

Flüssigkeitsverschmutzung

Flüssigkeitsverschmutzung bezeichnet das Vorhandensein von Fremdpartikeln und -stoffen in der Hydraulikflüssigkeit, die in 3 Familien (Feststoff-, Wasser- und Luftverschmutzung) eingeteilt werden und unterschiedliche Auswirkungen auf die Hydraulikkomponenten haben. Dieser Aspekt ist ein Hauptproblem für alle Hydrauliksysteme, da er für Ausfälle und längere Ausfallzeiten der Maschine verantwortlich ist und somit hohe Kosten für die Endbenutzer verursacht.

Der Zweck dieses Dokuments ist es, allgemeine Informationen über die Art, die Quellen und die Auswirkungen von Flüssigkeitsverschmutzung auf hydraulische Komponenten zu geben.

Insbesondere geht es um feste Verschmutzungen, die am häufigsten in hydraulischen Systemen vorkommen, mit einer Beschreibung der internationalen Methoden zu deren Messung und Klassifizierung.

1 FESTE VERSCHMUTZUNG

Sie ist für den Verschleiß und die Beschädigung von Hydraulikkomponenten verantwortlich und verursacht etwa 80 % der Ausfälle von Hydrauliksystemen.

Feste Verschmutzungen können aus der äußeren Umgebung in das Hydrauliksystem gelangen oder während des Systembetriebs entstehen. Eine detaillierte Analyse der möglichen Ursachen für die Kontamination mit Flüssigkeiten wird in Abschnitt 4

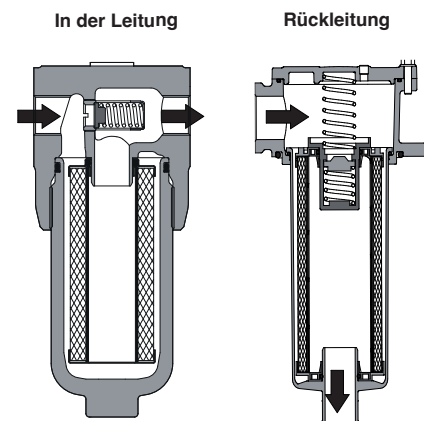
Auswirkungen: Feste Verschmutzungen führen zu beschleunigtem Verschleiß und Klebeerscheinungen mit der Folge erhöhter interner Leckagen und ungenauer Regulierung von Hydraulikkomponenten. Im schlimmsten Fall kann dies zum Bruch der Komponenten führen.

Eine detaillierte Analyse der Auswirkungen fester Verunreinigungen auf hydraulische Komponenten wird in Abschnitt 5

Methoden zur Beseitigung: Die feste Verschmutzung kann nicht vollständig entfernt werden, aber sie kann durch folgende Maßnahmen auf ein akzeptables Niveau reduziert werden **hydraulische Filter (in der Leitung und im Rücklauf)**.

Verschmutzungen aus der äußeren Umgebung können ebenfalls durch spezielle Luftfilter und Druckbehälter verhindert werden.

Eine ausführliche Beschreibung der Filtertypen, der Verschmutzungsklassen und der empfohlenen Filtrationskreisläufe finden Sie in der technischen Tabelle LF020



2 WASSERVERSCHMUTZUNG

Wasser kann in der Hydraulikflüssigkeit als gelöstes Wasser (Emulsion) oder als freies Wasser enthalten sein, je nach Konzentration und Temperatur der Flüssigkeit.

Wasser kann beim Einfüllen von Öl, durch den Tankdeckel oder durch die Luftfeuchtigkeit in der Umgebung in das Hydrauliksystem gelangen.

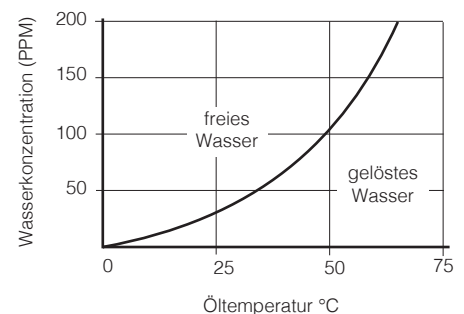
Auswirkungen: Wasserverschmutzung verursacht Oxidation und Korrosion von Metallteilen sowie eine Veränderung der chemischen Eigenschaften der Hydraulikflüssigkeit.

Entnahmemethoden: Versiegelte Tanks werden normalerweise verwendet, wenn das System im Freien installiert wird, um ein Heruntertropfen des Wassers zu verhindern.

Zentrifugalabscheider sind eine gute Lösung, um die Wasseremulsion aus der Hydraulikflüssigkeit zu entfernen.

EntlüftungsfILTER werden normalerweise verwendet, um die Feuchtigkeit aus der Luft zu entfernen, die in den Öltank gelangt.

Hinweis: Wenden Sie sich an das technische Büro von Atos, um detaillierte Informationen über die Entfernung von Wasserverschmutzungen zu erhalten



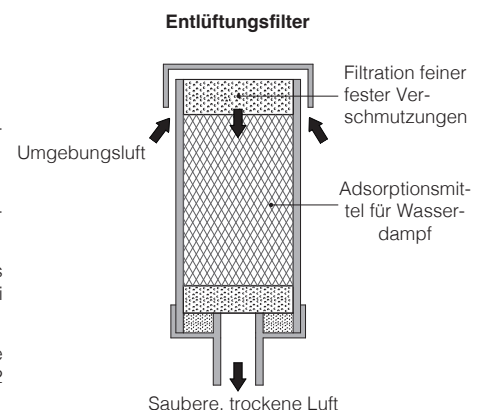
3 LUFTVERSCHMUTZUNG

Luft ist immer im Hydrauliksystem vorhanden, bevor es in Betrieb genommen wird, oder sie kann während der Wartung zugeführt werden.

Auswirkungen: Das Vorhandensein von Luft kann die Pumpen durch Kavitation, ungenaue Ventilsteuerung und Vibrationen beschädigen.

Methoden zur Beseitigung: Entlüftungsstellen befinden sich normalerweise auf der Oberseite des Hydrauliksystems und in den Hydraulikkomponenten. Das vollständige Entlüftungsverfahren muss bei der Inbetriebnahme des Systems oder nach Wartungsarbeiten durchgeführt werden.

Anmerkung: wenden Sie sich an das technische Büro von Atos, um detaillierte Informationen über die Entlüftungsprozeduren zu erhalten. Siehe auch www.atos.com, technische Tabelle P002 für die Inbetriebnahme des Systems



4 QUELLEN FÜR FESTE VERSCHMUTZUNGEN

Die feste Verschmutzung hat zwei Hauptquellen:

- **Ursprüngliche Verschmutzung der Flüssigkeit** verursacht durch minderwertige Hydraulikflüssigkeiten oder Flüssigkeiten, die in verschmutzten Tanks gelagert werden
- **Fortschreitende Verschmutzung des Systems** die während des Betriebs des Systems entsteht und durch den Verschleiß von Metallteilen und Gummileitungen verursacht wird

Bei einer genaueren Analyse lassen sich folgende Ursachen für die Verschmutzung feststellen:

4.1 Erste Flüssigkeitsfüllung

Öl aus Schiffscontainern hat in der Regel einen höheren Verschmutzungsgrad als die für die meisten Hydrauliksysteme akzeptablen Standards: Man kann nicht davon ausgehen, dass das Öl sauber ist, wenn es nicht sorgfältig gefiltert wurde.

4.2 Eingebaute Verschmutzung

In neuen Systemen können verschiedene Verschmutzungen gefunden werden, die direkt mit den Herstellungs- und Montagevorgängen zusammenhängen können.

4.3 Selbsterzeugte Verschmutzung

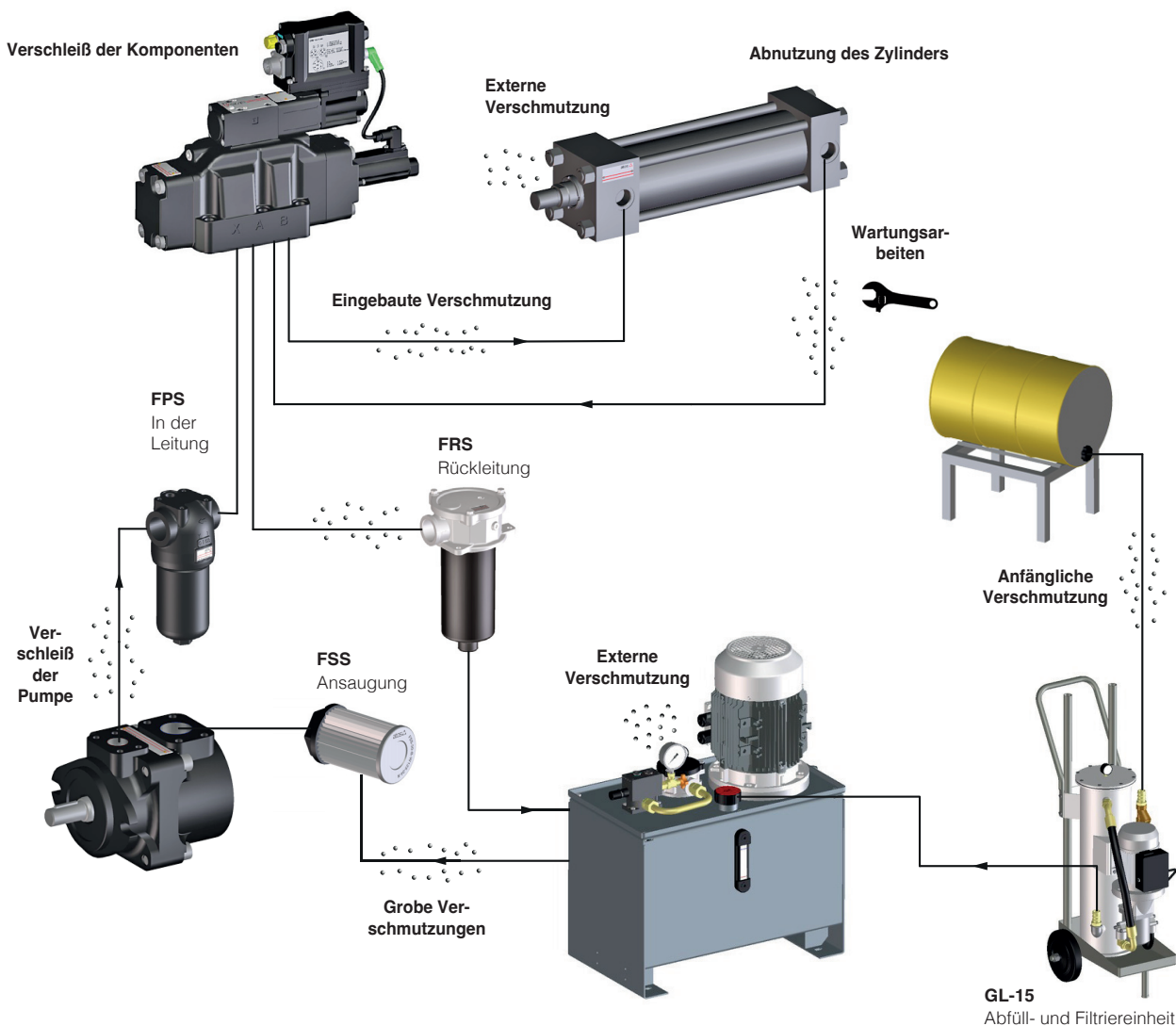
Die Hauptquelle für Verschmutzungen stammt direkt aus dem normalen Betrieb des Hydrauliksystems. Die meisten Verschmutzungen stammen aus Gummi, der sich von den Innenwänden flexibler Schläuche löst, einige aus beweglichen Teilen von Hydraulikkomponenten, wie Pumpen und Ventilen

4.4 Externe Verschmutzung

Verschmutzung aus der Umgebung können durch die Entlüftungsdeckel der Tanks und verschlissene Zylinderstangendichtungen in die Hydraulikflüssigkeit gelangen.

4.5 Wartungsbedingte Verschmutzung

Während der Wartungsarbeiten können Verschmutzungen aus der Umgebung in das System gelangen. Eine ungenaue Reinigung der Rohre nach dem Austausch defekter Komponenten kann die Ursache für weitere Verschmutzungen sein.



5 AUSWIRKUNGEN FESTER VERSCHMUTZUNGEN

Das Vorhandensein von festen Verschmutzungen in der Hydraulikflüssigkeit hat schädliche Auswirkungen auf den korrekten Betrieb und die Lebensdauer von Hydraulikkomponenten wie Pumpen, Ventilen und Aktuatoren.

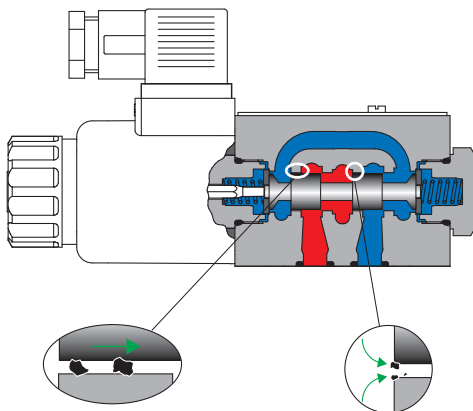
Sie verursachen vor allem Abrieb, Erosion und Ermüdungserscheinungen an der Oberfläche der Komponenten mit den folgenden Hauptfolgen:

- erhöhte interne Leckagen
- Klebeeffekte
- ständige Abnutzung der beweglichen Teile

Typische Ausfälle, die durch feste Verschmutzungen verursacht werden, können wie folgt klassifiziert werden:

- **Vorübergehende Ausfälle** wenn Partikel in Komponenten eindringen und eine vorübergehende Fehlfunktion verursachen. Die Komponenten funktionieren wieder richtig, sobald die Partikel durch den Ölfluss entfernt werden.
- **Fortschreitende Verschlechterung** wenn Partikel Mikroerosion und Abrieb an den Oberflächen der Komponenten verursachen. Dieses Versagen führt zu einer fortschreitenden Verschlechterung der Leistung, bis die Funktionalität der Komponente endgültig beeinträchtigt ist.
- **Irreparabler Ausfall** wenn Partikel in den Spalt zwischen beweglichen Teilen eindringen und ein plötzliches Festkleben verursachen. Dieser Fehler kann durch die Reinigung der inneren Teile der Komponente behoben werden, in den schlimmsten Fällen müssen die gesamten Komponenten ersetzt werden

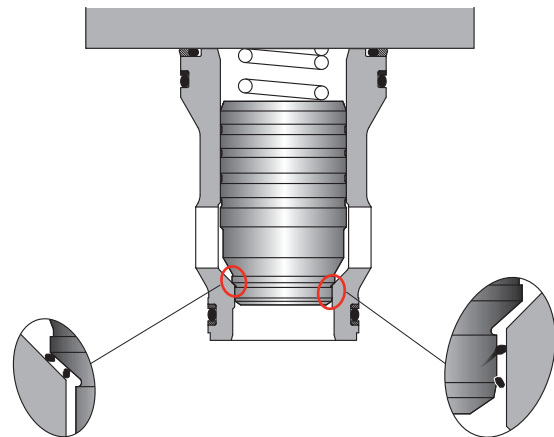
Typische Ausfälle bei Schieberventilen



Vorübergehender Ausfall:
Klebeeffekte (Ungenauigkeit der Kontrolle)

Progressive Verschlechterung:
Erosion des Kolbens, Leckagen

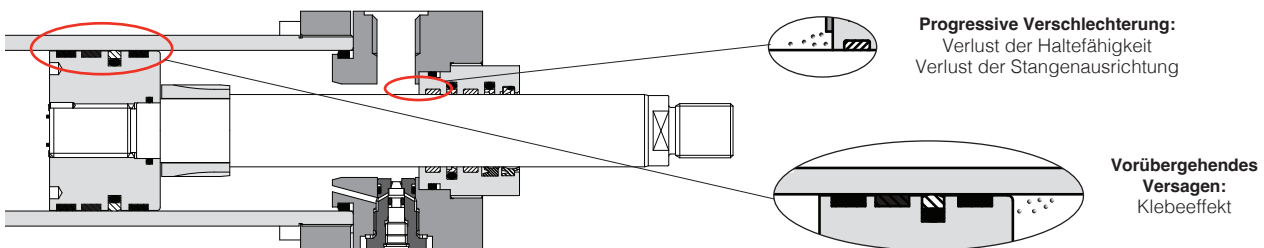
Typische Ausfälle von Einbauventilen mit Kegelsitz



Vorübergehender Ausfall:
Leckagen

Progressive Verschlechterung:
Erosion des Kegelsitzes

Typische Defekte in Zylindern



Progressive Verschlechterung:
Verlust der Haltefähigkeit
Verlust der Stangenausrichtung

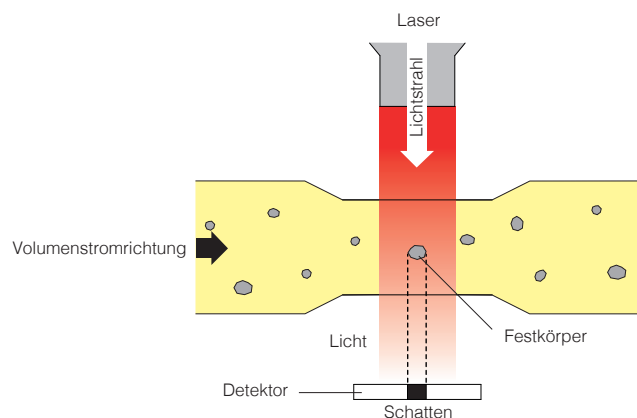
Vorübergehendes Versagen:
Klebeffekt

6 MESSUNG VON FESTER VERSCHMUTZUNG

Eine der in der Industrie am häufigsten verwendeten Methoden zur Analyse fester Verschmutzungen ist der Automatische Partikelzähler (APC). Es basiert auf dem Prinzip eines Lichtstrahls, der durch die zu untersuchende Flüssigkeitsprobe projiziert wird.

Wenn ein festes Teilchen den Lichtstrahl durchläuft, führt dies zu einem messbaren Energieverlust, der proportional zur Größe des Teilchens ist.

Diese Methode ermöglicht die Messung der Menge und Größe der in der Flüssigkeit vorhandenen festen Partikel und wird zur Klassifizierung des Verschmutzungsgrads der Flüssigkeit verwendet, wie in Abschnitt 5



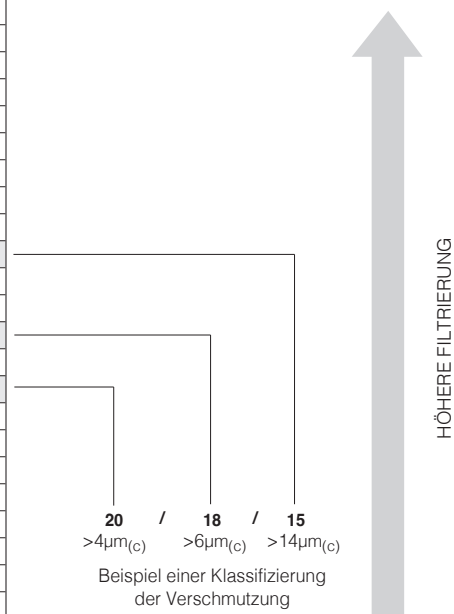
7 KLASSTIFIZIERUNG DES VERSCHMUTZUNGSGRADES

Der Verschmutzungsgrad gibt die Menge und Größe der in der Hydraulikflüssigkeit vorhandenen Festkörper an. Es wird nach der europäischen Norm ISO 4406/1999 klassifiziert, während es für Nordamerika nach den Normen SAE AS 4059 oder NAS 1638 klassifiziert wird.

7.1 ISO 4406 Klassifizierung

ISO 4406 ist die europäische Norm, die in der Industriehydraulik zur Messung und Klassifizierung von Flüssigkeitsverschmutzungen weit verbreitet ist. Der Verschmutzungsgrad wird gemessen, indem die Anzahl der Partikel einer bestimmten Größe in 100 ml Flüssigkeit gezählt wird. Er wird durch eine Kombination von 3 Codes ausgedrückt, d.h.: **20 / 18 / 15**, zur Identifizierung der Menge an Verschmutzungen mit einer Größe von $> 4 \mu\text{m}_{(c)}$, $> 6 \mu\text{m}_{(c)}$ und $> 14 \mu\text{m}_{(c)}$, gemäß der folgenden Tabelle

ISO CODE (nach ISO 4406)	Partikelmenge / 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	260,000
19	260,000	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



7.2 SAE AS 4059 Klassifizierung

Diese Klassifizierung wird normalerweise in Nordamerika angewandt, insbesondere in der Luft- und Raumfahrtindustrie, wo der Verschmutzungsgrad durch eine Kombination von 3 Codes klassifiziert wird, d.h. **7B/6C/5D** Identifizierung der Menge an Verschmutzungen einer bestimmten Größe in 100 ml Flüssigkeit

Abmessungen Code		A	B	C	D	E	F
Abmessungen der Partikel		$> 4 \mu\text{m}_{(c)}$	$> 6 \mu\text{m}_{(c)}$	$> 14 \mu\text{m}_{(c)}$	$> 21 \mu\text{m}_{(c)}$	$> 38 \mu\text{m}_{(c)}$	$> 70 \mu\text{m}_{(c)}$
		Partikelmenge / 100 ml					
Verschmutzungsclassen	000	195	76	14	3	1	0
	00	390	152	27	5	1	0
	0	780	304	54	10	2	0
	1	1,560	609	109	20	4	1
	2	3,120	1,220	217	39	7	1
	3	6,250	2,430	432	76	13	2
	4	12,500	4,860	864	152	26	4
	5	25,000	9,730	1,730	306	53	8
	6	50,000	19,500	3,460	612	106	16
	7	100,000	38,900	6,920	1,220	212	32
	8	200,000	77,900	13,900	2,450	424	64
	9	400,000	156,000	27,700	4,900	848	128
	10	800,000	311,000	55,400	9,800	1,700	256
11	1.600.000	623,000	111,000	19,600	3,390	1,020	
12	3.200.000	1.250.000	222,000	39,200	6,780		



7.3 NAS 1638 Klassifizierung

NAS 1638 (National Aerospace Standard) ist eine Art der Klassifizierung, die in Nordamerika verwendet wird.

Sie unterteilt die Dimensionsverteilung der Partikel in Intervalle (5-15 μm , 15-25 μm , etc.) und weist jedem Intervall einen Code zu, entsprechend der folgenden Tabelle, in der auch ein Vergleich mit den Normen ISO 4406 und SAE AS 4059 aufgeführt ist.

ISO 4406	SAE AS 4059	NAS 1638
14/12/09	4A/3B/3C	3
15/13/10	5A/4B/4C	4
16/14/11	6A/5B/5C	5
17/15/12	7A/6B/6C	6
18/16/13	8A/7B/7C	7
19/17/14	9A/8B/8C	8
20/18/15	10A/9B/9C	9
21/19/16	11A/10B/10C	10
22/20/17	12A/11B/11C	11
23/21/18	13A/12B/12C	12

