

Filtration von Hydraulikflüssigkeiten

in hydraulischen Steuerungen

Ausgabe 07/2016

FB HM-082

Der Einsatz von Filtern zur wirksamen Partikelabscheidung in Hydrauliksystemen ist erforderlich, damit die Betriebsfunktionen der Komponenten und somit der gesamten Anlage gewährleistet werden.

Außerdem garantieren die Filter, dass der Verschleiß der Hydraulikkomponenten minimiert wird und eine lange Komponentenlebensdauer sowie lange Wartungsintervalle realisiert werden.

Filter leisten somit einen wichtigen Beitrag dazu, dass Anlagen zuverlässig, wirtschaftlich und sicher mit hoher Verfügbarkeit und geringem Pflegeaufwand betrieben werden können.

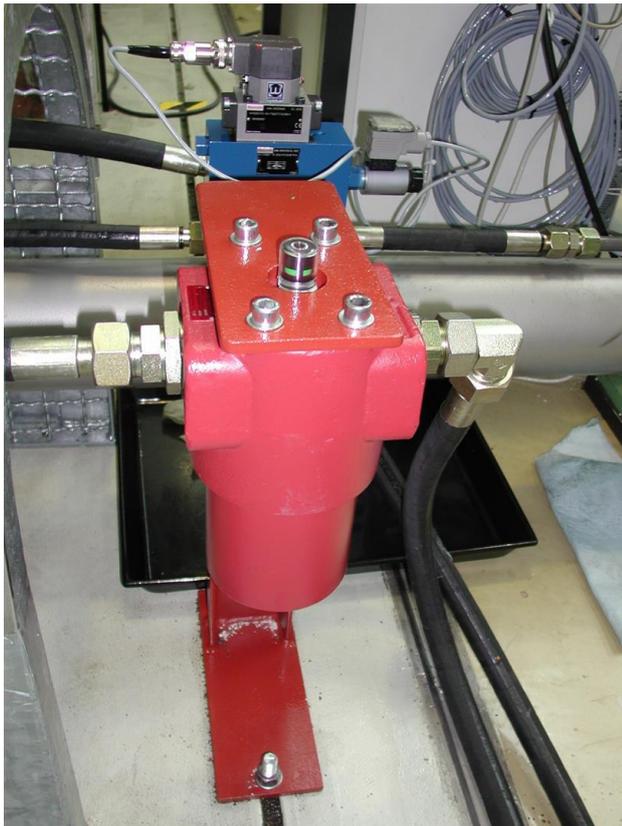


Bild 1: Filter am Hydraulikaggregat

1 Hydraulikausrüstung

Einrichtungen zur Aufrechterhaltung der erforderlichen Reinheitsklasse von eingesetzten Druckflüssigkeiten gehören schon immer zur erforderlichen Ausrüstung von Maschinen mit hydraulischen Steuerungen (siehe DIN EN ISO 4413 [1], Abschnitt 5.4.5.3).

Inhaltsverzeichnis

- 1 Hydraulikausrüstung
- 2 Grundlagen der Filtration
- 3 Folgen mangelnder Filtration
- 4 Betrieblicher Filterwechsel
- 5 Zusammenfassung und Anwendungsgrenzen

An Maschinen müssen die Filter mit einer Einrichtung ausgerüstet sein, die anzeigt, wenn der Filter gewartet werden muss (siehe DIN EN ISO 4413, Abschnitt 5.4.5.3.2.2). Die Anzeige (siehe auch Bild 1) muss für das Bedien- oder Wartungspersonal deutlich sichtbar sein (siehe DIN EN ISO 4413, Abschnitt 5.4.8.5). Wenn diese Anforderung nicht erfüllt werden kann, müssen Wartungsintervalle des Filters in der Bedienungsanleitung der Maschine festgelegt sein.

Hinweis:

Die Ausrüstung des Filters mit einem Schaltelement (Drucksensor) ermöglicht in Verbindung mit einer Signalauswertung und entsprechender Anzeige eine rechtzeitige Auslösung von Instandhaltungsmaßnahmen.

Filter, deren Filterelemente dem Differenzdruck in seinem Anlagenteil nicht ohne Beschädigung standhalten, müssen mit einem Bypassventil ausgerüstet sein. Die Verschmutzung in der Bypassströmung nach dem Druckfilter darf keine Gefährdung für Beschäftigte hervorrufen (siehe DIN EN 4413, Abschnitt 5.4.5.3.2.5).

Hinsichtlich der sicherheitsbezogenen Teile der hydraulischen Steuerung einer Maschine zählen die Filter als Einrichtung zur Aufrechterhaltung des „Zustands der Druckflüssigkeit“ zu den „grundlegenden und den bewährten Sicherheitsprinzipien“ nach DIN EN ISO 13849-2 [2], Anhang C.1 und C.2.

2 Grundlagen der Filtration

2.1 Verschmutzung

Verunreinigungen in der Druckflüssigkeit einer Hydraulikanlage werden im Allgemeinen als Verschmutzung oder Kontamination bezeichnet.

Dabei werden drei Arten der Verschmutzung unterschieden:

- Feste Verunreinigung
- Flüssige Verunreinigung
- Gasförmige Verunreinigung

Beispiele für feste Verunreinigungen bzw. Partikel sind Rost, Späne, Fasern, Dichtungsabrieb, Gummipartikel, Lackpartikel, Staub und Sand. Auch Oxidationsprodukte, die durch Alterung der Druckflüssigkeit entstanden sind, zählen zu den festen Verunreinigungen.

Typische flüssige Verunreinigungen sind Wasser sowie Vermischungen mit anderen Druckflüssigkeiten oder mit Schmiermitteln. Eine gasförmige Verunreinigung ist in erster Linie Luft in der Druckflüssigkeit.

Als Quelle der Verschmutzung im System sind verschiedene Ursachen zu nennen:

2.1.1 Initialverschmutzung

Viele Komponenten der Anlage wie Ventile, Zylinder, Pumpen, Tanks oder Rohrleitungen können Verschmutzungen in Form von Fertigungsrückständen enthalten. Zusätzlich entstehen bei der Montage weitere Rückstände in der Anlage, wie Schweißperlen, Metallspäne, Textilfasern, Lackpartikel, Sand oder Staub. Ein Spülen der Anlage vor Inbetriebnahme ist erforderlich, um diese Rückstände auszuwaschen. Auch die Filtration der neu einzufüllenden Hydraulikflüssigkeit beim Befüllen der Anlage ist notwendig. Insbesondere durch die Lagerung der Druckflüssigkeit in Tanks oder Fässern kann die Grundverschmutzung von neuen Hydraulikflüssigkeiten höher sein als die Komponentenhersteller für den sicheren Betrieb ihrer Hydraulikbauteile zulassen.

2.1.2 Systemschmutz

Während des Betriebes der Anlage produziert das System selbst Verschmutzungen durch Verschleiß der Komponenten, Korrosion, Alterung und Vermischungen der Druckflüssigkeit mit anderen Flüssigkeiten. Je mehr Schmutz im System vorhanden ist, umso stärker ist der Verschleiß der Komponenten. Ohne Filtration würde folglich der Schmutzgehalt immer weiter ansteigen.

2.1.3 Umgebungsschmutz

Auch von außerhalb des Systems kann Schmutz in die Anlage eindringen, insbesondere durch die Tankbelüftung, über die Kolbenstange eines Zylinders, über beschädigte Dichtungen oder durch Werkzeugwechsel an mobilen Systemen. Durch Eingriffe in das System, etwa bei Reparatur- oder Instandhaltungsmaßnahmen, kann ebenso Schmutz von außen in den Hydraulikkreislauf gelangen.

2.2 Reinheitsklassen

Der Verschmutzungsgrad von Druckflüssigkeiten wird durch die sogenannten Reinheitsklassen definiert. Die wichtigsten Klassifizierungen werden nach den Normen ISO 4406 [3] oder SAE AS 4059 [4] durchgeführt.

Zur Festlegung der Reinheitsklassen nach ISO 4406 werden die vorhandenen Partikel in 100 ml-Flüssigkeit gezählt, nach Größe und Anzahl geordnet und in Partikelklassen eingeteilt. Die ermittelte Reinheitsklasse wird anschließend durch eine dreiteilige Zahlenkombination angegeben (z. B. 20/18/15). Die drei Werte stehen dabei jeweils für die Anzahl der Partikel > 4µm, > 6µm und >14µm. Der ISO-Code ist in der folgenden Tabelle 1 auszugsweise wiedergegeben.

ISO Code nach ISO 4406	Partikelanzahl pro 100 ml	
	von	bis
5	16	32
6	32	64
7	64	130
8	130	250
9	250	500
10	500	1.000
11	1.000	2.000
12	2.000	4.000
13	4.000	8.000
14	8.000	16.000
15	16.000	32.000
16	32.000	64.000
17	64.000	130.000
18	130.000	250.000
19	250.000	500.000
20	500.000	1.000.000
21	1.000.000	2.000.000
22	2.000.000	4.000.000
23	4.000.000	8.000.000
24	8.000.000	16.000.000
25	16.000.000	32.000.000
26	32.000.000	64.000.000
27	64.000.000	130.000.000
28	130.000.000	250.000.000

Tabelle 1: Reinheitsklassen nach ISO 4406 (Auszug)

Beispiel:

- 980.000 Partikel > 4 µm_(c) → 20
 - 145.000 Partikel > 6 µm_(c) → 18
 - 21.000 Partikel > 14 µm_(c) → 15
- ➔ Reinheitsklasse 20/18/15

Viele Hersteller von Hydraulikkomponenten geben die für den sicheren Betrieb erforderliche Reinheitsklasse in den Datenblättern an. Die erforderliche Reinheitsklasse des gesamten Hydrauliksystems richtet sich nach dem schmutzempfindlichsten Bauteil. Bei Nichteinhalten der vorgegebenen Reinheitsklasse kann es zu frühzeitigen Ausfällen von Bauteilen kommen. Mit der dadurch verkürzten Lebensdauer der Bauteile erhöht sich zudem der Instandhaltungsaufwand. Daher sind die Vorgaben hinsichtlich der Reinheit der Druckflüssigkeit einzuhalten und es ist eine entsprechend effiziente Filtration vorzusehen.

In Bild 2 sind beispielhaft die Verunreinigungen einer neuen Druckflüssigkeit im Anlieferungszustand dargestellt sowie in der erforderlichen Reinheit für eine Anwendung.



Druckflüssigkeit wie angeliefert

Erforderliche Reinheit

Bild 2: Beispiele von Verunreinigungen

2.3 Filterbauarten

Prinzipiell können Hydraulikfilter nach ihrer Funktion und Anordnung im Hydrauliksystem unterschieden werden.

Je nach Einbausituation sind verschiedene Filterbauarten zu unterscheiden. Bild 3 zeigt exemplarisch diese Bauarten und ihren Einbauort.

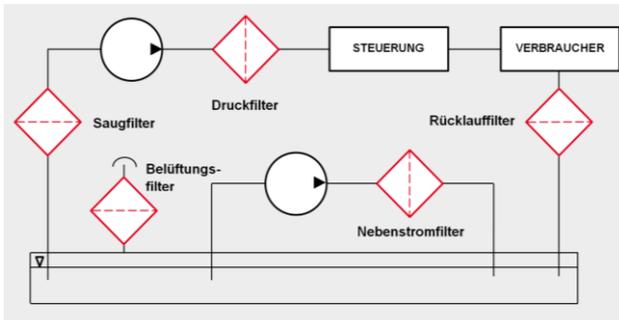


Bild 3: Prinzipskizze Filterbauarten

Schutzfilter werden meist vor schmutzempfindlichen Bauteilen (z. B. Pumpen, Servoventile) eingebaut. Sie schützen die Komponenten vor groben Partikeln. Arbeitsfilter (Systemfilter) dienen zur Reinigung der Druckflüssigkeit von Partikeln und stellen die nötige Reinheitsklasse sicher.

2.3.1 Saugfilter

Saugfilter sind typische Schutzfilter. Diese Filter werden zwischen Tank und Hydraulikpumpe eingebaut, um sie vor grober Verschmutzung zu schützen. Sie können in die Leitung, an der Ansaugöffnung im Tank oder unterhalb des Tanks eingebaut werden. Aufgrund der Gefahr von Kavitation der Pumpe werden häufig relativ grobe Filtermaterialien mit einer Filterfeinheit $> 25 \mu\text{m}$ verwendet. Daher sind Saugfilter alleine meist nicht geeignet, den für den zuverlässigen Betrieb der Anlage notwendigen Komponentenschutz sicherzustellen.

2.3.2 Druckfilter

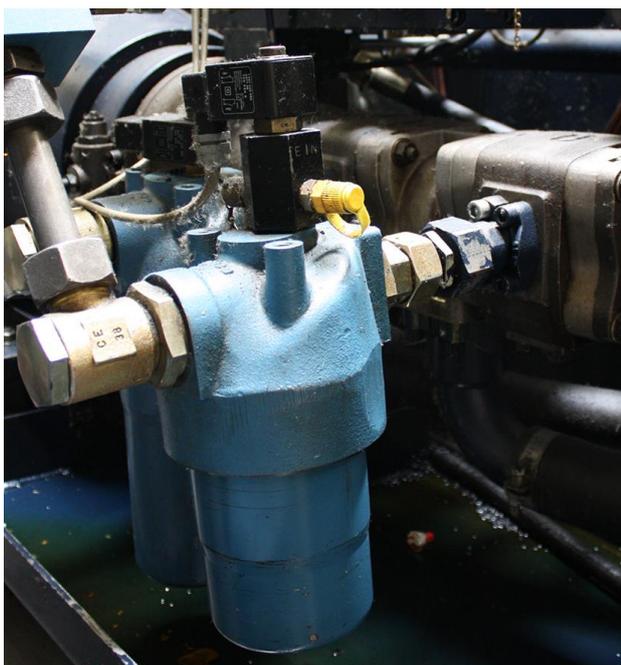


Bild 4: Druckfilter mit Differenzdrucksensor

Druckfilter (Bilder 1, 4) werden hinter der Systempumpe installiert und sind auf den Systemdruck und auf den Volumenstrom in der Druckleitung ausgelegt. Sie eignen sich besonders zum Schutz empfindlicher Bauteile. Hochdruckfilter müssen dem maximalen Systemdruck dauerhaft standhalten. Druckfilter müssen grundsätzlich mit einer Verschmutzungsanzeige ausgestattet sein. Ist dies nicht möglich, muss ein planmäßiger Filteraustausch in der Bedienungsanleitung festgelegt sein.

Vor besonders kritischen Komponenten (z. B. Servoventilen) sollten nur Filter ohne Bypassventil verwendet werden. Derartige Schutzfilter müssen mit einem Filterelement ausgerüstet sein, das selbst höheren Differenzdruckbelastungen standhält (siehe DIN 24550-1 [5]).

2.3.3 Rücklauffilter

Diese Filterbauart kann entweder als Filter in die Rücklaufleitung zum Hydrauliktank oder als Tankanbaufilter eingebaut werden. Die gesamte Rücklaufmenge aus dem System wird gefiltert, bevor sie in den Tank fließt. Bei der Auswahl der richtigen Filtergröße muss dabei der maximal mögliche Rücklaufvolumenstrom berücksichtigt werden. Falls gefährliche Fehlfunktionen aufgrund von zu hohem Differenzdruck im Rücklauffilter entstehen können, muss dieser Filter mit einem Bypassventil ausgestattet sein. In Bild 5 sind verschiedene Bauformen von Rücklauffiltern dargestellt.



Bild 5: Rücklauffilter auf dem Hydrauliktank

2.3.4 Nebenstromfilter

In hochbeanspruchten Hydrauliksystemen werden vermehrt zusätzliche Nebenstromfilter eingesetzt, um die Anreicherung von Feinstpartikeln zu vermeiden. Im Gegensatz zu Hauptstromfiltern wird über Nebenstromfilter lediglich eine kleine Teilmenge des gesamten Volumenstromes im System gefiltert. Durch die vom Arbeitszyklus der Maschine unabhängige, kontinuierliche Filtration lässt sich in Verbindung mit Feinstfilterelementen eine hervorragende Reinheit der Druckflüssigkeit erzielen. Nebenstromfiltersysteme können zusätzlich zu Hauptstromfiltern eingesetzt werden (siehe Bild 6).



Bild 6: Nebenstromfiltersystem

2.3.5 Belüftungsfilter

Tankbelüftungsfilter verhindern das Eindringen von Schmutz aus der Umgebungsluft in den Hydraulikkreislauf und gehören daher zu den wichtigsten, meist jedoch vernachlässigten Filtern. Idealerweise sollten diese mindestens die gleiche Filterfeinheit besitzen wie die feinste Filtereinheit im System. In Anwendungen, bei denen mit erhöhtem Staubanfall zu rechnen ist, sollte der Belüftungsfilter erhöht auf einem Sockel eingebaut werden. Damit ist gewährleistet, dass der Filter nicht von Staub bedeckt wird bzw. keinen Staub ansaugt.

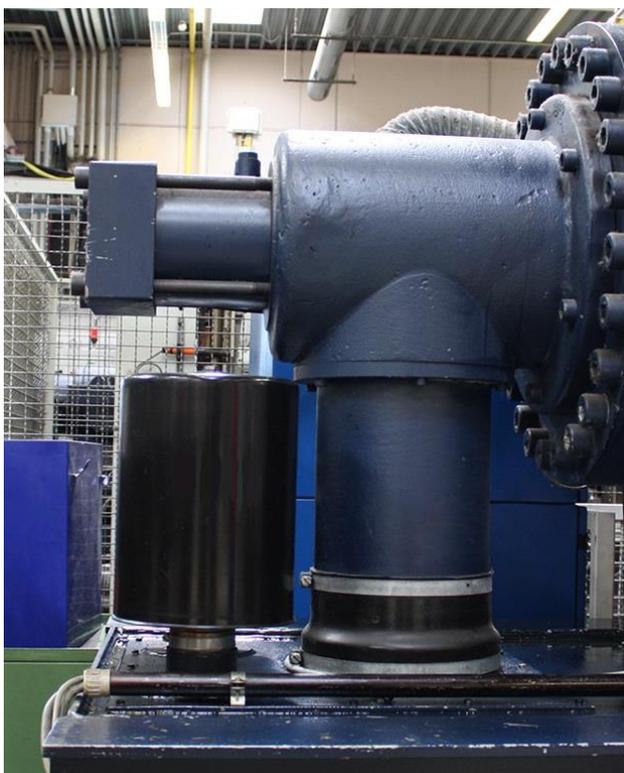


Bild 7: Belüftungsfilter auf Sockel

2.4 Filterkennwerte

Die Leistungsfähigkeit eines Filters wird im Wesentlichen von drei Kenngrößen bestimmt: der Schmutzaufnahmekapazität, der Filterfeinheit und dem Differenzdruck. Alle drei Werte beeinflussen sich gegenseitig. Ein hochwertiges Filterelement zeichnet sich dadurch aus, diese drei Faktoren in einem optimalen Verhältnis zu verbinden, das

heißt, es erzielt die gewünschten Abscheidewerte bei höchster Schmutzaufnahme und niedrigstem Differenzdruck. Der für die Leistungsbeurteilung von Filterelementen wichtigste Test ist der Multipass-Test nach ISO 16889 [6]. Weitere Filterkenngrößen, die je nach Anwendungsfall die Filterauswahl beeinflussen können, sind die Kollaps- und Berstdruckfestigkeit, die Durchflussermüdungsfestigkeit, die Medienverträglichkeit und das Kaltstartverhalten.

2.5 Filterauswahl

Zur wichtigsten Aufgabe eines Filters gehört es, die geforderte Ölreinheit zu garantieren, um die eingesetzten Komponenten vor Verschleiß und Ausfall zu schützen. Durch die spezifizierten Reinheitsklassen und möglichen Verschmutzungsquellen ergibt sich die notwendige Filterfeinheit. Der Einbauort und die Funktion (Arbeits- oder Schutzfilter) des Filters werden von den eingebauten und zu schützenden Komponenten bestimmt. Die Größe des Filters wird nach dem maximalen Volumenstrom festgelegt. Weitere Systemparameter, die die Auswahl des Filters betreffen, sind Betriebstemperatur, maximaler Betriebsdruck, zulässiger Differenzdruck am Filter, Ölsorte/Viskosität, Kaltstarttemperatur, Umgebungsbedingungen, Filterausführung (z. B. umschaltbar) und theoretische Umlaufzeit der Druckflüssigkeit.

3 Folgen unzureichender Filtration

Wird die Druckflüssigkeit einer Hydraulikanlage nicht ausreichend gefiltert, können sich erhebliche Auswirkungen auf das gesamte System ergeben.

3.1 Schäden durch Verschmutzung

Der Verschleiß einzelner Komponenten und der gesamten Anlage ist stark beschleunigt. Durch Abrasions- und Erosionseffekte wird Material an der Oberfläche von Komponenten abgetragen. Dadurch ändern sich die Toleranzen und es kommt zu Leckagen. Zudem verringert sich der Wirkungsgrad und die Lebensdauer der Bauteile verkürzt sich deutlich. Die Beschädigung der Komponenten kann zu funktionalen Anlagenstörungen (Stillstand der kompletten Anlage) bis hin zum gefährbringenden Ausfall der hydraulischen Steuerung (z. B. klemmendes Ventil) führen.

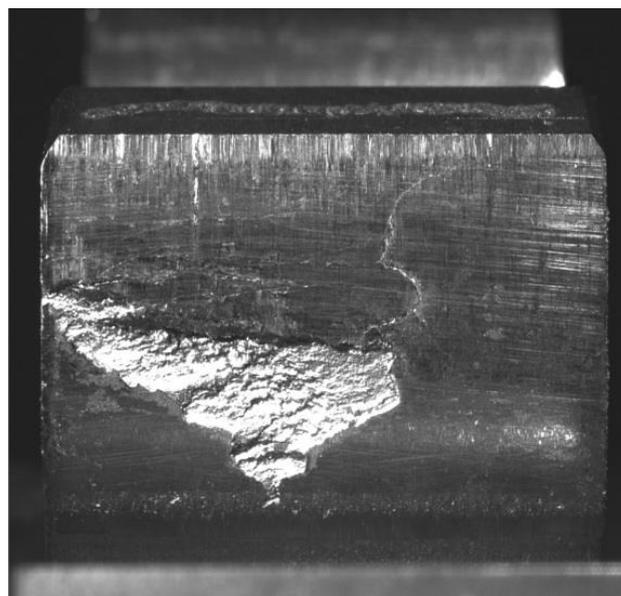


Bild 8: Beschädigung der Zahnflanke

Das Ausmaß der Komponentenschädigung ist dabei abhängig vom Material der Verschmutzung. Je härter die Partikel sind, desto größer ist der Schaden. Die Größe und die Anzahl der Partikel sind ebenfalls entscheidend. Je höher der Betriebsdruck ist, umso stärker werden die Partikel in den Schmierspalt gedrückt und umso mehr Schaden richten sie an. Bilder 8 und 9 zeigen typische Schadensbilder durch übermäßige Verschmutzung im Schmiermittel an der Zahnflanke eines Zahnrades und an einem beschädigten Ventilschieber. Weitere Informationen über den Alterungsprozess von Hydraulikventilen enthält der BIA-Report 6/2004 [7].

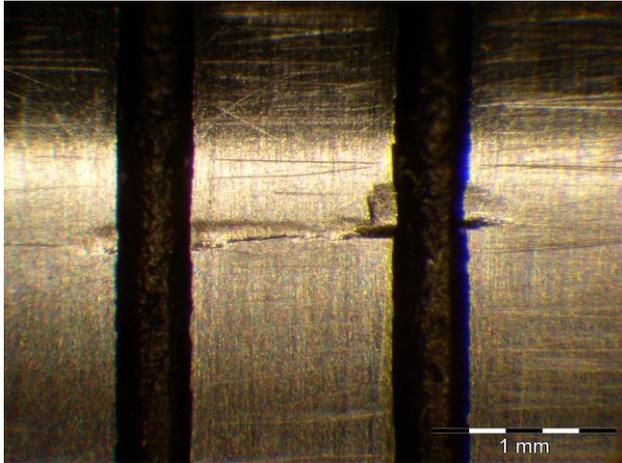


Bild 9: Mikroskopische Aufnahme eines unter schlechten Bedingungen betriebenen Ventilschiebers

3.2 Vermeidung von Schäden

Starke Verschmutzung der Hydraulikflüssigkeit führt nicht nur zu erhöhtem Verschleiß und verkürzter Lebensdauer der Komponenten; auch beschleunigte Ölalterung und Wirkungsgradverluste werden durch mangelhafte Filtration verstärkt. Die meisten Betriebsstörungen in Hydrauliksystemen sind auf verschmutzte Druckflüssigkeit zurückzuführen.

Eine effektive Filtration ist daher essentiell, um die geforderte Ölreinheit zu gewährleisten und die Hydraulikanlage zuverlässig und sicher zu betreiben.

Durch eine sachgemäße Filtration der Hydraulikflüssigkeiten wird der erforderliche Aufwand der Anlagen- bzw. Hydraulik-Instandhaltung (Ersatzteilbeschaffung und -vorrat sowie Bereitschaft und Einsatz von Instandhaltungspersonal) reduziert.

Anmerkung:

Der Fachbereich Holz und Metall wurde darauf hingewiesen, dass der Einsatz von modernen, umweltfreundlichen Hydraulikölen und der Trend zu kompakteren Anlagen und einer feineren Filtration in einigen Fällen zu Problemen durch elektrostatische Aufladung und Entladung führen kann. Insbesondere zink- und aschefreie Öle weisen oft niedrige elektrische Leitfähigkeiten auf. Durchströmt ein solch niedrig-leitfähiges Öl ein herkömmliches Filterelement, können sich Element und Öl elektrostatisch aufladen und es können elektrostatische Entladungen im System oder außerhalb der Anlage auftreten. Betreiber von Hydraulikanlagen sollten sich im Falle von Problemen aufgrund elektrostatischer Entladungen zunächst an den Hersteller der Anlage wenden. Einige Filterhersteller bieten inzwischen technische Lösungen an.

4 Betrieblicher Filterwechsel

Der Betreiber von Maschinen mit hydraulischen Steuerungen muss die Hydraulikfilter einschließlich eventuell vorhandenen Nebenstromfiltern regelmäßig kontrollieren und

gemäß den Herstellervorgaben bzw. dem Wartungsplan oder nach Verschmutzung bzw. Verschmutzungsanzeige auswechseln.

Merke:

Die Kontroll- und Wechselintervalle der Filtereinrichtungen sind zu beachten!

Beim Filterwechsel ist auf den Druckabbau, die Verbrühungsgefahr durch heißes Hydrauliköl, die Vermeidung von Schmutz- und Wassereintrag, den Zustand der Dichtungen sowie die Systementlüftung zu achten. Weitere Hinweise zur Sicherheit bei Instandhaltungsarbeiten enthält die DGUV Information 209-070 [8].

In einigen Fällen – z. B. bei erhöhtem Ausfall von Hydraulikkomponenten – kann es sinnvoll sein, mit dem Maschinenhersteller oder einem Filterspezialisten über Verbesserung der vorhandenen Filterausrüstung einer Maschine zu beraten und ggf. das Filterkonzept zu überarbeiten.

Bei einem späteren Einbau von zusätzlichen Filtern ist auf wartungsfreundliche Anordnung außerhalb der Gefahrenbereiche sowie auf Anforderungen der DIN EN ISO 4413 (z. B. Wartungsanzeige) zu achten.

5 Zusammenfassung und Anwendungsgrenzen

Diese DGUV-Information beruht auf dem durch den Fachbereich Holz und Metall, Sachgebiet Maschinen, Anlagen und Fertigungsautomation zusammengeführten Erfahrungswissen und Erkenntnissen aus Anwendungen auf dem Gebiet der hydraulischen Ausrüstungen von Maschinen und Anlagen.

Die vorliegende DGUV-Information wurde vom Expertenkreis der Unfallversicherungsträger im Themenfeld Hydraulik und Pneumatik der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung – DGUV unter Einbeziehung des Instituts für Arbeitsschutz – IFA erarbeitet. Es soll insbesondere der Information von Konstrukteuren der Hersteller und von Betreibern bei der Festlegung und beim Einsatz von Filtern in hydraulischen Steuerungen an Maschinen und Anlagen dienen, die zum Anwendungsbereich der europäischen Maschinenrichtlinie [9] zählen

Die besonderen Bestimmungen für andere Anwendungsfälle (im Bergbau o. Ä.) sind zu beachten.

Die Bestimmungen nach einzelnen Gesetzen und Verordnungen bleiben durch diese DGUV-Information unberührt. Die Anforderungen der gesetzlichen Vorschriften gelten uneingeschränkt. Um vollständige Informationen zu erhalten, ist es erforderlich, alle in Frage kommenden Vorschriften und aktuellen Normen einzusehen.

Der Fachbereich Holz und Metall setzt sich u. a. zusammen aus Vertretern und Vertreterinnen der Unfallversicherungsträger, staatlichen Stellen, Sozialpartnern, Herstellern und Betreibern.

Diese DGUV-Information ersetzt die gleichnamige Fassung, herausgegeben als Entwurf 02/2016.

Weitere DGUV-Informationen bzw. Informationsblätter des Fachbereichs Holz und Metall stehen im Internet zum Download bereit [10].

Zu den Zielen der DGUV-Informationen siehe DGUV-Information FB HM-001 „Ziele der DGUV-Information herausgegeben vom Fachbereich Holz und Metall“.

Literatur:

- [1] DIN EN ISO 4413, Fluidtechnik – Allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen an Hydraulikanlagen und deren Bauteile; 2011-04, Beuth Verlag, Berlin
- [2] DIN EN ISO 13849-2 Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen - Teil 2: Validierung, 2013-02, Beuth-Verlag
- [3] ISO 4406 Fluidtechnik - Hydraulik-Druckflüssigkeiten - Zahlenschlüssel für den Grad der Verschmutzung durch feste Partikel; 1999-12, Beuth-Verlag, Berlin
- [4] SAE AS 4059 Aerospace Fluid Power - Contamination Classification for Hydraulic Fluids, 2013-09-27, Beuth-Verlag, Berlin
- [5] DIN 24550-1 Fluidtechnik - Hydraulikfilter - Teil 1: Begriffe, Nenndrücke, Nenngrößen, Anschlussmaße; Ausgabe 2006-09, Beuth Verlag, Berlin
- [6] ISO 16889, Fluidtechnik - Filter - Prüfverfahren mit Mehrfachdurchgang zur Bestimmung der Filterleistung eines Filterelementes, 2008-06, Beuth Verlag, Berlin
- [7] BIA-Report 6/2004 „Untersuchung des Alterungsprozesses von hydraulischen Ventilen“, Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA), 53754 Sankt Augustin.
- [8] DGUV Information 209-070 „Sicherheit bei der Hydraulik-Instandhaltung“ (bisher: BGI 5100), Ausgabe 2014-01, Fachbereich Holz und Metall FB HM der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung DGUV, Berlin,
- [9] Richtlinie 2006/42/EG (Maschinenrichtlinie) Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 157/24 vom 09.06.2006 mit Berichtigung im Amtsblatt L76/35 vom 16.03.2007.
- [10] Internet: www.dguv.de/fb-holzundmetall Publikationen oder www.bghm.de Webcode: <626>

Bildnachweis:

Die in der DGUV-Information gezeigten Bilder wurden freundlicherweise zur Verfügung gestellt von:

Bilder 1 und 9:	IFA - Institut für Arbeitsschutz der DGUV 53754 Sankt Augustin
Bilder 2, 3, 5, 6, 8 u. Tabelle 1	HYDAC Filtertechnik GmbH Justus-von-Liebig-Straße / Werk 8 66280 Sulzbach/Saar
Bilder 4 und 7	MAHLE Industriefiltration GmbH Schleifbachweg 45 74613 Öhringen

Herausgeber:

Fachbereich Holz und Metall der DGUV
Sachgebiet Maschinen, Anlagen und Fertigungsautomation
c/o Berufsgenossenschaft Holz und Metall
Postfach 37 80
55027 Mainz