



FLUID- MANAGEMENT

ANALYSE
FILTRATION
ÜBERWACHUNG

HANDBUCH ZUR
FLUID-ANALYSE MIT
VERGLEICHSFOTOS

PASSION  PERFORM



INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung	2
Allgemeine Informationen	4
Partikelgrößenanalyse	4
Unterschiede zwischen NAS 1638 und AS4059E	4
Zählung kleinerer Partikel	4
Zählung von großen Partikeln und Fasern	5
Bestimmung der Klasse nach AS4059 unter Verwendung von Differenzpartikelzählwerten	5
Bezeichnung einer Klasse für jeden Partikelgrößenbereich	5
Probenahmeprozeduren	6
Reinheitsklassen-Normen	8
Reinheitsklassen nach NAS 1638	8
Gravimetrische Bestimmung nach ISO 4405	9
Reinheitsklassen nach ISO 4406	9
SAE AS4059G Reinheitsklassifizierung für Hydraulikflüssigkeiten (SAE-Norm für die Luft- und Raumfahrt)	10
Größen von Verschmutzungen	12
Kumulative Verteilung der Partikelgröße nach ISO 4407	12
Vergleichsfotos	13
Empfohlene Reinheitsklassen	16
Angestrebte Reinheitsklassen von Hydrauliksystemen	17
Vergleich der Normen und Standards	17
Informationen über den Beta-Wert von Filterelementen	18
Reynolds-Zahl	19
Technische Informationen	19
Informationen zur Spülung bei verschiedenen Rohrlungsdurchmessern	19
Viskositätsumrechnungstabelle	20
Wassergehalt in Hydraulik- und Schmierflüssigkeiten	21
Wassergehalt	21
Sättigungsstufen	21
Wasserabsorptionsmedium	22
Bewertung von Differenzdruck und Strömungseigenschaften	23
Dimensionierung von Filtern	24
F&E-Labor	25



**DIE KOMPLETTE PRODUKTPALETTE
ZUR HYDRAULIKFILTRATION
EINSCHLIESSLICH ZUBEHÖR**



...weil Verschmutzung kostet!

**Durch Verschmutzung der
Hydraulikflüssigkeit werden 70 bis
80% aller Ausfälle bei Hydraulikanlagen
und bis zu 45% aller Lagerschäden
verursacht.**



In einem hydraulischen System werden Kräfte mittels einer Druckflüssigkeit übertragen und gesteuert. Dabei ist die Druckflüssigkeit gleichzeitig Schmiermittel und Kraftübertragungsmedium.

In der Druckflüssigkeit vorhandene Feststoffverschmutzungen verschlechtern die Schmiereigenschaft der Hydraulikflüssigkeit und verursachen Verschleißerscheinungen an den Komponenten. Das Ausmaß der Verschmutzung in der Hydraulikflüssigkeit hat direkte Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit der Anlage. **Daher muss der Anteil von Feststoffverschmutzungen auf einem Wert gehalten werden, der für die betroffene Anlage unbedenklich ist.**

Die quantitative Bestimmung der Partikelverschmutzung erfordert eine exakte Probenentnahme und eine entsprechende Genauigkeit bei der Bestimmung der Reinheitsklasse. **MP Filtri's Contamination Monitoring Produkte** für Hydraulikflüssigkeiten funktionieren nach dem Prinzip des Lichtblockadeverfahrens.

Die Genauigkeit der Partikelzählung hängt dabei stark von der verwendeten Technik ab, die zur Erfassung von Schmutzpartikeln verwendet wird.

Die Angabe der Öl-Reinheit nach NAS 1638 wurde entwickelt und ausgelegt, zur Partikelzählung mittels eines optischen Mikroskops, wobei die Partikel nach ARP598 anhand ihrer größten Abmessung bemessen wurden. Mit dem Aufkommen von automatischen Partikelzählern stand eine Methode zur Verfügung, mit der eine Probe schneller als mit der Methode nach ARP598 analysiert werden konnte. Ein Verfahren zum Kalibrieren automatischer Partikelzähler wurde entwickelt, obwohl mit diesen Geräten die Fläche und nicht die Länge des Schutzpartikels gemessen wird. Die Fläche des erfassten Partikels wird dann auf einen flächengleichen Kreis übertragen, dessen Durchmesser gibt dann die Partikelgröße an. Heutzutage werden zum Zählen von Partikeln hauptsächlich automatische Partikelzähler eingesetzt. Aufgrund der Art und Weise, in der Partikel mit den beiden Methoden gemessen werden, liefern automatische Partikelzähler und optische Mikroskope nicht immer dieselben Ergebnisse. **Der NAS 1638 Standard wurde für Neuentwicklungen außer Kraft gesetzt und überarbeitet und gilt nicht mehr für die Anwendung von automatischen Partikelzählern.**

PARTIKELGRÖSSENANALYSE

Zur Bestimmung der Größenverteilung der Partikel in Flüssigkeiten, die in der Luft- und Raumfahrt eingesetzt werden, werden verschiedene Methoden und Geräte eingesetzt, die auf unterschiedlichen physikalischen Prinzipien beruhen. Die Anzahl von Partikeln, die in den unterschiedlichen Größenbereichen festgestellt werden, kennzeichnen diese Verteilung. Ein einzelnes Partikel hat daher so viele gleichwertige Durchmesser wie die Anzahl der verwendeten Zählmethoden.

Abbildung 1 zeigt die vergebene Partikelgröße für einen Partikel (Schattierung), dessen längste Ausdehnung mit einem Mikroskop gemessen wurde sowie die Partikelgröße, die mit einem automatischen Partikelzähler ermittelt wurde, der anhand aktueller Kalibriernormen für Partikelzähler, die nach dem Lichtblockadeverfahren arbeiten, kalibriert wurde. Wobei das Standard Reference Material NIST SRM 2806 mit einer entsprechenden äquivalenten Fläche zur Kalibrierung verwendet wurde.

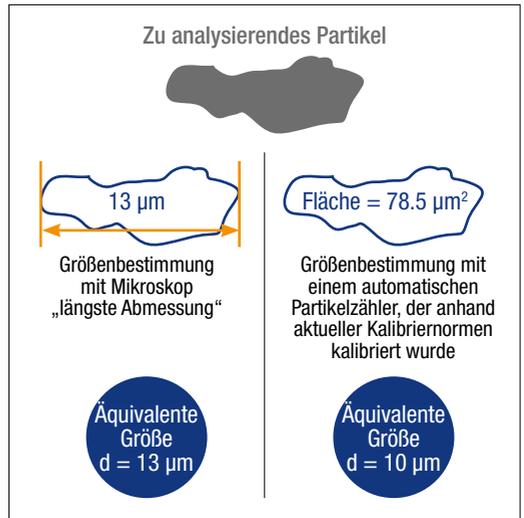


Abbildung 1

UNTERSCHIEDE ZWISCHEN NAS 1638 UND AS4059

AS4059 wurde als gleichwertiger Ersatz für das überholte Format nach NAS 1638 entwickelt, wobei sich Tabelle 2 auf die alte Norm AS4059D bezieht und Tabelle 1 die gleichwertige Norm NAS 1638 wiedergibt. Es bestehen jedoch Unterschiede, insbesondere in Tabelle 2 (Kumulative Partikelzählwerte).

ZÄHLUNG KLEINERER PARTIKEL

AS4059 ermöglicht die Analyse und Angabe kleinerer Partikelgrößen als NAS 1638.

ZÄHLUNG VON GROSSEN PARTIKELN UND FASERN

Bei einigen Proben wurde festgestellt, dass es sich bei vielen Partikeln mit einer Größe von über 100 Mikrometern um Fasern handelt. Die Größenbestimmung mit automatischen Partikelzählern beruht jedoch auf der projizierten Fläche und nicht auf der größten Abmessung und unterscheidet nicht zwischen Fasern und Partikeln. Daher werden Fasern als Partikel mit erheblich kleineren Abmessungen als der Länge der Fasern gemeldet. Ein Problem bei Fasern besteht darin, dass sie möglicherweise nicht in der Flüssigkeit im System vorhanden sind, sondern erst infolge einer unsachgemäßen Probenahme oder einer unsachgemäßen Handhabung während der Analyse in das System gelangt sind.

BESTIMMUNG DER AS4059 UNTER VERWENDUNG VON DIFFERENZPARTIKELZÄHLWERTEN

Dieses Verfahren ist nur bei Anwendern nutzbar, die gegenwärtig die Klassen nach NAS 1638 verwenden und weiterhin bei den in der NAS 1638 vorgegebenen Methoden, Formaten und Ergebnissen bleiben möchten.

Tabelle 1 (Seite 11) gilt für die Akzeptanzkriterien auf der Grundlage von Differenzpartikelzählwerten und bietet eine Definition der Partikelgrenzwerte für die Klassen 00 bis 12. Für jeden Partikelgrößenbereich muss eine Klasse festgelegt werden. Die gemeldete Klasse der Probe ist die höchste Klasse in einem bestimmten Partikelgrößenbereich.

HINWEIS Die in Tabelle 1 aufgeführten Klassen und Grenzwerte von Partikelzählwerten sind mit NAS 1638 identisch. Partikelzählwerte können mit einem automatischen Partikelzähler, einem optischen Mikroskop oder Elektronenmikroskop gemessen werden. Abhängig von der Messmethode müssen die gemessenen und gemeldeten Größenbereiche anhand der Tabelle 1 bestimmt werden.

BEZEICHNUNG EINER KLASSE FÜR JEDEN GRÖSSENBEREICH

Mit automatischen Partikelzählern kann die Anzahl von Partikeln in verschiedenen Größenbereichen gezählt werden. Heutzutage wird oftmals für jeden einzelnen Größenbereich eine andere Reinheit benötigt. Es können Anforderungen festgelegt werden, so dass die Reinheit in einer Anzahl von großen Bereichen problemlos gemeldet werden kann. Für jede Größe kann eine Klasse mit A bis F bezeichnet werden (*).

Siehe das folgende Beispiel:

In der alphanumerischen Darstellung 7B/6C/5D bezeichnet die Zahl die Reinheitsklasse und der Buchstabe bezeichnet den Partikelgrößenbereich, für den die Klasse gilt. Außerdem gibt diese Darstellung an, dass die Anzahl von Partikeln in jedem Größenbereich die folgenden maximalen Partikelanzahlen nicht überschreitet:

Größe B: 38.924 pro 100 ml

Größe C: 3462 pro 100 ml

Größe D: 306 pro 100 ml

(*) Definition der Größen und Klassen siehe die entsprechende Norm.

ProbenahmeprozEDUREN sind definiert in ISO 4021, Entnahme von Flüssigkeitsproben aus Leitungen einer in Betrieb befindlichen Anlage.

Gefäße müssen nach DIN 1505884 gereinigt werden.

Der Reinheitsgrad muss nach ISO 3722 überprüft werden.

BEVORZUGTE METHODEN

METHODE 1

Verwendung eines geeigneten Probenahmeventils mit PTFE-Dichtung

- Probenahmeventil in der Druck- oder Rücklaufleitung (im geschlossenen Zustand) an einer geeigneten Stelle installieren, an der konstante Strömungs- bzw. Turbulenzverhältnisse herrschen.
- Anlage vor der Probenahme mindestens 30 Minuten lang eingeschaltet lassen.
- Umgebung des Probenahmeventils reinigen.
- Probenahmeventil so weit öffnen, dass eine ausreichende Flüssigkeitsmenge durch das Ventil strömt und das Ventil mit mindestens einem Liter Flüssigkeit spülen. **Ventil nach dem Spülen nicht schließen.**

METHODE 2

Verwendung eines nicht spezifizierten Probenahmeventils

- Probenahmeventil in der Rücklaufleitung oder an einer geeigneten Stelle mit konstanten Strömungsverhältnissen und einem Druck von höchstens 14 bar installieren.
- Anlage vor der Probenahme mindestens 30 Minuten lang eingeschaltet lassen.
- Probenahmeventil mit mindesten 45 Litern spülen und die Flüssigkeit zurück in den Behälter leiten.
- Leitung vom Ventil zum Behälter bei geöffnetem Ventil und strömender Flüssigkeit trennen.

- ● Kappe von der Probenahmeflasche entfernen. Kappe mit nach unten zeigender Handfläche halten.
- ● Flasche unter das Probenahmeventil halten. Flasche bis zum Rand füllen. Flasche mit der Kappe verschließen und abwischen.
- ● Probenahmeventil schließen.
- ● Flasche mit den zur Analyse notwendigen Informationen beschriften, z.B. Ölsorte, Betriebsstunden, Anlagenbeschreibung usw.

METHODEN ZUR PROBENAHME AUS HYDRAULIKANLAGEN UNTER VERWENDUNG GEEIGNETER GEFÄSSE

PROBENAHME AUS BEHÄLTERN

METHODE 3

Nur verwenden, wenn die Methoden 1 und 2 eins und zwei nicht verwendet werden können.

- Anlage vor der Probenahme mindestens eine Stunde lang eingeschaltet lassen.
- Den Bereich um den Zugangspunkt zum Behälter gründlich reinigen.
- Probenahmeflasche am Probenahmegerät anbringen.
- Probenahmeschlauch vorsichtig in der Behältermitte einsetzen. Behälterseitenwände oder Leitbleche im Behälter möglichst nicht berühren.
- Probe mit der Vakuumpumpe entnehmen und ca. 75 % des Flaschenvolumens füllen.
- Vakuum entspannen, Flasche trennen und Flüssigkeit entsorgen.
- **Die vorhergehenden drei Schritte dreimal wiederholen, um eine korrekte Spülung der Ausrüstung zu gewährleisten.**
- Die ultrareine Probenahmeflasche am Probenahmegerät anbringen und die endgültige Flüssigkeitsprobe entnehmen.
- Flasche vom Probenahmegerät trennen, mit der Kappe verschließen und mit den entsprechenden Informationen beschriften.

EINTAUCHEN VON FLASCHEN

METHODE 4

Wegen der hohen Wahrscheinlichkeit des Eindringens von Verschmutzungen die am wenigsten bevorzugte Methode.

- Anlage vor der Probenahme mindestens eine Stunde lang eingeschaltet lassen.
- Den Bereich um den Zugangspunkt zum Behälter gründlich reinigen, an dem die Probenahmeflasche eingesetzt werden soll.
- Außenseite der ultrareinen Probenahme mit gefiltertem Lösungsmittel reinigen und an der Luft trocknen lassen.
- Probenahmeflasche in den Behälter tauchen, mit der Kappe verschließen und abwischen.
- Behälterzugang wieder schließen.
- Flasche mit den zur Analyse notwendigen Informationen beschriften, z. B. Ölsorte, Betriebsstunden, Anlagenbeschreibung usw.

DARAUF ACHTEN, DASS ALLE GEFAHREN BEWERTET WURDEN UND WÄHREND DES PROBENAHMEPROZESSES DIE NOTWENDIGEN VORSICHTSMASSNAHMEN ERGRIFFEN WERDEN.

FLÜSSIGKEITSPROBEN MÜSSEN GEMÄSS DEN EINSCHLÄGIGEN VORSCHRIFTEN ZUR ENTSORGUNG VON GEFAHRSTOFFEN ENTSORGT WERDEN.



REINHEITSKLASSEN NACH NAS 1638

Das NAS-System wurde ursprünglich 1964 entwickelt, um Reinheitsklassen für die in Flugzeugkomponenten enthaltene Verschmutzung angeben zu können. Die Anwendung dieser Norm wurde auf industrielle Hydrauliksysteme ausgeweitet, weil es zu dieser Zeit nichts anderes gab.

Das Kodierungssystem definiert die maximal zulässige Anzahl von Schmutzpartikel pro 100 ml Volumen in verschiedenen Größenbereichen. Dabei handelt es sich um Differenzialzahlen und nicht wie in der ISO 4406 um kumulative Zahlen. Obwohl die Norm keine Anleitung für die Angabe der Werte enthält, geben die meisten industriellen Anwender einen einzigen Code an, der den höchsten Wert aller Größen darstellt. Diese Konvention wird auch von den MP Filtri Partikelzählgeräten verwendet.

Die Verschmutzungsklassen werden durch eine Zahl (von 00 bis 12) definiert. Diese geben die Anzahl von Schmutzpartikel pro 100 ml für eine bestimmte Größenklasse an.

Größenklassen (Mikrometer)

Maximale Partikelanzahl pro Größenklasse					
Klasse	5 - 15	15 - 25	25 - 50	50 - 100	>100
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	45 600	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

5 - 15 µm = 42 000 Partikel

15 - 25 µm = 2 200 Partikel

25 - 50 µm = 150 Partikel

50 - 100 µm = 18 Partikel

> 100 µm = 3 Partikel

Klasse NAS 8

ISO 4405 GRAVIMETRISCHE BESTIMMUNG

Die Reinheitsklasse wird bestimmt, indem das Gewicht der Partikel gemessen wird, die sich an einer Membran angesammelt haben. Die Membran muss gereinigt, getrocknet und entfuchtet werden, wobei die Flüssigkeit und die Bedingungen in der Norm festgelegt sind. Das Flüssigkeitsvolumen wird mit einem geeigneten Saugsystem durch die Membran hindurch filtriert. Das Gewicht der Verschmutzungen wird durch Wiegen der Membran vor und nach der Flüssigkeitsfiltration bestimmt.



SAUBERE
MEMBRAN



VERSCHMUTZTE
MEMBRAN

REINHEITSKLASSEN NACH ISO 4406

Die Norm ISO 4406 der International Standards Organization (ISO) ist die bevorzugte zur Klassifizierung der Menge von Feststoffpartikeln in einer Flüssigkeit. Das Ausmaß der Verschmutzung wird bestimmt, indem die Anzahl von Partikeln bestimmter Größen pro Volumeneinheit der Flüssigkeit gezählt wird.

The measurement is performed by contamination monitoring products (APCs Automatic Particle Analyser or PCMs Particle Contamination Monitor).

Bei den Reinheitsklassen nutzt man sogenannte "Codes", um die Ölrinheit mit möglichst kleinen Zahlenwerten definieren zu können.

Die Reinheitsklassen werden mit drei Codes angegeben.

Der 1. Code steht für die Anzahl aller Partikel $4 \mu\text{m}_{(c)}$.

Der 2. Code steht für alle Partikel $6 \mu\text{m}_{(c)}$.

Der 3. Code steht für alle Partikel $> 14 \mu\text{m}_{(c)}$.

Die Partikelanzahl bezieht sich in diesem Fall auf einen Milliliter der Flüssigkeitsprobe.

Klasse	Anzahl der Teilchen pro ml	
	Über	Bis
28	1 300 000	2 500 000
27	640 000	1 300 000
26	320 000	640 000
25	160 000	320 000
24	80 000	160 000
23	40 000	80 000
22	20 000	40 000
21	10 000	20 000
20	5 000	10 000
19	2 500	5 000
18	1 300	2 500
17	640	1 300
16	320	640
15	160	320
14	80	160
13	40	80
12	20	40
11	10	20
10	5	10
9	2,5	5
8	1,3	2,5
7	0,64	1,3
6	0,32	0,64
5	0,16	0,32
4	0,08	0,16
3	0,04	0,08
2	0,02	0,04
1	0,01	0,02
0	0	0,01

Tabelle 5
ISO 4406
Zuordnung der
Reinheitsklassen

$\geq 4 \mu\text{m}_{(c)}$ = 350 Partikel

$\geq 6 \mu\text{m}_{(c)}$ = 100 Partikel

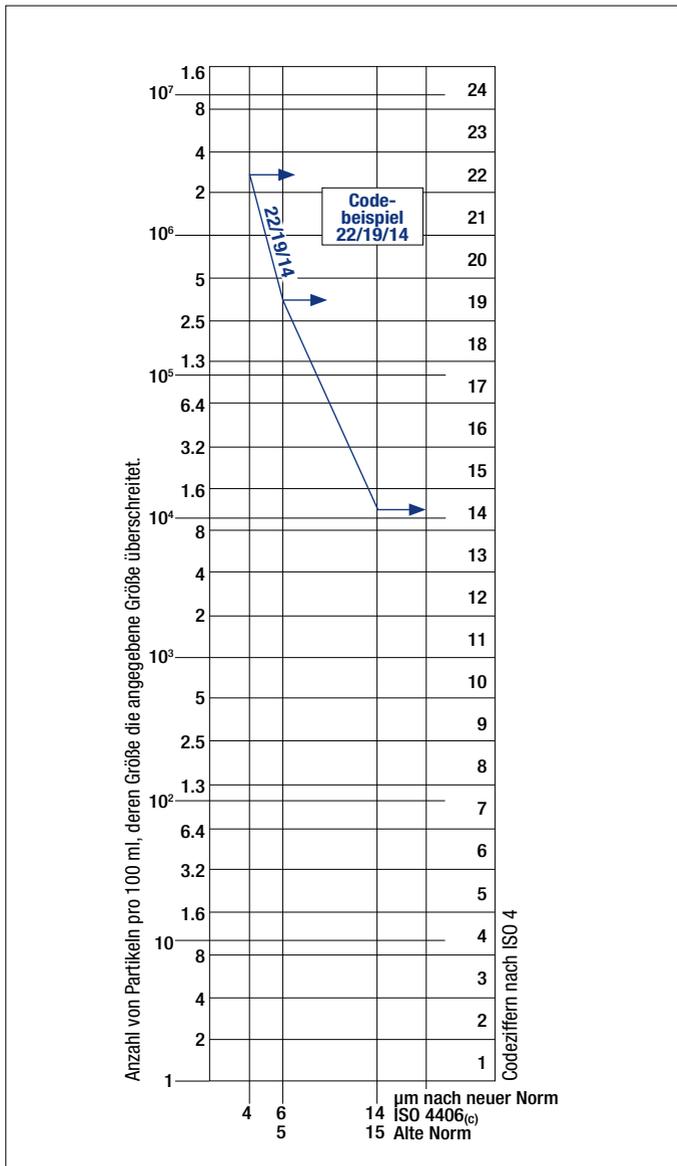
$\geq 14 \mu\text{m}_{(c)}$ = 25 Partikel

> 16 / 14 / 12

Bei der Zählung mittels Mikroskop werden die Partikel anders untersucht als bei Partikelzählgeräten - der Code wird mit nur zwei Code-Zahlen angegeben. Diese sind bei 5 μm und 15 μm gleichwertig mit 6 $\mu\text{m}_{(c)}$ und 14 $\mu\text{m}_{(c)}$ bei automatischen Partikelzählern.

TABELLE DER REINHEITSKLASSEN

bei 100 ml Probenvolumen



SAE AS4059 - REV. G

REINHEITSKLASSIFIZIERUNG FÜR HYDRAULIKFLÜSSIGKEITEN (SAE AEROSPACE STANDARD)

Die SAE-Luftfahrtnorm (AS) legt Reinheitsklassen für die Partikelverschmutzung in Hydraulikflüssigkeiten fest und beinhaltet Methoden zur Wiedergabe von Daten, die die Verschmutzungswerte betreffen. Die folgenden Tabellen 1 und 2 enthalten Differenzpartikelzählungen und kumulative Partikelzählungen für Zählwerte, die durch einen automatischen Partikelzähler wie z.B. den LPA3 gewonnen wurden.

Klasse bei Differenzmessung

Tabelle 1

Klasse	Abmessung der Verschmutzung Maximale Verschmutzungsgrenzwerte pro 100 ml					(3)
	5-15 µm	15-25 µm	25-50 µm	50-100 µm	>100 µm	
	6-14 µm _(c)	14-21 µm _(c)	21-38 µm _(c)	38-70 µm _(c)	>70 µm _(c)	(2)
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	45 600	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	

6 - 14 µm _(c) =	15 000 Partikel
14 - 21 µm _(c) =	2 200 Partikel
21 - 38 µm _(c) =	200 Partikel
38 - 70 µm _(c) =	35 Partikel
>70 µm _(c) =	3 Partikel
SAE AS4059 REV G - Klasse 6	

Klasse bei kumulativer Messung

Tabelle 2

Klasse	Abmessung der Verschmutzung Maximale Verschmutzungsgrenzwerte pro 100 ml						(1)
	>1 µm	>5 µm	>15 µm	>25 µm	>50 µm	>100 µm	
	>4 µm _(c)	>6 µm _(c)	>14 µm _(c)	>21 µm _(c)	>38 µm _(c)	>70 µm _(c)	(2)
000	195	76	14	3	1	0	
00	390	152	27	5	1	0	
0	780	304	54	10	2	0	
1	1 560	609	109	20	4	1	
2	3 120	1 217	217	39	7	1	
3	6 250	2 432	432	76	13	2	
4	12 500	4 864	864	152	26	4	
5	25 000	9 731	1 731	306	53	8	
6	50 000	19 462	3 462	612	106	16	
7	100 000	38 924	6 924	1 224	212	32	
8	200 000	77 849	13 849	2 449	424	64	
9	400 000	155 698	27 698	4 898	848	128	
10	800 000	311 396	55 396	9 796	1 696	256	
11	1 600 000	622 792	110 792	19 592	3 392	512	
12	3 200 000	1 245 584	221 584	39 184	6 784	1 024	

> 4 µm _(c) =	45 000 Partikel
> 6 µm _(c) =	15 000 Partikel
> 14 µm _(c) =	1 500 Partikel
> 21 µm _(c) =	250 Partikel
> 38 µm _(c) =	15 Partikel
> 70 µm _(c) =	3 Partikel
SAE AS4059 REV G cpc* Klasse 6 G/6/5/5/4/2	
* Kumulative Partikelanzahl	

(1) Größenbereich, Mikroskop-Partikelzählwerte, auf der Grundlage der längsten Abmessung bei Messung nach AS598 oder ISO 4407

(2) Größenbereich, nach ISO 11171 kalibrierter automatische Partikelzähler, optisches Mikroskop oder Elektronenmikroskop mit Bildanalysesoftware, auf der Grundlage des Durchmessers, der auf einen flächengleichen Kreis projizierte Fläche des Partikels.

(3) Verschmutzungsklassen und Grenzwerte von Partikelzählwerten sind mit NAS 1638 identisch.

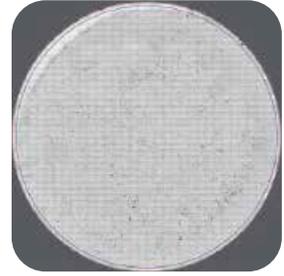
Die auf dieser und der vorhergehenden Seite angegebenen Informationen wurden der SAE AS4059, Rev.G, vom 2022 entnommen. Weitere Einzelheiten und Erläuterungen finden Sie im vollständigen Text der Norm.

ISO 4407

KUMULATIVE VERTEILUNG DER PARTIKELGRÖSSE

Die Reinheitsklasse wird bestimmt, indem die Anzahl von Partikeln gezählt wird, die sich pro Flüssigkeitsvolumeneinheit an einer Membran angesammelt haben. Die Messung wird mit einem Mikroskop vorgenommen. Die Membran muss gereinigt, getrocknet und entfeuchtet werden, wobei die Flüssigkeit und die Bedingungen in der Norm festgelegt sind. Das Flüssigkeitsvolumen wird mit einem geeigneten Saugsystem durch die Membran hindurch filtriert.

Die Reinheitsklasse wird ermittelt, indem die Membran in eine vordefinierte Anzahl von Bereichen unterteilt wird und die Schmutzpartikel mit einem geeigneten Labormikroskop gezählt werden.



MIKROSKOPKONTROLLE
UND MESSUNG

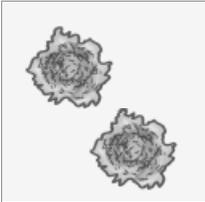
Substanz	Mikrometer	
	Von	Bis
STRANDSAND	100	2.000
KALKSTEINSTAUB	10	1.000
RUSS	5	500
MENSCHLICHES HAAR (Durchmesser)	40	150
KOHLNSTAUB	1	100
ZEMENTSTAUB	3	100
TALKUMSTAUB	5	60
BAKTERIEN	3	30
PIGMENTE	0.1	7
TABAKRAUCH	0.01	1

1 Mikrometer* = 0.001 mm

25.4 Mikrometer* = 0.001 Zoll

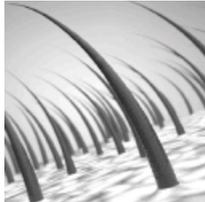
In der Praxis sind Partikel mit einer Größe von 1 µm und kleiner permanent in der Luft vorhanden.

100 µm



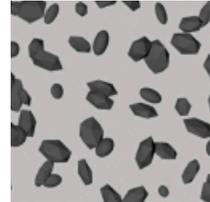
STAUBPARTIKEL
(abgestorbene Hautschuppen)

75 µm



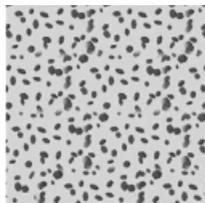
MENSCHLICHES HAAR

40 µm



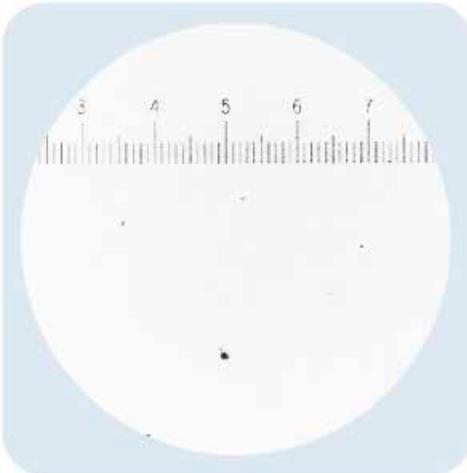
KLEINSTE FÜR DAS MENSCHLICHE
AUGE SICHTBARE ABMESSUNG

4 - 14 µm

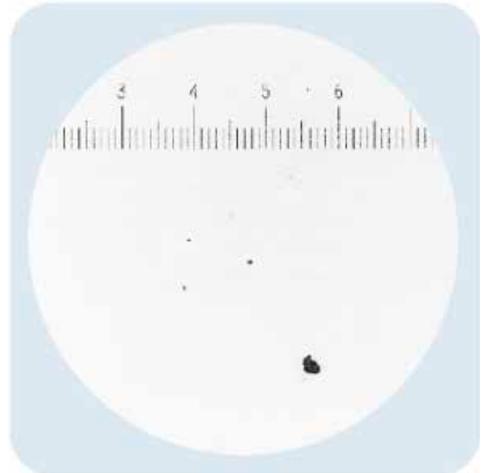


TYPISCHE ABMESSUNGEN VON VERSCHMUTZUNGEN IN EINEM HYDRAULIKSYSTEM

* Korrekte Bezeichnung = Mikrometer

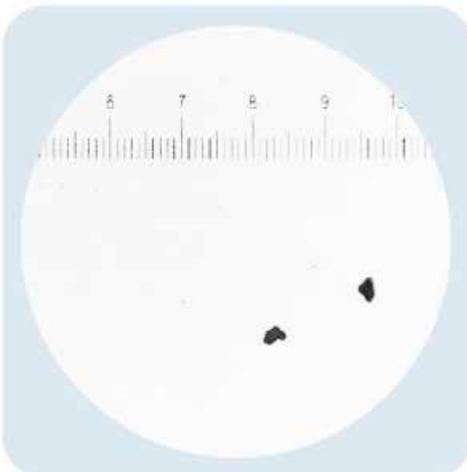


ISO 4406	Klasse 14/12/9
SAE AS4059 Tabelle 1	Klasse 3
NAS 1638	Klasse 3
SAE AS4059 Tabelle 2	Klasse 4A/3B/3C

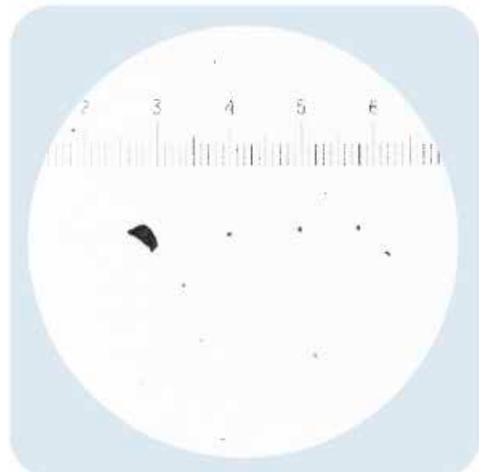


ISO 4406	Klasse 15/13/10
SAE AS4059 Tabelle 1	Klasse 4
NAS 1638	Klasse 4
SAE AS4059 Tabelle 2	Klasse 5A/4B/4C

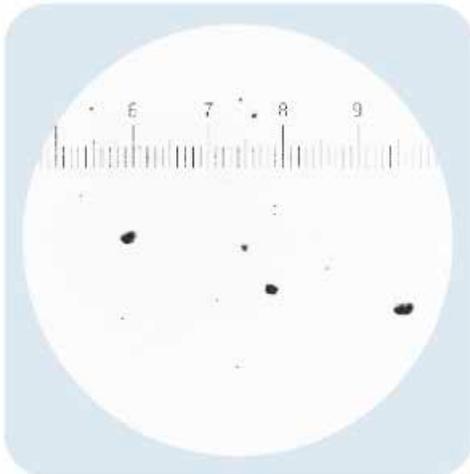
1 Skalenteilung = 10 µm



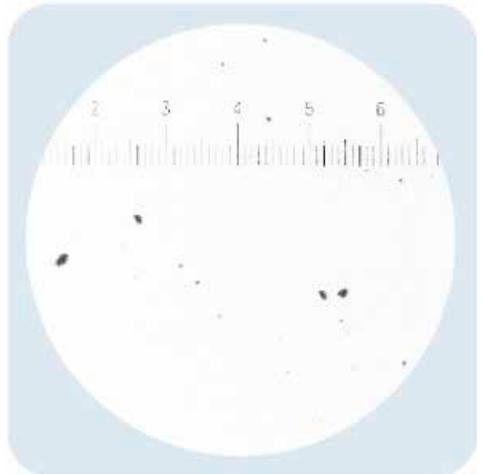
ISO 4406	Klasse 16/14/11
SAE AS4059 Tabelle 1	Klasse 5
NAS 1638	Klasse 5
SAE AS4059 Tabelle 2	Klasse 6A/5B/5C



ISO 4406	Klasse 17/15/12
SAE AS4059 Tabelle 1	Klasse 6
NAS 1638	Klasse 6
SAE AS4059 Tabelle 2	Klasse 7A/6B/6C

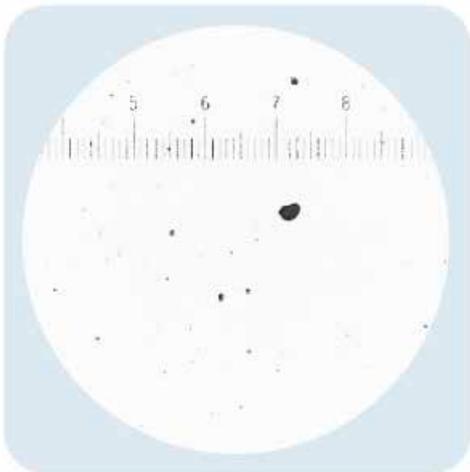


ISO 4406	Klasse 18/16/13
SAE AS4059 Tabelle 1	Klasse 7
NAS 1638	Klasse 7
SAE AS4059 Tabelle 2	Klasse 8A/7B/7C

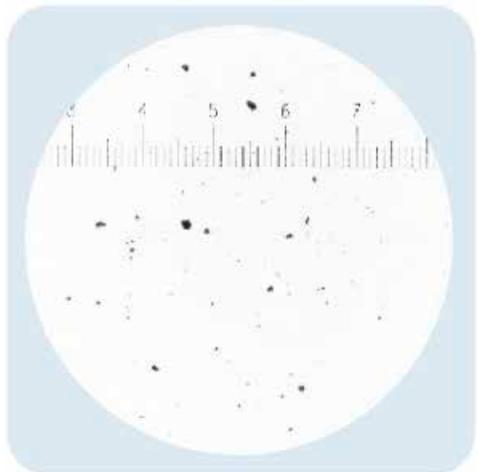


ISO 4406	Klasse 19/17/14
SAE AS4059 Tabelle 1	Klasse 8
NAS 1638	Klasse 8
SAE AS4059 Tabelle 2	Klasse 9A/8B/8C

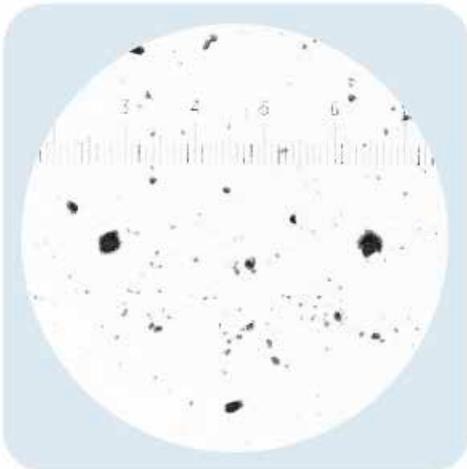
1 Skalenteilung = 10 µm



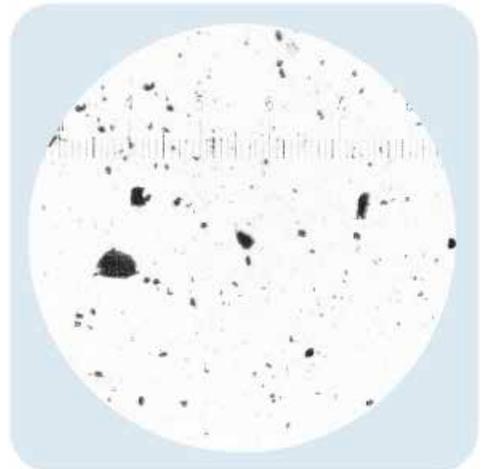
ISO 4406	Klasse 20/18/15
SAE AS4059 Tabelle 1	Klasse 9
NAS 1638	Klasse 9
SAE AS4059 Tabelle 2	Klasse 10A/9B/9C



ISO 4406	Klasse 21/19/16
SAE AS4059 Tabelle 1	Klasse 10
NAS 1638	Klasse 10
SAE AS4059 Tabelle 2	Klasse 11A/10B/10C



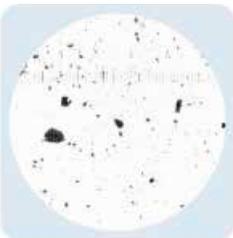
ISO 4406 Klasse 22/20/17
 SAE AS4059 Tabelle 1 Klasse 11
 NAS 1638 Klasse 11
 SAE AS4059 Tabelle 2 Klasse 12A/11B/11C



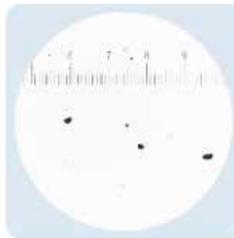
ISO 4406 Klasse 23/21/18
 SAE AS4059 Tabelle 1 Klasse 12
 NAS 1638 Klasse 12
 SAE AS4059 Tabelle 2 Klasse 13A/12B/12C

1 Skalenteilung = 10 µm

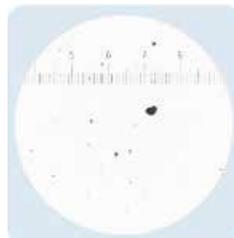
REINHEITSKLASSEN



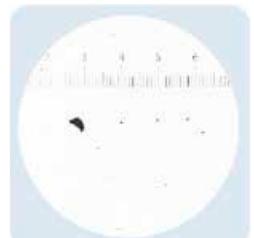
NAS 12
ISO 23/21/18
 Typischer Wert bei neuem Öl in neuen zertifizierten 205-Liter-Fässern aus Weichstahl



NAS 7
ISO 18/15/13
 Typischer Wert bei neuem Öl in neuen zertifizierten Minibehältern



NAS 9
ISO 21/18/15
 Typischer Wert bei neuem Öl in Öltankern



NAS 6
ISO 17/15/12
 Typischer erforderlicher Wert bei den meisten modernen Hydraulikanlagen

EMPFOHLENE REINHEITSKLASSEN

EMPFEHLUNGEN VON HERSTELLERN VON HYDRAULIKKOMPONENTEN

Die meisten Hersteller von Hydraulikkomponenten kennen die anteiligen Auswirkungen, die eine erhöhte Anlagenverschmutzung auf das Betriebsverhalten ihrer Komponenten hat. Daher geben sie eine maximal zulässige Reinheitsklasse vor. Die Hersteller erwähnen hierzu, dass die Lebensdauer von Komponenten steigt, wenn sie mit Flüssigkeiten betrieben werden, die reiner sind als die empfohlene Reinheitsklasse.

Die Verschiedenartigkeit von Hydrauliksystemen in Bezug auf Druck, Arbeitszyklen, Umgebungen, erforderliche Schmierung, Verschmutzungsarten etc. macht es jedoch fast unmöglich, die Lebensdauer der Komponenten über das zu erwartende normale Maß hinaus vorherzusagen.

Ohne aussagekräftiges Forschungsmaterial und genormte Verschmutzungsempfindlichkeitstests wird unter Umständen angenommen, **dass Hersteller ein empfindlicheres Produkt anbieten, die strengere Reinheitsempfehlungen als ihre Wettbewerber geben.**

Daher ist ein Vergleich der durch unterschiedliche Quellen empfohlenen Reinheitswerte unter Umständen irreführend.

Die Tabelle enthält eine Auswahl maximaler Reinheitsklassen, die üblicherweise von Komponentenherstellern verwendet werden. Diese betreffen die Verwendung von Mineralölen mit der korrekten Viskosität. Unter anspruchsvollen Betriebsbedingungen, z.B. bei schnellen Lastschwankungen, hohen Temperaturen oder hohem Ausfallrisiko, kann eine noch höhere Reinheit erforderlich sein.

Beispiele für Reinheitsklassen, die für Drücke unter 140 bar erforderlich sind.

Beispiel für empfohlene maximale Reinheitsklassen

Axial-Kolbenpumpen mit konstanter Durchflussmenge	•					
Axial-Kolbenpumpen mit variabler Durchflussmenge			•			
Flügelzellenpumpen mit konstanter Durchflussmenge		•				
Flügelzellenpumpen mit variabler Durchflussmenge			•			
Hydraulikmotoren	•					
Hydraulikzylinder	•					
Stellantriebe					•	
Prüfstände						•
Rückschlagventile	•					
Wegeventile	•					
Volumenstromregelventile	•					
Proportionalventile				•		
Servventile					•	
Gleitlager			•			
Kugellager				•		
ISO 4406 CODE	20/18/15	19/17/14	18/16/13	17/15/12	16/14/11	15/13/10
Empfohlene Filterfeinheit $\beta_{x(c)} \geq 1.000$	$\beta_{21(c)} > 1000$	$\beta_{15(c)} > 1000$	$\beta_{10(c)} > 1000$	$\beta_{7(c)} > 1000$	$\beta_{7(c)} > 1000$	$\beta_{5(c)} > 1000$
MP-Filtri-Mediencode	A25	A16	A10	A06	A06	A03

ANGESTREBTE REINHEITSKLASSEN VON HYDRAULIKSYSTEMEN

Sofern ein Anwender eines Hydrauliksystems die Möglichkeit hatte, die Reinheitsklassen über einen längeren Zeitraum hinweg zu überprüfen, kann die Zulässigkeit oder Unzulässigkeit der Klassen nachgewiesen werden. Wenn keine Fehler aufgetreten sind, kann der gemessene Durchschnittswert als Referenzgröße festgelegt werden. Ein derartiger Wert muss möglicherweise abgeändert werden, wenn sich die Bedingungen ändern oder das System durch verschmutzungsempfindliche Komponenten erweitert wird. Eine erforderliche höhere Zuverlässigkeit kann auch eine höhere Reinheitsklasse zur Folge haben.

Dies hängt von drei Faktoren ab:

- Der Verschmutzungsempfindlichkeit der Komponenten
- Die Betriebsbedingungen des Systems
- Die erforderliche Zuverlässigkeit und Lebensdauer

Verschmutzungs-codes ISO 4406			Entsprechende Codes NAS 1638	Empfohlener Filterfeinheit	Typische Anwendungen
> 4 $\mu\text{m}_{(c)}$	> 6 $\mu\text{m}_{(c)}$	14 $\mu\text{m}_{(c)}$		$\beta_{x(c)} \geq 1.000$	
14	12	9	3	3	Hochpräzise Laborservosysteme
17	15	11	6	3 - 6	Roboter- und Servosysteme
18	16	13	7	10 - 12	Sehr empfindliche Systeme hohe Zuverlässigkeitsanforderung
20	18	14	9	12 - 15	Empfindliche Systeme normale Zuverlässigkeitsanforderung
21	19	16	10	15 - 25	Allgemeine Anlagen mit geringer Zuverlässigkeitsanforderung
23	21	18	12	25 - 40	Niederdruckanwendungen ohne Dauerbetrieb

VERGLEICH DER NORMEN UND STANDARDS

Obwohl die Anwendung der Norm ISO 4406 in der Hydraulikindustrie weit verbreitet ist, sind gelegentlich andere Normen erforderlich, so dass unter Umständen ein Vergleich notwendig wird. Die folgende Tabelle enthält einen allgemeinen Vergleich, aber oft ist aufgrund der verschiedenen Klassen und Größen kein direkter Vergleich möglich.

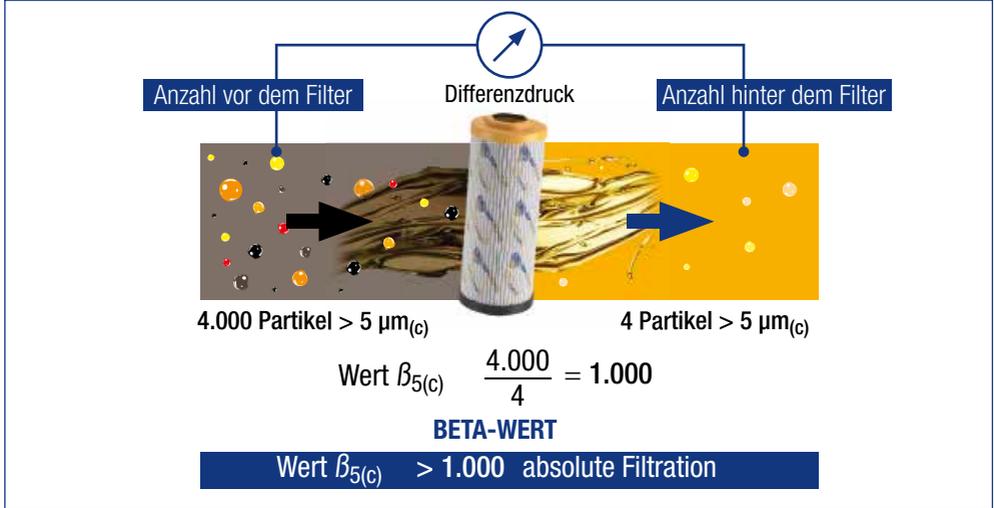
ISO 4406	SAE AS4059 Tabelle 2	SAE AS4059 Tabelle 1	NAS 1638
> 4 $\mu\text{m}_{(c)}$ > 6 $\mu\text{m}_{(c)}$ 14 $\mu\text{m}_{(c)}$	> 4 $\mu\text{m}_{(c)}$ > 6 $\mu\text{m}_{(c)}$ 14 $\mu\text{m}_{(c)}$	4-6 6-14 14-21 21-38 38-70 >70	5-15 15-25 25-50 50-100 >100
23 / 21 / 18	13A / 12B / 12C	12	12
22 / 20 / 17	12A / 11B / 11C	11	11
21 / 19 / 16	11A / 10B / 10C	10	10
20 / 18 / 15	10A / 9B / 9C	9	9
19 / 17 / 14	9A / 8B / 8C	8	8
18 / 16 / 13	8A / 7B / 7C	7	7
17 / 15 / 12	7A / 6B / 6C	6	6
16 / 14 / 11	6A / 5B / 5C	5	5
15 / 13 / 10	5A / 4B / 4C	4	4
14 / 12 / 9	4A / 3B / 3C	3	3

INFORMATIONEN ÜBER DEN BETA-WERT VON FILTERELEMENTEN

BETA-WERT VON FILTERELEMENTEN

Der Beta-Wert entspricht dem Verhältnis zwischen der Anzahl von Partikeln einer vorgegebenen Größe vor dem Filterelement und der Anzahl von Partikeln derselben Größe hinter dem Filterelement. Einfach ausgedrückt, je höher der Beta-Wert, desto höher die Abscheideleistung des Filterelementes.

Beta-Verhältnis



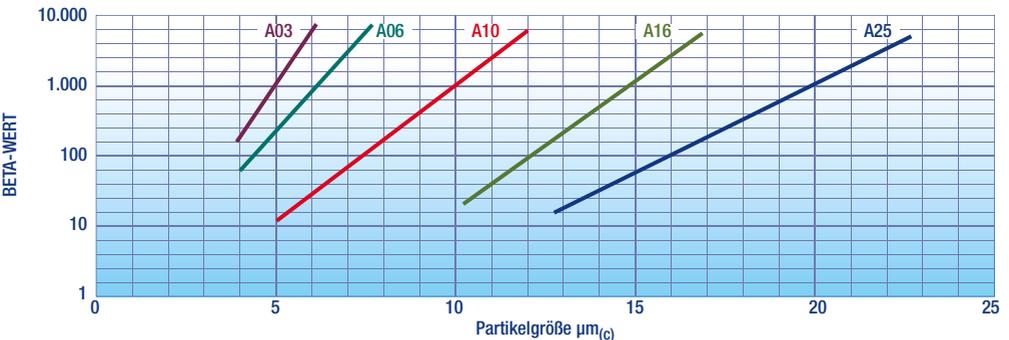
Abscheideleistung der Filtration - Beta-Wert

Beta	2	10	50	75	100	200	1000	2000
%	50	90	98	98.7	99	99.5	99.9	99.95

Vergleich mit ISO-Filtrationsnormen

MP FILTRI FILTERFEINHEIT	ISO 4572 $\beta_x > 200$	ISO 16889 $\beta_{x(c)} > 1000$
A03	3 µm	5 µm(c)
A06	6 µm	7 µm(c)
A10	10 µm	10 µm(c)
A16	18 µm	15 µm(c)
A25	25 µm	21 µm(c)

Abscheideleistung - Filterelement



TECHNISCHE INFORMATIONEN

Die Strömung von Flüssigkeiten (entweder laminar oder turbulent) wird anhand der Reynolds-Zahl bestimmt. Die Reynolds-Zahl, die auf Untersuchungen von Osborne Reynolds beruht, ist eine dimensionslose Zahl, die sich aus den physikalischen Eigenschaften der Strömung zusammensetzt.

In der Praxis wird eine Strömung als laminar betrachtet, wenn ihre Reynolds-Zahl unter 2000 liegt. Bei einer Reynolds-Zahl von über 3500 gilt die Strömung als turbulent. Strömungen mit Reynolds-Zahlen zwischen 2000 und 3500 werden manchmal als Übergangsströmungen bezeichnet.

In der Praxis wird bei Hydraulik- bzw. Schmieranlagen eine turbulente Strömung erreicht, wenn die Reynolds-Zahl mehr als 4000 beträgt ($Re > 4000$).

Die Reynolds-Zahl ist gegeben durch (Re) = $21220 \times \frac{Q}{di \times V}$

Wobei

Q = Volumenstrom (Liter/min)

di = Innendurchmesser oder gleichwertiger Durchmesser des größten Strömungskanals (mm)

V = Viskosität der Spülflüssigkeit bei normaler Spültemperatur (cSt)

INFORMATIONEN ZUR SPÜLUNG BEI VERSCHIEDENEN ROHRLEITUNGSDURCHMESSERN

Reinigungs- und Spülsysteme sind nur bei turbulenter Strömung wirksam.

Die folgende Richtlinie gilt für eine Flüssigkeit mit einer Flüssigkeitsdichte von 86 kg/m^3 (Typisch für Mineralöle) und einer Viskosität von 30 cSt.

Rohrleitungsnennweite	Kern		Strömung bei $Re = 4000$
	[in]	[mm]	[l/min]
1/4"	0.451	11.5	65
1/2"	0.734	18.6	105
1"	1.193	30.3	171
1 1/4"	1.534	39.0	220
1 1/2"	1.766	44.9	254
2"	2.231	56.7	320

VISKOSITÄTSUMRECHNUNGSTABELLE

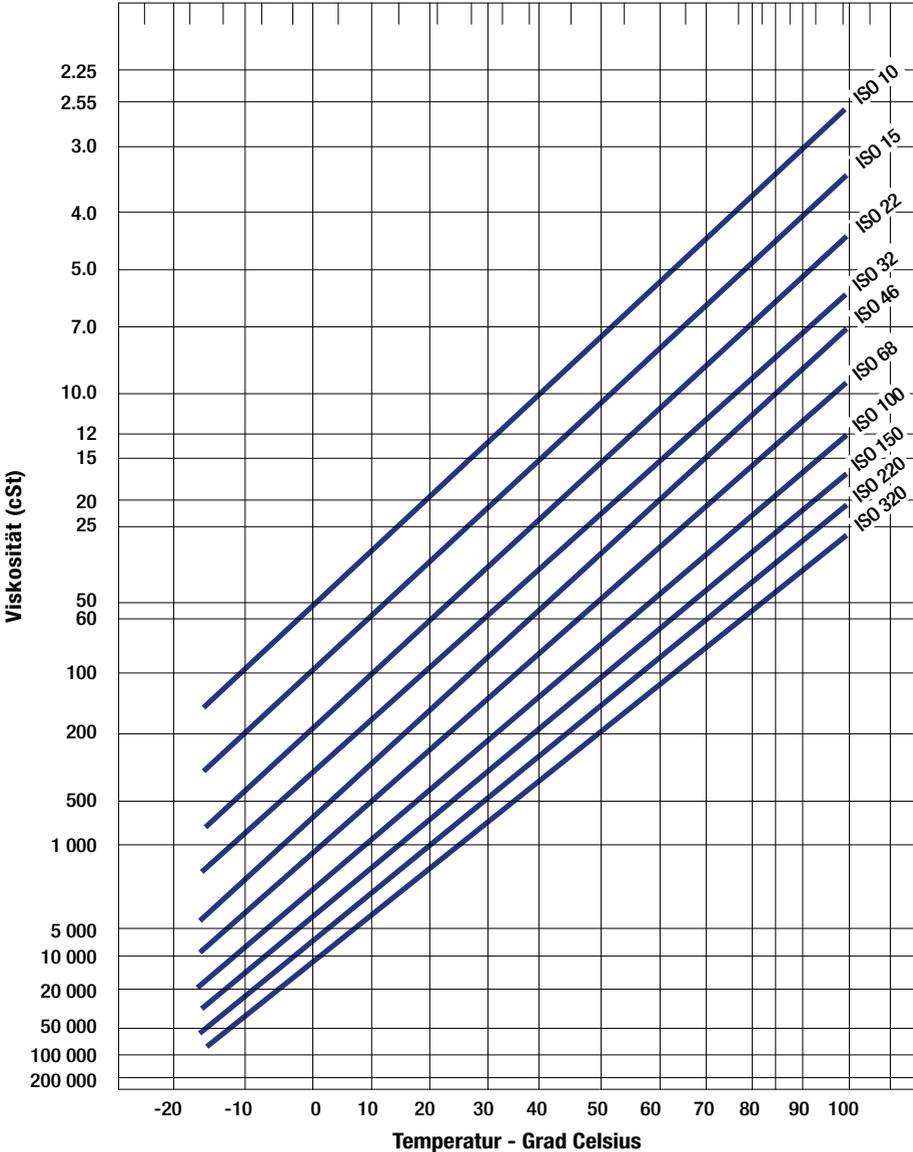
Standard-Öle und Betriebstemperaturen

Viskositäts- und Temperaturdiagramm für verschiedene Viskositätsklassen

Die Linien zeigen den Zusammenhang von Viskosität und Temperatur von verschiedenen Ölen.

Öle mit einem geringeren Viskositätsindex zeigen eine steilere Kurve.

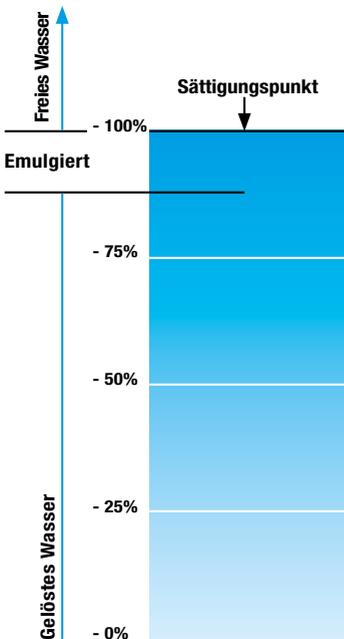
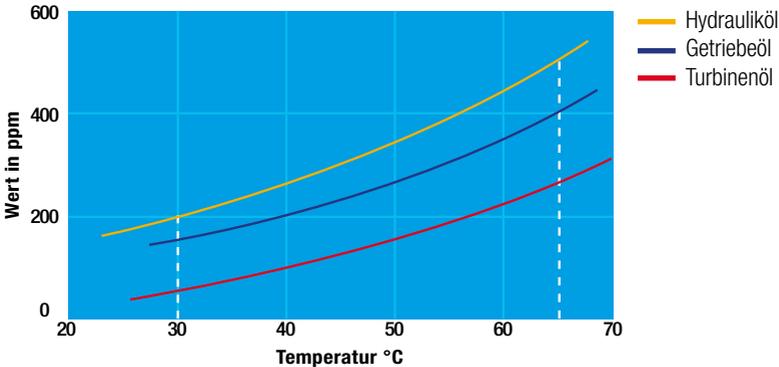
Öle mit einem höheren Viskositätsindex zeigen eine flachere Kurve.



WASSERGEHALT

In Mineralölen und nichtwässrigen, schwer entflammaren Flüssigkeiten ist Wasser unerwünscht. Mineralöl hat in der Regel einen Wassergehalt von 50 bis 500 ppm (@40°C), den es ohne nachteilige Folgen verträgt. Sobald der Wassergehalt 500 ppm überschreitet, wird das Öl trübe. Oberhalb dieses Wertes besteht die Gefahr, dass sich im System in Bereichen mit geringem Volumenstrom Wasser ansammelt. Dies kann zu Korrosion und beschleunigter Abnutzung führen.

Desgleichen weisen schwer entflammare Flüssigkeiten einen natürlichen Wassergehalt auf, der von dem bei Mineralölen abweichen kann.



Sättigungsgrad

Da die Auswirkungen von freiem (auch emulgiertem) Wasser schädlicher sind als die von gelöstem Wasser, sollten die Wasseranteile deutlich unter der Sättigungsgrenze bleiben.

Auch gelöstes Wasser kann Schäden verursachen. Deshalb sollten angemessene Bemühungen unternommen werden, um den Sättigungsgrad so niedrig wie möglich zu halten. Hierbei gibt es keinen zu geringen Wasseranteil. Als Richtlinie empfehlen wir, den Sättigungsgrad in allen Systemen unter 50% zu halten.

TYPISCHER WASSERSÄTTIGUNGSWERT BEI NEUEN ÖLEN

Beispiele:

Hydrauliköl @ 30°C = 200 ppm = 100% Sättigung

Hydrauliköl @ 65°C = 500 ppm = 100% Sättigung

WASSERABSORPTIONSMEDIUM

Wasser kommt überall vor: bei der Lagerung, beim Transport und beim Service.

MP Filtri bietet deshalb Filterelemente mit einem wasserabsorbierenden Gewebe an, mit dem Hydraulikanlagen sowohl vor Partikelverschmutzung als auch vor Verunreinigung durch Wasser geschützt werden.

Die wasserabsorbierenden Filterelemente von MP Filtri sind mit einer Filterfeinheit von 25 µm erhältlich (und daher mit der Medienbezeichnung WA025 gekennzeichnet), mit der eine absolute Filtration von Feststoffpartikeln bis $\beta_{X(C)} = 1000$ möglich ist. Das Absorptionsmedium besteht aus wasserabsorbierenden Fasern, deren Größe während des Absorptionsvorgangs zunimmt. Wasser wird daher an das Filtermedium gebunden und vollständig aus dem System entfernt (es lässt sich nicht einmal herausdrücken).

FILTERMEDIUM

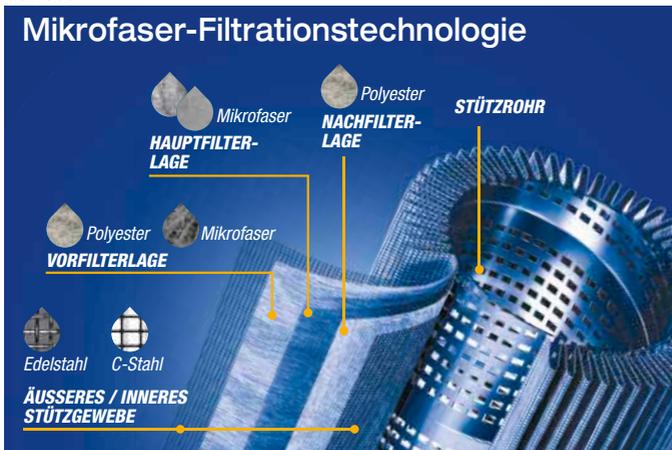


Wasserabsorbierendes Gewebe

ABSORPTIONSMEDIENSCHICHT



Das Filtermedium hat Wasser absorbiert



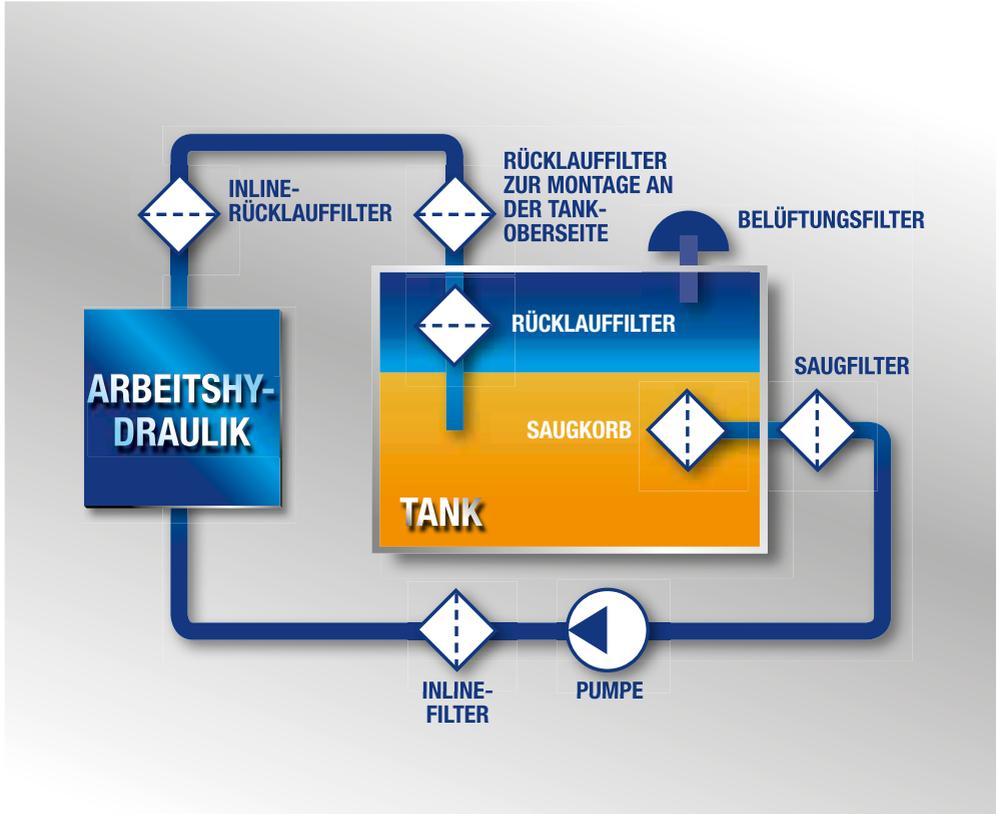
Durch das Entfernen von Wasser aus einer Hydraulikantriebsanlage lassen sich maßgebliche Probleme verhindern, unter anderem:

- Korrosion (Metallfraß)
- Verlust der Schmierwirkung
- höherer abriebbedingter Verschleiß in Hydraulikkomponenten
- Blockieren von Ventilen
- Lagerermüdung
- Viskositätsschwankungen (Verringerung der Schmiereigenschaften)
- Ausfällung von Additiven und Oxidation des Öls
- Zunahme des Säuregehalts
- Zunahme der elektrischen Leitfähigkeit (Verlust der dielektrischen Festigkeit)
- langsame/schwache Reaktion der Ventiltechnik

DIFFERENZDRUCK UND STRÖMUNGSEIGENSCHAFTEN

Ein Druckanstieg in einer Hydraulikanlage bedeutet:

- Anstieg der Kompressibilität des Öls
- Anstieg der Viskosität des Öls



Viskositätsänderung aufgrund des Druckanstiegs

ISO VG	Druck [bar]				
	50	100	200	300	400
	Viskositätsanstieg				
32	35	38	46	54	66
46	50	55	66	77	94
68	75	81	98	114	140
100	109	119	143	167	205
220	240	261	315	367	450
320	349	380	458	534	655

Maximal zulässiger Differenzdruck Gesamtdruckabfall (Δp_{max}) bei einem neuen und sauberen Filter

Anwendung	Bereich [bar]
Saugfilter	0.08 - 0.10
Rücklaufilter	0.4 - 0.6
Rücklauf- und Saugfilter (*)	0.8 - 1.0
Nieder- und Mitteldruckfilter	0.4 - 0.6 Rücklaufleitung
	0.3 - 0.5 Schmierleitungen
	0.3 - 0.4 offline Getriebenanwendung
	0.1 - 0.3 offline Prüfstandsanwendung
	0.4 - 0.6 Druckleitung
Hochdruckfilter	0.8 - 1.5
Edelstahlfilter	0.8 - 1.5

(*) Der Volumenstrom auf der Saugseite sollte nicht mehr als 30% des Volumenstroms der Rückleitung betragen.

DIMENSIONIERUNG VON FILTERN

DIE FILTER MÜSSEN ANHAND DES ANWENDUNGSSPEZIFISCHEN GESAMTDRUCKVERLUSTES DIMENSIONIERT WERDEN.

BEISPIEL: DER GESAMTDRUCKVERLUST EINES NEUEN UND SAUBEREN RÜCKLAUFFILTERS MUSS IM BEREICH VON 0.4 BIS 0.6 BAR LIEGEN.

Der Druckverlust wird berechnet, indem die Werte von Gehäuse und Filterelement addiert werden. Der Druckabfall Δp_c des Gehäuses ist proportional zur Flüssigkeitsdichte (kg/dm^3).

Der Druckverlust Δp_e des Filterelements ist proportional zur Viskosität (mm^2/s). Der Korrekturfaktor Y gilt für den Fall, dass die Ölviskosität von $30 \text{ mm}^2/\text{s}$ (cSt) abweicht.

Dimensionierungsdaten für ein einzelnes

Filterelement, Filterkopf oben:

Δp_c = Druckverlust Filtergehäuse [bar]

Δp_e = Druckverlust Filtergehäuse [bar]

Y = Korrekturfaktor Y (siehe entsprechende Tabelle), abhängig von Filtertyp, Größe des Filterelements, Länge des Filterelements und des Volumenstroms

Q = Volumenstrom des Filtermediums (l/min)

V1 = Referenzviskosität des Öls = $30 \text{ mm}^2/\text{s}$ (cSt)

V2 = Betriebsviskosität des Öls in mm^2/s (cSt)

Berechnung des Druckverlustes des Filterelements bei einer anderen Ölviskosität als $30 \text{ mm}^2/\text{s}$ (cSt):

$$\Delta p_e = Y : 1000 \times Q \times (V2:V1)$$

$$\Delta p_{\text{gesamt}} = \Delta p_c + \Delta p_e$$

Überprüfungsformel

$$\Delta p_{\text{gesamt}} \leq \text{maximal zulässiges } \Delta p$$

Allgemeines Beispiel zur Filterberechnung:

Anwendungsdaten:

An der Tankoberseite montierter Rücklauffilter

Druck $P_{\text{max}} = 10 \text{ bar}$

Volumenstrom $Q = 120 \text{ l/min}$

Viskosität $V2 = 46 \text{ mm}^2/\text{s}$ (cSt)

Öldichte = $0.86 \text{ kg}/\text{dm}^3$

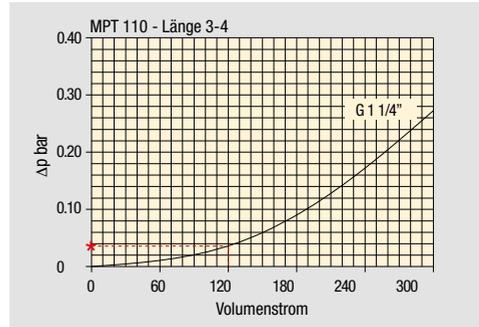
Erforderlicher Wirkungsgrad der Filtration = $25 \mu\text{m}$

bei abs. Filtration

Mit Bypass-Ventil und Einlassanschluss G 1-1/4"

Berechnung:

$\Delta p_c = 0.03 \text{ bar}$ (siehe die folgende Grafik)



Druckabfall Δp von Filtergehäusen: Die Kurven wurden bei einem Mineralöl mit einer Dichte von $0.86 \text{ kg}/\text{dm}^3$ nach ISO 3968 ermittelt. Δp ändert sich proportional zur Dichte.

$$\Delta p_e = (2.00 : 1000) \times 120 \times (46 : 30) = 0.37 \text{ bar}$$

Filterelement	absolute Filtration Baureihe H					Nennwert Filtration Baureihe N			
	Typ	A03	A06	A10	A16	A25	P10	P25	M25 M60 M90
Rücklauffilter	1	28.20	24.40	8.67	8.17	6.88	4.62	3.96	1.25
	2	17.33	12.50	6.86	5.70	4.00	3.05	2.47	1.10
MF 100	3	10.25	9.00	3.65	3.33	2.50	1.63	1.32	0.96
MFX 100	4	6.10	5.40	2.30	2.20	2.00	1.19	0.96	0.82

$$\Delta p_{\text{gesamt}} = 0.03 + 0.37 = 0.4 \text{ bar}$$

Diese Auswahl ist korrekt, da der Wert des Gesamtdruckverlustes innerhalb des zulässigen Bereichs für an der Tankoberseite montierte Rücklauffilter liegt.

Wird der maximal zulässige Gesamtdruckverlust überschritten, muss die Berechnung mit einer anderen Filterlänge bzw. -größe wiederholt werden.

Das neue hochmoderne Forschungs- und Entwicklungszentrum von MP Filtri ist das Ergebnis einer Investition von mehreren Millionen Euro in Technologie und einer langen intellektuellen Zusammenarbeit mit einigen der wichtigsten italienischen Wissenschaftseinrichtungen. **Es wurde als Zentrum für technische Exzellenz und Innovation etabliert.**

Die 1.100 Quadratmeter große wissenschaftliche Forschungseinrichtung mit Hauptsitz in Pessano con Bornago, Mailand, legt ihren Schwerpunkt auf praktische industrielle Anwendungen. Es wurde geschaffen, um die Entwicklung einer innovativen Reihe marktführender Produkte zu leiten, die Qualität und Zuverlässigkeit des bestehenden Portfolios zu verbessern sowie die Erstellung kundenspezifischer Prototypprojekte zu unterstützen. Das Engagement von MP Filtri für exzellente wissenschaftliche Forschung beruht auf der engen Zusammenarbeit mit dem Polytechnikum in Mailand, der Universität von Bologna sowie der Universität von Modena und Reggio Emilia.



Die Einrichtung ist weit mehr als nur ein Testcenter, sie umfasst spezialisierte Schulungsbereiche, komfortable Besprechungsräume und Lernbereiche. Hier können Kunden akademische und theoretische Schulungen mit praktischen Übungen auf modernsten Prüfständen kombinieren.

Dies schafft perfekte Möglichkeiten zur Untersuchung, wie Hydraulikanlagen bei problematischer Verschmutzung von Schulungsteilnehmern sowie zur Erweiterung des Wissens und der Fachkenntnisse von Schulungsteilnehmern und zur Sammlung von Erfahrungen unter realistischen Einsatzbedingungen.



Das „Herz“ des Zentrums ist die Prüfstand-Einrichtung, die speziell zur Überprüfung der Betriebseigenschaften und der Leistung von Filterelementen und Kompletfiltern entwickelt wurde. Diese hochentwickelten Arbeitsstationen bieten eine sehr hohe Genauigkeit bei der Messung des Verschmutzungsgrades fester Partikel in einer Druckflüssigkeit.

Alle Tests werden gemäß internationalen Standards, unter genauen Druck- und Durchflussbedingungen eines Hydraulikkreislaufs in kontrollierten und gefilterten Klimakammern durchgeführt.

- ◆ 16 Prüfstände
- ◆ 8 Laborgeräte zur Analyse der Kontamination
- ◆ 15 internationale ISO-Normen und DIN-Normen
- ◆ 29 verschiedene Tests

Pro Jahr:

- ◆ Mehr als 200 Testanforderungen
- ◆ Mehr als 1500 getestete Komponenten
- ◆ Mehr als 90 Multipass-Tests

Alle in dieser Publikation enthaltenen Daten und Angaben sind für den Gebrauch durch technisch qualifiziertes Personal nach eigenem Ermessen und ohne jegliche Garantie vorgesehen.

MP Filtri behält sich das Recht vor, sowohl aus technischen als auch aus kommerziellen Gründen jederzeit Änderungen an den Modellen und Versionen der beschriebenen Produkte vorzunehmen.

Für Aktualisierungen besuchen Sie bitte unsere Website: www.mpfiltri.com

Die Farben und Fotografien der Produkte dienen nur zur Veranschaulichung.

Jeglicher Nachdruck dieses Dokuments, sei es komplett oder auszugsweise, ist strengstens verboten.

Alle Rechte vorbehalten

WELTWEITES NETZWERK

KANADA ♦ CHINA ♦ FRANKREICH ♦ DEUTSCHLAND ♦ INDIEN ♦ SINGAPUR
VEREINIGTE ARABISCHE EMIRATE ♦ VEREINIGTES KÖNIGREICH ♦ USA



HQ
ITALY

A world map in shades of blue with several yellow diamond markers indicating global locations. A callout bubble points to the HQ in Italy. The map is framed by golden circular lines on the left and right sides.



PASSION  PERFORM

in @  



mpfiltri.com

MF010000075
DE - 2024.09