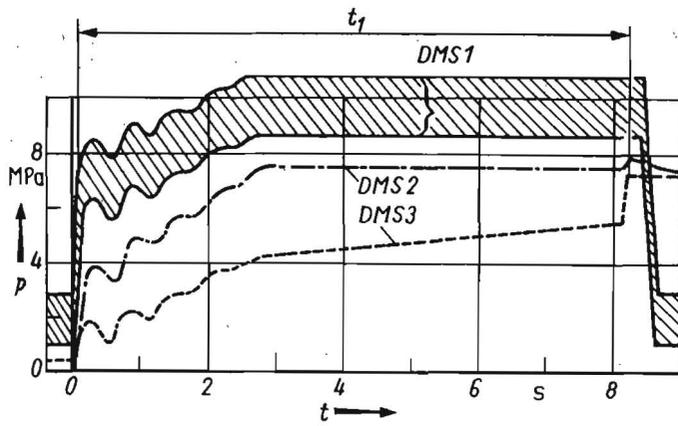


Bild 10
Mit Dehnmessstreifen (DMS) ermittelter Druckverlauf im Hydrauliksystem des Mähdreschers E 512 [4];
DMS 1 Meßstelle hinter der Pumpe
DMS 2 Meßstelle hinter dem Wegeventil
DMS 3 Meßstelle hinter dem Hydraulikzylinder

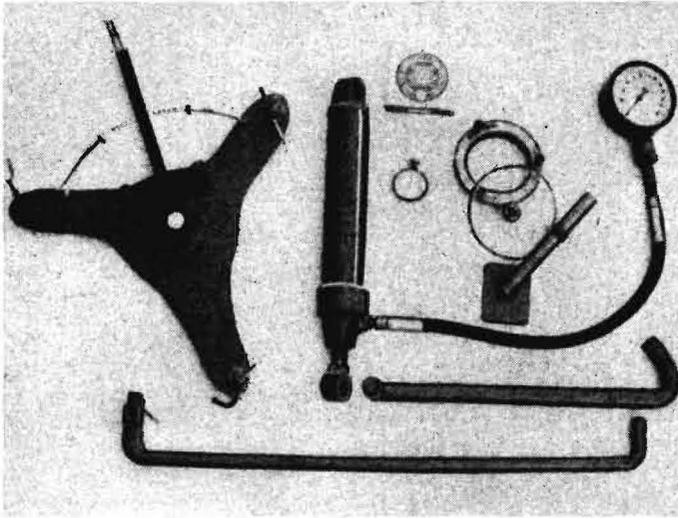


Bild 11
Prüf- und Hilfsmittel zur Überprüfung des Betriebszustands von hydraulischen Bauelementen des Mähdreschers E 512

Die richtige Einstellung des Druckbegrenzungsventils ist deshalb notwendig, weil die hydraulische Leistung und die Zuverlässigkeit einer Maschine von dem im System herrschenden Druck wie folgt abhängig sind:

$$P = pQ; \quad (7)$$

P hydraulische Leistung
p Betriebsdruck der Anlage
Q Durchflußmenge (Volumenstrom).

Schäden, die durch in der Hydraulikanlage entstehende Schwingungen mit großen Schwingungsamplituden (hydraulische Stöße) beim Betätigen der Wegeventile infolge falscher Einstellung des Druckbegrenzungsventils VD_1 bewirkt werden, sind:

- Ermüdungsschäden an Rohrleitungen, vor allem an Druckschläuchen (Dehnung der Druckschläuche)
- Schäden an hydraulischen Elementen, die mit dem Druckstromerzeuger verbunden sind.

Der Druckverlauf in der Hydraulikanlage des Mähdrescher E 512 ist im Bild 10 dargestellt.

3.6. Überprüfung der Drosselventile

Die Überprüfung der Drosselventile erfolgt bei Betriebstemperatur der Hydraulikanlage. Damit das Hydrauliköl auch im Bereich zwischen Wegeventil und Druckstromverbraucher erwärmt wird, muß der zu untersuchende Mechanismus (z. B. Schneidwerk, Haspel, Variator) mehrmals bewegt werden. Ist die Be-

triebstemperatur erreicht, werden der betrachtete Mechanismus von einer zur anderen Grenzstellung gebracht und die Verstellzeit bestimmt. Nachfolgende Grenzwerte wurden für die Mähdrescher E 512 ermittelt:

- Absenken des 19-Fuß-Schneidwerks bei einer Spannung der Entlastungsfeder links 4. Raste, rechts 9. Raste 5 bis 7 s
- Absenken der Haspel 4 bis 6 s
- Verstellung des Fahrvariators von einer zur anderen Grenzstellung bei Nenndrehzahl des Antriebsmotors ($n_{\text{nenn}} = 2000 \text{ U/min}$) 4 bis 6 s.

Ursachen für das Unterschreiten o.g. Grenzwerte sind:

- fehlende Drosselventile
- Einbau falscher Drosselventile
- unzulässig verschlissene Drosselventile.

Die häufigste Ursache für Schäden an Treibriemen und für Schwierigkeiten bei der Bedienung der gesamten Maschine ist die zu schnelle Verstellung des Fahrvariators.

Gewaltschäden an der Haspel und am Schneidwerk (z. B. durch Steine) können die Folge von verstopften Drosselventilen sein, da sich dann diese Mechanismen sehr langsam bewegen.

3.7. Überprüfung von Druckstromverbrauchern

Mit Hilfe der Sichtprüfung lassen sich Hydraulikzylinder auf gleichmäßige Bewegung der Kolbenstange und auf äußere Lässigkeits-

verluste überprüfen. Häufige Ursachen für ungleichmäßige Bewegungen sind:

- Deformationen der Kolbenstange
 - Deformationen des Zylinderrohrs
 - Korrosion der Kolbenstange.
- Lässigkeitsverluste sind vorwiegend die Folge von
- beschädigten oder verhärteten Dichtungselementen
 - unzulässig abgenutzten Lager- oder Führungsbuchsen.

Bei doppelwirkenden Hydraulikzylindern treten oft innere Lässigkeitsverluste auf. Sie sind durch Sichtprüfung leicht diagnostizierbar. Bewegt sich die Kolbenstange des betrachteten doppelwirkenden Hydraulikzylinders trotz eines gut funktionierenden Rückschlagventils sehr langsam, sind innere Leckagen vorhanden.

3.8. Prüf- und Hilfsmittel

Im Bild 11 sind einige für die Prüfung des Betriebszustands des Mähdreschers E 512 erforderliche Prüf- und Hilfsmittel [6] dargestellt. Links im Bild ist ein einfaches Dynamometer zur Kraftmessung am Lenkradumfang zu erkennen. Es besteht aus einem dreiarmligen Halter zur Befestigung am Lenkrad, einem drehbaren Griff, 2 Federn und einem Skalenzeiger. Daneben befinden sich der Hydraulikzylinder mit Manometer zur Druckmessung, eine Stoppuhr, Filterpapier, ein Quecksilberthermometer, ein durchsichtiger Behälterverschluss und ein Halter zur Befestigung des Hydraulikzylinders mit Manometer an der Haspel des Mähdreschers E 512.

Diese Prüf- und Hilfsmittel können in den Betriebswerkstätten durch den Nutzer selbst angefertigt werden. Sie sollten zu jeder Werkstattwagenausstattung für die Komplexbetreuung gehören.

4. Zusammenfassung

Im Beitrag wurden Prüfmöglichkeiten zur Überprüfung des Betriebszustands der Arbeitshydraulik von Landmaschinen, speziell des Mähdreschers, vorgestellt. Sie sind auch bedingt zur Überprüfung der Lenkhydraulik geeignet. Die beschriebenen Methoden sind z. T. auch für Hydraulikanlagen mit Rotationsmotoren anwendbar.

Literatur

- [1] Berg, G.F.: Einführung in die Hydraulik. Reihe Automatisierungstechnik, Band 3. Berlin: VEB Verlag Technik 1974.
- [2] Wohlbe, H.: Technische Diagnostik im Maschinenbau. Berlin: VEB Verlag Technik 1978.
- [3] Instandhaltungsvorschriften für Landmaschinen und Traktoren. Herausgeber: VEB Kreisbetrieb für Landtechnik Görlitz-Niesky, EG 18.
- [4] Roh, J.: Studie k řešení problematiky testování hydraulických systémů u zemědělských strojů (Studie zur Lösung des Problems der Überprüfung der Hydrauliksysteme von Landmaschinen). Landwirtschaftliche Hochschule Prag-Suchdol, Forschungsbericht 1974 (unveröffentlicht).
- [5] Roh, J.: Hydraulické mechanismy jako jeden ze základních prvků automatizace zemědělské techniky (Hydraulische Mechanismen als eine der Grundelemente für die Automatisierung der Landtechnik). Institut výchovy a vzdělávání MZVŽ ČSR 1979.
- [6] Roh, J.: Einrichtungen für die Diagnose hydraulischer Systeme selbstfahrender Landmaschinen. Prag, Forschungsbericht 1975 (unveröffentlicht).

A 3070