

# MAHLE

*Industrial Filtration*

KNOW-HOW FÜR MEHR  
**EFFIZIENZ**  
UND WIRTSCHAFTLICHKEIT

FILTRATION IN HYDRAULIK- UND SCHMIERKREISLÄUFEN





## HYDRAULIKANLAGEN BRAUCHEN INNOVATIVE FILTER-LÖSUNGEN

Hochleistungs-Filterssysteme sind aus modernen Hydraulik- und Schmieranlagen nicht mehr wegzu-denken. Sie schützen hochsensible Komponenten, gewährleisten die Einhaltung der erforderlichen Reinheit der Fluidmedien und sorgen für die notwendige Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit der Anlagen.

Mit dem vorliegenden Handbuch möchten wir sowohl angehende Hydrauliker als auch gestandene Fachleute umfassend und aktuell über das Thema Filtration in Hydraulik- und Schmierkreisläufen informieren: von den Grundlagen über den Betrieb bis zur Instandhaltung von Anlagen.

Aus Theorie und Praxis finden Sie hier alle wichtigen Details kompakt und übersichtlich zusammen-gefasst. Falls dennoch Fragen offen bleiben sollten, beraten wir Sie gerne persönlich. Wenden Sie sich einfach an unsere Ingenieure und Techniker.

Viel Spaß bei der Fachlektüre.



<b>MAHLE INDUSTRIEFILTRATION</b>	<b>5</b>
<b>HYDRAULIK- UND SCHMIERKREISLÄUFE</b>	<b>6</b>
<b>HYDRAULIKFLÜSSIGKEITEN</b>	<b>10</b>
Mineralöle	10
Schwer entflammbare Flüssigkeiten	12
Schmieröle, synthetische Druckflüssigkeiten	13
Filtrierbarkeit, Reinheitsklassen	14
Auswahl Filterfeinheit und -elemente	19
Kritische Stellen und Toleranzen an hydraulischen Bauteilen	20
<b>FILTERKONZEPT</b>	<b>22</b>
Filterauslegung und Aufbau von Hydraulikfiltern	22
Saugfilter	24
Druckfilter	25
Rücklauffilter	26
Nebenstromfilter	27
Druckverlust an Hydraulikfiltern	28
BelüftungsfILTER	29
<b>TRÜBUNGSSENSOR UND COALESCER-FILTER</b>	<b>30</b>
<b>PRÜFNORMEN FÜR FILTERELEMENTE UND FILTERLEISTUNG</b>	<b>32</b>
Blasenpunkt-Test (ISO 2942)	32
Kollaps-/Berstdruckprüfung (ISO 2941)	32
Bestimmung des Anfangsdifferenzdrucks (ISO 3968)	33
Multipass-Test (ISO 16889)	34
<b>BETRIEB UND WARTUNG</b>	<b>36</b>
Regeln für den Betrieb	36
Ölprobenentnahme	38
Öluntersuchung	39
Wartungsempfehlungen	40
<b>ANHANG</b>	<b>42</b>
Normenverzeichnisse	42
Institutionen und Fachverbände	45
Glossar	46



## IMMER EINE SAUBERE LÖSUNG

### MAHLE Industriefiltration

Als innovativer Lösungspartner produziert MAHLE Industriefiltration seit vielen Jahrzehnten hochwertige Industriefilter für die Fluidfiltration, Luftreinhaltung und Prozesstechnik. Als eigenständiger Leistungsbereich ist MAHLE Industriefiltration mit eigener Entwicklung, Produktion und Vertrieb in den MAHLE Konzern integriert, einer der 30 größten Automobilzulieferer weltweit.

### Perfektion in allen Filteranwendungen

Dank hochwirksamer Filter und Filteranlagen, Geräten und Zubehör zur Reinhaltung von Hydraulikflüssigkeiten ist MAHLE sowohl für Maschinenhersteller als auch für Anwender von Anlagen der Mobil- und Stationärhydraulik weltweit der kompetente Partner.

Im Bereich Luft sorgen MAHLE Luftfilter und Ölfleinabscheider für wirtschaftliche Erzeugung von Druckluft.

MAHLE Entstaubungsgeräte und -anlagen dienen dem Umweltschutz und der Arbeitssicherheit und werden erfolgreich zur Produktrückgewinnung eingesetzt.

Durch den Vorteil rationellen Nonstop-Betriebs rund um die Uhr bei automatischen Abreinigungs- und Entsorgungsabläufen haben sich MAHLE Automatikfilter, die von der Grob- bis zur Feinstfiltration oder zur Homogenisierung eingesetzt werden, weite Einsatzgebiete von der Kühlschmierstofffiltration über die Lebensmitteltechnik bis zur Schiffsbetriebstechnik erschlossen.

### MAHLE Hydraulik- und Schmierölfiler

Seit Anfang der 60er-Jahre beschäftigt sich MAHLE mit der Filtration von Hydraulik- und Schmierflüssigkeiten. Heute bildet diese Produktgruppe einen Schwerpunkt im Fertigungsprogramm Industriefilter. Das überlegene technische Know-how und die hervorragende Qualität unserer Produkte haben uns zu einem der weltweit führenden Hersteller von Filteranlagen, Geräten und Zubehör für die Fluidtechnik gemacht.

Die Produktpalette umfasst Druckfilter, Doppelschaltfilter, Nebenstromfilter, Saugfilter, Rücklauf- filter, Belüftungsfiler, Coalescer-Filter, hochwirksame Filterelemente in Standardausführungen und nach DIN 24550 sowie Zubehör, Filter- und Servicegeräte zur Pflege von Hydraulik- und Schmierflüssigkeiten. In tausenden Anlagen bewährt, schützen unsere Hochleistungs-Filterelemente hochsensible Hydrauliksysteme und sorgen bei verschiedensten Fluidmedien für die Einhaltung der erforderlichen Reinheitsklassen.

Die kontinuierliche Entwicklung von Werkstoffen und Fertigungstechnologien garantiert wirtschaftlich und technisch optimale Produkte in höchster Qualität. Unsere Produktion ist nach DIN EN ISO 9001, unser Umweltmanagement nach DIN EN ISO 14001 und EMAS zertifiziert. So gestalten wir die Zukunft und den Erfolg für uns und für unsere Kunden.



MAHLE Industriefiltration, Werk Öhringen

## AUSFALLSICHERHEIT DURCH SYSTEME MIT KONSTANT NIEDRIGER REINHEITSKLASSE

Nach wie vor eine der Hauptursachen für Störungen und Betriebsausfälle bei Hydraulikanlagen: Schmutz, der zum vorzeitigen Verschleiß von Bauteilen führt. Wirksamstes Gegenmittel: Filter, die die Feststoffverschmutzungen im System auf ein tolerierbares Maß reduzieren, das Eindringen von Schmutz aus der Umgebung verhindern und die Eigenschaften der Druckflüssigkeiten über einen möglichst langen Zeitraum hinweg erhalten. MAHLE Fluidfilter zeichnen sich zudem noch durch lange Standzeiten und kostensparenden Betrieb aus und steigern damit die Effizienz und Wirtschaftlichkeit einer Anlage.

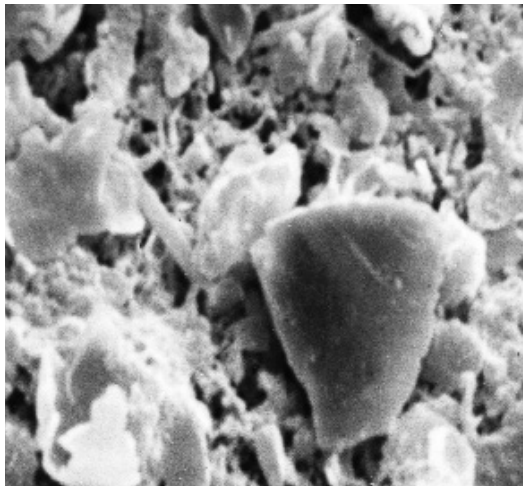
### Verschmutzungsquellen

Eine Hydraulikanlage ist über ihre gesamte Lebensdauer hinweg vielfältigen Verunreinigungen ausgesetzt. So entsteht Schmutz bereits während der Herstellung der Hydraulikkomponenten und bei der Montage. Hinzu kommt die Grundverschmutzung der Hydraulikflüssigkeit. Und während des Betriebs gefährden Abrieb und Verschleiß das System. Selbst von außen kann über defekte Dichtungen und unzureichende Belüftung des Tanks Schmutz eindringen.

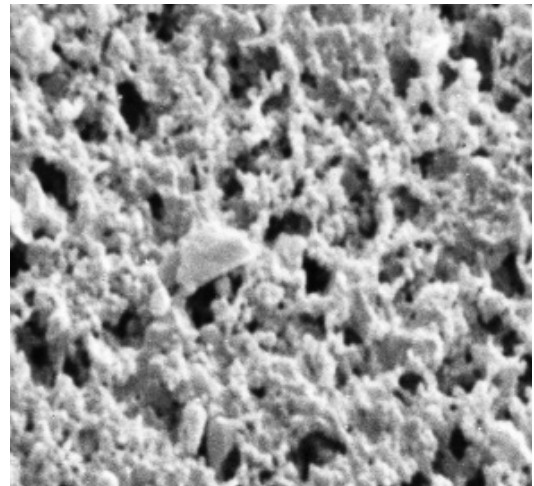
Im Wesentlichen werden drei Verschmutzungsquellen unterschieden:

- Verunreinigungen bei der Montage (Montageschmutz)
- Verunreinigungen, die im System entstehen (Betriebsschmutz)
- Verunreinigungen aus der Umgebung und durch die Hydraulikflüssigkeit (Schmutzeintrag)

Wer diese Verschmutzungsquellen kennt, kann mit MAHLE Fluidfiltern zielgerichtet für Abhilfe sorgen.



Montageschmutz bei 170-facher Vergrößerung



Tolerierter Restschmutz bei 170-facher Vergrößerung

### Montageschmutz

Bei der Herstellung von Hydraulikkomponenten und der Fertigung der Anlage fallen je nach Verfahren unterschiedliche Schmutzarten, wie zum Beispiel Späne, Formsand, Kernrückstände, Fasern, Gratreste, Staub, Lackreste oder Schweißrückstände, an.

Diese meist groben Verunreinigungen müssen vor Inbetriebnahme der Hydraulikanlage durch Auswaschen und Spülen des gesamten Systems so weit wie möglich entfernt werden. Nach der Spülung sollte dann eine Einlaufphase der lastfreien Anlage erfolgen, um so festsitzende Verunreinigungen zu lösen und durch die Filter zu entfernen.

Bei komplexen Anlagen empfiehlt es sich, zusätzlich zu den schon eingebauten Betriebsfiltern Spülfilter an strategischen Stellen zu installieren, um damit die Erstverschmutzung möglichst rasch abbauen zu können.

Eine vollständige Entfernung des Montage- und Fertigungsschmutzes gelingt selten. Vibrationen und Temperaturänderungen der Strömungsverhältnisse können lange nach der Inbetriebnahme einer Anlage noch festsitzenden Restschmutz lösen. Deshalb ist es wichtig, dass die eingebauten Filter diesen Schmutz erfassen können und dadurch auch sehr empfindliche Komponenten geschützt werden.

### Betriebsschmutz

Aus den in den Komponenten und der Anlage befindlichen Verunreinigungen erzeugt das Hydrauliksystem durch mechanische und thermische Einflüsse neuen Schmutz. Zusätzlich kommt es zu einem Abrieb der Hydraulikkomponenten. Aufgrund dieser Vorgänge entsteht eine sich selbst beschleunigende Schmutzlawine, die durch die Filter abgefangen und auf ein für die Anlage verträgliches Niveau gebracht werden muss.

### Verunreinigungen aus der Umgebung

Eine häufig unterschätzte Verschmutzungsquelle sind ungeeignete oder fehlende Belüftungsfiler, offen stehende Wartungsdeckel am Hydraulikbehälter oder defekte Dichtungen an Flanschen und Zylindern, durch die Staub und Schmutz aus der Umgebung in das Hydrauliksystem eindringen und damit die Schmutzlawine stetig weiter vergrößern und antreiben. Der Staubgehalt der Luft in der Umgebung einer Hydraulikanlage wird meist ebenfalls unterschätzt. Die Rückhalterate des Belüftungsfilters muss immer auf die Feinheit des Ölfilters und somit auf die gewünschte Reinheitsklasse des Öls abgestimmt sein. Auch Leckagen an Komponenten und Dichtungen müssen so schnell wie möglich beseitigt werden, bei Wartungs- und Reparaturarbeiten müssen die vorgesehenen Öffnungen am Tank abgedeckt und im Betrieb ständig geschlossen bleiben.

## MAHLE Industriefiltration – das komplette Programm zur Filtration



Saugfilter



Druckfilter



Doppelschaltfilter



Nebenstromfilter



Rücklaufilter



Belüftungsfiler



Zubehör

### Verunreinigungen durch Hydraulikflüssigkeiten

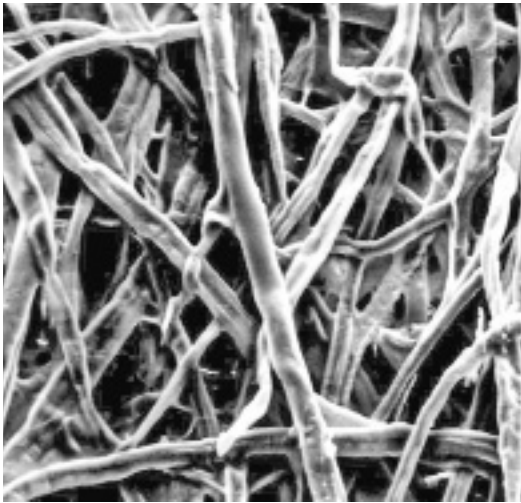
Bei Herstellung, Abfüllung, Transport und Lagerung kann Hydraulikflüssigkeit erheblich verschmutzt werden. Insbesondere die Aufbewahrung in Lagertanks und Fässern führt zu Problemen, da solche Behälter nicht ausreichend gegen Korrosion, Kontamination mit Kondenswasser und Staub aus der Umgebung geschützt sind.

Online-Messungen von Hydraulikflüssigkeiten bei der Erstbefüllung als auch bei der Wartung (Nachfüllen) ergeben oft Reinheitsklassen, die weit unter der erforderlichen Ölreinheit der Anlage liegen. Um diese zu verbessern, muss die Flüssigkeit stets, sowohl bei der Erstbefüllung als auch beim Nachfüllen, durch geeignete Filter filtriert werden. Da beim Befüllen die Filterwirkung im Einmaldurchgang erreicht werden muss, sind die Anforderungen an spezielle Befüllfilter sehr hoch.

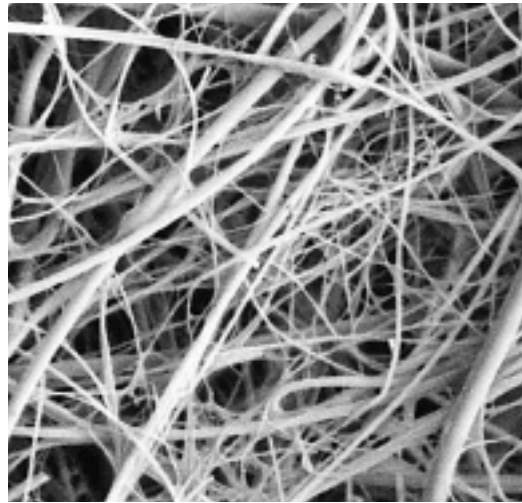
### Verschmutzungsbilanz



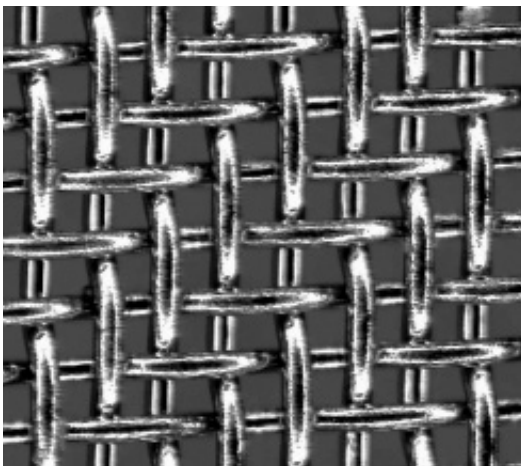
Filtermedien bei der Hydrauliköl- und Schmierstofffiltration werden einzeln, meist aber in Kombination miteinander eingesetzt



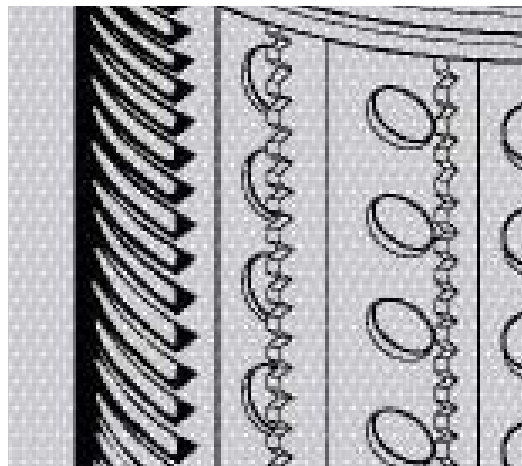
Imprägniertes Cellulosepapier



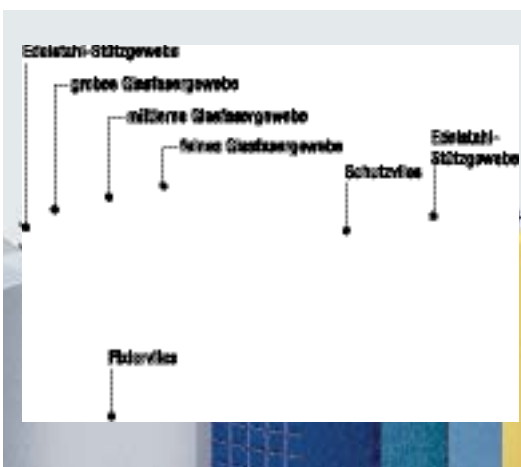
Mikroglasfaser



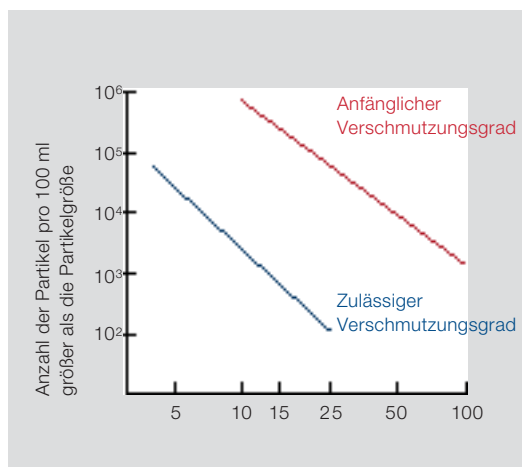
Drahtgewebe



Metallkanten



Aufbau eines PS-Faltensterns



Typische Beziehung zwischen dem konstruktiv festgelegten zulässigen Verschmutzungsgrad und dem Istgrad vor Inbetriebnahme

## HAUPTSACHE ALLES KLAR IM HYDRAULIK- UND SCHMIERKREISLAUF

Hydraulikflüssigkeiten dienen in erster Linie dazu, die Energie von der Pumpe auf die Arbeitszylinder, die Hydromotoren und andere Bauteile zu übertragen. Dabei sollen sie das System gleichzeitig vor Korrosion schützen, Wärme abführen und aufeinander gleitende Bauteile schmieren. Gleiches gilt für Schmierkreisläufe. Alle diese Anforderungen können jedoch nur erfüllt werden, wenn die Hydraulik- und Schmierflüssigkeiten nicht vorzeitig altern und ihre Eigenschaften über einen langen Zeitraum unverändert beibehalten.

Die Filtrierbarkeit der Hydraulik- und Schmierflüssigkeiten hängt in erster Linie von ihrer Viskosität ab, wobei Hydrauliköle und Schmierstoffe nach DIN 51519 in Viskositätsklassen (Tabelle 1) eingeteilt sind. Neben Mineralölen werden schwer entflammbare, biologisch abbaubare und spezielle Flüssigkeiten, zum Beispiel in der Lebensmittelindustrie, als Schmier- und Hydraulikflüssigkeiten eingesetzt.

### Mineralöle

In Hydraulik- und Schmieranlagen werden überwiegend mineralische Öle eingesetzt, da deren Eigenschaften in Bezug auf Alterung, Korrosionsschutz, Temperatureinfluss auf ihre Viskosität, Schmierverhalten und Wassertragfähigkeit durch die Zugabe von Additiven zu einem Grundöl verbessert werden können.

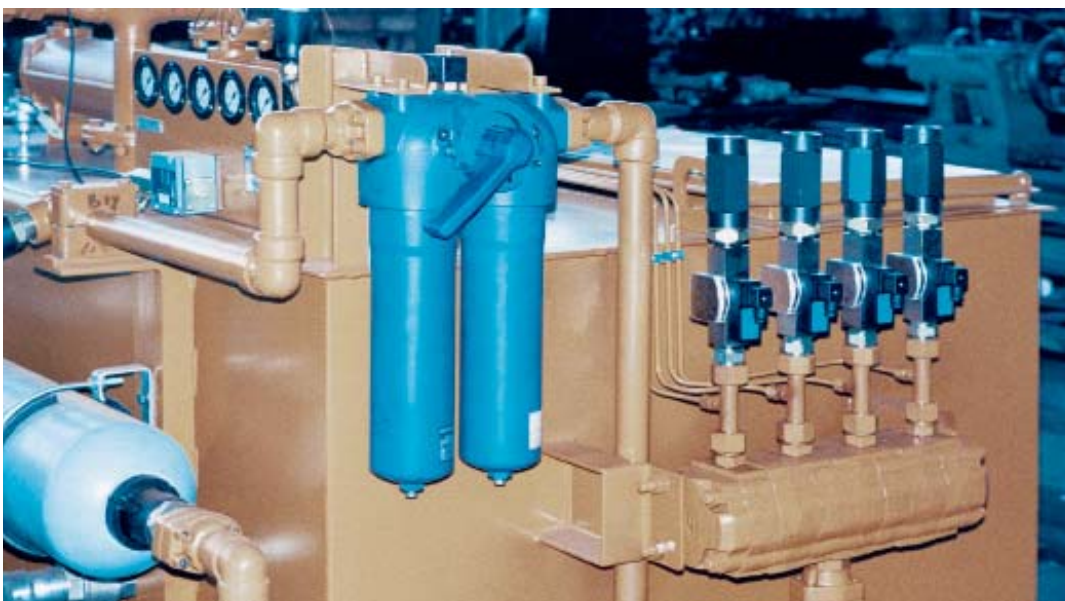
Die mineralischen Hydrauliköle werden je nach Anforderung in verschiedene Qualitätsgruppen nach DIN 51524 (Tabelle 2) eingestuft.

Viskositätsklasse ISO	Mittelpunktviskosität bei 40,0 °C mm <sup>2</sup> /s (cSt)	Grenzen der kinematischen Viskosität bei 40,0 °C mm <sup>2</sup> /s (cSt)	
		min.	max.
ISO VG 10	10	9,0	11,0
ISO VG 15	15	13,5	16,5
ISO VG 22	22	19,8	24,2
ISO VG 32	32	28,8	35,2
ISO VG 46	46	41,4	50,6
ISO VG 68	68	61,2	74,8
ISO VG 100	100	90,0	110,0
ISO VG 150	150	135,0	165,0
ISO VG 220	220	198,0	242,0

Gebräuchliche ISO-Viskositätsklassen nach DIN 51519 (Auszug), (Tabelle 1)

Druckflüssigkeitsart	Anforderungsnorm	Internationale Bezeichnung	Eigenschaften	Anwendung
Hydrauliköl HL	DIN 51524 Teil 1	HL, ISO 6743	oxidationshemmend, rostverhütend	für mäßig beanspruchte Anlagen
Hydrauliköl HLP	DIN 51524 Teil 2	HM, ISO 6743	oxidationshemmend, rostverhütend, verschleißmindernd	für Hochdruckanlagen
Hydrauliköl HVLP	DIN 51524 Teil 3	HV, ISO 6743	wie HLP, besonders günstiges Viskositäts-/Temperaturverhalten	bei tiefen oder stark schwankenden Temperaturen
Hydrauliköl HLPD	–	–	wie HLP, zusätzlich schmutztragend und begrenzt wasserbindend	für Anlagen mit Wasserzutritt zur Ölfüllung
Hydrauliköl HVLPD	–	–	wie HVLP, zusätzlich schmutztragend und begrenzt wasserbindend	für Anlagen mit Wasserzutritt und tiefen oder stark schwankenden Temperaturen
HD Motorenöl	–	–	oxidationshemmend, rostverhütend, verschleißmindernd, schmutztragend, wasserbindend	für fahrbare ölhydraulische Anlagen

Arten von Druckflüssigkeiten auf Mineralölbasis (Tabelle 2)



Hydraulikaggregat mit Doppelschaltfilter für die Maschinenindustrie

### Schwer entflammbare Flüssigkeiten

Im Untertagebau, bei Druckgussmaschinen, Gießereien und anderen Anwendungen, bei denen wegen der starken Hitzeentwicklung eine Brandgefährdung durch Mineralöle droht, werden schwer entflammbare Flüssigkeiten eingesetzt (Tabelle 3).

### HFA-Flüssigkeiten

Viele HFA-Flüssigkeiten besitzen nahezu Wasserviskosität und werden daher überwiegend in feuergefährdeten Bereichen, wie z. B. im Bergbau oder an Schweißautomaten, eingesetzt. Verwendbar in einem Temperaturbereich von +5 °C bis +55 °C, ähneln diese Öl-in-Wasser-Emulsionen den für die Metallbearbeitung verwendeten Bohrölemulsionen. Durch Mischen eines HFA-Konzentrates mit der notwendigen Wassermenge werden sie vom Verbraucher selbst hergestellt. Im Allgemeinen beträgt der Ölanteil dabei maximal nur 20 %. Man unterscheidet die mineralöhlhaltigen Emulsionen HFA E von den mineralölfreien Emulsionen HFA S.

### HFB-Flüssigkeiten

HFB-Flüssigkeiten mit einer Nennviskosität ähnlich der von Hydraulikölen haben in Deutschland keine Verbreitung gefunden, da sie nicht als schwer entflammbar anerkannt sind. HFB-Flüs-

sigkeiten werden in Großbritannien und den Commonwealth-Ländern eingesetzt. Sie sind verwendbar von +5 °C bis +60 °C, der Mineralölanteil ist <60 %.

### HFC-Flüssigkeiten

Die häufigsten Vertreter dieser wässrigen Polymer-Lösungen sind Polyglykol-Wasserlösungen. Sie werden gebrauchsfertig angeliefert und lassen sich – je nach Viskositätsanforderung – für Flüssigkeitstemperaturen von –20 °C bis +60 °C verwenden. Um die Reduzierung des Wassergehaltes durch Verdunstung so gering wie möglich zu halten, sollte die Betriebstemperatur nicht mehr als +50 °C betragen. In jedem Fall müssen der Wassergehalt (<35 %) und die Rostschutzreserve der HFC-Flüssigkeit während des Betriebs überwacht und bei Bedarf durch Zugabe von entsalztem Wasser bzw. Rostschutzmittel auf dem Sollwert gehalten werden.

### HFD-Flüssigkeiten

Bei wasserfreien synthetischen HFD-Flüssigkeiten unterscheidet man zwischen Flüssigkeiten auf Basis von Phosphorsäureester (HFDR) und anderen wasserfreien synthetischen Flüssigkeiten wie Polyolester oder organischem Ester (HFDU). Ihr Temperatureinsatzbereich (max. von –20 °C bis +150 °C) wird vom jeweiligen Viskosi-

Anwendungsbeispiel Turbinenanlage



Druckflüssigkeitsart	Anforderungsnorm	Zusammensetzung	Anwendung
Druckflüssigkeit HFA	DIN 24320	Öl-in-Wasser-Emulsion	Druckwasser, z. B. für hydraulische Pressen
Druckflüssigkeit HFB	VDMA-Einheitsblatt 24317	Wasser-in-Öl-Emulsion	in Deutschland nicht eingesetzt
Druckflüssigkeit HFC	VDMA-Einheitsblatt 24317	wässrige Polymerlösungen	für feuergefährdete Anlagen bis max. 60 °C (bei mäßigen Drücken)
Druckflüssigkeit HFD	VDMA-Einheitsblatt 24317	wasserfreie synthetische Flüssigkeiten	für feuergefährdete Anlagen bei hohen Temperaturen und hohen Drücken

Arten von schwer entflammaren Druckflüssigkeiten (Tabelle 3)

tätstemperaturverhalten und den Viskositätsanforderungen des Antriebs bestimmt. Er ist allgemein kleiner als bei Mineralölen und im Einzelfall zu überprüfen.

### Biologisch abbaubare Hydraulikflüssigkeiten

Diese umweltschonenden Flüssigkeiten auf pflanzlicher, tierischer oder synthetischer Basis mit geringer Biotoxizität werden als Alternative zu mineralischen Hydraulikflüssigkeiten in der Land- und Forstwirtschaft sowie in der Mobilhydraulik eingesetzt.

- HETG: natürliche Ester auf Basis pflanzlicher Öle (Rapsöl, Sonnenblumenöle usw.), wasserunlöslich
- HEES: synthetische Ester, wasserunlöslich

- HEPG: Polyalkylenglykole, Polyglykole oder Polyethylenglykole, wasserlöslich

Die Anforderungen und der Einsatz sind in den VDMA-Einheitsblättern 24568 und 24569 festgehalten.

### Schmieröle

Mit sterngefalteten Filterelementen können auch Schmieröle auf Mineralölbasis filtriert werden. Die am häufigsten verwendeten Newtonschen Flüssigkeiten sind Schmieröle für Umlaufschmierung, Turbinen- und Luftverdichteröle (Tabelle 4). In der Regel werden – abhängig von den zu schmierenden Komponenten – Filterfeinheiten von 10 bis 25 µm eingesetzt. Dabei ist die mögliche Durchflussleistung von der Viskosität des Schmieröls abhängig.

<b>AN</b>	DIN 51501	Schmieröl vorwiegend für Umlaufschmierung	ohne höhere Anforderungen, Dauertemperatur max. +50 °C
<b>C</b>	DIN 51517 Teil 1		alterungsbeständiges Mineralöl
<b>CL</b>	DIN 51517 Teil 2		Mineralöl mit Wirkstoffen zum Erhöhen von Alterungsbeständigkeit und Korrosionsschutz
<b>CLP</b>	DIN 51517 Teil 3		wie CL, zusätzlich Wirkstoffe zum Herabsetzen des Verschleißes im Mischreibungsgebiet
<b>TD</b>	DIN 51515 Teil 1	Turbinenöle	Mineralöle mit Wirkstoffen zum Erhöhen des Korrosionsschutzes und der Alterungsbeständigkeit
<b>VB</b>	DIN 51506	Luftverdichteröle	Verdichtungstemperatur max. +140 °C
<b>VBL</b>	DIN 51506	Luftverdichteröle	Verdichtungstemperatur max. +140 °C
<b>VC</b>	DIN 51506	Luftverdichteröle	Verdichtungstemperatur max. +180 °C
<b>VCL</b>	DIN 51506	Luftverdichteröle	wie VC, bevorzugt für Schrauben und Vielzellenverdichter
<b>VDL</b>	DIN 51506	Luftverdichteröle	besonders hohe Verdichtungstemperatur (+220 °C), sehr geringe Rückstandsbildung

Schmierstoffe und deren Einsatzbereiche (Tabelle 4)

### **Synthetische Druckflüssigkeiten**

Synthetische Druckflüssigkeiten werden meist für Spezialanwendungen (z. B. Luftfahrt und Militär) konzipiert. Sie ähneln im Filtrationsverhalten den Mineralölen, besitzen ihnen gegenüber aber spezifische Vorteile. Allerdings verhalten sie sich häufig aggressiv gegenüber Metallen und Dichtungswerkstoffen.

### **Filtrierbarkeit von Hydraulik- und Schmierflüssigkeiten**

Eine sichere Gewährleistung aller notwendigen Eigenschaften von Hydraulik- und Schmierflüssigkeiten ist nur durch die Beimischung von Additiven möglich. Diese sind oft partikelförmig und im Größenbereich weit unter 1 µm.

Damit ergibt sich für die Filtration der Hydraulikflüssigkeit folgende Grenze: Schmutzpartikel sind herauszufiltern, während Additive mit absoluter Sicherheit in der Hydraulikflüssigkeit verbleiben müssen. Der Hersteller der Hydraulikflüssigkeit hat in diesem Sinne die Filtrierbarkeit zu gewährleisten.

Die Filtrierbarkeit und damit die Fähigkeit der Druckflüssigkeit, kontinuierlich durch einen Feinfilter zu fließen, hängt nicht allein von der Viskosität, sondern in hohem Maße von den Bestandteilen des Öls im kolloidalen Bereich ab, in dem die Additive liegen. Verunreinigungen können zu erheblichen Veränderungen der kolloidalen Struktur der Flüssigkeit und damit zu einem Verstopfen des Filters führen.



*Schwerlast-Transportplattform mit MAHLE Hydraulikfiltern*

**Reinheitsklassen**

Da es wirtschaftlich nicht vertretbar ist, sämtlichen Schmutz durch feinste Filter aus Hydrauliksystemen zu entfernen, werden für Hydraulikflüssigkeiten sogenannte Reinheitsklassen definiert. Sie legen die zulässige Anzahl an Partikeln fest – gestaffelt nach den Betriebsanforderungen und der Empfindlichkeit der eingesetzten Bauteile.

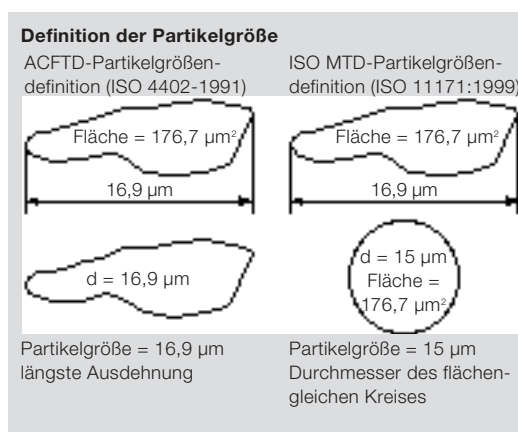
**Klassifizierungssysteme**

Die wichtigsten Reinheitsklassen-Einteilungen für Partikelzahlen sind die ISO 4406:1999 und die Nachfolgenorm der NAS 1638 – die SAE AS 4059. Die Klassifizierungssysteme orientieren sich an der Tatsache, dass heute Tiefenfilter mit einem ausgewogenen Verhältnis von Filtrationsqualität und Lebensdauer am gebräuchlichsten sind. Deren Filtermedien besitzen keine einheitlichen Porengrößen, sondern weisen ein Porenspektrum auf. So ist z. B. bei einem Filterelement, das 99% aller Partikel >10 µm abscheidet, zu beachten: Nicht alle Partikel >10 µm werden zurückgehalten, und unter Umständen passieren sogar einige deutlich größere Partikel.

In der Industriehydraulik werden die Partikelzahlen nach ISO 4406:1999 codiert. Mit der Ablösung des Teststaubs ACFTD durch ISO MTD sind auch die Partikelgrößen neu definiert worden.

Anzahl der Partikel pro 100 ml		Ordnungszahl (Code)
über	bis	
> 2,5*10 <sup>8</sup>		> 28
1,3*10 <sup>8</sup>	2,5*10 <sup>8</sup>	28
6,4*10 <sup>7</sup>	1,3*10 <sup>8</sup>	27
3,2*10 <sup>7</sup>	6,4*10 <sup>7</sup>	26
1,6*10 <sup>7</sup>	3,2*10 <sup>7</sup>	25
8*10 <sup>6</sup>	1,6*10 <sup>7</sup>	24
4*10 <sup>6</sup>	8*10 <sup>6</sup>	23
2*10 <sup>6</sup>	4*10 <sup>6</sup>	22
1*10 <sup>6</sup>	2*10 <sup>6</sup>	21
5*10 <sup>5</sup>	1*10 <sup>6</sup>	20
2,5*10 <sup>5</sup>	5*10 <sup>5</sup>	19
1,3*10 <sup>5</sup>	2,5*10 <sup>5</sup>	18
64.000	1,3*10 <sup>5</sup>	17
32.000	64.000	16
16.000	32.000	15
8.000	16.000	14
4.000	8.000	13
2.000	4.000	12
1.000	2.000	11
500	1.000	10
250	500	9
130	250	8
64	130	7
32	64	6
16	32	5
8	16	4
4	8	3
2	4	2
1	2	1
0	1	0

Reinheitsklassen nach ISO 4406:1999 (Tabelle 5)



Partikelgröße als längste Partikelabmessung und als projizierte Fläche mit zugeordnetem äquivalentem Durchmesser

Nach ISO 11171:1999 ist jetzt der Durchmesser des projektionsflächengleichen Kreises für die Partikelgrößen ausschlaggebend (siehe Übersicht zur Definition der Partikelgröße). Mit der Neudefinition des Teststaubs und der Partikelgröße wurde auch die Norm ISO 4406:1999 aktualisiert. Diese Neuauflage ISO 4406:1999 verwendet jetzt einen dreistelligen Code für Partikel  $>4 \mu\text{m}_{(c)}$ ,  $>6 \mu\text{m}_{(c)}$  und  $>14 \mu\text{m}_{(c)}$ . Die Zahl der Partikel in jeder Klasse ist kumuliert.

Die Größen  $>6 \mu\text{m}_{(c)}$  und  $>14 \mu\text{m}_{(c)}$  entsprechen weitgehend den bisher verwendeten Partikelgrößen  $>5$  und  $>15 \mu\text{m}$  nach der ACFTD-Kalibrierung. Der in die Klassifizierung neu aufgenommene Bereich für Partikel  $>4 \mu\text{m}_{(c)}$  entspricht dabei etwa  $0,9 \mu\text{m}$  der alten Norm.

Um die neue von der alten Norm unterscheiden zu können, werden die Angaben der Filterfeinheit nach der neuen Norm durch ein „c“ ergänzt.

Die SAE AS 4059 definiert 6 Reinheitsklassen:  $>4$ ,  $>6$ ,  $>14$ ,  $>21$ ,  $>38 \mu\text{m}$  und  $>70 \mu\text{m}_{(c)}$ . Die Werte werden wie bei der ISO in kumulierter Form gezählt. Die Zahlen lassen sich deshalb nicht direkt mit den alten Werten der NAS 1638 vergleichen! Es wurden neue maximal zulässige Partikelzahlen festgelegt. Eine neue Klasse „000“ ist für extrem hohe Anforderungen vorgesehen.

Die SAE AS 4059 bezieht sich wie die ISO 4406:1999 auf die Kalibrierung mit MTD-Staub nach ISO 11171:1999.

Reinheitsklassen nach SAE AS 4059						
maximale zulässige Anzahl von Partikeln pro Reinheitsklasse pro 100 ml						
Kalibrierung nach	$>5 \mu\text{m}$	$>15 \mu\text{m}$	$>25 \mu\text{m}$	$>50 \mu\text{m}$	$>100 \mu\text{m}$	
ISO 4402 (ACFTD)						
Kalibrierung nach	$>4 \mu\text{m}_{(c)}$	$>6 \mu\text{m}_{(c)}$	$>14 \mu\text{m}_{(c)}$	$>21 \mu\text{m}_{(c)}$	$>38 \mu\text{m}_{(c)}$	$>70 \mu\text{m}_{(c)}$
ISO 11171:1999 (ISO MTD)						
Größencode	A	B	C	D	E	F
Klasse 000	195	76	14	3	1	0
Klasse 00	390	152	27	5	1	0
Klasse 0	780	304	54	10	2	0
Klasse 1	1.560	609	109	20	4	1
Klasse 2	3.120	1.220	217	39	7	1
Klasse 3	6.520	2.430	432	76	13	2
Klasse 4	12.500	4.860	864	152	26	4
Klasse 5	25.000	9.730	1.730	306	53	8
Klasse 6	50.000	19.500	3.460	612	106	16
Klasse 7	100.000	38.900	6.920	1.220	212	32
Klasse 8	200.000	77.900	13.900	2.450	424	64
Klasse 9	400.000	156.000	27.700	4.900	848	128
Klasse 10	800.000	311.000	54.400	9.800	1.700	256
Klasse 11	1.600.000	623.000	111.000	19.600	3.390	512
Klasse 12	3.200.000	1.250.000	222.000	39.200	6.780	1.024

Reinheitsklassen nach SAE AS 4059 (Tabelle 6)

Die von der SAE AS 4059 abgelöste NAS 1638 definierte 5 Reinheitsklassen in den Größen 5–15, 15–25, 25–50, 50–100  $\mu\text{m}$  und  $>100 \mu\text{m}$ . Angegeben wurden nur die Partikelzahlen, die tatsächlich in einer Klasse gezählt wurden (differenzielle Darstellung). Jedem Größenbereich wurde eine Reinheitsklasse (00, 0, 1 bis 12) zugeordnet (siehe Tabelle 8).

Eine vollständige Angabe nach NAS 1638 bestand also aus 5 Zahlen. Häufig wurden jedoch nur 2 Werte eines gewählten Bereiches oder als Gesamtbeurteilung die schlechteste aller 5 NAS Zahlen angegeben. Die NAS 1638 ist nicht mehr zeitgemäß, da die feinen Partikel  $<5 \mu\text{m}$  nicht erfasst werden.

Reinheitsklasse	Anzahl der Partikel pro 100 ml				
	5–15 $\mu\text{m}$	15–25 $\mu\text{m}$	25–50 $\mu\text{m}$	50–100 $\mu\text{m}$	$> 100 \mu\text{m}$
00	125	22	4	1	0
0	250	44	8	2	0
1	500	89	16	3	1
2	1.000	178	32	6	1
3	2.000	356	63	11	2
4	4.000	712	126	22	4
5	8.000	1.425	253	45	8
6	16.000	2.850	506	90	16
7	32.000	5.700	1.012	180	32
8	64.000	11.400	2.025	360	64
9	128.000	22.800	4.050	720	128
10	256.000	45.000	8.100	1.440	256
11	512.000	91.200	16.200	2.880	512
12	1.024.000	182.400	32.400	5.760	1.024

Reinheitsklassen nach NAS 1638 (Die NAS 1638 ist durch die SAE AS 4059 abgelöst) (Tabelle 7)

### Klassifizierungsbeispiel

Bei Untersuchung der Verschmutzung in 100 ml Hydrauliköl werden folgende Partikelgrößen gemessen:

- 210.000 Partikel >4 µm (Ordnungszahl 18)
- 42.000 Partikel >6 µm (Ordnungszahl 16)
- 1.800 Partikel >14 µm (Ordnungszahl 11)

Der Schlüssel für die Kennzeichnung der Feststoffverschmutzung nach ISO 4406:1999 lautet dann wie folgt: 18/16/11.

Festlegung der Reinheitsklasse nach ISO 4406:1999			Entspricht ungefähr der Reinheitsklasse nach SAE AS 4059			Art des Hydrauliksystems	Empfohlene Filterfeinheit nach ISO 16889	Empfohlenes Element
>4 µm <sub>(c)</sub>	>6 µm <sub>(c)</sub>	>14 µm <sub>(c)</sub>	>4 µm <sub>(c)</sub>	>6 µm <sub>(c)</sub>	>14 µm <sub>(c)</sub>			
13	11	8	3A	3B	2C	Gegen Verschlammung empfindliches Steuersystem mit sehr hoher Zuverlässigkeit	β <sub>4(c)</sub> p 200	Sm-N2
14	12	9	4A	4B	3C	Hochleistungs-Servosysteme und Hochdrucksysteme mit langer Lebensdauer; z. B. Luftfahrt, Werkzeugmaschinen	β <sub>5(c)</sub> p 200	Sm-x 3, PS 3
16	13	10	6A	5B	4C		β <sub>7(c)</sub> p 200	Sm-x 6, PS 6
17	15	11	7A	7B	5C	Qualitativ hochstehende und zuverlässige Systeme; allgemeiner Maschinenbau	β <sub>10(c)</sub> p 200	Sm-x 10, PS 10
20	17	12	10A	9B	6C	Allgemeiner Maschinenbau und Fahrzeuge; mittlere Kapazität	β <sub>15(c)</sub> p 200	Sm-x 16, PS 16
23	19	13	>12A	11B	7C	Allgemeiner Maschinenbau und Fahrzeuge; Niederdrucksysteme im Schwermaschinenbau	β <sub>20(c)</sub> p 200	Sm-x 25, PS 25 Mic 10

Anhaltswerte zur Bestimmung der Filterfeinheit x (µm) und der im Hydrauliköl vorgefundenen Reinheitsklasse (Tabelle 8)

### Auswahl der Filterfeinheit und -elemente

Technologisch hochmoderne Hydraulikanlagen werden mit sehr sensiblen Steuerorganen ausgestattet. Um deren störungsfreien Betrieb zu gewährleisten, ist eine bestimmte, möglichst niedrige Reinheitsklasse des Arbeitsmediums notwendig. Die Auswahl der Filterfeinheit stellt daher eine der wichtigsten und zugleich schwierigsten Kenngrößen eines Filters dar. Im Normalfall sind die geforderten Reinheitsklassen der Komponentenhersteller zu beachten.

Die aktuelle Reinheitsklasse von Öl in einem Hydrauliksystem lässt sich darüber hinaus durch eine Öluntersuchung bestimmen. Generell gilt jedoch: Bei höheren Druckstufen sollte stets die niedrigere Reinheitsklasse und höhere Filterfeinheit gewählt werden. Unser langjähriges Know-how bei der Auslegung von Filterkonzepten macht die Definition von Anhaltswerten möglich. Mit vielen der empfohlenen Filterfeinheiten und -elementen werden häufig sogar weitaus niedrigere Reinheitsklassen erreicht.

### Definition des $\beta_x$ -Wertes

Der  $\beta_x$ -Wert bildet das Maß für die Wirksamkeit eines Filters. Er drückt das Verhältnis der Partikelzahl vor und nach dem Filterdurchgang aus. Die Formel dafür lautet:

$$\beta_x = \frac{\text{Anzahl der Partikel größer als } x \text{ } \mu\text{m vor Filter}}{\text{Anzahl der Partikel größer als } x \text{ } \mu\text{m nach Filter}}$$

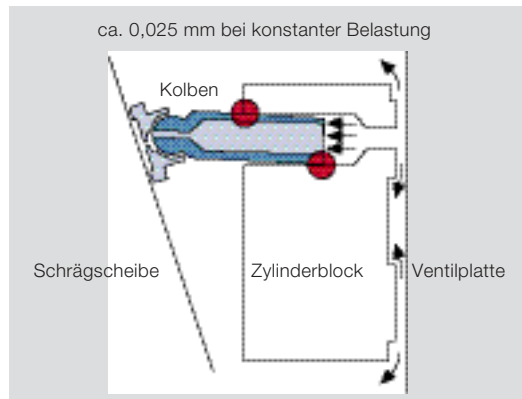
In der Hydraulik spricht man von Filterfeinheit  $x$  (in  $\mu\text{m}$ ), wenn das Filterelement den Forderungen des Multipass-Tests nach ISO 16889 entspricht. Zur Vollständigkeit bedarf es immer auch der Angabe des Betawertes, z. B.  $\beta_{10(c)} \geq 200$ . Die Begriffe „nominal“ und „absolut“ sind nicht definiert und sollten nicht verwendet werden. Bei Filterfeinheiten  $\geq 40 \mu\text{m}$  kann die ISO 16889 nicht angewendet werden. Als Filterfeinheit wird hier die Maschenweite oder die mittlere Porengröße des Filtermaterials angegeben.

### Kriterien für die Wirksamkeit

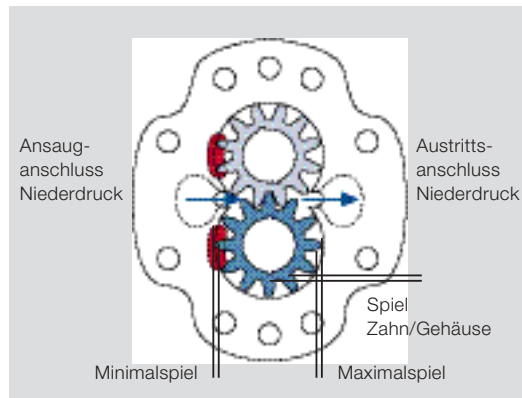
Neben der von der Reinheitsklasse geforderten Filterfeinheit bestimmen weitere Randbedingungen die Auswahl eines Filters:

- vorgesehener Einbauort
- vorgesehener Temperaturbereich
- Art des Druckmediums mit Viskosität und Dichte
- maximaler Volumenstrom
- maximaler Druck
- Umgebungsbedingungen

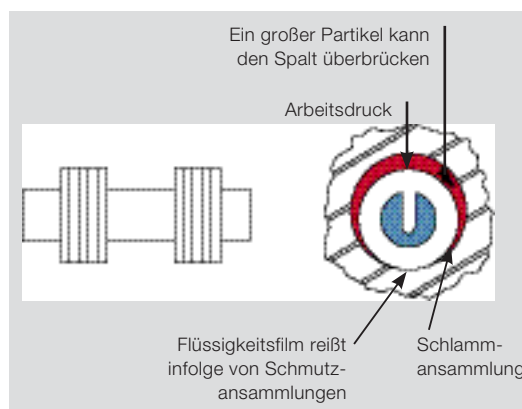
Gerade der Einbauort lässt oftmals wenig Spielraum. Um bei gegebener Filterabmessung dennoch eine möglichst große Filterfläche zu erreichen, werden die Filtermaterialien sternförmig gefaltet.



Kritische Stellen bei einer Axialkolbenpumpe; bei festgelegtem Kolbenspiel ändert sich die Exzentrizität infolge von Belastung und Viskosität



Kritische Stellen bei einer Zahnradpumpe; das Spiel zwischen Zahn und Gehäuse ändert sich in Abhängigkeit von der Winkelstellung, sodass Flüssigkeit von der Druckseite zuströmen kann



Kritische Toleranzen an einem Ventilkolben – im Regelfall mit gewisser Exzentrizität arbeitend

Hydraulische Komponenten	Spaltweite in $\mu\text{m}$
<b>Flügelzellenpumpen</b>	
Flügelkopf-Hubring	0,5–5
Flügelseiten	5–15
<b>Zahnradpumpen</b>	
Zahn-Seitenplatte	0,5–5
Zahnkopf-Gehäuse	0,5–5
<b>Kolbenpumpen</b>	
Kolben-Bohrung	5–40
Steuerscheiben-Zylinder	0,5–5
Servoventile	1–4
Proportionalventile	1–6
Wegeventile	2–8
Hydrostatische Lager	1–25
Gleitlager	0,5–100
Wälzlager	0,1–3

Typische Spaltweiten bei hydraulischen Bauteilen (Tabelle 9)

### Komponentenabhängige Filterfeinheit

Die Wahl der Filterfeinheit ist immer auch abhängig von den zu schützenden Komponenten. So sollte der größte zulässige Partikeldurchmesser, z. B. bei Proportional-, Servo-, Wege- und Druckregelventil-Systemen, immer kleiner sein als die kleinste dort auftretende Spaltweite.

Der Filter ist dann wirtschaftlich, wenn das Filterelement eine größtmögliche Standzeit bei ausreichender Filtrationsqualität aufweist. Dazu darf es durchaus etwas größere Partikel als der Spaltweite entsprechend durchlassen. Schließlich besitzen Schmutzpartikel dreidimensionalen Charakter und sind teilweise leicht verformbar. Zudem ist der Arbeitsspalt druckabhängig: je niedriger der Systemdruck, umso größer der Arbeitsspalt.

### Filterkonzept

Filter sind so auszuwählen, dass die Bauteile des Hydrauliksystems gemäß der geforderten Reinheitsklasse ausreichend geschützt werden. Ausgehend von den Verschmutzungsquellen muss daher das Gesamtsystem betrachtet werden, um die Filterfeinheit festzulegen. Der Einbauort des Filters bzw. der Filter ist dann jeweils vor dem zu schützenden Bauteil einzuplanen.



Filter für die Schiffsbetriebstechnik

## HOCHWIRKSAME FILTRATION MIT DEM PLUS AN LEISTUNG UND SYSTEMKOMPETENZ

Wegen der Vielfalt der zu berücksichtigenden Informationen, Daten, Fakten und Systemparameter ist eine technisch wie wirtschaftlich optimale Filterauslegung eine schwierige Aufgabe, die in ihrer Komplexität nur von erfahrenen Spezialisten gemeistert werden kann. Als innovativer Entwicklungs- und zuverlässiger Lieferpartner der führenden Hersteller von Hydraulikanlagen und -geräten sind wir der kompetente Systempartner in sämtlichen Bereichen der Filtration von Druckflüssigkeiten. Unser Filterprogramm bietet ein breites Anwendungsspektrum und ermöglicht die Einhaltung der vorgeschriebenen Reinheitsklassen unter allen nur denkbaren Einsatzbedingungen.

### Filterauslegung

Die Auslegung von Filtern wird grundsätzlich von folgenden Systemdaten bestimmt:

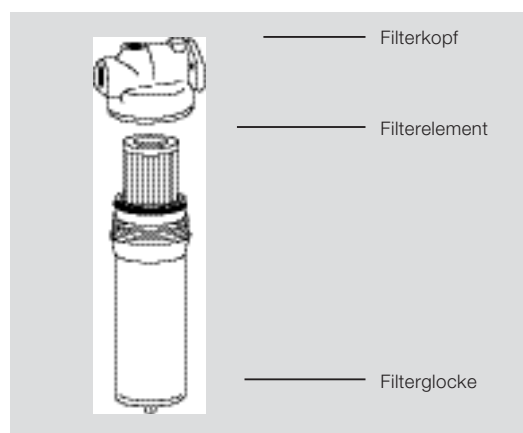
- Durchflussmenge
- maximaler Betriebsdruck
- benötigte Reinheitsklasse im System bzw. vorgeschriebene Filterfeinheiten des Komponentenherstellers
- zu erwartende Umgebungsbedingungen (gut, mittel, schlecht)
- Art der Hydraulikanlage (große Anlage mit vielen Kolbenstangen und Verbrauchern, mittlere Anlage, kleine Anlage)
- Betriebsmedium
- Betriebstemperatur
- Anfahrtstemperatur
- Filterausführung (Gehäuse + Element + Optionen)

Der mehrlagige Aufbau unserer Filtereinsätze ermöglicht generell ein breites Anwendungsspektrum und eine hohe Schmutzaufnahmekapazität. Auch bei steigenden Differenzdrücken

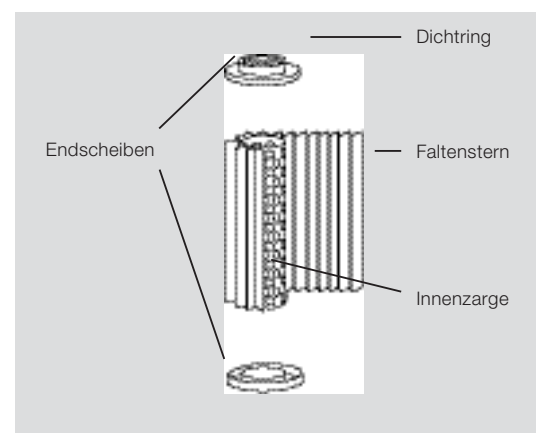
bleibt die Filtration der Elemente konstant und bietet höchsten Schutz selbst bei pulsierender Belastung. Hohe Filterstandzeiten bei niedrigen Durchflusswiderständen garantieren einen wirtschaftlich optimalen Betrieb, wobei Ihnen unsere Erfahrung aus artgleichen Anwendungen zugute kommt. Sind im Einzelfall dennoch Voruntersuchungen nötig, lassen Sie sich einfach durch unsere Ingenieure beraten. Gemeinsam finden wir immer die beste Lösung.

### Aufbau von Hydraulikfiltern

MAHLE Hydraulikfilter sind einheitlich aufgebaut. Sie bestehen aus dem Filterelement, einem Gehäuse und zusätzlichen Ausstattungsteilen je nach Einsatzart (z. B. Bypassventil, Wartungsanzeiger, Reversiventil). Das Gehäuse setzt sich aus Kopf und Glocke zusammen. Das Filterelement selbst wird von der Innenzarge, dem Faltenstern und den Endscheiben gebildet. Die Durchströmung des Filters erfolgt mit wenigen Ausnahmen von außen nach innen.



Aufbau eines Filters



Aufbau eines Filterelements

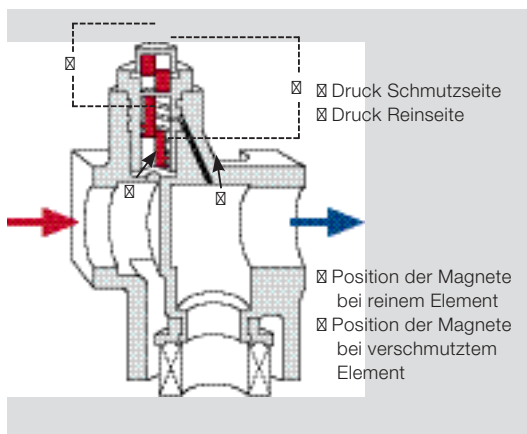
### Wartungsanzeiger

Wirtschaftlich optimal lassen sich Filter nur dann einsetzen, wenn ihre Schmutzaufnahmekapazität voll ausgenutzt werden kann. Daher sollten alle Filter mit einem Wartungsanzeiger ausgestattet sein. Seine mechanischen oder elektronischen Sensoren reagieren auf die Veränderungen der Druckverhältnisse am Filterelement. Registriert wird bei Saugfiltern der Unterdruck, bei Druckfiltern der Differenzdruck, bei Rücklauffiltern der Staudruck. Die Ergebnisse werden je nach Ausführung über Manometer oder optische und optisch-elektrische Schalter signalisiert. Dabei wird der Schalterpunkt so gewählt, dass im Filter noch eine gewisse Reserve an Schmutzkapazität vorhanden ist.

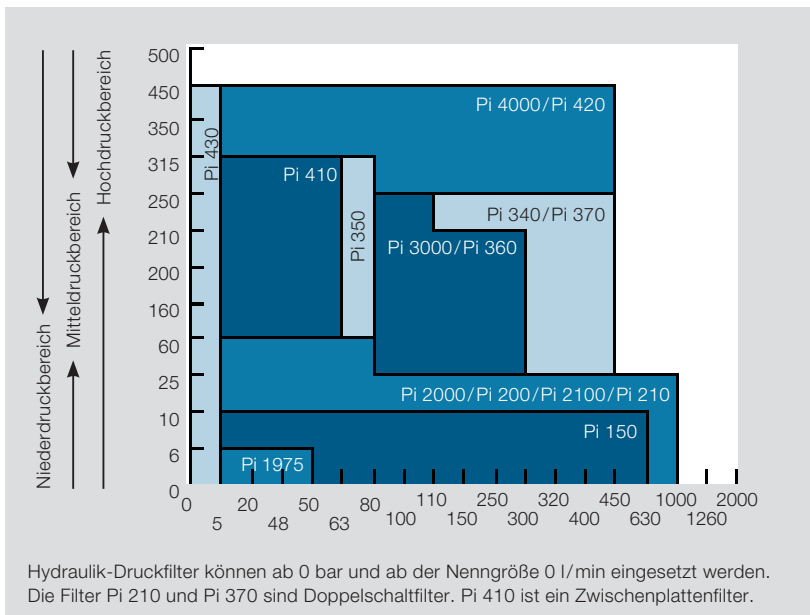
### Bypassventil

Über ein im Kopf des Filters eingebautes Bypassventil lässt sich ein unzulässig hoher Durchflusswiderstand oder ein Kollaps des Filterelements verhindern. Es öffnet sich bei steigendem Verschmutzungsgrad des Filterelements oder bei steigender Viskosität der Flüssigkeit, filtriert wird dann nur noch ein Teilstrom. Dafür müssen drei wichtige Bedingungen definiert sein: der Öffnungsdruck, der Schließdruck und der maximal zulässige Druckabfall bei Nennvolumenstrom.

Soll dagegen immer der gesamte Volumenstrom filtriert werden, damit kritische Bauteile nicht vorzeitig ausfallen, ist ein Bypassventil nicht sinnvoll. Ungeeignet ist ein am Boden des Filtergehäuses angebrachtes Bypassventil, da es sedimentierten Schmutz in das Ventil spült.



Funktionsschema Differenzdruckanzeiger



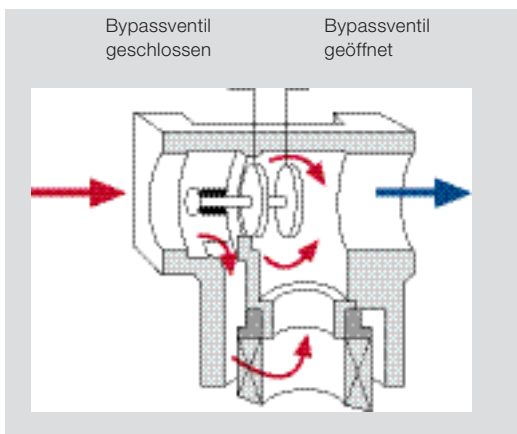
Nenndrücke und Nenngrößen von Hydraulik-Druckfiltern

### Reversierventil

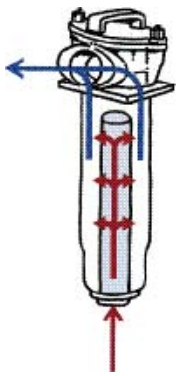
Das Reversierventil ermöglicht das Durchströmen des Filtergehäuses in umgekehrter Richtung, ohne dass dabei das Filterelement beaufschlagt wird. Das ist nur notwendig bei Anlagen, bei denen die Durchflussrichtung wechselt. Das Reversierventil kann auch mit einem Bypassventil kombiniert werden.

### Kaltstartventil

Das im Filterkopf integrierte Kaltstartventil gewährleistet, dass der Hydraulikanlage in allen Betriebsständen nur gefilterte Flüssigkeit zugeführt wird. Bei einem Anstieg des Differenzdrucks über den Öffnungsdruck des Kaltstartventils (z. B. aufgrund zu hoher Viskosität der Flüssigkeit bei Kaltstart oder bei nicht durchgeführtem Elementwechsel) wird ein Teilstrom über den Tankanschluss am Filterkopf in den Hydrauliktank zurückgeleitet. Kaltstartventile werden überwiegend bei mobilen Maschinen verwendet.



Funktionsschema Bypassventil

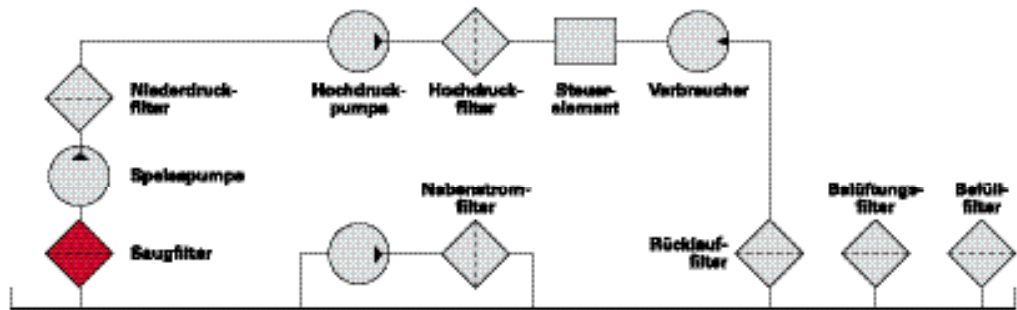


Aufbau eines Saugfilters

## Saugfilter

Beschränkt man sich bei Saugfiltern früher auf das Zurückhalten grober Partikel und verlagerte die Feinfiltration auf andere Filter, so reicht die Filterfeinheit durch Filtermaterial mit geringem Durchflusswiderstand heute schon bis in den Bereich von  $\beta_{20(c)} \geq 200$ . Direkt vor der Pumpe installiert, sind Saugfiltern dennoch physikalische Grenzen gesetzt. Um noch feiner zu filtern, müssten sie größer konzipiert werden und würden wegen des wachsenden Differenzdrucks am zusetzenden Filter zu Kavitationsschäden an der Pumpe führen.

Saugfilter gibt es als Tankeinbaufilter, auch mit Schließventil für den Einbau unterhalb des Ölspiegels, und als Leitungsfilter für den Einbau in die Saugleitung. Saugfilter als Leitungsfilter entsprechen weitgehend Niederdruckfiltern bis 25 bar.



Filtration in der Saugleitung

Unbestritten sind ihre Vorteile im Mobilbereich, etwa bei hydrostatischen Antrieben. Hier wird meist ausschließlich im Saugbereich filtriert, da der dort häufig auftretende Reversierbetrieb ansonsten Druckfilter mit zu aufwendigen Reversierventilen erfordern würde. Bei Einsatz eines Saugfilters als einzigem Systemfilter ist neben einer ausreichend großen Filterfläche unbedingt ein Wartungsanzeiger vorzusehen.

**Nenngröße des Filters:** Die Bestimmung der Nenngröße erfolgt unter Berücksichtigung des maximalen Saugvolumenstroms, der Betriebsviskosität, der Filterfeinheit und dem empfohlenen maximalen Anfangsdruckverlust (siehe Seite 28).

**Feinheit:** 100–20  $\mu\text{m}_{(c)}$ .

**Bypass:** Je nach Anwendung.

**Einbauort:** Unmittelbar vor der Pumpe.

**Wartungsanzeiger:** Empfehlenswert; falls nicht realisierbar, Reinigung des Drahtgewebes laut Betriebsanleitung bzw. Austausch alle 500 Stunden vorsehen.



Siebsterne-Saugfilterelemente in verschiedenen Baugrößen



Saugfilter als Tankeinbaufilter

**Druckfilter**

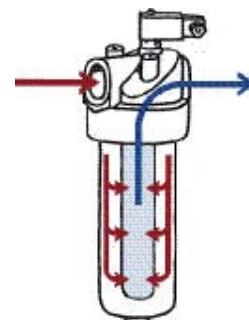
Druckfilter sind für den Einsatz als Voll- oder Teilstromfilter und für die Bereiche Niederdruck bis 25 (60) bar, Mitteldruck bis 210 bar sowie Hochdruck bis 450 bar konzipiert. Sie werden nach der Pumpe und dem Druckbegrenzungsventil vor den zu schützenden Bauteilen installiert. Es gibt Druckfilter in unterschiedlichen Bauarten, als Leitungs-, Anflansch-, Wechselfilter (Anschraubpatronen) und Filter in Zwischenplattenbauweise. Befinden sich hinter Druckfiltern keine weiteren möglichen Verschmutzungsquellen, wie etwa Zylinder im Kreislauf, sind bei kleineren Anlagen in der Regel keine weiteren Systemfilter notwendig.

fangsdruckverlust (siehe Seite 28). Bei häufigen Kaltstarts, großen Anlagen und schlechten Systembedingungen sollte die nächstgrößere Nenngröße gewählt werden. Damit bietet der Filter auch unter unvorhergesehenen Betriebseinflüssen genügend Standzeit. In großen Anlagen kann eine Teilstromfiltration sinnvoll sein. Bei empfindlichen Komponenten (Servoventile) ist ein Schutzfilter vorzusehen.

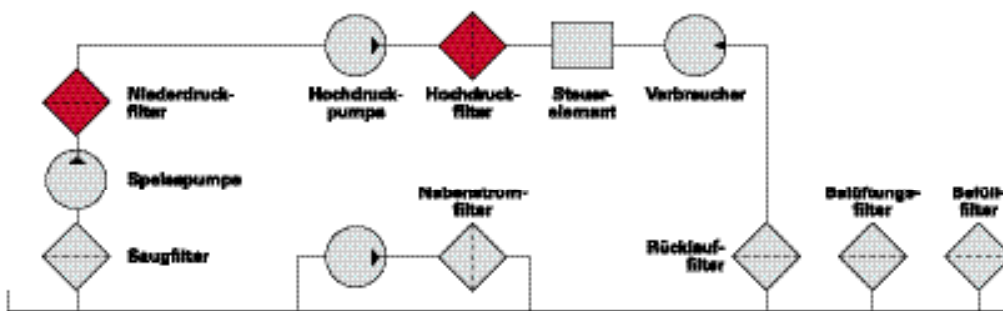
**Nenndruck:** Der Nenndruck muss über dem maximalen Betriebsdruck der Anlage liegen.

**Feinheit:** Je nach geforderter Reinheitsklasse.

**Bypass:** Bei Anlagen mit häufigem Kaltstart zulässig, bei Schutzfiltern kein Bypass.



Aufbau eines Druckfilters



Filtration in der Druckleitung

**Druckfilter als Doppelschaltfilter**

Höchste Wirtschaftlichkeit im Nieder- und Mitteldruckbereich bieten Doppelschaltfilter mit Einhandbedienung und verlustfreier Umschaltung des Flüssigkeitsstroms. Ohne Betriebsunterbrechung rund um die Uhr einsatzbereit, kann mit Doppelschaltfiltern der Elementwechsel während des Betriebs erledigt werden.

**Nenngröße des Filters:** Die Bestimmung der Nenngröße erfolgt unter Berücksichtigung des maximalen Volumenstroms, der Betriebsviskosität, der Filterfeinheit und dem empfohlenen An-

**Einbauort:** Hinter der Pumpe, nach dem Druckbegrenzungsventil, vor der zu schützenden Komponente.

**Wartungsanzeiger:** Grundsätzlich notwendig.

Bei Nenndrücken bis 16 bar kann auf die Verwendung eines Bypassventils in Verbindung mit Niederdruckelementen verzichtet werden, sofern vor dem Filter ein Druckbegrenzungsventil mit max. 16 bar installiert ist. Bei höheren Drücken macht der Verzicht auf ein Bypassventil grundsätzlich hochdruckfeste Elemente notwendig.

Nenndrücke in bar (Überdruck)	
Fettgedruckte Werte sind zu bevorzugen	
10	160
16	200
<b>25</b>	<b>250</b>
40	315
<b>63</b>	<b>400</b>
100	500

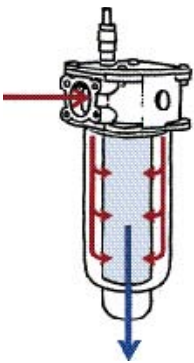
Druckstufen nach DIN 24550, Teil 1



Nieder-, Mittel- und Hochdruckfilter verschiedener Baureihen



Druckfilter als Doppelschaltfilter



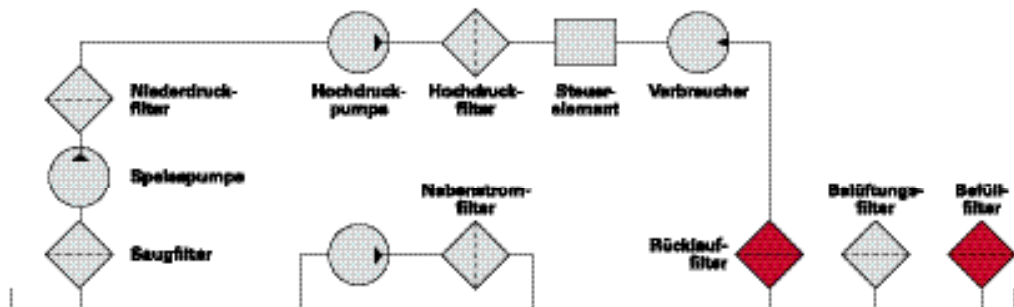
Aufbau eines Rücklauffilters

## Rücklauffilter

Sofern Verschmutzungen nicht vorher über Druckfilter zurückgehalten wurden, erfassen Rücklauffilter den gesamten im System erzeugten und aus der Hydraulikanlage ausgespülten Schmutz und verhindern dadurch einen über Tank und Pumpe entstehenden verhängnisvollen Schmutzkreislauf. Rücklauffilter werden überwiegend als Tankeinbaufilter ausgeführt. Ihr Filterkopf ist fest mit dem Tank verbunden, und die Auslassöffnung des Filters ragt in den Tank hinein. Mit Zusatzausrüstung ausgestattet, lassen sich Rücklauffilter auch als Befüllfilter einsetzen.

sinnvoll sein. Hier bieten sich Leitungsfiler im Niederdruckbereich (bis 16 bar) als wirtschaftliche Alternative an.

**Nenngröße des Filters:** Die Bestimmung der Nenngröße erfolgt unter Berücksichtigung des Rücklaufvolumenstroms, der Betriebsviskosität, der Filterfeinheit und dem empfohlenen maximalen Anfangsdruckverlust (siehe Seite 28). Bei der Bestimmung der Rücklaufmenge ist neben der maximalen Pumpenfördermenge auch die erhöhte Rücklaufmenge bei Differenzialzylindern zu berücksichtigen. Dadurch verfügt der Filter



Filtration in der Rücklaufleitung und über Befüllfilter

## Rücklauffilter als Doppelschaltfilter

Rücklauffilter als Doppelschaltfilter mit Einhandbedienung und verlustfreier Umschaltung des Flüssigkeitsstroms sind ohne Betriebsunterbrechung rund um die Uhr einsatzbereit. Da Wartungsarbeiten (Elementwechsel) bei restlos ausgenutzter Schmutzaufnahmekapazität während des Betriebs erledigt werden können, ist diese Bauform besonders wirtschaftlich.

## Rücklauffilter als Leitungsfiler

Bei sehr großen Anlagen und sehr großen Rücklaufmengen können Tankeinbaufilter nicht mehr

selbst unter unvorhergesehenen Betriebseinflüssen über ausreichend Standzeit.

**Nenndruck 6/10 bar:** Der Nenndruck muss die zusätzliche Druckerhöhung bei Kaltstartbedingungen und erhöhter Rücklaufmenge berücksichtigen.

**Feinheit:** Angepasst an das Filterkonzept.

**Bypass:** Immer notwendig, um durch Rückstau verursachte Schaltzeitveränderungen in der Anlage zu verhindern.

**Einbauort:** Unmittelbar vor Eintritt der Rücklaufleitung in den Tank, bei Leitungsfilern oder als Tankeinbaufilter.

**Wartungsanzeiger:** Grundsätzlich notwendig.



Rücklauffilter verschiedener Baugrößen



Rücklauf-Doppelschaltfilter

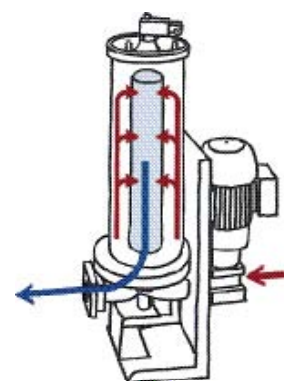
**Nebenstromfilter**

Nebenstromfilter in stationärer Bauart fungieren in weit verzweigten Hydraulikanlagen mit sehr großem Tankvolumen und schwankenden Rückströmen als Arbeitsfilter zu bestehenden Druck- oder Rücklauffiltern. Nebenstromfilter sind die optimale Lösung zur Filtration großer Ölmengen, die mit Vollstromfiltern nicht ausreichend oder nur sehr unwirtschaftlich gereinigt werden könnten. Daneben bieten sich zahlreiche Kombinationsmöglichkeiten, z. B. mit Kühlern.

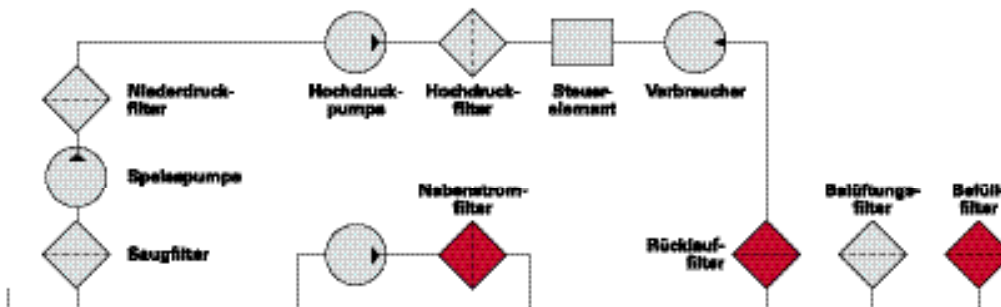
**Bypass:** Zulässig; erforderlich wenn der maximal mögliche Betriebsdruck höher als der Kollapsdruck des Filterelements ist. Dies gilt auch, wenn die Pumpe durch den Wartungsanzeiger abgeschaltet wird.

**Einbauort:** In der Regel in der Nähe des Hydrauliktanks.

**Wartungsanzeiger:** Immer notwendig, am besten als mechanisch/elektrischer Anzeiger, damit bei Erschöpfung der Schmutzaufnahmekapazität nicht nur die Pumpe abgeschaltet wird, sondern gleichzeitig auch ein optisches Signal darauf hinweist.



Aufbau eines Nebenstromfilters



Filtration im Nebenstrom

In der Ausführung als mobile Filtergeräte sind sie sehr flexibel zum Spülen und Befüllen von Anlagen oder als mobile Nebenstromfilter einsetzbar.

**Nenngröße des Filters:** Die Filterkapazität sollte immer im ausreichenden Verhältnis zu den auftretenden Volumenströmen stehen. Die Gehäuseanschlüsse dagegen richten sich nur nach der im Nebenstromfilter installierten Pumpenleistung.

**Nenndruck:** 6/10 bar.

**Feinheit:** Je nach empfohlener Reinheitsklasse; Befüllfilter erfordern eine spezielle Auslegung.

Systembedingungen	Filtrationsleistung [l/min] als Prozentsatz der Systemölmenge [l]
gut	5 %
mittel	10 %
schlecht	20 %

Empfohlene Filtrations- bzw. Pumpenleistung



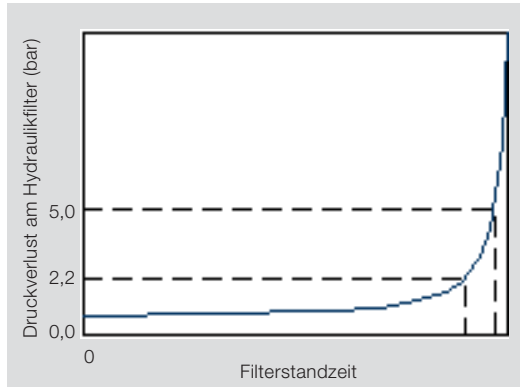
Nebenstromfilter



Mobile Nebenstromaggregate

## Druckverlust an Hydraulikfiltern

Mit steigender Filterstandzeit nimmt der Druckverlust an Hydraulikfiltern zu. Umso wichtiger ist zur kompletten Filterauslegung die richtige Bestimmung des Anfangs-Dp.



Druckverlust an Hydraulikfiltern in Abhängigkeit zur Filterstandzeit

### Empfohlener Anfangs-Dp

Saugfilter	0,1 bar
Rücklaufilter	0,2–0,5 bar
Niederdruckfilter	0,5 bar
Mitteldruckfilter	0,5–0,8 bar
Hochdruckfilter	0,8–1,0 bar

## Bestimmung des Anfangs-Dp

Die Bestimmung erfolgt über entsprechende Diagramme in den Datenblättern. Für Öl mit einer Viskosität von 33 mm<sup>2</sup>/s bzw. 190 mm<sup>2</sup>/s kann dieser direkt abgelesen, bei anderen Viskositäten muss er nach der Formel

$$Dp = \frac{Dp1 (y3 - y2) + Dp2 (y1 - y3)}{(y1 - y2)}$$

berechnet werden (Dp in bar/y in mm<sup>2</sup>/s).

## Berechnungsbeispiel

Bestimmung des  $\bar{\Delta}p$  für den Filter MAHLE Pi 3430:  $y1 = 190 \text{ mm}^2/\text{s}$ ,  $y2 = 33 \text{ mm}^2/\text{s}$ , mit Element PS 3 bei einem Durchfluss von 90 l/min und einer Viskosität von  $y3 = 100 \text{ mm}^2/\text{s}$ :

$$Dp3 = \frac{2,8 (100 - 33) + 0,51 (190 - 100)}{(190 - 33)} = 1,49 \text{ bar}$$

(Werte siehe Diagramm zur Bestimmung des  $\bar{\Delta}p$  für den Filter MAHLE Pi 3430)

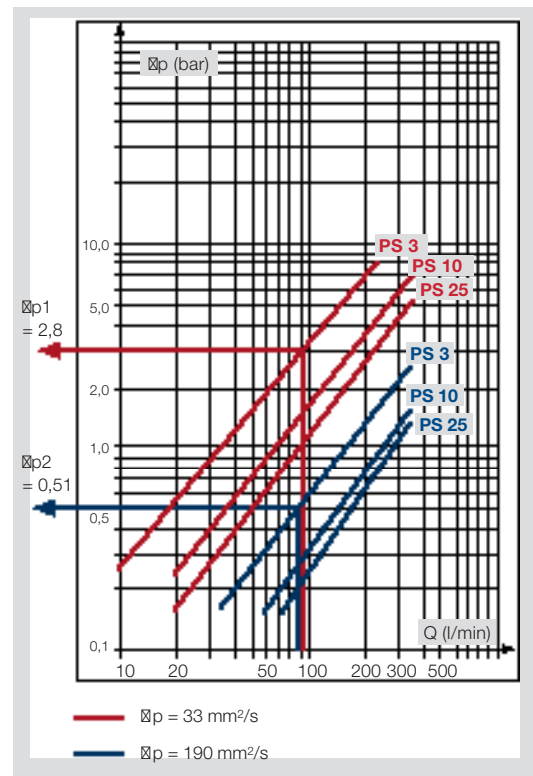


Diagramm zur Bestimmung des  $\bar{\Delta}p$  für den Filter MAHLE Pi 3430

### Belüftungsfilter

Belüftungsfilter zählen zu den wichtigsten Bestandteilen eines Filterkonzeptes. Je nach geforderter Reinheitsklasse mit den entsprechenden Wechselementen bestückt, sorgen sie für die verunreinigungsfreie Luftversorgung von Behältern. Angesichts des beachtlichen Grads an Schmutz, der durch ungeeignete Belüftungseinrichtungen in das System gelangen kann, darf keinesfalls auf diese Filter verzichtet werden. Die Filterfeinheit ist entsprechend den Systemfiltern zu wählen. Lediglich bei kleinen Behältern und Öldurchflussmengen bis max. 100 l/min genügt die im Rücklaufilter integrierte Belüftung.

**Nenngröße:** Entsprechend der maximal auftretenden Volumenschwankung, die einen gleich großen Luftaustausch verursacht.

**Feinheit:**

Filterfeinheit	
Belüftungsfilter	Hydraulikfilter
Sm-L	Sm-x 3, PS 3
	Sm-x 6, PS 6
	Sm-x 10, PS 10
Mic-L	Sm-x 16, PS 16
	Sm-x 25, PS 25
	Mic 10

**Bypass:** Nein.

**Einbauort:** Unmittelbar auf dem höchsten Punkt des Hydrauliktanks; bei mobilen Anlagen Schwappraum berücksichtigen, damit kein Öl herausgedrückt werden kann.

**Wartungsanzeiger:** Mit Selbsthaltefunktion ab Baugröße Q p 1.000 l/min empfehlenswert.



Belüftungsfilter verschiedener Baugrößen



Belüftungsfilter mit Einfüllsieb kombiniert

## SPONTANE ERKENNUNG, SOFORTIGE ENTFERNUNG VON FREIEM WASSER IN HYDRAULIKFLÜSSIGKEITEN

Wasser in Hydraulik- und Schmierölsystemen reduziert nicht nur die Lebensdauer der Druckflüssigkeit, sondern auch die der Maschinenkomponenten und des gesamten Systems. Bekannte Schäden sind Korrosion der metallischen Anlagenteile, Hydrolyse der Druckflüssigkeit, Verschleiß von Lagern, frühzeitig verstopfte Filter und Additivabbau auf chemischem Weg. Um dies zu verhindern, hat MAHLE ein neues Konzept zur Wassererkennung und -entfernung entwickelt, bestehend aus Trübungssensor und Coalescer-Filter.

### Zuverlässig und kostengünstig

Die Folgen zu spät erkannten Wassereintritts reichen von aufwendigen Reparaturen bis zum kompletten Produktionsausfall. Mit bislang üblichen Methoden und Systemen war dieser Gefahr nur mit hohem Kosten- und Kalibrierungsaufwand zu begegnen. Zudem gestaltete sich die anschließende Schadensbeseitigung als überaus teuer: Die gesamte Druckflüssigkeit musste ausgetauscht oder mittels Vakuumverdampfung, bei kleineren Anlagen mittels Adsorption, getrocknet werden. Mit dem neu entwickelten Trübungssensor wurde ein preiswertes Gerät zur schnellen Erfassung von Wassereintritten oberhalb der Sättigungsgrenze entwickelt. Und im Zusammenwirken mit dem neuen Coalescer-Filter kann eingedrungenes Wasser auf mechanischem Weg schnell und kostengünstig wieder entfernt werden. Das System ist für alle fluidtechnischen Anwendungen, die durch Wassereintritt gefährdet sind, geeignet und bietet eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten, z. B. in Hydraulikanlagen mit Wasserkühler, in Mobilanwendungen, wie etwa Baumaschinen, in Kraftwerken, Papiermaschinen, Windkraftanlagen oder in der Schiffsbetriebstechnik.

### Wassererkennung

Der MAHLE Trübungssensor PiT 400 arbeitet mit einem getakteten Lichtstrahl, der sich in zwei unterschiedlich lange Wegstrecken aufteilt, die Druckflüssigkeit durchdringt und schließlich auf zwei Empfänger trifft. Er sollte idealerweise in die Rücklaufleitung oder direkt in den Tank nahe dem Rücklauf integriert werden. Gelangt Wasser in den Kreislauf, schwächt sich der Lichtstrahl durch Trübung der Druckflüssigkeit ab, dies erkennt die Elektronik anhand der gespeicherten Sollwerte und gibt ein Signal bzw. schaltet ein Aggregat zur Wasserabscheidung ein. Verbunden etwa mit dem MAHLE Coalescer-Filter kann nun sofort die Wasserentfernung eingeleitet werden.

### Wasserentfernung

Der aus mehreren unterschiedlichen Schichten aufgebaute MAHLE Coalescer-Filter ermöglicht die mechanische Abtrennung feinsten Wassertröpfchen in der Druckflüssigkeit. Im ersten Arbeitsschritt werden diese gesammelt und zu größeren Einheiten zusammengeführt. Die entstandenen, mehrere Millimeter großen Tropfen verlassen die Coalescerschicht und treffen auf ein speziell hydrophob ausgerüstetes Gewebe. Hier findet die Abtrennung von der Druckflüssigkeit statt. Durch Sedimentation gelangt das Wasser dann aus dem Kreislauf. Wichtig für den Pro-

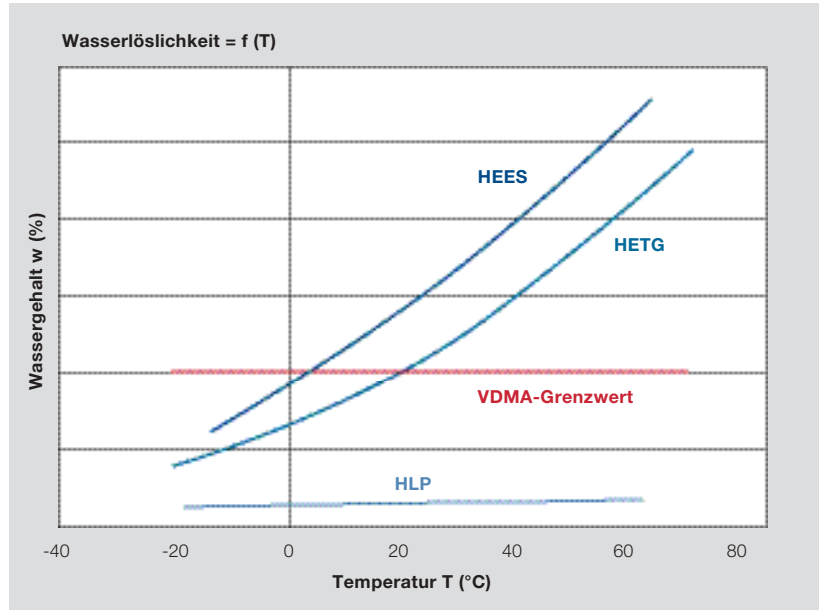


Trübungssensor

Coalescer-Filter

zess ist, dass ein bestimmter Differenzdruck im Coalescer nicht überschritten und die jeweilige Viskosität berücksichtigt wird.

Der Betrieb des Coalescers kann vollautomatisch erfolgen. Hierzu gibt es verschiedene Möglichkeiten der Steuerung, z. B. ein differenzdruckgesteuerter Volumenstrom über eine Pumpe oder auch die Regulierung des Volumenstroms über ein Druckbegrenzungsventil. Generell gilt: Je weniger emulgierende Additive in der Druckflüssigkeit vorhanden sind, desto besser funktioniert der Coalescer. Im Umkehrschluss können also teure Spezialöle durch kostengünstige Druckflüssigkeiten ausgetauscht werden.



Da nur freies Wasser zur Trübung führt, ist die Wasserlöslichkeit in Abhängigkeit zur Temperatur zu betrachten. Gemäß dem VDMA-Einheitsblatt 24568 ist bei Druckflüssigkeiten der HE-Gruppe ein Wassergehalt unterhalb 1.000 ppm (0,1%) einzuhalten. In der Gruppe HLP sollte kein freies Wasser vorhanden sein.



Bildnachweis: Dürr Ecoclean

## MESSBAR HOHE QUALITÄT NACH ALLEN RELEVANTEN NORMEN UND STANDARDS

Voraussetzung für Filterelemente mit besten Filtrationseigenschaften: den Qualitätsanforderungen entsprechende Werkstoffe und hohe Fertigungsqualität. Genormte Tests für die Prüfung leisten dazu wertvolle Anhaltspunkte. Und nur Hersteller, die sie regelmäßig durchführen, können dauerhaft gleichbleibende Standards garantieren und die Forderung  $\beta_x \geq 200$  in jedem Fall realisieren. Zusammen mit anderen wichtigen internationalen Prüfnormen, wie dem Multipass-Test, garantiert dies die notwendige Sicherheit, die Sie für einen reibungslosen Betrieb in der Praxis benötigen.

### Blasenpunkt-Test (ISO 2942)

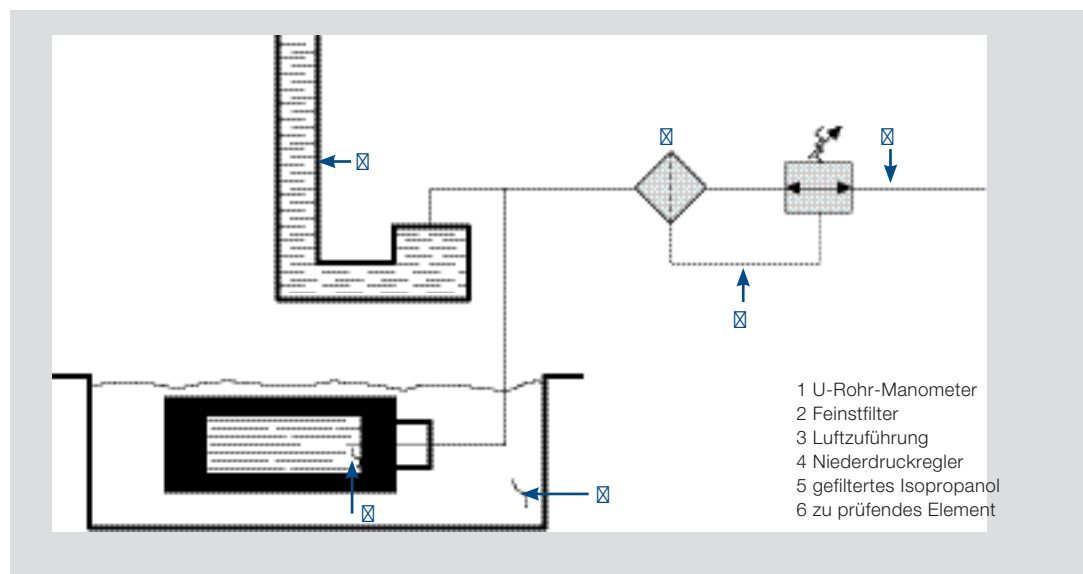
Da jedem Elementtyp ein Mindestdruckwert zugeordnet werden kann, lässt sich mit dem Blasenpunkt- oder Bubble-Point-Test die Gleichmäßigkeit der Produktionsqualität von Filterelementen ausgezeichnet überwachen.

Das Filterelement wird mit der Hauptachse parallel zur Hauptachse der Prüflüssigkeit (Isopropanol) eingetaucht und nach fünf Minuten bei einer Drehung um  $360^\circ$  dem angegebenen Mindestdruck ausgesetzt. Entsteht dabei kein dauerhafter Blasenstrom, erfüllt das Element den Test. Zur Messung der Filterleistung bzw. des Abscheidegrades besitzt der Test allerdings keine Aussagekraft.

### Kollaps-/Berstdruckprüfung (ISO 2941)

Unter dem zulässigen Kollapsdruck versteht man die vom Filterelement zu bestehende Druckdifferenz in Durchflussrichtung.

Dazu gibt man dem Testkreislauf in definierter Menge einen beliebigen, chemisch neutralen, teilchenförmigen Schmutzstoff bei, bis die Druckdifferenz über dem Filterelement dem zulässigen Kollaps- bzw. Berstdruck entspricht. Der Druckdifferenz-Verlauf wird aufgezeichnet, und nur wenn kein Anzeichen für Versagen, kein Abfallen der Steigung der Druckdifferenzkurve zu registrieren sind, erhält das Filterelement die Freigabe.



Schema Testaufbau für Blasenpunkt-Test

**Bestimmung des Anfangsdifferenzdrucks (ISO 3968)**

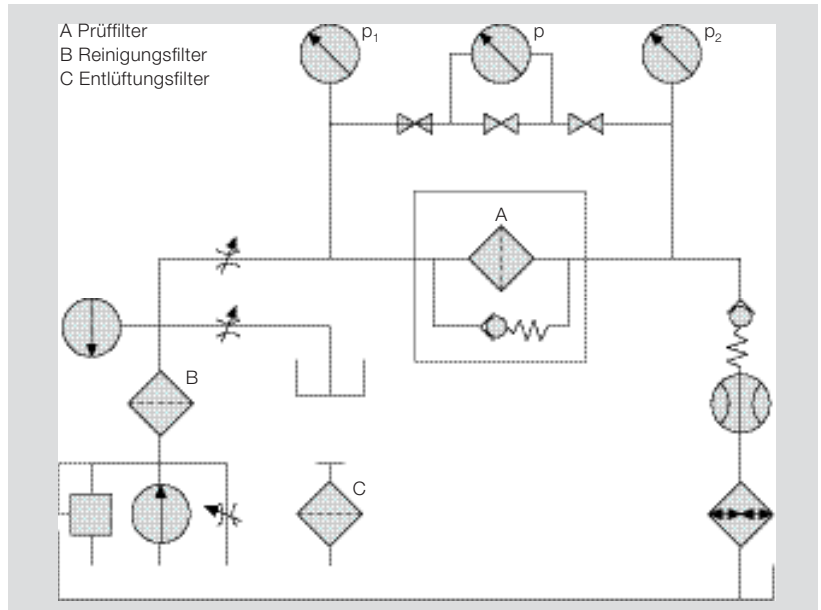
Ein wichtiger Aspekt bei der Auslegung von Hydraulikfiltern ist der Differenzdruck (auch Durchflusswiderstand genannt). Er ergibt sich aus dem gesamten Druckabfall von Gehäuseeintritt bis -austritt und setzt sich aus Gehäuse- und Filtereinsatz-Verlusten zusammen.

Faktoren, die den Durchflusswiderstand eines sauberen Filters beeinflussen, sind Viskosität der Flüssigkeit, spezifisches Gewicht der Flüssigkeit, Volumenstrom, Medium des Filtereinsatzes und Strömungswege.

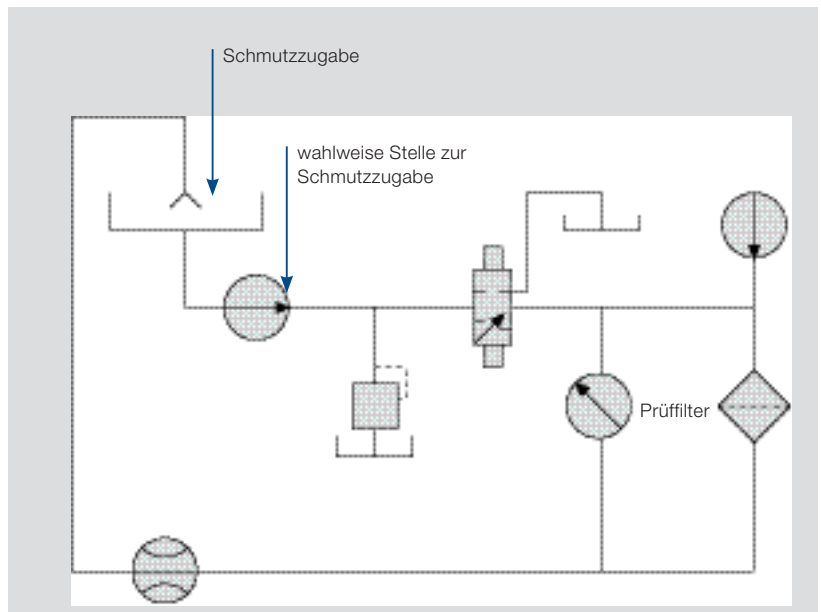
Zur Bestimmung des Durchflusswiderstandes wird ein Prüfstand, bestehend aus Pumpe, Behälter, Wärmetauscher und Messgeräten für Druck, Temperatur und Volumenstrom (wie schematisch rechts oben dargestellt), verwendet.  $p_1$  ist der Druck am Filtereintritt,  $p_2$  der Druck am Filteraustritt und  $D_p$  der Durchflusswiderstand des Filters. Bei der Durchführung von  $D_p$ -Volumenstrom-Messungen an einem Filter besteht keine Notwendigkeit für einen Prüfstand mit hohem Systemdruck. Es reicht aus,  $p_2$  auf einem positiven Druckwert zu halten.

**Durchflussermüdungstest (ISO 3724)**

Der Test wird angewandt, um die Fähigkeiten eines Filterelements zu bestimmen, durch wechselnde Differenzdrücke (Durchflussmengen) bewirkte Verformungen ohne Änderung der Berstfestigkeit standzuhalten. Zur Durchführung des Tests wird ein Prüfstand, wie er schematisch rechts unten dargestellt ist, verwendet.



Schema eines für  $\Delta p$ - und Durchflussmessungen geeigneten Teststandards



Schema für typischen Durchfluss-Dauerfestigkeitsprüfstand

### Multipass-Test (ISO 16889)

Der Multipass-Test ist der wichtigste Test zur Bewertung der Abscheideleistung, der Schmutzaufnahmekapazität und der Standzeit eines Filterelements und wird auch als Filterleistungstest, Mehrfachdurchgangsprüfung oder  $\beta_x$ -Test bezeichnet. Zur Durchführung eines Multipass-Tests ist ein äußerst aufwendiger und in drei Hauptgruppen gegliederter Teststand nötig:

- In System 1 wird die Testflüssigkeit (MIL-H-5606) definiert mit Teststaub (ISO MTD) verschmutzt.
- In System 2 ist der Prüffilter installiert und die gereinigte Testflüssigkeit wird umgewälzt.
- In System 3 werden die aus System 2 entnommenen Flüssigkeitsproben in hochgenauen Partikelzählern kontinuierlich ausgezählt und die Informationen werden mittels eines speziellen PC-Programms visualisiert dargestellt.

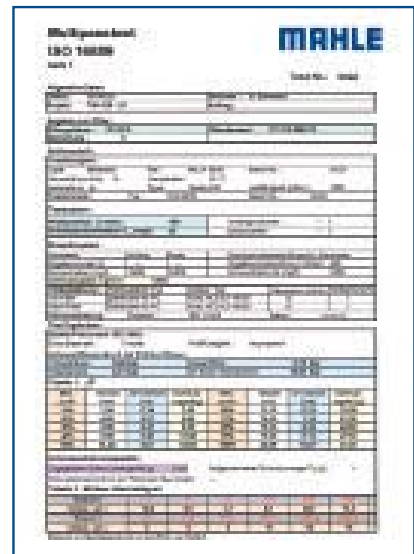
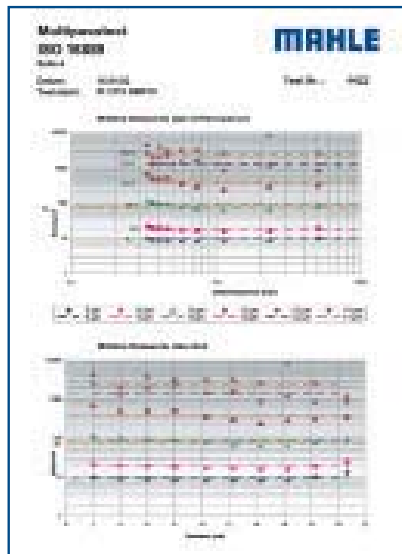
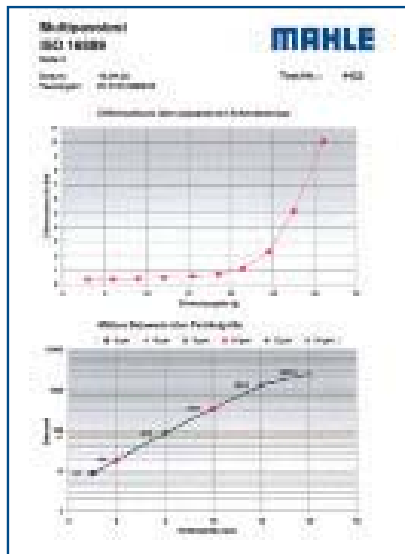
Der Multipass-Test kommt dem Verschmutzungsablauf in der Praxis sehr nahe. Unterschiede sind allenfalls das größere Schmutzangebot und die dadurch mögliche, stark verkürzte Testdauer im Vergleich zur Filterstandzeit.

Eventuelle Veränderungen am Filterelement bei zunehmendem  $\Delta p$ , wie sie etwa auch durch Kaltstarts oder andere Betriebseinflüsse auftreten können, lassen sich mit Rückschlüssen auf die Wirksamkeit und Lebensdauer des Filters jedoch eindeutig nachweisen.

Die Testeinrichtungen und der Testablauf sind sehr aufwendig und können vom Anwender selbst nicht durchgeführt werden. Deshalb sind Sie umso mehr auf die Richtigkeit der Herstellerangaben angewiesen.



Multipass-Teststand



Multipass-Test

**Ablauf des Multipass-Tests**

Aus System 1 wird verschmutzte Flüssigkeit in den Kreislauf des Systems 2 dauernd eingespritzt. Durch die ständige Umwälzung wird dem Testfilter so lange Schmutz zugeführt, bis der maximal zulässige Differenzdruck des Elements oder des Testsystems erreicht ist. Während dieser Zeit werden in System 3 dauernd Proben automatisch ausgewertet und der Temperatur- und Druckverlauf aufgezeichnet. So lässt sich bei ansteigenden Differenzdrücken feststellen, wie die Abscheideleistung des Elements verläuft. Das Testergebnis wird in Form des  $\beta$ -Wertes ausgedrückt, der folgendes Verhältnis widerspiegelt:

$$\beta_{x(c)} = \frac{\text{Anzahl Partikel } >x(c) \mu\text{m vor Filter}}{\text{Anzahl Partikel } >x(c) \mu\text{m nach Filter}}$$

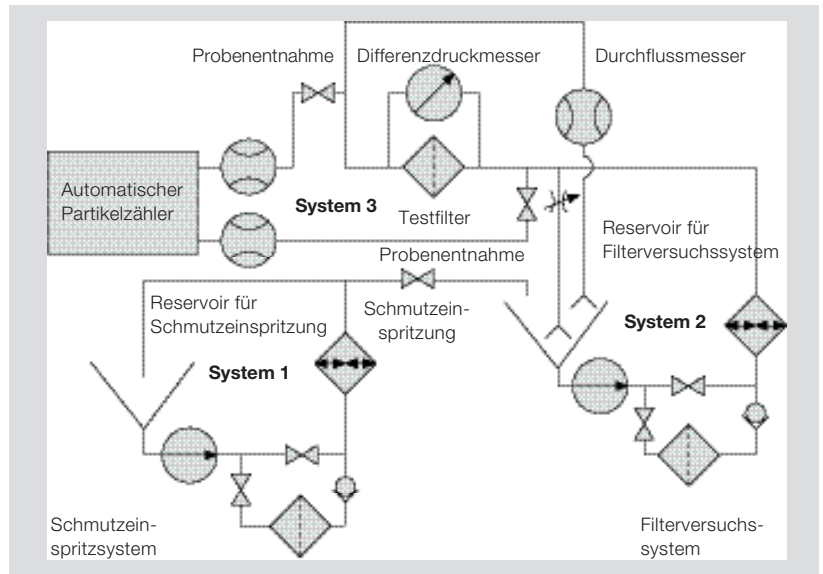
Folgende Werte sollten immer vorgelegt werden:

- $\beta_{x(c)}$ -Wert bezogen auf das  $D_p$ , bei dem der Wert gemessen wurde
- $\beta_{x(c)}$ -Werte beim Schalterpunkt der Wartungsanzeige und beim End- $D_p$  des Prüfstandes oder des zulässigen  $D_p$  für das betreffende Element
- die scheinbare Schmutzaufnahme beim Schalterpunkt des Wartungsanzeigers und beim End- $D_p$
- Ist-Bubble-Point des Testelements vor Testbeginn

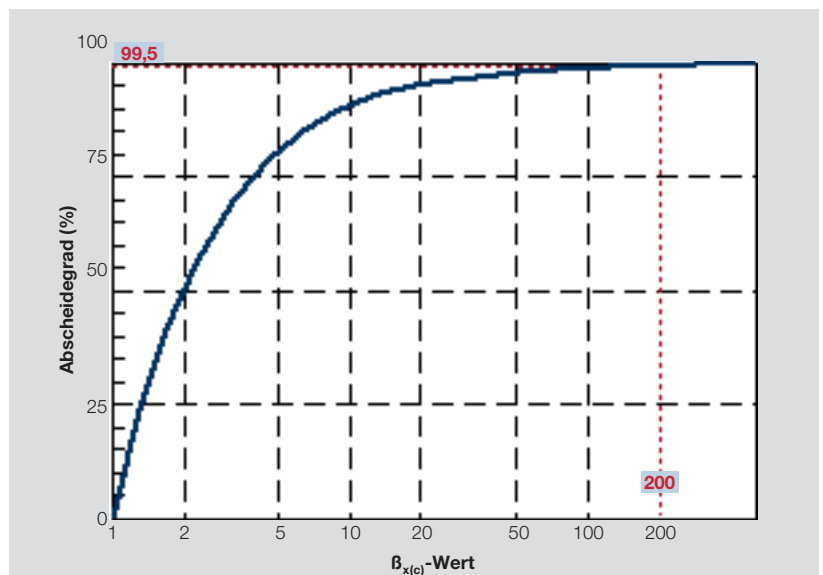
Nur diese Angaben zusammen lassen wirklich eine vergleichende Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Filtern zu. Um die Bedeutung des  $\beta$ -Wertes besser beurteilen zu können, muss man sich den Vergleich mit dem Abscheidegrad in % vor Augen führen. Der Abscheidegrad errechnet sich wie folgt:

$$e_{x(c)} = \frac{\beta_{x(c)} - 1}{\beta_{x(c)}}$$

Ein  $\beta$ -Wert von 200 entspricht also einem Abscheidegrad von 99,5%.



Schema des Teststandes



Zusammenhang zwischen  $\beta_{x(c)}$ -Wert und Abscheidegrad. Die messtechnisch exakte Bestimmung des  $\beta_{x(c)}$ -Wertes ist besonders bei  $\beta_{x(c)} > 200$  von erheblichen Schwankungen zwischen den einzelnen Messpunkten beeinflusst.

## WER NICHTS DEM ZUFALL ÜBERLÄSST, KANN SICH TEURE PRODUKTIONSAUSFÄLLE SPAREN

Filterelemente sind technisch hochwertige Produkte. Damit sie ihre Funktion zuverlässig erfüllen, müssen sie fachgerecht und sorgfältig behandelt werden. Besonderes Augenmerk im Betrieb ist stets auf die Funktionstüchtigkeit des Filters und die Einhaltung der geforderten Reinheitsklasse der Hydraulik zu legen. Intensität und Häufigkeit der durchzuführenden Wartungsarbeiten richten sich dann nach der Belastung durch Umgebungseinflüsse und nach der Höhe der Beanspruchung. Mit geeigneten Prüfmethoden und speziell dafür entwickelten Geräten lässt sich der wirtschaftliche Betrieb von Filtern und Hydraulikanlagen steuern und überwachen.

### Kleine Liste, große Wirkung

Die wichtigsten Regeln für den Betrieb von filterbestückten Hydrauliksystemen lassen sich in sechs Leitsätzen zusammenfassen:

1. Hydraulikflüssigkeiten sollten stets über einen Feinfilter eingefüllt werden.
2. Filterelemente sollten grundsätzlich nach dem Spülen einer Anlage ausgetauscht werden.
3. Die Wartungsanzeige sollte täglich nach Erreichen der Betriebstemperatur kontrolliert werden.
4. Auf Analysen der Flüssigkeitsproben aus dem System oder Online-Messungen durch Partikelzählgeräte sollte nicht verzichtet werden, denn sie geben Hinweise auf vorzeitigen Verschleiß oder Ausfall von Hydraulikkomponenten. Eine Elementuntersuchung kann wichtige Hinweise bei Problemfällen geben.
5. Auch das Nachfüllen von Hydraulikflüssigkeiten sollte immer über einen Feinfilter erfolgen.
6. Beim Austauschen der Filterelemente sollte die Betriebsanleitung genauestens befolgt werden.

### Spülen und Einfahren

Vor Inbetriebnahme eines Hydrauliksystems muss der Montageschmutz beseitigt werden – am zweckmäßigsten durch Spülen der gesamten Anlage. Für die Dauer dieses Vorgangs sind die Betriebselemente aus den eingebauten Filtern zu entfernen und durch Spülelemente auszutauschen. Sie sollten erst nach dem Spülen wieder eingebaut bzw. durch neue Elemente ersetzt werden.

Beim Spülen selbst lässt sich der Ölstrom durch eine transportable Nebenstromfilteranlage reinigen. Dabei wird unter möglichst großer Strömungsgeschwindigkeit Mineralöl oder ein anderes, mit der später eingesetzten Druckflüssigkeit verträgliches Medium durch das System oder durch Einzelabschnitte des Systems gepumpt. Der Montageschmutz scheidet sich im Filter des Filterwagens ab. Lediglich kleinere oder weniger empfindliche Hydrauliksysteme können auch während des Einfahrvorgangs mittels eingebauter Filter gespült werden. Vorausgesetzt, es ist sichergestellt, dass die Anlage ohne Belastung, jedoch mit allmählich bis zum Maximum gesteigertem Fördervolumen gefahren wird.

### Nachfüllen von Hydrauliköl

Um die Reinheitsklasse zu erhalten, sollte das Nachfüllen von Hydrauliköl bei Leckage ebenfalls grundsätzlich über einen Feinfilter erfolgen. Dafür kommt ein Befüllaggregat oder bei entsprechender Einrichtung auch ein Rücklauf- oder Leitungsfiter in Frage.



Wartungsanzeiger verschiedener Baureihen

### Permanente Überwachung der Verschmutzung

Jeder Filter sollte mit einem optischen oder optisch/elektrischen Wartungsanzeiger ausgestattet sein. Über ihn lässt sich jederzeit feststellen, ob noch Schmutzaufnahmekapazität vorhanden ist oder ob ein Elementwechsel vorgenommen werden muss. Bei optischen Anzeigen wird die Kontrolle täglich nach Erreichen der Betriebstemperatur durchgeführt.

Bei optischen Wartungsanzeigern einfach den roten Stift hineindrücken, und man erhält ein eindeutiges Ergebnis. Bleibt der Stift eingedrückt stehen, ist das Element voll funktionstüchtig, springt er jedoch heraus, muss das Element spätestens nach Schichtende gewechselt werden. Elektrische Anzeigen geben zusätzlich zur optischen Anzeige ein elektrisches Signal ab. Der rote Stift und das Signal sind unabhängig voneinander. Auch hier gilt, dass die Beurteilung des Verschmutzungsgrades in betriebswarmem Zustand erfolgen soll, da bei einem Kaltstart durch die erhöhte Viskosität ein Verschmutzungssignal ausgelöst werden kann. Deshalb ist bei Anlagen, die häufig bei niedrigen Temperaturen starten, eine Kaltstartunterdrückung sinnvoll.

### Elementwechsel

Zeigt der Wartungsanzeiger ein verschmutztes Element an, reicht die verbleibende Schmutzkapazität in aller Regel noch ein paar Arbeitstage aus. Das Filterelement muss zeitnah ausgetauscht werden. Wird das Filterelement nicht gewechselt, kann es im Extremfall zu einem Kollaps des Elements mit fatalen Folgen kommen: Durch die gerissene Filtermatrix wird bereits zurückgehaltener Schmutz schlagartig in das System gespült – das Ergebnis ist dann oft ein Totalausfall.

Bei Filtern ohne Wartungsanzeiger gelten für die Filterkontrolle folgende Richtwerte:

- 24 Stunden nach Inbetriebnahme der Anlage
- nach der Einlaufzeit (50–100 Betriebsstunden)
- normale Wartung (300–500 Betriebsstunden)

In jedem Fall ist das Wechseln des Elements mit äußerster Sorgfalt und unter genauester Befolgung der Betriebsanleitung vorzunehmen.

### Zyklische Überwachung der Verschmutzung

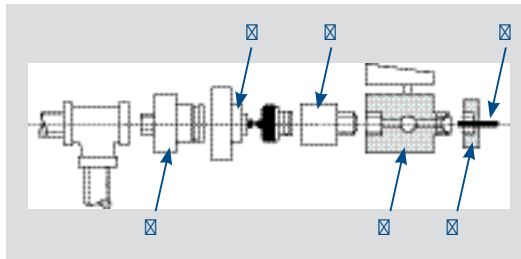
Filter eignen sich bei gezielter Überwachung auch als Verschleißkontrollinstrument für Komponenten des Hydrauliksystems. Dokumentiert der Betreiber regelmäßig den Filterwechsel, ist z. B. bei kürzer werdenden Wechselintervallen davon auszugehen, dass der Verschleiß an Komponenten zunimmt. Durch eine qualitative und quantitative Analyse des Elements und eine Flüssigkeitsprobe aus dem System lässt sich dann die Herkunft der Schmutzpartikel und damit die Ursache des verstärkten Verschleißes lokalisieren. Im Rückschluss auf die eingebauten Werkstoffe kann so präventiv eine Reparatur vorgenommen werden, bevor es zu Totalausfall und Produktionsunterbrechung kommt. Generell dient auch die ohnehin durchzuführende quantitative Schmutzbestimmung von Hydraulikflüssigkeiten diesem Ziel. Proben, an einer eigens dafür konzipierten Entnahmestelle gezogen oder bei der Online-Partikelmessung erfasst, stellen sicher, dass die geforderte Reinheitsklasse eingehalten und das System somit funktionstüchtig bleibt.

*Ölprobenauswertung im Labor*



### Probenentnahme nach ISO 4021 aus einer in Betrieb befindlichen Anlage

Bereits bei der Konstruktion einer Hydraulikanlage sollten im turbulenten Hauptstrom liegende Entnahmestellen vorgesehen werden. Dort können unter Beachtung normaler Vorsichtsmaßnahmen zum Schutz von Personal und Einrichtungen Proben gezogen werden. Um zu verhindern, dass Fremdschmutz das Probenergebnis verfälscht, muss man die Flüssigkeiten sorgfältig in spezielle und besonders vorbereitete Flaschen ziehen.



Typische Probenentnahmevorrichtung nach ISO 4021

### Probenentnahmevorrichtung

Eine typische Probenentnahmevorrichtung nach ISO 4021 besteht aus sechs Elementen:

- ☒ Staubkappe
- ☒ Ventil ohne Rückschlagvorrichtung
- ☒ Kapillarrohr zur Flüssigkeitsentnahme
- ☒ Abdeckkappe mit Kapillarrohr
- ☒ Kugelventil
- ☒ Rückschlagventil und Außenteil für Schnellbefestigung

An der Öffnung, durch welche die Probe entnommen werden soll, wird dauerhaft eine Schnellbefestigungskupplung (6) mit Staubkappe (1) angebracht. Die übrigen Teile der Vorrichtung (2–5) sind lediglich bei der Probenentnahme zu befestigen.



Ölprobentflasche

### Probenentnahmeverfahren

Das Kugelventil (5) wird geöffnet, um zunächst mindestens 200 ml Flüssigkeit abfließen zu lassen. Erst dann wird die Probenflasche zum Auffangen von Flüssigkeit in Position gebracht. Man durchstößt mit dem scharfen Ende des Kapillarrohrs die Folie auf der Flaschenöffnung und entnimmt eine Probe von nicht mehr als 90 % und nicht weniger als 50 % des Flaschenvolumens. Bevor der Durchfluss mit dem Kugelventil wieder abgestellt wird, entfernt man die Flasche und verschließt sie sofort nach dem Herausziehen des Kapillarrohrs.

Kommt eine Schnellbefestigungskupplung (6) zum Einsatz, sind anschließend die abnehmbaren Teile der Probenentnahmevorrichtung zu demontieren und alle Flüssigkeitsspuren durch Spülen mit einem geeigneten Lösungsmittel zu entfernen. Nicht vergessen: Die Staubkappe (1) sofort nach dem Auseinandernehmen wieder auf die Schnellbefestigungskupplung setzen.

### Probenentnahme aus einem Behälter ähnlich CETOP RP 95 H

Für eine repräsentative Probe muss die Anlage unter Betriebsbedingungen angefahren werden, damit die Flüssigkeit im Behälter gut durchmischt wird. Die äußere Oberfläche des Behälters sollte vorab um die Stellen herum, an denen die Probenentnahme erfolgt, sorgfältig gereinigt werden.

Mithilfe einer Pipette oder gereinigten Einwegspritze lässt sich leicht eine Probe von mindestens 150 ml ziehen: Pipette etwa bis zur halben Tiefe der Flüssigkeit einführen und dabei darauf achten, dass sie nicht in Kontakt mit den Seitenwänden oder dem Boden des Reservoirs zu nahe kommt, Inhalt der Pipette in die Probenflasche füllen und diese schließen – fertig. Nun braucht der Behälter nur wieder abgedeckt oder – falls weitere Proben nötig sind – mit einer vorgereinigten Folie verschlossen werden.

Geeignete Probenflaschen sind bereits nach Norm DIN ISO 5884 vorgereinigt, präpariert und werden zusammen mit den dazugehörigen Fragebögen geliefert. Ausführliche Hinweise zur Behandlung der Flaschen enthält die Norm CETOP RP 95 H.

Die Probenflasche muss mit einem Etikett versehen werden, das Angaben über Firma, Datum, Maschine und Probennummer enthält. Darüber hinaus ist zu jeder Probenflasche der für die Untersuchung notwendige Fragebogen auszufüllen. Er enthält Informationen zu:

- Probennummer
- Quelle der Probenentnahme
- Probenentnahme-Methode
- Datum und Zeit der Probenentnahme
- Art der Flüssigkeit
- angewandte Untersuchungsmethoden
- Angaben zur Maschine und den eingebauten Filtern
- falls erforderlich, Kommentare und Anmerkungen

### Analyseset

Ideal geeignet für die Ölprobenentnahme nach ISO 4021 bzw. CETOP RP 95 H: ein Ölanalyse-set, mit dessen Hilfe noch am Ort der Messung eine tendenzielle Aussage über die Verschmutzung des Öls gemacht werden kann. Allerdings ist seine Messgenauigkeit mit der eines stationären Labors nicht vergleichbar.

### Stationäres Labor

Die Untersuchungsmethoden im Labor sind genauer und vielfältiger. Durch Partikelanalyse wird die Hydraulikflüssigkeit einer definierten Reinheitsklasse zugeordnet. Über ein Filtrationsgerät lässt sich der Gesamtverschmutzungsgrad gravimetrisch in mg/l ermitteln. Und bei der mikroskopischen Verunreinigungsanalyse wird neben der Schmutzmenge auch die Art des Schmutzes bestimmt. Weitere Untersuchungen, die dazu beitragen, Fehler im Hydrauliksystem zu erkennen und zu beheben, sind z. B. die Bestimmung des Wassergehalts, der Viskosität, der Filtrierbarkeit oder der Werkstoffverträglichkeit.



Qualitative Materialanalyse

### Tragbares Partikelzählgerät PiC 9300

Das tragbare, netzunabhängige Partikelzählgerät PiC 9300 ermöglicht Messungen von festen Verunreinigungen in Hydraulikflüssigkeiten und die Bestimmung der Reinheitsklassen.

Der hochgenaue Lasersensor arbeitet nach dem Lichtblockadeprinzip und erlaubt damit eine genaue und reproduzierbare Einzelpartikelzählung. Gemessen wird in den Größen  $>4 \mu\text{m(c)}$ ,  $>6 \mu\text{m(c)}$ ,  $>14 \mu\text{m(c)}$ ,  $>21 \mu\text{m(c)}$ ,  $>38 \mu\text{m(c)}$ ,  $>70 \mu\text{m(c)}$ , kalibriert nach ISO 11171:1999.

Weiterhin können die Partikelgrößen  $>5$ ,  $>15$ ,  $>25$ ,  $>50$ ,  $>100 \mu\text{m}$  auch für eine zusätzliche Auswertung nach der inzwischen abgelösten NAS 1638 ausgegeben werden.

Die Messwerte werden wahlweise nach ISO 4406:1999, nach SAE AS 4059 oder zusätzlich nach der zurückgezogenen NAS 1638 auf einem Touchscreen-Display angezeigt und automatisch abgespeichert. Die Speicherkapazität intern umfasst 2.600 Messwerte, die in bis zu 64 Messreihen verwaltet werden können. Damit können zum Beispiel mehrere Maschinen nacheinander gemessen und später einzeln ausgewertet werden.



Tragbares Partikelzählgerät und Probenentnahmekoffer

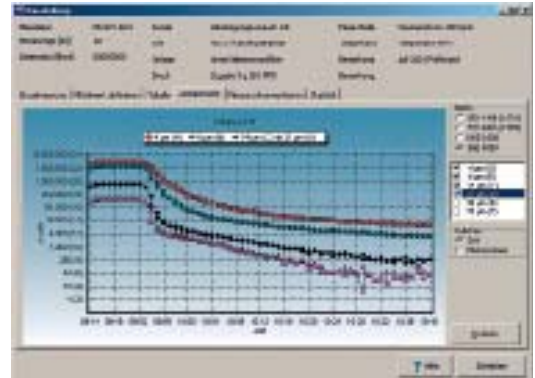
Der Anwender hat die Möglichkeit, die Messdaten vor Ort mittels eines integrierten Druckers auszugeben oder über eine spezielle Software (Log and Show) auszulesen und ggf. zu bearbeiten.

Außerdem können die Messungen auf einen USB-Speicherstick kopiert und mit Microsoft Excel dargestellt werden. Die Bedienung erfolgt menügeführt über einen Touchscreen. Es können Einzelmessungen oder kontinuierliche Messungen mit individuell einstellbaren Messzyklen vorgenommen werden.

Das Gerät ist für alle üblichen Hydraulik- und Schmieröle einsetzbar. Messungen sind bis zu 315 bar Druck und auch aus Probenflaschen möglich.

Mögliche Einsatzbereiche sind u. a.:

- regelmäßige Kontrollen von Hydraulikkreisläufen
- Bestimmung von Reinheitsklassen bei der Inbetriebnahme neuer Maschinen
- Überprüfung der Bauteilesauberkeit bei der Herstellung von Komponenten
- Steuerung von Nebenstrom-Filteraggregaten zum Erreichen einer gewünschten Reinheitsklasse



Wertetabelle



Messprotokoll

### Ohne Wartung keine Garantie

Störungen und vorzeitiger Verschleiß von Bauteilen in Hydraulikanlagen sind oft Folge mangelnder Wartung. Doch die Hoffnung, Betriebskosten durch Hinauszögern des Filterwechsels senken zu können, trügt. Meist werden dadurch erst recht Ausfälle provoziert.

Viele Lieferanten der Gesamtanlage verlangen daher schon in der Wartungs- und Bedienungsanleitung, dass Aufzeichnungen über die regelmäßige Wartung und Kontrolle geführt werden, und schränken ohne diesen Nachweis die Garantieleistungen ein. Als Leitfaden zur systematischen Wartung und Inspektion von Hydraulikanlagen dient hierbei meist die DIN 2434.



MAHLE Industriefiltration – Service und Beratung vor Ort

### Empfehlungen für Hersteller und Lieferanten von Hydraulikanlagen

Bereits durch einige wenige gezielte Maßnahmen lässt sich die Servicequalität verbessern und die Zahl unberechtigter Reklamationen reduzieren:

- Kundendiensttechniker sollten, unterstützt durch MAHLE, auch in Filterfragen geschult werden.
- Bei Störungen sollte geprüft werden, ob ausschließlich MAHLE Originalteile verwendet wurden.
- Zur Beurteilung der Funktion und Wirtschaftlichkeit von Hydraulikfiltern sollte das Führen einer Wartungsdokumentation verlangt werden.
- Mit Öl benetzte, verbrauchte Filterelemente oder Wechselfilter sollte man vor der ordnungsgemäßen Entsorgung immer sorgfältig abtropfen und auslaufen lassen.



Ölprobenuntersuchung im Reinraum

### Prüfung der Ersatzelemente und des Ölbehälters

Als Kundendiensttechniker sollten Sie vor Beseitigung eines Schadens immer erst prüfen, ob die Filter regelmäßig gewartet und ob ausschließlich MAHLE Ersatzelemente verwendet wurden. Nur allzu häufig versucht man stattdessen, verschmutzte Mic- oder PS-Elemente zu reinigen, wodurch sie mit Sicherheit zerstört werden. Lediglich Drahtgewebeelemente – und selbst diese nur bedingt – lassen sich dadurch wieder einsatzbereit machen. Ferner ist zu kontrollieren, ob die Ölbehälter richtig verschlossen und die BelüftungsfILTER in einwandfreiem Zustand sind. Im Zweifelsfall: Ölproben entnehmen, um sicherzugehen, dass die geforderten Reinheitsklassen eingehalten wurden.

### Wechselhäufigkeit von Filterelementen

Vorsicht, wenn Filterelemente selten oder noch nie gewechselt werden mussten, weil der eingebaute Wartungsanzeiger dies nicht gemeldet hat. Sofern kein Defekt am Wartungsanzeiger vorliegt, kann dies z. B. darin begründet sein, dass ein eingebautes Bypassventil durch eingetragene Schmutzpartikel nicht mehr korrekt schließt. Im Ein-Schicht-Betrieb sollten Filter mit Wartungsanzeiger generell mindestens einmal jährlich, Filter ohne Wartungsanzeiger zweimal jährlich gewechselt werden. Nur so lässt sich verhindern, dass durch Versäumnisse bei der täglichen Kontrolle überfahrene Elemente im Einsatz sind.



Original MAHLE Ersatzelemente

Normen für Entnahme, Untersuchung und Auswertung von Ölproben			
Nr.	Ausgabe	Deutscher Titel	Identisch mit/entspricht
ISO 3722	1976	Fluidtechnik; Probenbehälter für Flüssigkeiten; Eignung und Kontrolle von Reinigungsverfahren	E DIN ISO 3722-1988
ISO 3938	1986	Hydraulikflüssigkeit; Verschmutzungsanalyse; Methode zur Darstellung der Messwerte	
ISO 4021	1992	Hydraulikflüssigkeit; Entnahme von Proben zur Schmutzbestimmung aus einer im Betrieb befindlichen Anlage	
ISO 4406	1999	Zahlschlüssel für den Grad der Verschmutzung durch feste Partikel	
ISO 11171	1999	Kalibrierung automatischer Partikelzählgeräte für Druckflüssigkeiten	
ISO 11943	1999	Automatische Online-Partikelzählverfahren für Flüssigkeiten; Methoden zur Kalibrierung und Validierung	
ISO 5884	1987	Luft- und Raumfahrt; Fluidische Systeme und Komponenten; Verfahren zur Probenahme und Bestimmung der festen Verunreinigungen in Hydraulikflüssigkeiten	DIN ISO 5884-1989
NAS 1638	1964	Reinheitsanforderungen für Teilchen in Hydrauliksystemen (Norm zurückgezogen)	ersetzt durch SAE AS 4059
CETOP RP 94 H	1978	Bestimmung von Feststoff-Teilchen in Hydraulikflüssigkeiten mithilfe eines automatischen Teilchenzählgerätes, das nach dem Lichtunterbrechungssystem arbeitet	
CETOP RP 95 H	1979	Vorgeschlagene Methode für die Probenentnahme aus Hydraulikflüssigkeiten mittels Flasche für die Partikelzählung	
CETOP RT 118 H	1988	Richtlinien zur Verschmutzungskontrolle von Druckflüssigkeiten in hydraulischen Anlagen	
CETOP RP 120 H	1990	Kalibrierverfahren für automatische Partikelzähler nach dem Lichtabdunkelungsprinzip unter Verwendung von Latexkugeln mit einheitlichen Abmessungen	
SAE AS 4059	2005	Luft- und Raumfahrt; Fluidtechnik; Reinheitsklassifikation für Hydraulikflüssigkeiten	

Normen für die Filtergehäuseprüfung			
Nr.	Ausgabe	Deutscher Titel	Identisch mit/entspricht
DIN 50104	1983	Dichtheitsprüfung bis zu einem bestimmten Innendruck	
ISO 4548-6	1985	Prüfverfahren für Hauptstrom-Schmierölfilter von Verbrennungsmotoren; Teil 6: Statische Berstdruckprüfung	
ISO 10771-1	2002	Fluidtechnik; Prüfen des Ermüdungsdruckes druckbeaufschlagter metallischer Hüllen in hydraulischen Anwendungen – Prüfverfahren	

Konstruktionsnormen für Hydraulikfilter			
Nr.	Ausgabe	Deutscher Titel	Identisch mit/entspricht
ISO 7744	1986	Aufstellung der Anforderungen an Filter in Hydrauliksystemen	CETOP RP 92 H-1978
DIN 24550 Teil 1	2006	Fluidtechnik; Hydraulikfilter; Begriffe, Nenn- drücke, Nenngößen, Anschlussmaße	
DIN 24550 Teil 2	2006	Fluidtechnik; Hydraulikfilter; Beurteilungskrite- rien; Leistungsdaten	
DIN 24550 Teil 3	1992	Fluidtechnik; Hydraulikfilter; Filterelemente für Leitungsfiler; Hüllmaße	
DIN 24550 Teil 4	1992	Fluidtechnik; Hydraulikfilter; Filterelemente für Anbau-Rücklaufilter; Hüllmaße	
DIN 24550 Teil 5	1992	Fluidtechnik; Hydraulikfilter; Anbau-Rücklauf- filter; Anschlussmaße	
DIN 24550 Teil 6	1999	Fluidtechnik; Hydraulikfilter; Prüffiltergehäuse; Maße	
DIN 24550 Teil 7	2006	Fluidtechnik; Hydraulikfilter; Wechselfilter; Beurteilungskriterien Anforderungen	
DIN 24557 Teil 2	1990	Fluidtechnik; Belüftungsfiler; Anschlussmaße	
CETOP RP 98 H	1979	Richtlinien für Spezifikation, Auswahl/Anwen- dung von Belüftungsfilern für Hydraulikbehälter	

<b>Normen für die Einteilung und Mindestanforderungen für Hydraulik- und Schmieröle</b>			
<b>Nr.</b>	<b>Ausgabe</b>	<b>Deutscher Titel</b>	<b>Identisch mit/entspricht</b>
ISO 3448	1992	Schmierstoffe; ISO-Viskositätsklassifikation für flüssige Industrie-Schmierstoffe	DIN 51519-1976
ISO 6743 Teil 0	1981	Schmierstoffe; Industrieöle und verwandte Erzeugnisse (Klasse L); Klassifikation; Allgemeines	DIN ISO 6743 Teil 0-1991
ISO 6743 Teil 4	1982	Schmierstoffe, Industrieöle und verwandte Erzeugnisse (Klasse L); Klassifikation; Familie (Hydraulische Systeme)	
DIN 24320	1986	Schwer entflammare Hydraulikflüssigkeiten; Gruppe HFAE; Eigenschaften, Anforderungen	VDMA 24 320
DIN 51517 Teil 1	2004	Schmierstoffe; Schmieröle; Schmieröle C; Mindestanforderungen	neuer Norm-Entwurf 2008
DIN 51517 Teil 2	2004	Schmierstoffe; Schmieröle; Schmieröle CL; Mindestanforderungen	
DIN 51517 Teil 3	2004	Schmierstoffe; Schmieröle; Schmieröle CLP; Mindestanforderungen	neuer Norm-Entwurf 2008
DIN 51524 Teil 1	1985	Druckflüssigkeiten; Hydrauliköle; Hydrauliköle HL; Mindestanforderungen	
DIN 51524 Teil 2	1985	Druckflüssigkeiten; Hydrauliköle; Hydrauliköle HLP; Mindestanforderungen	
DIN 51524 Teil 3	1990	Druckflüssigkeiten; Hydrauliköle; Hydrauliköle HVLP; Mindestanforderungen	
CETOP R 39 H	1987	Tabelle der erforderlichen Angaben für Druckflüssigkeiten	
CETOP RP 91 H	1977	Druckflüssigkeiten für ölhydraulische Anlagen – Mineralöle, Anforderungen	
CETOP RP 97 H	1989	Druckflüssigkeiten für hydraulische Anlagen – Schwer entflammare Flüssigkeiten – Anforderungen	
CETOP RP 100 H	1987	Druckflüssigkeiten für hydraulische Anlagen – Schwer entflammare Flüssigkeiten, Gruppe HFA – Anforderungen	
VDMA 24317	1982	Fluidtechnik; Hydraulik; Schwer entflammare Druckflüssigkeiten; Richtlinien	

Normen für die Filterelementprüfung			
Nr.	Ausgabe	Deutscher Titel	Identisch mit/entspricht
ISO 2941	1974	Fluidtechnik; Hydraulik; Filterelemente; Kollaps-, Berstdruckprüfung	DIN ISO 2941-1983
ISO 2942	2004	Fluidtechnik; Hydraulik; Filterelemente; Nachweis der einwandfreien Fertigungsqualität	
ISO 2943	1974	Fluidtechnik; Hydraulik; Filterelemente; Nachweis der Verträglichkeit mit der Druckflüssigkeit	DIN ISO 2943-1990
ISO 3723	1976	Fluidtechnik; Hydraulik; Filterelemente; Verfahren zur Prüfung der Endscheibenbelastung	
ISO 3724	1976	Fluidtechnik; Hydraulik; Filterelemente; Nachweis der Durchfluss-Ermüdungseigenschaften	
ISO 3968	1981	Fluidtechnik; Hydraulik; Filterelemente; Bestimmung des Durchflusswiderstandes in Abhängigkeit vom Volumenstrom	
ISO 16889	1999	Fluidtechnik; Hydraulik; Filter; Multipass-Testmethode zur Bewertung der Filterleistung	
DIN 65385	1991	Luft- und Raumfahrt; Fluidtechnik; Hydraulik; Filterelemente; Nachweise zur Prüfung	
CETOP RP109H	1983	Fluidtechnik; Hydraulik; Filterelemente; Unversehrtheitsprüfung eines Filterelements bei niedriger Temperatur	

#### Institutionen und Fachverbände

<b>AFNOR</b>	Association Française de Normalisation
<b>AGMA</b>	American Gear Manufacturers
<b>ANSI</b>	Association American National Standards
<b>API</b>	American Petroleum Institute
<b>ARP</b>	Aerospace Recommended Practice
<b>ASTM</b>	American Society for Testing and Materials
<b>BCAS</b>	British Compressed Air Society
<b>BFPA</b>	The British Fluid Power Association
<b>BSI</b>	British Standards Institution
<b>CETOP</b>	Comité Européen des Transmissions Oléohydrauliques et Pneumatiques
<b>CNOMO</b>	Comité Européen des Transmissions Oléohydrauliques et Machines Outils
<b>DIN</b>	Deutsches Institut für Normung e.V.
<b>DIS</b>	Draft International Standards (ISO, bei der das Einspruchsverfahren noch nicht abgeschlossen ist)
<b>FHP</b>	Federatie Hydraulik en Pneumatiek
<b>IFA</b>	Institut für Arbeitsschutz der DGUV
<b>ISO</b>	International Standard Organisation
<b>MIL</b>	Military Specification (L-Lubricating Oil)
<b>NAS</b>	National American Standard
<b>NFPA</b>	National Fluid Power Association
<b>NLGI</b>	National Lubricating Grease Institute
<b>SAE</b>	Society of Automotive Engineers
<b>SEB</b>	Stahl-Eisen-Betriebsblätter
<b>UNITOP</b>	Union Nationale des Industries de Transmissions Oléohydrauliques et Pneumatiques
<b>VDI</b>	Verein Deutscher Ingenieure
<b>VDE</b>	Verband Deutscher Elektrotechniker
<b>VDMA</b>	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.
<b>VSM</b>	Verein Schweizerischer Maschinen-Industrieller

### **ACFTD-Staub**

(Air Cleaner Fine Test Dust)

Testschmutz für die Durchführung des Multipass-Tests nach ISO 4572. Inzwischen durch den Teststaub ISO MTD ersetzt.

### **Anbaufilter**

Filter, der als Zwischenplattenfilter oder als Anflansfilter zum Anbau am Behälter oder an Steuerblöcken ausgebildet ist.

### **Anfangsdifferenzdruck $D_p$ bei Filtern**

Druckabfall, der in einem neuen, unverschmutzten Filter entsteht, wenn ein bestimmter Volumenstrom hindurchgeschickt wird. Er ist abhängig vom Aufbau des Filterelements, von der Viskosität, der Dichte und der Größe des durchfließenden Volumenstroms.

### **BelüftungsfILTER**

Filter am Tank, der die beim Ansaugvorgang der Pumpe nachströmende Luft filtert. Seine Filterfeinheit sollte der des Hydraulikfilters entsprechen.

### **Berstdruck**

Als zulässiger Kollaps-/Berstdruck wird nach ISO 2941 die Druckdifferenz verstanden, der ein Filterelement bei vorgeschriebener Durchflussrichtung standhält.

### **$\beta_{x(c)}$ -Wert**

Der  $\beta_{x(c)}$ -Wert wird als Maß für die Wirksamkeit eines Filters im Multipass-Test bestimmt. Er ist eine Verhältniszahl, die sich aus der Partikelzahl vor und nach dem Filterdurchgang errechnet.

### **Druckfilter**

Der Druckfilter wird in der Druckleitung zur Filtration des Pumpenförderstroms eingebaut und dient zum Schutz der nachfolgenden Komponenten.

### **Einfüllfilter**

Um eine Anlage mit Hydraulikflüssigkeit zu befüllen, sollte immer ein Einfüllfilter verwendet werden.

### **Filterfläche**

Die Gesamtfläche des Filterelements, die dem Volumenstrom ausgesetzt ist. Um bei gegebener Filterabmessung eine möglichst große Filterfläche zu erreichen, werden die Filtermaterialien sternförmig gefaltet.

### **Filterkenngrößen**

Die wichtigsten Kenngrößen für Filter sind:

- Filterfeinheit
- Abscheidegrad
- Scheinbare Schmutzaufnahmekapazität
- Filterfläche
- Anfangsdifferenzdruck
- Berstdruck
- Nenndruck
- Nenngröße

### **Filterkonzept**

Sinnvolle Auswahl und Anordnung von verschiedenen Filtern mit den optimalen Einbauorten.

### **Filterstandzeit**

Die Lebensdauer eines Filterelements hängt von zahlreichen Parametern ab und lässt sich – selbst wenn die Betriebsbedingungen bekannt sind – allenfalls abschätzen. Zur optimalen Ausnutzung der Schmutzaufnahmekapazität wird die Ausstattung mit einem Wartungsanzeiger empfohlen.

### **ISO MTD (ISO Medium Test Dust)**

Testschmutz für die Durchführung des Multipass-Tests nach ISO 16889 und der Kalibrierung von Partikelzählgeräten nach ISO 11171:1999.

### **LeitungsfILTER**

Filter, die direkt in die Rohrleitung mittels Gewinde oder Flansch eingebaut werden.

### **Multipass-Test**

Nach ISO 16889 genormter Test zur Bestimmung der Abscheiderate eines Filters, bei dem eine definiert verschmutzte Testflüssigkeit mehrfach durch den Hydraulikkreislauf und durch den zu prüfenden Filter geschickt wird.

### Nebenstromfiltration

Anordnung des Filters in einem vom Hauptsystem getrennten und mit einer eigenen Pumpe ausgerüsteten Kreislauf. Eine Nebenstromfiltration durch einen genau festgelegten Filter kann unabhängig von der Betriebszeit der Anlage erfolgen, bis die gewünschte Reinheitsklasse erreicht ist.

### Nenndruck (PN)

Druck, für den der Filter auf Dauerfestigkeit ausgelegt wurde.

### Nenngröße (NG)

Zahlenmäßiger Volumenstrom, für den der Filter ausgelegt wurde. Die Nenngröße ist auf die Viskosität 32 mm<sup>2</sup>/s und die Filterfeinheit  $\beta_{20(c)} p 200$  bezogen.

### Oberflächenfilter

Filter, der Schmutzpartikel nur an der Oberfläche des Filterelements abscheidet (z. B. Drahtgewebeelemente, Kantenspaltfilter). Die Oberflächenfilter sind so konzipiert, dass sie gleichmäßige Poren (Spalten) besitzen. Im Vergleich zu Tiefenfiltern verfügen Oberflächenfilter nur über ein kleines Schmutzaufnahmevermögen.

### Rücklauffilter

Filter zum Einbau in die Rücklaufleitung einer Anlage. Rücklauffilter müssen – unabhängig vom Pumpenförderstrom – nach dem größten anfallenden Volumenstrom ausgewählt werden.

### Saugfilter

Saugfilter werden in der Regel weitmaschig ausgelegt (z. B. 100 µm) und eignen sich zur Filtration der von der Pumpe angesaugten Hydraulikflüssigkeit.

### Teilstromfiltration

Anordnung des Rücklauffilters parallel zu einer Drossel, sodass nur ein Teil des zurückfließenden Ölstroms filtriert wird. Eine ideale Lösung für Ölströme, die in periodischen Abständen stark anwachsen.

### Tiefenfilter

Filter, der Schmutzpartikel hauptsächlich im Inneren des filternden Materials abscheidet. Im Vergleich zu Oberflächenfiltern ist seine Schmutzaufnahmekapazität größer und der Druckverlust kleiner.

### Wechselfilter

Bei Wechselfiltern oder Anschraubpatronen ist das Filterelement in einem Blechgehäuse gekapselt und wird nach Gebrauch komplett mit dem Gehäuse ausgewechselt. Die Wechselfilter werden an einen entsprechenden Filterkopf angeschraubt. Wechselfilter werden als Niederdruck-, Rücklauf- oder Nebenstromfilter besonders in der Mobilhydraulik eingesetzt. Ihre Feinheit beträgt je nach Filterkonzept PS, Mic 10 oder Mic 25. Bypassventile und Nenngröße entsprechen denen von Druck-, Rücklauf- bzw. Nebenstromfiltern. Der maximal mögliche Nenndruck liegt bei 10 bzw. 25 bar. Ein Wartungsanzeiger ist grundsätzlich nötig.

# MAHLE

*Industrial Filtration*

MAHLE Filtersysteme GmbH  
Industriefiltration  
Schleifbachweg 45  
D-74613 Öhringen  
Telefon +49 (0) 79 41-67-0  
Telefax +49 (0) 79 41-67-234 29  
industriefiltration@mahle.com  
www.mahle-industriefiltration.com

[www.mahle-industriefiltration.com](http://www.mahle-industriefiltration.com)

78357972.03/10

