

Neue ISO-Normen in der Filtertechnik

Der Einfluss auf Ölrinheit(sklassen) und Filterleistungsdaten,
die Bedeutung für den Filteranwender

Einführung

Die Testverschmutzung ACFTD (Air Cleaner Fine Test Dust) – auch als „Arizona-Staub“ bekannt – wurde mehrere Jahrzehnte in der Filtertechnik benutzt zur:

- Kalibrierung von automatischen Partikelzählgeräten
- Bestimmung von Filterleistungsdaten
- Bestimmung der Schmutzempfindlichkeit von Komponenten

Die Herstellerfirma hat die Produktion dieses Teststaubes jedoch eingestellt. Hierdurch ergab sich die Notwendigkeit, eine neue Testverschmutzung zu bestimmen und die relevanten Normen neu zu gestalten. Dies betrifft nicht nur die oben genannten Normen.

Es betrifft auch die einschlägigen Normen zur Klassifizierung der Ölrinheit in Fluidsystemen – im wesentlichen die ISO 4406 sowie die NAS 1638 –, da bei der Bestimmung der Ölrinheit heutzutage vielfach automatische Partikelzählgeräte bzw. Reinheitsklassenmonitore nach dem Prinzip der Lichtblockade eingesetzt werden.

Man hat die so entstandene Situation zum Anlass genommen, einige „Fehler“ der Vergangenheit zu bereinigen. Hierdurch ergeben sich wesentliche Änderungen bei der Partikelgrößenverteilung und damit (u.a.) auch bei den Filterleistungsdaten. Diese Änderungen und deren Bedeutung für den Filteranwender sollen nachfolgend erläutert werden.

Testverschmutzung

Wie bereits in der Einführung beschrieben, wurde ACFTD, dessen Grundstoff Silikastaub aus der Wüste von Arizona ist, seit Ende der sechziger Jahre als Testverschmutzung in der Filtertechnik für Hydraulik- und (später auch) Schmieröl-anwendungen benutzt.

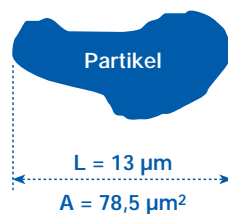
Nachdem die Herstellerfirma AC Spark Plug Division (die spätere Rochester Division) von General Motors die Produktion von ACFTD 1992 eingestellt hatte, mußte ein „Nachfolger“ bestimmt werden. Hierbei hat man sich letztendlich für die bereits unter dem Namen SAE 5 - 80 µm Test Dust bekannte Testverschmutzung ISO-MTD (ISO Medium Test Dust nach ISO 12103-A3 [1]) entschieden. Einerseits, weil sie aus dem gleichen Basismaterial wie ACFTD hergestellt wird, andererseits weil sie eine Partikelgrößenverteilung aufweist, die – wenn sie mit einem nach ISO 4402 [2] kalibrierten Partikelzählgerät bestimmt wird – der Verteilung von ACFTD recht ähnlich ist.

Es bestanden jedoch schon seit längerer Zeit erhebliche Zweifel an der Richtigkeit

der in der Norm ISO 4402 standardisierten Partikelgrößenverteilung von ACFTD. Diese wurde in den sechziger Jahren mittels Lichtmikroskop bestimmt, wobei man die Größe eines Partikels über seine längste Ausdehnung definierte. Der kleinste so gemessene Partikel war 7 µm groß und die Partikelzahlen für kleinere Partikel wurden anschließend durch Extrapolation der ermittelten Meßkurve bestimmt.

Wegen der bereits beschriebenen Zweifel an der Richtigkeit dieses Verfahrens wurde ISO-MTD deshalb vom (amerikanischen) National Institute for Standards and Technology (NIST) mittels Rasterelektronenmikroskopie (REM) ab einer Partikelgröße von 1 µm aufwärts neu vermessen. Hierbei wurde außerdem die Definition der Partikelgröße geändert. Partikelzählgeräte bestimmen nämlich nicht die längste Ausdehnung eines Partikels, sondern über die Unterbrechung des Lichtstrahles die auf der Fozelle projizierte Fläche des Partikels und „übersetzen“ diese in den Durchmesser eines Kreises mit gleicher Fläche (siehe Bild 1).

Längste Ausdehnung



Durchmesser des projektionsflächengleichen Kreises

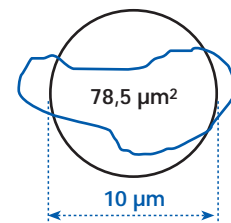


Bild 1

Unterschiedliche Definition der Partikelgröße

Dieses Verfahren wurde bei der Partikelgrößenbestimmung von ISO-MTD ebenfalls angewendet. Die Größe der Partikel von ISO-MTD wird also über den Durchmesser des projektionsflächengleichen Kreises (und nicht mehr über die längste Ausdehnung) definiert.

Hierbei zeigte sich eine deutlich andere Partikelgrößenverteilung als jene, die ursprünglich für ACFTD ermittelt wurde. Für die Partikel 10 µm ergeben sich keine Abweichungen. Für Partikel > 10 µm ergeben sich ein wenig geringere Partikelzahlen im Vergleich zur Zählung mittels einem nach ISO 4402 kalibrierten Partikelzählgerät. Für Partikel < 10 µm zeigt sich jedoch, dass die Partikelzahlen mit abnehmender Partikel-

größe immer stärker von der Zählung mittels einem nach ISO 4402 kalibrierten Partikelzählgerät abweichen (siehe Bild 2a). Um diese Unterschiede zu verdeutlichen, wurde deshalb entschieden, die „neuen“ Partikelgrößen mit „µm(c)“ zu bezeichnen, wobei (c) für „certified“ (= zertifiziert) steht, da die Partikelgrößenverteilung von ISO MTD zukünftig ständig vom NIST überwacht und zertifiziert wird. Ein Vergleich der mit den beiden unterschiedlichen Methoden bestimmten Partikelgrößen ist in Bild 2b dargestellt. So „wird“ aus einem Partikel von 1 µm ein Partikel von 4 µm(c), aus einem Partikel von 5 µm ein Partikel von 6 µm(c) und aus einem Partikel von 15 µm ein Partikel von 14 µm(c).

Diese Änderungen führen zukünftig zu deutlichen Veränderungen bei:

- der Kalibrierung von automatischen Partikelzählgeräten

- der Bestimmung der Ölrreinheitsklasse nach ISO 4406 (und NAS 1638)
- der Bestimmung der Filterleistungsdaten mittels Multipass Test

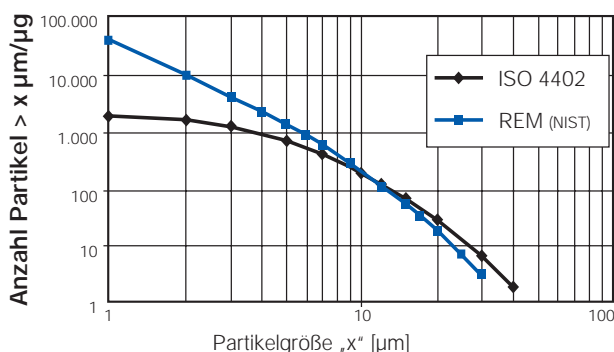


Bild 2a

µm ACFTD, ISO	µm(c) ISO-MTD, NIST	
1	4,2	4
2	4,6	
3	5,1	
5	6,4	6
10	9,8	
15	13,6	14
25	21,2	21
50	38,2	38
100	70,0*	70

* basiert auf Latex-Kalibrierung nach ISO 11 171

Bild 2b

Der Vergleich von ISO-MTD zu ACFTD

Kalibrierung von automatischen Partikelzählgeräten

Die Kalibrierung von automatischen Partikelzählgeräten war bislang, wie bereits beschrieben, in der Norm ISO 4402 festgelegt und schrieb ACFTD als Testverschmutzung vor. Da ACFTD nicht mehr hergestellt wird, ergab sich die Notwendigkeit, eine neue Testverschmutzung zu bestimmen.

Nachdem sich Latex-Kugeln als ungeeignet erwiesen hatten – ein Ringversuch zeigte, dass die Ergebnisse sehr stark von der „Art“ des Partikelzählgerätes abhängen –, hat man sich aus im vorhergehenden bereits genannten Gründen für ISO-MTD entschieden. Hierbei ist zur Kalibrierung das sog. NIST Standard Reference Material SRM 2806 (mit einer Konzentration von 2,8 mg ISO-MTD pro Liter MIL H5606 Hydraulikflüssigkeit) vorgeschrieben. Diese neue Methode zur Kalibrierung von automatischen Partikelzählgeräten wurde mittler-

weile (12/99) in der Norm ISO 11 171 [3] festgelegt. Hierbei hat man als Unterscheidung zur Kalibrierung nach ISO 4402 (die in der Zukunft keine Gültigkeit mehr haben wird) die Partikelgrößen mit „µm(c)“ bezeichnet.

Durch dieses neue Kalibrierverfahren ergeben sich natürlich auch Änderungen in allen Fällen, wo automatische Partikelzählgeräte zum Einsatz kommen. Dies trifft im wesentlichen auf die Bestimmung von Filterleistungsdaten mit Hilfe des sogenannten Multipass Testes nach ISO 4572 [4] zu. Aber auch in allen Fällen, in denen Partikelzählgeräte oder Reinheitsklassenmonitore nach dem Prinzip der Lichtblockade eingesetzt werden, um die Ölrreinheit nach ISO 4406 oder NAS 1638 [5] festzustellen, ergeben sich entsprechende Änderungen.

Einfluss auf die Ölrreinheitsklassen

Zur Bestimmung der Ölrreinheitsklasse nach ISO 4406 oder nach NAS 1638 werden heutzutage verstärkt automatische Partikelzählgeräte sowie Reinheitsklassenmonitore, die nach dem (gleichen) Prinzip der Lichtblockade arbeiten, eingesetzt. Daher sind diese Normen ebenfalls von den Änderungen betroffen, die sich aus der Umstellung von ACFTD auf ISO-MTD zur Kalibrierung der o.g. Geräte ergeben haben. Während es für die NAS 1638 noch keine endgültige Entscheidung zur Änderung der Norm gibt, ist die Anpassung der ISO 4406 bereits in Kraft getreten (12/99). Die „neue“ Norm, ISO 4406: 1999 [8], besteht aus zwei Teilen:

Teil 1: Mikroskopische Auswertung nach ISO 4407 [9]

Dieser Teil der Norm bleibt gegenüber der „alten“ Norm ISO 4406: 1987 [6] unverändert. Es werden also nach wie vor die Anzahl Partikel > 5 µm und die Anzahl Partikel > 15 µm gezählt und an Hand der ermittelten Partikelzahlen die (unveränderten) ISO-Codes zugeordnet. Auch die Definition der Partikelgröße über die längste Ausdehnung bleibt hierbei unverändert.

Teil 2: Auswertung mit einem Partikelzählgerät (bzw. Reinheitsklassenmonitor nach dem Prinzip der Lichtblockade), kalibriert nach ISO 11 171

Um keine (großen) Unterschiede zwischen der mikroskopischen Auswertung und der Auswertung mit einem nach ISO 11 171 kalibrierten Partikelzählgerät einerseits und zwischen der Auswertung mit einem nach ISO 11 171 kalibrierten Partikelzählgerät und der Auswertung mit einem nach ISO 4402 kalibrierten Partikelzählgerät andererseits entstehen zu lassen, hat man sich zu folgender Vorgehensweise entschlossen:

Die zwei Partikelbereiche > 5 µm und > 15 µm werden bei der Auswertung mit einem nach ISO 11 171 kalibrierten Partikelzähler durch die Partikelbereiche > 6 µm(c) und > 14 µm(c) ersetzt. Außerdem wird optional ein weiterer Partikelbereich hinzugefügt, nämlich der Partikel-

bereich > 4 µm(c) (dieser entspricht in etwa der bereits 1992 in der ISO/DIS 4406 [7] verabschiedeten, jedoch nicht in Kraft getretenen Erweiterung um den Partikelbereich > 2 µm).

Bei den Partikelbereichen > 6 µm(c) und > 14 µm(c) ist gegenüber der mikroskopischen Auswertung bzw. der Auswertung mit einem nach ISO 4402 kalibrierten Partikelzählgerät mit etwa gleichen Partikelzahlen, also auch mit gleichen ISO-Codes zu rechnen (es sei denn, man befindet sich im Grenzbereich zwischen zwei Codes). Für den Fall, dass in der Vergangenheit der Partikelbereich > 2 µm bestimmt wurde, ist im Partikelbereich > 4 µm(c) gegenüber dem Partikelbereich > 2 µm mit einer Erhöhung des ISO-Codes um eine Ziffer zu rechnen. In Bild 3 sind typische Ölreinheitsklassen nach ISO 4406: 1999 dargestellt.

Anzahl Partikel pro 100 ml						Code	
-		> 5 µm		> 15 µm			
> 4 µm(c)		> 6 µm(c)		> 14 µm(c)			
von	bis	von	bis	von	bis		
4 000 000	8 000 000	500 000	1 000 000	64 000	130 000	23 /	20 / 17
2 000 000	4 000 000	250 000	500 000	32 000	64 000	22 /	19 / 16
1 000 000	2 000 000	130 000	250 000	16 000	32 000	21 /	18 / 15
500 000	1 000 000	64 000	130 000	8 000	16 000	20 /	17 / 14
250 000	500 000	32 000	64 000	4 000	8 000	19 /	16 / 13
130 000	250 000	16 000	32 000	2 000	4 000	18 /	15 / 12
64 000	130 000	8 000	16 000	1 000	2 000	17 /	14 / 11
32 000	64 000	4 000	8 000	500	1 000	16 /	13 / 10
16 000	32 000	2 000	4 000	250	500	15 /	12 / 9
8 000	16 000	1 000	2 000	130	250	14 /	11 / 8
4 000	8 000	500	1 000	64	130	13 /	10 / 7
2 000	4 000	250	500	32	64	12 /	9 / 6
1 000	2 000	130	250	16	32	11 /	8 / 5
500	1 000	64	130	8	16	10 /	7 / 4

1) 3-stelliger Code nur bei Einsatz eines automatischen Partikelzählers (APC)

Bild 3
Typische Reinheitsklassen nach ISO 4406: 1999

Einfluss auf die Filterleistungsdaten

Die Norm ISO 4572 (der sog. Multipass Test), in der das Verfahren zur Ermittlung der Filterleistungsdaten festgelegt war, schrieb ACFTD als Testverschmutzung und nach ISO 4402 kalibrierte Partikelzählgeräte zur Ermittlung der Partikelzahlen vor und nach dem Filter vor. Es entstand also auch hier ein Handlungsbedarf, die Norm zu ändern.

Da die Norm jedoch völlig veraltet war und in ihrer gültigen Ausführung (von 1981!) kaum noch zum Einsatz kam, hat man die Gelegenheit zu einer grundlegenden Überarbeitung des Multipass Testes genutzt. So wurden nicht nur ISO-MTD als Testverschmutzung und nach ISO 11 171 kalibrierte Partikelzählgeräte vorgeschrieben, sondern u.a. auch die „on-line“-Partikelzählung und eine „neue“ Darstellung des Filtrationsquotienten β_x . Der neue Multipass Test ist seit 12/99 in der Norm ISO 16 889 [10] festgelegt. Die alte Norm ISO 4572 hat damit keine Gültigkeit mehr.

Durch die Änderungen bei der Testverschmutzung, der Kalibrierung von Partikelzählgeräten und der Testmethode ergeben sich sowohl beim Filtrationsquotient β_x als

auch bei der scheinbaren und tatsächlichen Schmutzaufnahmekapazität M_I bzw. C_R von Filterelementen erhebliche Unterschiede zu den nach der „alten“ Norm ISO 4572 ermittelten Werten.

Filtrationsquotient β_x

Durch die geänderte Partikelgrößenverteilung wird die tatsächliche Abscheideeffizienz der Filterelemente nicht beeinflusst. Lediglich der mit dem neuen Testverfahren ermittelte, neue β_x -Wert ist stark unterschiedlich!

Definiert man die Rückhalterate „x“ [μm] eines Filters über einen gewissen Filtrationsquotient, z. B. $\beta_x \geq 200$, kann man generell sagen, dass (scheinbar) der β_x -Wert von:

- Filtern mit „10 μm “ in etwa gleich bleibt
- feineren Filtern (< 10 μm) „gröber“ wird
- gröberen Filtern (> 10 μm) „feiner“ wird

Wie sich z. B. die Filtrationsquotienten der Pall Filterelemente ändern, kann Bild 4 entnommen werden.

Filter-medium	Größe „x“ μm bzw. $\mu\text{m(c)}$ für verschiedene β -Werte					
	ISO 4572 ACFTD			ISO 16 889 ISO - MTD		
	$\beta_x = 75$	$\beta_x = 200$	$\beta_x = 1.000$	$\beta_{x(c)} = 75$	$\beta_{x(c)} = 200$	$\beta_{x(c)} = 1.000$
KZ	< 1	< 1	1	< 2	2	2,5
KP	2,2	3	5,3	3,1	3,8	5
KN	4,6	6	8,3	5,0	5,7	7
KS	9,9	12	–	8,3	9,7	12
KT	22	25	–	15,8	18,2	22

Bild 4
Einfluss der ISO 16 889 auf den Filtrationsquotienten β_x

Schmutzaufnahmekapazität

Auch auf die Schmutzaufnahmekapazität der Filterelemente hat die neue Testverschmutzung einen erheblichen Einfluss. Hierbei ist allerdings kein genereller Trend zu einer Zu- oder Abnahme der (tatsächlichen) Schmutzaufnahmekapazität im Vergleich zu den Werten nach ISO 4572 festzustellen.

Jedes Filterelement „reagiert“ anders auf den neuen Teststaub. Dies zeigen auch die in Bild 5 dargestellten Ergebnisse eines durch ISO/TC131/SC8/WG9 durchgeführten Ringversuches. Eine „Umrechnung“ von „Gramm ACFTD“ in „Gramm ISO-MTD“ ist daher nicht möglich.

Filter-Nr.	Filtrationsquotient (ACFTD)	Tatsächliche Schmutzaufnahmekapazität [Gramm]		
		ACFTD	ISO MTD	Verhältnis ISO - MTD/ACFTD
1	$\beta_2 = 16$	19,2	17,4	0,89
2	$\beta_2 = 42$	18,5	20,9	1,13
3	$\beta_2 = 10$	31,0	39,4	1,27
4	$\beta_1 = 33$	32,2	36,7	1,14
5	$\beta_{10} = 13$	30,0	25,8	0,86
6	$\beta_{10} = 7,5$	86,5	80,4	0,93
7	$\beta_{15} = 5,6$	51,7	50,7	0,98
8	$\beta_{15} = 2,5$	52,0	52,0	1,00

Bild 5

Einfluss der ISO 16 889 auf die Schmutzaufnahmekapazität

Die Bedeutung für den Filteranwender

Die Frage, die sich jetzt für den Filteranwender (egal ob Maschinenhersteller oder Maschinenbetreiber) stellt, ist: „Welche Bedeutung haben die neuen Normen und vor allem die neuen Filterleistungsdaten für den Einsatz von Filtern in meinen Hydraulik- und Schmierölanwendungen?“. Die – vielleicht für viele ein wenig überraschende – Antwort ist: „Es ändert sich nichts oder wenn, dann nur sehr wenig!“ Bei den Änderungen handelt es sich im Wesentlichen um eine Anpassung der Messverfahren, die jedoch wenig Einfluss auf die Praxis haben.

Wir wollen versuchen, dies an Hand einer Anzahl von Fragen und deren Antworten deutlich zu machen:

Frage 1:
Ändert sich die Effizienz meiner Filter?

Die Antwort lautet:
Nein!

Auch wenn sich der Filtrationsquotient β_x der eingesetzten Filterelemente nach ISO 16 889 – teilweise erheblich – ändert, die Elemente und damit ihre Effizienz bleiben unverändert!

Frage 2:
Ändert sich die Standzeit meiner Filter?

Die Antwort lautet:

Nein!

Auch wenn sich die scheinbare und tatsächliche Schmutzaufnahmekapazität der Filterelemente nach ISO 16 889 ändert, die Standzeit der Filterelemente wird sich im praktischen Einsatz nicht ändern (vorausgesetzt, die Einsatzbedingungen bleiben gleich!).

Frage 3:
Ändert sich die Reinheit meines Systems?

Die Antwort lautet:

Nein!

Auch wenn sich eventuell die Reinheitsklasse nach ISO 4406: 1999 ändert, die tatsächliche Reinheit im System bleibt unverändert.

Frage 4:
Ändert sich die Reinheitsklasse in meinem System?

Die Antwort lautet:

Eventuell!

Nur wenn bisher die Reinheitsklasse nach ISO 4406 mit einem automatischen Partikelzählgerät bzw. einem Reinheitsklassenmonitor nach dem Prinzip der Lichtblockade

ermittelt wurde, ändert sich ggf. die Reinheitsklasse.

Wurde bis jetzt der zweistellige ISO-Code für Partikel > 5 µm und > 15 µm benutzt, ändert sich dieser in einen zweistelligen Code für Partikel > 6 µm(c) und > 14 µm(c), wobei die Reinheitsklassen im Allgemeinen gleich bleiben.

Optional kann ein dreistelliger ISO-Code für Partikel > 4 µm(c), > 6 µm(c) und > 14 µm(c) eingeführt werden. Voraussetzung ist natürlich, dass das Partikelzählgerät bzw. der Reinheitsklassenmonitor nach ISO 11 171 kalibriert wurde.

Wurde bis jetzt der dreistellige Code für Partikel > 2 µm, > 5 µm und > 15 µm benutzt, ändert sich dieser in einen dreistelligen Code für Partikel > 4 µm(c), > 6 µm(c) und > 14 µm(c). Hierbei bleiben die Reinheitsklassen für die 2. und 3. Partikelgröße im allgemeinen gleich, während sich der ISO-Code für den 1. Partikelbereich im allgemeinen um eine Klasse erhöhen wird.

Benutzt der Anwender weiterhin die mikroskopische Auszählung zur Ermittlung der Reinheitsklasse nach ISO 4406, ergibt sich gegenüber früher keine Änderung.

Frage 5:

Ändert sich die Reinheitsklassenvorschrift für mein System?

Die Antwort:

Eventuell!

Analog zu der vorhergehenden Antwort müssen wir auch hier unterscheiden, wel-

che Bestimmungsmethode zur Ermittlung der Reinheitsklasse eingesetzt wird und für welche Partikelbereiche eine Reinheitsklasse vorgeschrieben werden soll: Soll die Ölreinheitsklasse mikroskopisch (nach ISO 4407) ermittelt werden, ändert sich die Reinheitsklassenvorschrift für die Partikelbereiche > 5 µm und > 15 µm nicht. Soll zur Bestimmung der Ölreinheitsklasse ein automatisches Partikelzählgerät oder ein Reinheitsklassenmonitor nach dem Prinzip der Lichtblockade eingesetzt werden und wurde bis jetzt ein zweistelliger Code für Partikel > 5 µm und > 15 µm als Vorschrift benutzt, ist die Vorschrift in einen zweistelligen Code für die Partikelbereiche > 6 µm(c) und > 14 µm(c) zu ändern. Dabei bleibt die Reinheitsklassenvorschrift unverändert. Alternativ kann ein dreistelliger ISO-Code für die Partikelbereiche > 4 µm(c), > 6 µm(c) und > 14 µm(c) eingeführt werden. Hierbei bleibt die Reinheitsklassenvorschrift für die 2. und 3. Partikelgröße unverändert.

Soll zur Bestimmung der Ölreinheitsklasse ein automatisches Partikelzählgerät oder ein Reinheitsklassenmonitor nach dem Prinzip der Lichtblockade eingesetzt werden und wurde bis jetzt ein dreistelliger Code für Partikel > 2 µm, > 5 µm und > 15 µm als Vorschrift benutzt, ist die Vorschrift in einen dreistelligen Code für die Partikelbereiche > 4 µm(c), > 6 µm(c) und > 14 µm(c) zu ändern. Dabei bleiben die ISO-Codes für die 2. und 3. Partikelgröße unverändert, während der ISO-Code für die 1. Partikelgröße um eine Klasse zu erhöhen ist.

Fazit

Obwohl die Umstellung der Testverschmutzung von ACFTD auf ISO-MTD zu erheblichen Änderungen der Meßwerte im Labor führt, ergeben sich für den Filteranwender in der Praxis keine wesentlichen Änderungen!

Oder anders ausgedrückt:

Auch wenn Filter scheinbar „feiner“ (oder gröber) werden und vielfach eine höhere (oder auch niedrige) Schmutzaufnahmekapazität zu besitzen scheinen, ändern sich in der Praxis weder die erreichte Ölreinheit noch die Standzeit dieser Filter!

Literaturverzeichnis

- [1] ISO 12 103: 1997
Prüfstaub zur Bewertung von Filtern – Teil 1: Arizona Staub
- [2] ISO 4402: 1991
Hydraulic fluid power – Calibration of automatic-count instruments for particles suspended in liquids – Method using classified AC Fine Test Dust contaminate
- [3] ISO 11 171: 1999
Calibration of automatic particle counters for liquids
- [4] ISO 4572: 1981
Hydraulic fluid power- Filters- Multipass method for evaluating filtration performance
- [5] NAS 1638: 1981
Cleanliness Requirements of parts used in hydraulic systems
- [6] ISO 4406: 1987
Hydraulic Fluid Power- Fluids -coding level of contamination by solid particles
- [7] ISO/DIS 4406: 1992
Hydraulic Fluid Power- Fluids -coding level of contamination by solid particles
- [8] ISO 4406: 1999
Hydraulic Fluid Power- Fluids -coding level of contamination by solid particles
- [9] ISO 4407: 1991
Hydraulic Fluid Power- Fluid Contamination- determination of particulate contamination by the counting method using a microscope
- [10] ISO 16 889: 1999
Multi-pass method for evaluating filtration performance of a filter element



Pall GmbH Machinery and Equipment

Philipp-Reis-Straße 6, 63303 Dreieich • Postfach 10 21 20, 63267 Dreieich
Telefon (06103) 307-0 • Telefax (06103) 307-317 • Pall im Internet: <http://www.pall.com>

Internationale Niederlassungen: Pall Industrial Hydraulics Corporation, East Hills, New York • Pall Industrial Hydraulics Ltd., Portsmouth • Pall Hydraulique S. A., Paris
Pall Italia Srl., Mailand • Pall Canada Ltd., Brockville, Ontario • Nihon Pall, Tokio • Pall (Schweiz) AG, Basel • Pall Austria Filter Ges.m.b.H., Wien • Pall Poland Ltd., Warszawa
Pall Rußland, Moskau, GUS • Pall Asia International Ltd., Hong Kong • Pall Belgium, Brüssel • Pall Filter (Beijing) Co.Ltd., Peking • Pall Ireland, County Tipperary •
Pall Korea Ltd., Seoul • Pall Norge A/S, Honefoss • Pall España S.A., Madrid • Pall Industrial do Brasil Ltda., São Paulo • Pall Australia Pty. Ltd., Melbourne

PALL,  und ULTIPOR sind eingetragene Warenzeichen von Pall Corporation. © Copyright by Pall

Die Informationen in dieser Druckschrift entsprechen dem Kenntnisstand zum Zeitpunkt der Drucklegung.
Durch die ständige technologische Weiterentwicklung unserer Produkte können sich diese Daten/Verfahren jederzeit ändern.