



Hydraulik - Pneumatik

Steffen Haupt
Moritzer Straße 35
01589 Riesa

Telefon: 03525 6801-0
Telefax: 03525 680120
info@haupt-hydraulik.de

Handbuch Hydraulik - Filtration

HYDHTM1DE1
2005

KATALOG

Vertrieb:

Frau Krauspe
Frau Göhler

03525 680110
03525 680111

krauspe@haupt-hydraulik.de
goehler@haupt-hydraulik.de

Technischer Außendienst:

Herr Burkhardt

03525 680113
0173 5834091

burkhardt@haupt-hydraulik.de



Das Handbuch für Hydraulik Filtration

Handbuch Nr. HYDHTM1DE1



Ihr Partner für Filtration

Das Parker Handbuch für Hydraulik Filtration möchte den Benutzer mit allen Aspekten der Hydraulik- und Schmierölfiltration vertraut machen; angefangen bei den Grundlagen bis hin zu hochentwickelten Technologien.

Es dient als Informationsquelle mit der Absicht, dem Benutzer das Thema klar und vollständig darzulegen, unabhängig von Vorkenntnissen.

Die richtige Auswahl und der sachgerechte Einsatz von Filtertechnik sind bedeutende Maßnahmen zur Steigerung der Produktivität bei gleichzeitiger Kostensenkung. Dieses Handbuch wird dem Benutzer helfen, im Bereich der Hydraulikfiltration fachgerechte Entscheidungen zu treffen.



Seite 2-11

Grundlagen, Typen u. Quellen von Verunreinigungen

Seite 12-15

Reinheitsklassen

Seite 16-23

Filtermedien und Filterelemente

Seite 24-31

Filterauswahl

Seite 32-33

Flüssigkeitsanalyse

Seite 34-37

Anhang

Verunreinigungen sind die Hauptursache für hydraulische Störungen

Aufgrund der Erfahrungen von Herstellern und Anwendern von Hydraulik- und Schmiersystemen konnte folgende Tatsache bestätigt werden: Über 75% aller Systemausfälle sind unmittelbares Ergebnis von Verunreinigungen!

Die durch Verunreinigung verursachten Kosten sind beträchtlich und entstehen durch:

- Produktionsausfall (Stillstandszeit)
- Ersatzteilkosten
- Häufiger Flüssigkeitswechsel
- Kostspielige Entsorgung
- Erhöhte allgemeine Wartungskosten
- Gesteigerter Ausschuß

Die Funktionen von Hydraulikflüssigkeiten

Verunreinigung beeinträchtigt die vier Funktionen von Hydraulikflüssigkeiten:

1. Als Medium zur Energieübertragung.
2. Zur Schmierung von internen beweglichen Bauteilen.
3. Als Medium zur Wärmeübertragung.
4. Zur Ausfüllung von Passungsspiel zwischen beweglichen Teilen.

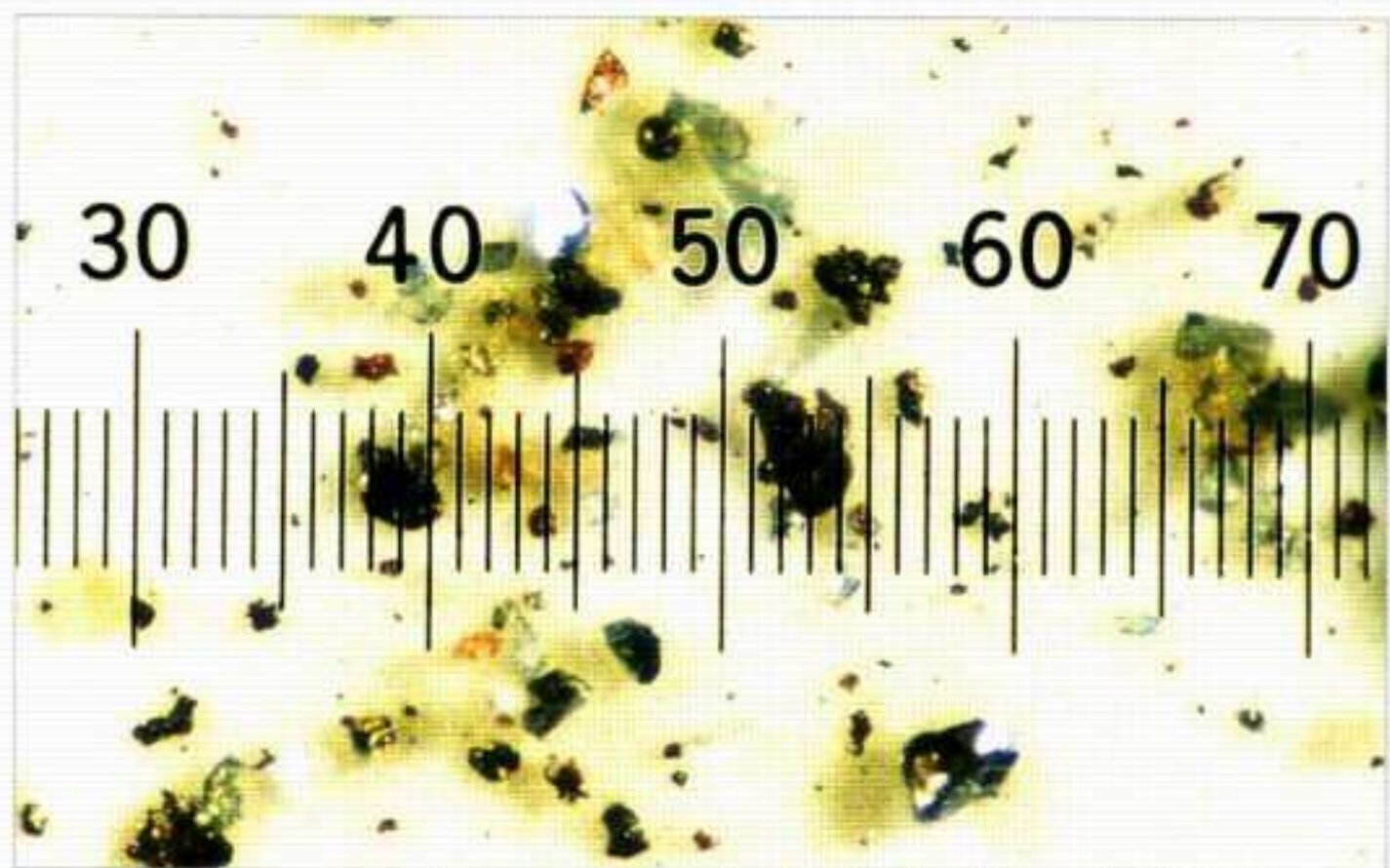
Ist eine dieser Funktionen beeinträchtigt, arbeitet eine Hydraulikanlage nicht einwandfrei.

Die resultierende Stillstandszeit kann im produzierenden Gewerbe Kosten von mehreren Tausend EUR pro Stunde bedeuten. Die Wartung von Hydraulikflüssigkeiten trägt zur Vermeidung oder Reduzierung ungeplanter Stillstandszeiten bei.

Dies wird mittels eines fortlaufenden Verbesserungsprogramms erzielt, das Verunreinigungen weitestgehend vermindert und sicher entfernt.

Filtrationsfakten

Sachgerecht installierte und gewartete Filteranlagen der richtigen Filterfeinheit und Größe spielen bei der Planung der vorbeugenden Maschinenwartung eine Schlüsselrolle.



Mikroskopaufnahme von Verunreinigungspartikeln
(hundertfache Vergrößerung: 1 Teilstrich = 10 Mikron)

Filtrationsfakten

Die Funktion eines Filters besteht darin, Öl zu reinigen. Die Zielsetzung ist eine Senkung der Betriebskosten.

Schäden durch Verunreinigungen

- Verschluß von Düsen
- Verschleiß von Bauteilen
- Entstehung von Rost und anderen Oxidationen
- Entstehung von chemischen Verbindungen
- Degeneration von Additiven
- Biologisches Wachstum

Hydraulikflüssigkeit soll einen Schmierfilm zur Trennung von Präzisionsteilen aufbauen. Im Idealfall ist dieser Film stark genug, das Spiel zwischen beweglichen Teilen vollständig auszufüllen. Dies führt zu geringen Verschleißwerten. Kann die Verschleißrate niedrig genug gehalten werden, erreichen die Bauteile wahrscheinlich die angestrebte Lebenserwartung von unter Umständen mehreren Millionen Belastungszyklen.

Die tatsächliche Stärke eines Schmierfilms hängt von der Viskosität der Flüssigkeit, der Belastung und der relativen Arbeitsgeschwindigkeit der beiden aufeinandertreffenden Flächen ab. Zahlreiche Bauteile werden so extrem belastet, daß sie das Schmiermittel zu einem sehr dünnen Film von weniger

als 1 Mikron Stärke zusammendrücken. Wird die Belastung zu stark, wird der Film von der Oberflächenrauheit der beiden beweglichen Teile durchbohrt, so daß schädliche Reibung auftritt.



Typische Spielmaße von Hydraulikbauteilen

Bauteil	Mikron
Reibungsarme Lager	0.5
Flügelzellenpumpe (Flügelspitze / Außenring)	0.5-1
Zahnradpumpe (Zahnrad / Seitenplatte)	0.5-5
Servoventil (Kolben / Bohrung)	1-4
Hydrostatische Lager	1-25
Kolbenpumpe (Kolben / Zylinderbohrung)	5-40
Servoventil (Prallplatten)	18-63
Hydraulikzylinder (Laufspiel)	50-250
Servoventil (Düse)	130-450

Relative Partikelgröße

Material	Mikron	Inch
Tafelsalz Korn	100	.0039
Menschliches Haar	70	.0027
Untere Sichtbarkeitsgrenze	40	.0016
Feines Mehl	25	.0010
Rote Blutkörper	8	.0003
Bakterien	2	.0001

Mikrometerskala

Partikelgrößen werden normalerweise in Mikron angegeben. Ein Mikron ist der millionste Teil eines Meters. Für das menschliche Auge liegt die untere Grenze der Sichtbarkeit bei ungefähr 40 Mikron. Die Mehrzahl der schädlichen Partikel in Hydraulik- oder Schmiersystemen ist kleiner als 40 Mikron und daher mit bloßem Auge nicht sichtbar.

Partikelverunreinigung

Partikelverunreinigungen werden allgemein in Schwebstoff- (Silt) und Teilchenverunreinigung (Chips) unterteilt. Schwebstoffe können als Ansammlung von Partikeln mit weniger als $5 \mu\text{m}$ Durchmesser definiert werden. Auch diese Art von Verunreinigung kann mit der Zeit zu Ausfällen von Systemteilen führen. Chips hingegen sind Partikel von $5 \mu\text{m}$ und mehr und können sofortige Schäden mit katastrophalen Folgen verursachen. Die beiden Hauptgruppen Schwebstoffe und Teilchen lassen sich weiter unterteilen:

Harte Partikel

- Kieselerde (Siliziumdioxid)
- Kohlenstoff
- Metall

Weiche Partikel

- Gummi
- Fasern
- Mikroorganismen

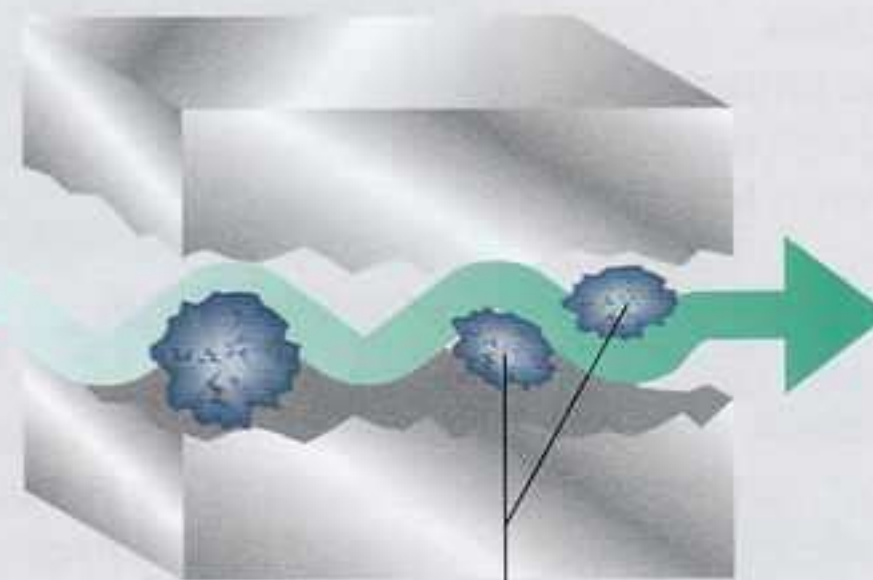
Verunreinigungsarten

1. Partikel

Silt (Partikel $< 5 \mu\text{m}$)

Chips (Partikel $> 5 \mu\text{m}$)

Durchflussrichtung



2. Wasser (frei und gelöst)



3. Luft



Silt



Filtrationsfakten

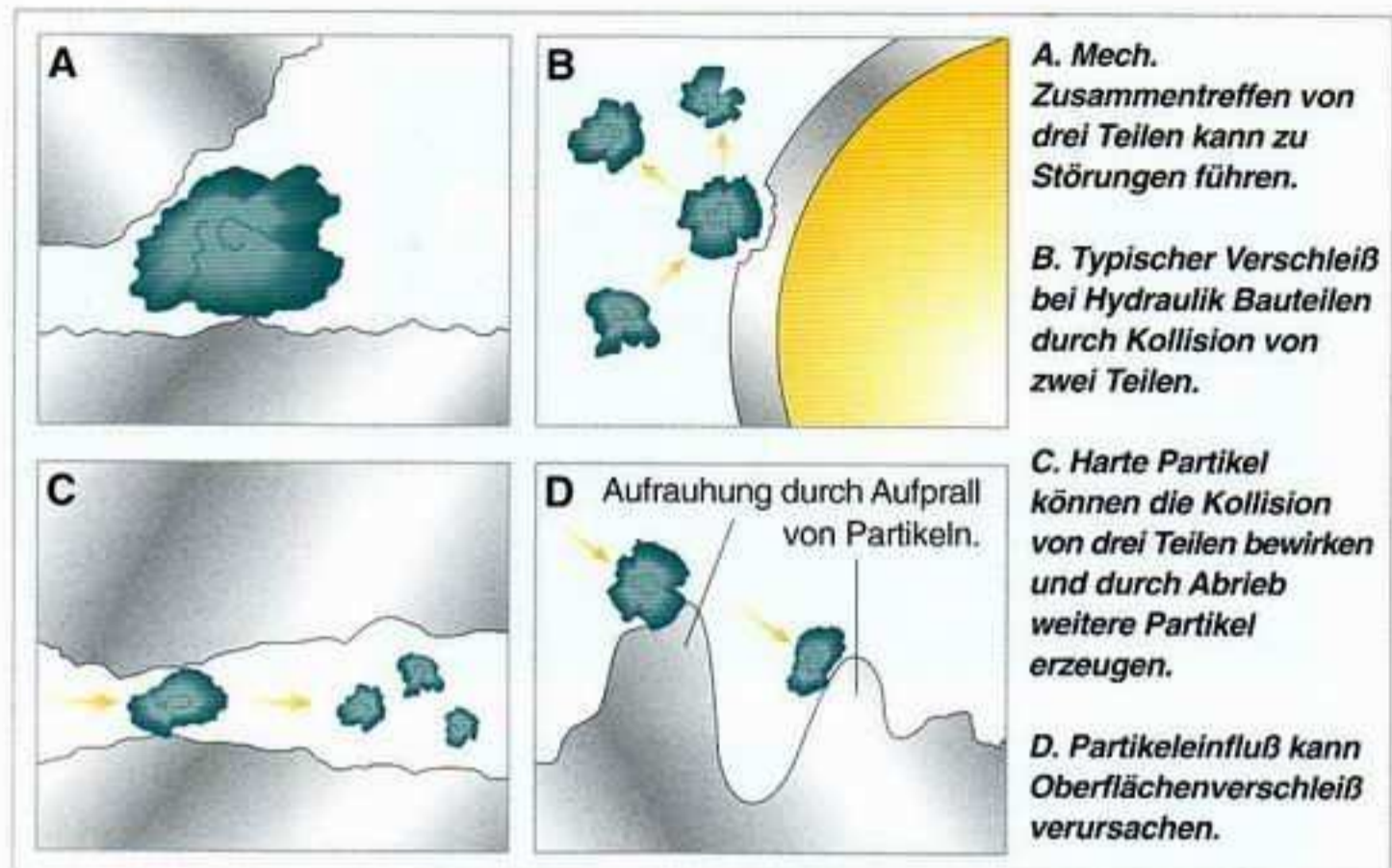
Additive für Hydraulikflüssigkeiten sind kleiner als 1 Mikron und werden von Standard Filtrationsverfahren nicht ausgefiltert.

Schäden

Wird ein System nicht gründlich gespült, können während der Fertigung und Montage eingebrachte Verunreinigungen zurückbleiben.

Hierzu gehören Staub, Schweißschlacke, Gummipartikel von Schläuchen und Dichtungen, Sand von Gußformen, sowie Metallabrieb von spanabhebend gefertigten Teilen. Weitere Verunreinigungen werden bei der Erstbefüllung des Systems mit Flüssigkeit eingebracht.

Während des Betriebs der Anlage können Verunreinigungen durch Belüfter und andere Öffnungen eindringen. Außerdem werden Verunreinigungen im Inneren durch Abrieb und chemische Nebenprodukte erzeugt, die Reaktionen mit Oberflächen eingehen und so zu weiteren Verunreinigungen führen.



Filtrationsfakten
Neue Flüssigkeiten sind nicht unbedingt sauber; Sie sind normalerweise nicht für Hydraulik- oder Schmiersysteme geeignet.

Quellen

- Nach Fertigung im System verblieben.
- Durch Nachfüllen mit neuer Flüssigkeit eingebracht.
- Während des Betriebs von Außen eingedrungen.
- Intern während des Betriebs erzeugt (siehe Tabelle rechts)
- Alterung von Hydraulikflüssigkeiten

Intern erzeugte Verunreinigungen

Abriebverschleiß - Harte Partikel geraten zwischen zwei bewegte Flächen und scheuern an einer oder an beiden Flächen.

Kavitationsverschleiß - Zu geringes Pumpenansaugvolumen bewirkt Flüssigkeitsmangel und Zusammenbruch der Flüssigkeitsversorgung, wodurch Bauteile mit empfindlicher Oberfläche aufeinandertreffen und Abrieb erzeugen.

Materialermüdung - Partikel geraten in Zwischenräume und führen durch wiederholte Belastung eines angegriffenen Bereichs sogar zum Abtrag von Material.

Erosionsverschleiß - Feinstpartikel in schnell fließenden Flüssigkeiten verschleifen Steuerranten oder Oberflächen.

Kontaktreibungsverschleiß - durch Verlust des Ölfilms zwischen zwei sich relativ zueinander bewegenden Lagerflächen kommt es zum direkten Kontakt von Metall mit Metall.

Korrosionsverschleiß - Wasser oder chemische Verunreinigungen in der Flüssigkeit bewirken Rostbildung oder chemische Alterung der Flüssigkeit, wodurch die Oberflächen von Bauteilen angegriffen werden.

Externe Verschmutzungsquellen



Partikeleintritt bei verschiedenen Hydrauliksystemen

System	Partikeleintritt
Mobile Anlagen	10^8 - 10^{10} pro Minute*
Produktionsanlagen	10^6 - 10^8 pro Minute*
Montageanlagen	10^5 - 10^6 pro Minute*

* Anzahl der von allen Verschmutzungsquellen in das System eingebrachten Partikel > 10 μ m

Filtrationsfakten

Die meisten Verunreinigungen dringen durch herkömmliche, unzureichende Belüfter und durch Kolbenstangen-dichtungen der Zylinder ein.

Vorbeugung

- Einsatz sachgerechter BelüftungsfILTER mit auswechselbaren Feinfilter-Elementen.
- Spülen aller Systeme vor Inbetriebnahme.
- Einsatz von Kolbenstangenabstreifern und Auswechslung verschlissener Kolbenstangendichtungen.
- Verschließen von Schläuchen und Hydraulikkomponenten während des Transports und bei Wartungsarbeiten.
- Filtration neuer Flüssigkeiten vor Befüllung des Systems.

Verunreinigungen durch Wasser

Zur korrekten Wartung der Systemflüssigkeit gehört mehr als nur Verschmutzungskontrolle. Auch die Entfernung von Wasser ist unabdingbar. Wasser ist einer der gefährlichsten Hauptverunreiniger von Fluidsystemen. Wasser in einem Hydraulik- oder Schmiersystem kann die Ursache für schwerwiegende Probleme sein. Sowohl Mineral- als auch Synthetiköl haben einen Wasser-Sättigungspunkt. Oberhalb dieses Punktes kann die Flüssigkeit kein weiteres Wasser mehr aufnehmen. Freies Wasser tritt auf, wenn das Öl gesättigt ist und kein weiteres Wasser mehr aufnehmen kann. Dieses Wasser hat gewöhnlich eine milchige Färbung; in diesem Fall liegt es emulgiert vor. Bei Bio-Ölen kann durch zu hohen Wasseranteil Hydrolyse auftreten.

Optische Auswirkung v. Wasser in Öl



Filtrationsfakten

Warnsignale für Systemverunreinigung

- Durchbrennen von Magnetspulen
- Exzentrische Ventilkolben, Leckagen, "Rattern".
- Pumpenausfall, Volumenstromverlust, häufiger Ersatzteilbedarf.
- Zylinderleckage, Riefenbildung.
- Erhöhte Servo-Hysterese.
- Blockieren von Filterelementen.

Typische Sättigungspunkte

Flüssigkeit	PPM	%
Hydrauliköl	300	.03%
Schmieröl	400	.04%
Transformatoröl	50	.005%



Wasser im System bildet Oxide, Schlämme und Harze. Korrosion ist eine weitere Folge, die zu weiterer Verschmutzung führt. Die Auswirkungen multiplizieren sich, da nunmehr Wasser und Partikel wie beispielsweise Rost zusammenwirken.

Additive fallen bei Vorhandensein von Wasser aus und bilden Säuren. Die Verbindung von Wasser, Wärme und ungleichen Metallen fördert galvanische Reaktionen. Dies führt zur Körnung und Korrosion von Metalloberflächen.

Weitere Probleme treten auf, wenn die Temperatur fällt und die Hydraulikflüssigkeit weniger Wasser binden kann. Wird der Gefrierpunkt erreicht, bilden sich Eiskristalle, die die Funktion des gesamten Systems beeinträchtigen können.

Die erhöhte elektrische Leitfähigkeit kann zum Problem werden, da Wasser die Isoliereigenschaft der Flüssigkeit schwächt und die Durchschlagsfestigkeit verringert.

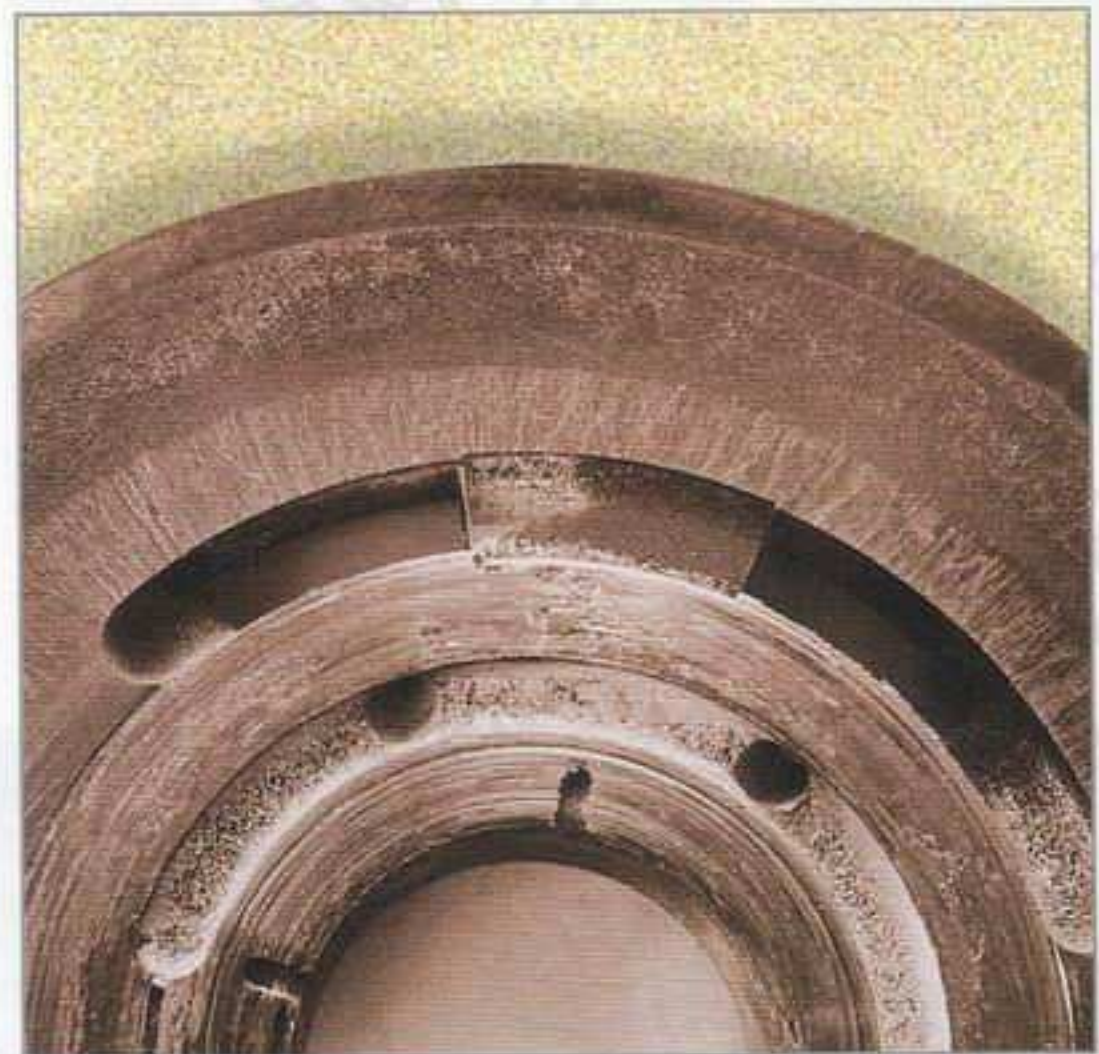


Schäden

- Korrosion von Metallteilen
- Erhöhter Abrasivverschleiß
- Lagerschäden
- Ausfall von Additiven
- Viskositätsschwankungen
- Zunahme der elektr. Leitfähigkeit

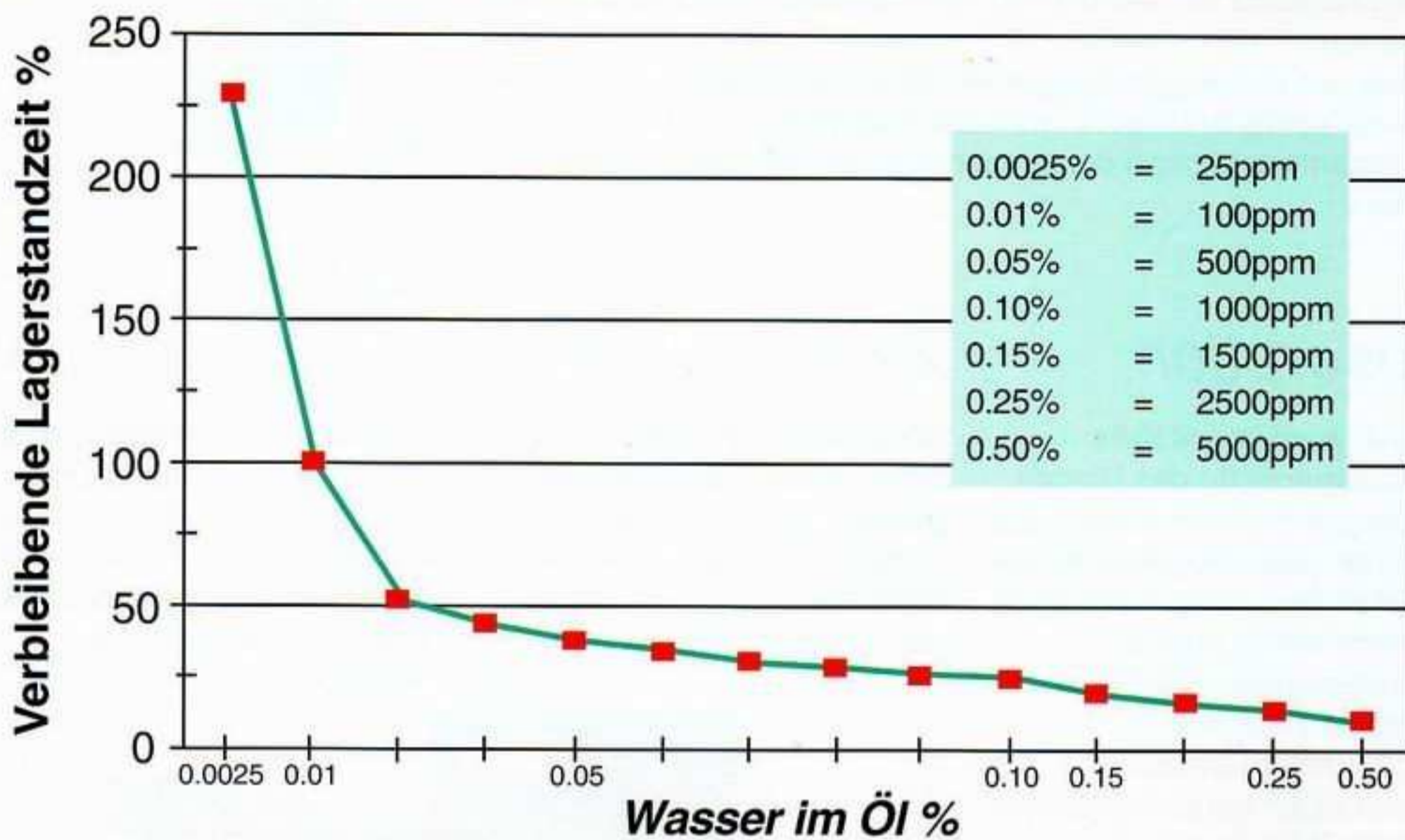
Filtrationsfakten

Freies Wasser ist mit einem "Spratztest" leicht feststellbar. Erhitzen Sie einen Öltropfen. Wenn sich im Öl freies Wasser befindet, verdampft es mit einem spratzenden Geräusch und sichtbaren Dampfbläschen.



Typischer Pumpenverschleiß durch Wasser- / Partikelkontamination

Auswirkung des Wasseranteils im Öl auf die Lagerstandzeit



Auswirkung des Wasseranteils im Öl auf die Lagerstandzeit (basierend auf 100% Standzeit bei 0,01% Wasser im Öl)

Quelle: "Machine Design" Juli 86, "How Dirt and Water affect Bearing Life" v. Timken Bearing Co.

Flüssigkeiten sind beim Transport und während der Lagerung ständig dem Einfluß von Wasser ausgesetzt. So ist z.B. die Lagerung von Tanks und Fässern im Freien üblich. Wasser kann sich auf Behältern sammeln und beim Öffnen oder Befüllen solcher Behälter ins Innere gelangen.

Wasser kann durch verschlissene Zylinder- oder Stellantriebsdichtungen oder durch Tanköffnungen ins Innere eines Systems gelangen.

Kondensation ist eine der häufigsten Ursachen des Eindringens von Wasser. Sobald sich die Flüssigkeit in einem Tank abkühlt, kondensiert Wasserdampf an den Innenflächen und führt zu Rostbildung und anderen Korrosionsproblemen.

Sobald Wasser im System vorhanden ist, beginnen Mikroorganismen zu wachsen. Schlamm- bildung, Viskositätszuwachs, abnormer Geruch und Entfärbung der Flüssigkeit sind typische Anzeichen.

Ursachen

- Verschlossene Kolbenstangendichtungen
- Unverschlossene Tanköffnungen
- Kondenswasserbildung
- Leckage im Wärmetauscher

Filtrationsfakten

Hydraulikflüssigkeiten können bei zunehmender Temperatur mehr Wasser binden. Milchige Flüssigkeiten werden bei zunehmender Erwärmung des Systems klarer.

Vorbeugung

Überschüssiges Wasser läßt sich normalerweise aus einem System entfernen.

Analog zur Vorbeugung gegen Partikelkontamination kann auch dem vorhandenen Wasser wirksam begegnet werden.

Wasseranteile können durch nachfolgende Verfahren entfernt werden.



Absorption

Hierzu werden spezielle Filterelemente für das Binden von freiem Wasser benötigt. Sie bestehen in der Regel aus einem Schichtmaterial, das freies in ein Gel verwandelt und im Filterelement bindet. Diese Elemente passen in Standardfiltergehäuse und werden allgemein zum Entfernen geringer Wassermengen verwendet.

Zentrifugieren

Wasser und Öl können durch Zentrifugieren voneinander getrennt werden. Dieses Verfahren eignet sich zum Entfernen von freiem Wasser, auch in größeren Mengen.

Vakuum Wasserabscheidung

Dieses Verfahren trennt Wasser von Öl durch Unterdruckverdampfung und anschließender Kondensation. Es eignet sich für die Entfernung größerer Mengen freien und gebundenen Wassers.

Filtrationsfakten

Freies Wasser ist schwerer als Öl. Daher sinkt es zum Boden des Tanks ab, wo es durch Öffnen des Ablassventils problemlos entfernt werden kann.

Filtrationsfakten

Absorptionsfilterelemente bieten optimale Leistung bei Anwendungen mit geringem Durchfluß und Fluiden niedriger Viskosität.



Vakuum - Wasserabscheidungssystem

Verunreinigung durch Luft

Flüssigkeitssysteme können Luft in gebundenem oder ungebundenem Zustand enthalten. Gebundene Luft braucht kein Problem darzustellen, solange sie gebunden bleibt. Wenn eine Flüssigkeit ungebundene Luft enthält, können Probleme auftreten, wenn diese Luft durch Systembauteile strömt. Treten in solchen Fällen Druckerhöhungen auf, die die Luft in den kleinen Luftblasen komprimieren, entstehen große Mengen Wärme. Diese Wärme kann Additive und auch die Basisflüssigkeit zerstören.

Wenn die Flüssigkeit zu große Mengen Luft gebunden hat, wird die Leistung des Systems beeinträchtigt. Die Leistung einer Hydraulikanlage hängt davon ab, daß die Flüssigkeit so gut wie nicht komprimiert werden kann. Luft verändert die Volumenstruktur der Flüssigkeit, weil Luft 20.000 mal stärker komprimierbar ist, als die Flüssigkeit, in der sie gebunden ist. Beim Vorhandensein von Luft verbraucht eine Pumpe zusätzliche Energie zum Komprimieren der Luft und leistet weniger nutzbare Arbeit. In diesem Fall wird die Arbeitsweise der Anlage als "schwammig" bezeichnet. Jegliche Luft in der Systemflüssigkeit ist eine potentielle Quelle von Oxidation, wodurch die Korrosion von Metallteilen vor allem dann beschleunigt wird, wenn zusätzlich Wasser vorhanden ist.

Ursachen

- Leckagen im System
- Luftansaugung durch Pumpen
- Turbulenzen im Behälter

Schäden

- Verlust von übertragener Energie
- Verminderte Pumpenleistung und vorzeitiger Pumpenausfall
- Verminderte Schmierfähigkeit
- Erhöhte Betriebstemperatur
- Tankflüssigkeit schäumt auf
- Chemische Reaktionen

Daneben kann die Oxidation von Additiven auftreten. Oxide fördern die Bildung von Partikeln oder Schlamm in der Flüssigkeit. Verschleiß und Störungen werden gesteigert, wenn die Oxidationsstoffe nicht entfernt werden, oder ihre Bildung nicht unterbunden wird.



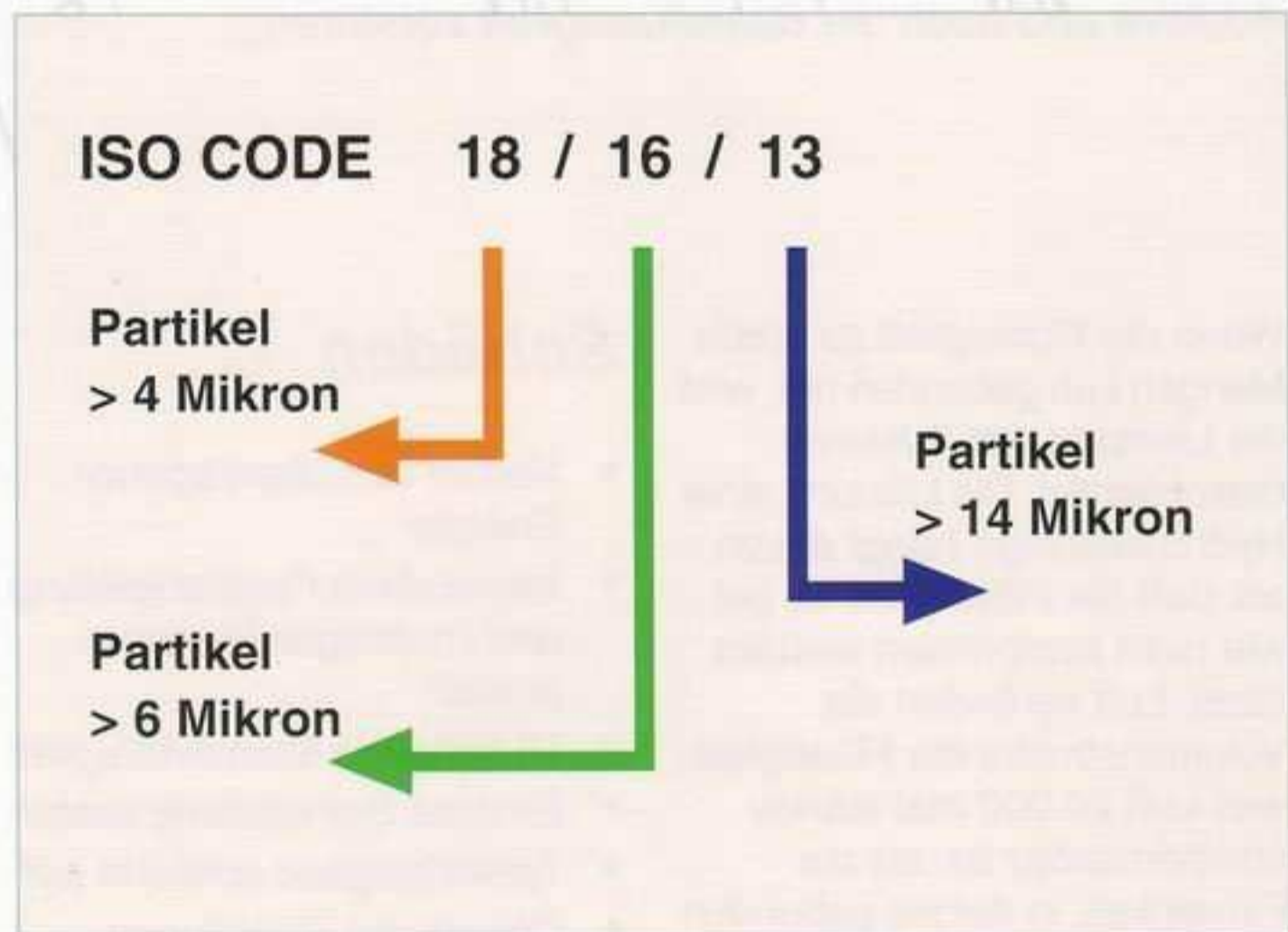
Vorbeugung

- Entlüftung des Systems
- Tauchen der Ansaugpumpe
- Sachgemäße Tankgestaltung
- Rückstromverteiler

Reinheitsklassen

Zur Feststellung oder Korrektur von Problemen wird eine Bezugsskala für Verunreinigungen verwendet. Das Zählen von Partikeln ist das gebräuchlichste Verfahren zur Ermittlung des Reinheitsgrades. Zum Zählen von Partikeln unterschiedlicher Größe werden hochempfindliche optische Instrumente verwendet. Die Ergebnisse werden als Anzahl von Partikeln einer bestimmten Größe, bezogen auf eine Flüssigkeitsmenge, angegeben.

Die Reinheitsklassen nach ISO 4406 (International Standards Organization) wurden 1999 im Hinblick auf die Verwendung eines neuen Teststaubs angepasst. Die aktuelle Version dieses Standards berücksichtigt die Anzahl von Partikeln über 4, 6 und 14 μm in 1ml Flüssigkeit. Die Anzahl von Partikeln über 4 bzw. 6 μm wird als Bezugspunkt für Schwebestoffe verwendet. Die Größenordnung über 14 μm gibt die Menge größerer Partikel an, die wesentlich zu katastrophalen Ausfällen der Anlage beitragen können.



ISO Klassifizierung und Definition

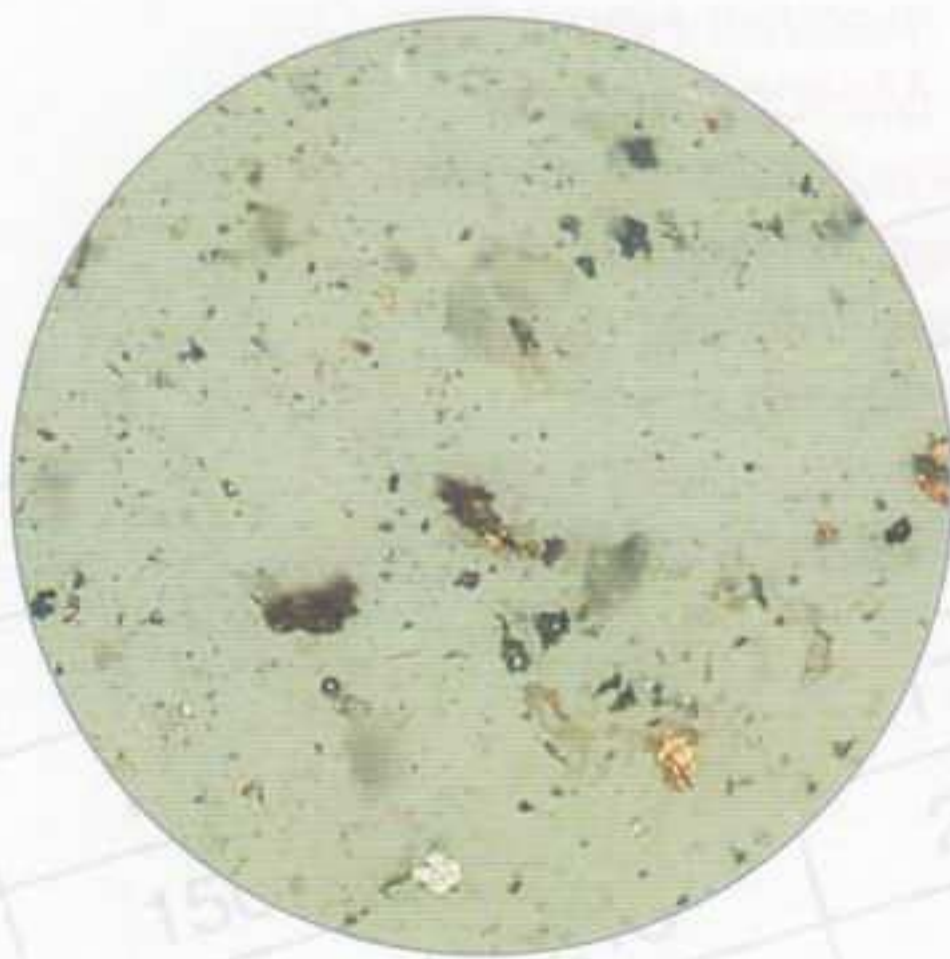
ISO Code	Mikron	Partikelzahl (pro ml)
18	4+	1,300 - 2,500
16	6+	320 - 640
13	14+	40 - 80

Filtrationsfakten
 Kenntnis über die Sauberkeit einer Flüssigkeit ist die Grundlage für Maßnahmen zur Reinhaltung.

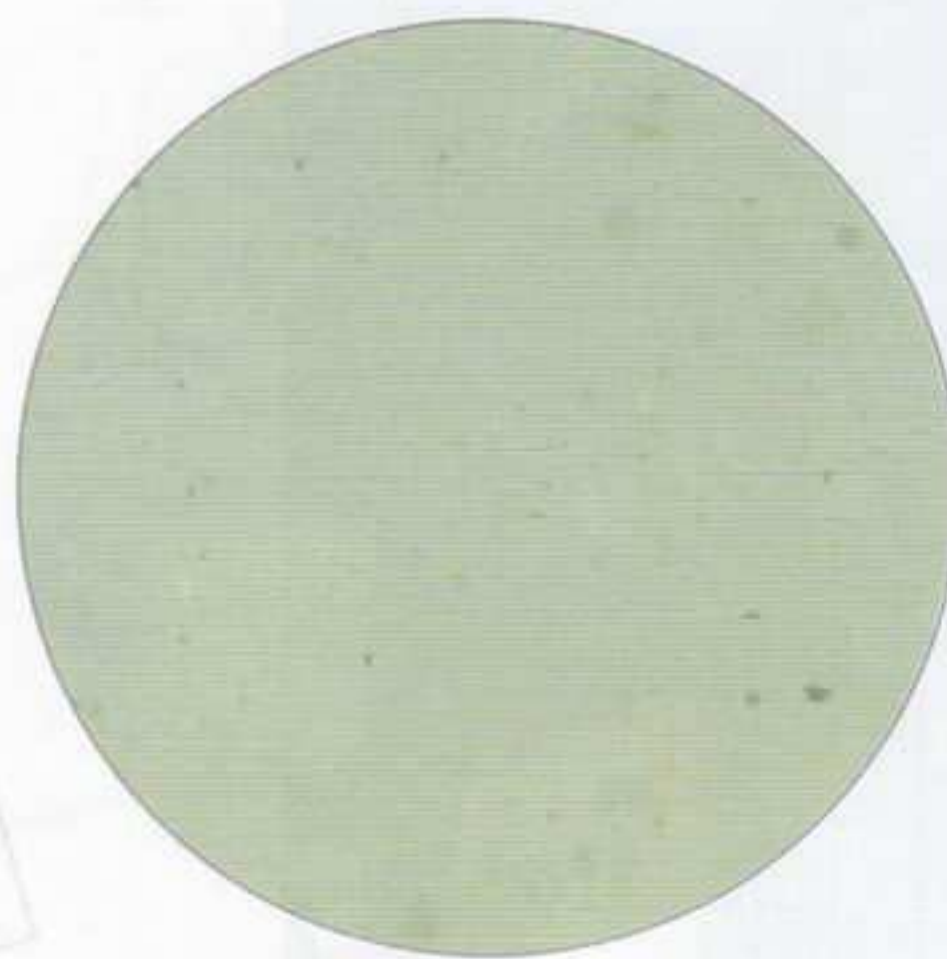
Die hier beschriebenen ISO-Codes gelten für die Partikelgrößen 4,6 und 14 Mikron. Reinheitsklassen nur für 6 und 14 Mikron, die den gegenwärtig geltenden ISO-Standard erfüllen, dürfen in bestimmten Publikationen weiterhin verwendet werden (Beispiel: ein ISO-Code von 16 / 13 würde sich nur auf Partikel von 6 und 14 Mikron beziehen).

Tabelle ISO 4406:1999

ISO Code	Anzahl Partikel pro ml	
	mehr als	bis einschließlich
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	.64	1.3
6	.32	.64



ISO 21 / 19 / 17 Flüssigkeitszustand
(hundertfache Vergrößerung)



ISO 16 / 14 / 11 Flüssigkeitszustand
(hundertfache Vergrößerung)

Reinheitsanforderungen für Hydraulikbauteile

Zahlreiche Hersteller von Komponenten für die Stationär- und Mobilhydraulik spezifizieren die optimalen Sauberkeitsanforderungen für ihre Bauteile. Flüssigkeiten mit stärkerer Verschmutzung können zu einer wesentlichen Verkürzung der Lebensdauer dieser Bauteile führen.

Die nebenstehende Tabelle führt verschiedene Komponenten mit deren jeweiligen Reinheitsansprüchen auf. Es empfiehlt sich stets, die jeweiligen Hersteller zu konsultieren und schriftliche Empfehlungen bezüglich der Sauberkeit anzufordern. Diese Informationen werden zur Bestimmung der sachgemäßen Filtration benötigt. Sie erweisen sich u. U. im Rahmen eventueller Gewährleistungsansprüche als nützlich, wenn Entscheidungen über normale, übermäßige oder mißbräuchliche Beanspruchung zu treffen sind.

Reinheitsanforderungen für Hydraulikkomponenten

Bauteile	ISO Code
Servosteuerventile	16 / 14 / 11
Proportionalventile	17 / 15 / 12
Flügelzellen- u. Kolbenpumpen/Motoren	18 / 16 / 13
Wege- und Druckregelventile	18 / 16 / 13
Zahnradpumpen / Motoren	19 / 17 / 14
Drosselventilzylinder	20 / 18 / 15
Neue, unbenutzte Flüssigkeit	20 / 18 / 15

Filtrationsfakten

Die meisten Hersteller von Maschinen und Hydraulikkomponenten geben Hinweise zur Notwendigkeit der Einhaltung eines Reinheitsprofils nach ISO-Standards.



Vergleichstabelle der Reinheitsklassen

Code ISO 4406:1999	Partikel / Milliliter			NAS 1638 (1964)	Abgeschafte SAE Klasse (1963)
	>4 Mikron	>6 Mikron	>14 Mikron		
23 / 21 / 18	80,000	20,000	2,500	12	-
22 / 20 / 18	40,000	10,000	2,500	-	-
22 / 20 / 17	40,000	10,000	1,300	11	-
22 / 20 / 16	40,000	10,000	640	-	-
21 / 19 / 16	20,000	5,000	640	10	-
20 / 18 / 15	10,00	2,500	320	9	6
19 / 17 / 14	5,000	1,300	160	8	5
18 / 16 / 13	2,500	640	80	7	4
17 / 15 / 12	1,300	320	40	6	3
16 / 14 / 12	640	160	40	-	-
16 / 14 / 11	640	160	20	5	2
15 / 13 / 10	320	80	10	4	1
14 / 12 / 9	160	40	5	3	0
13 / 11 / 8	80	20	2.5	2	-
12 / 10 / 8	40	10	2.5	-	-
12 / 10 / 7	40	10	1.3	1	-
12 / 10 / 6	40	10	.64	-	-

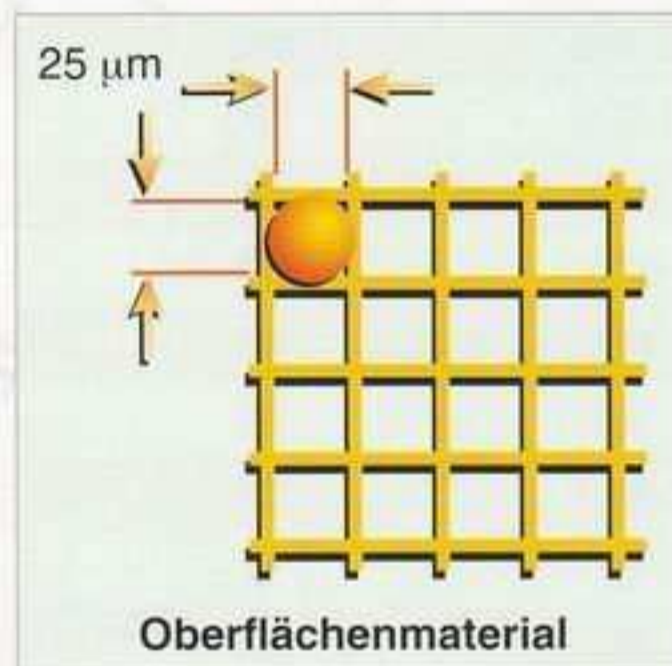
Filtrationsfakten

Die Farbe einer Flüssigkeit läßt keine verlässlichen Rückschlüsse auf deren Reinheit zu.

Das Filtermaterial ist der Teil des Filterelements, der die Verunreinigungen ausfiltert.

Filtermaterialien werden gewöhnlich in flacher Form hergestellt und anschließend gefaltet, um die Filterfläche zu vergrößern. Dadurch wird der Differenzdruck vermindert und gleichzeitig die Schmutzaufnahmekapazität gesteigert. In einigen Fällen kann das Filtermaterial zur Erzielung bestimmter Leistungskriterien aus mehreren unterschiedlichen Lagen und Stützgewebe bestehen. Nach dem Falten und Zuschneiden auf die geforderte Länge werden die beiden Enden mit einer Spezialklammer, Klebstoff oder anderen Mitteln verbunden. Als Filtermaterialien werden hauptsächlich Drahtgewebe, Zellulose, Glasfasermatten oder andere synthetische Werkstoffe verwendet. Filtermaterialien werden allgemein als **Oberflächen-** oder **Tiefenfilter** klassifiziert.

Oberflächenfilter



Bei Verwendung von Oberflächenfiltern weist die Flüssigkeit im wesentlichen einen geraden Durchfluß auf. Verunreinigungen sammeln sich auf der Oberfläche des dem Durchfluß zugewandten Filtereinsatzes. Oberflächenfilterelemente bestehen normalerweise aus Drahtgewebe. Da die Verarbeitung von Drahtgewebe sehr genau geregelt werden kann, haben Oberflächenfilter eine einheitliche Porengröße. Diese Porengröße entspricht dem Durchmesser des größten harten Partikels, der unter festgelegten Testbedingungen das Filterelement zu passieren vermag. Die Ansammlung von Verunreinigungen auf der Oberfläche des Filterelements kann jedoch auch zur Ausfilterung von Partikeln mit kleinerem Durchmesser als dem Porenmaß führen. Desgleichen können längere Partikel mit kleinerem Durchmesser (wie z.B. Fasern) ein Filterelement passieren.

Filtrationsfakten

Oberflächenfilter können gereinigt und erneut verwendet werden. Am besten eignet sich dafür die Ultraschallreinigung. Tiefenfilter können nicht gereinigt und wiederverwendet werden.

Tiefenfilter

Bei Tiefenfiltern durchströmt die Flüssigkeit das Filtermaterial auf indirektem Weg. Partikel werden in allen Öffnungen des Filtergewebes zurückgehalten. Aufgrund dieser Bauweise hat ein Tiefenfilter zahlreiche Poren unterschiedlicher Größe und kann je nach Verteilung der Porengröße eine Vielzahl von Feinstpartikeln zurückhalten.

Die Lebensdauer von Filtermedien hängt von ihrer jeweiligen Bauweise und der Art der auszufilternden Verunreinigungen ab. Allgemein enthalten Filtermedien Millionen feinste, von den Filterfasern geformte Poren unterschiedlicher Größe, die sich über alle Lagen des vielfach geschichteten Filtermaterials verteilen.

Die beiden grundlegenden Materialien für Tiefenfilter-

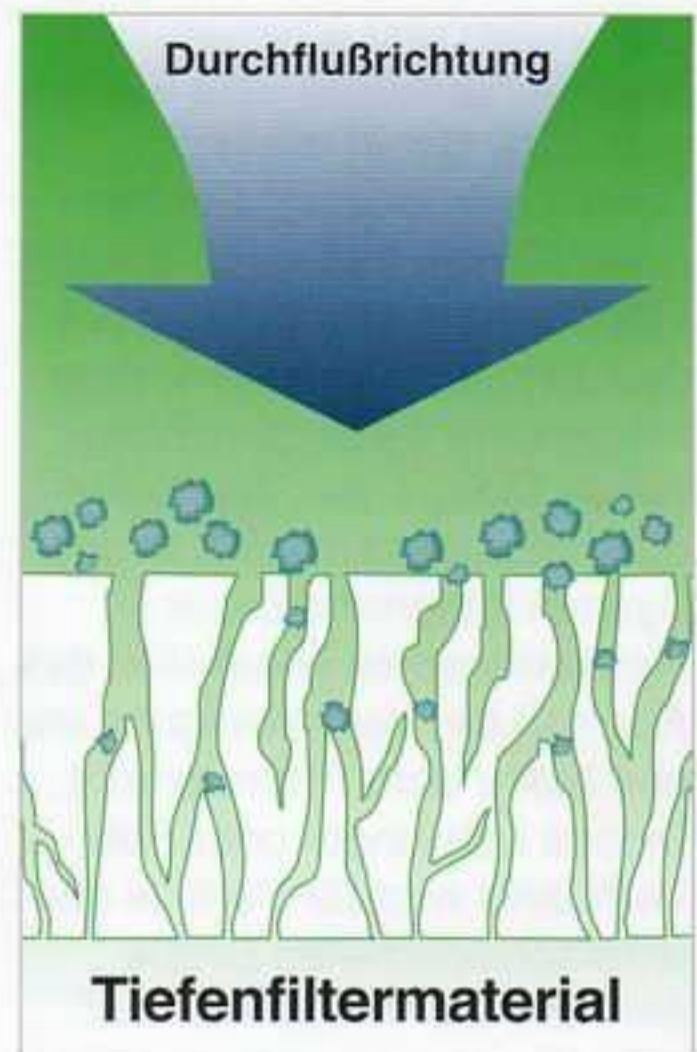
elemente sind Zellulose und Glasfaser.

Zellulosefilter haben aufgrund der unregelmäßigen Größe und Form der Fasern Poren von sehr unterschiedlicher Größe.

Im Hinblick auf die Forderung nach gleichbleibender und planbarer Filterleistung werden heute Glasfasermedien eingesetzt, die aus Fasern sehr gleichförmiger Größe bestehen. Sie sind allgemein dünner als Zellulosefasern und haben einen gleichmäßigen, kreisförmigen Querschnitt.

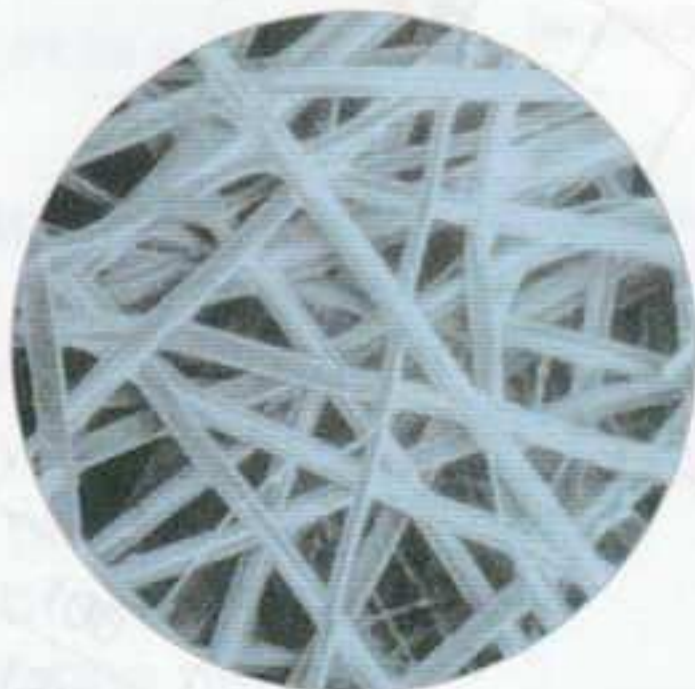
Je dünner die Fasern, desto mehr Poren befinden sich auf einer gegebenen Oberfläche. Außerdem können dünnere Fasern dichter gepackt werden und sorgen damit für kleinere Poren und bessere Filtration.

Elemente dieser Art sind effektiver und können größere Mengen an Schmutz aufnehmen.

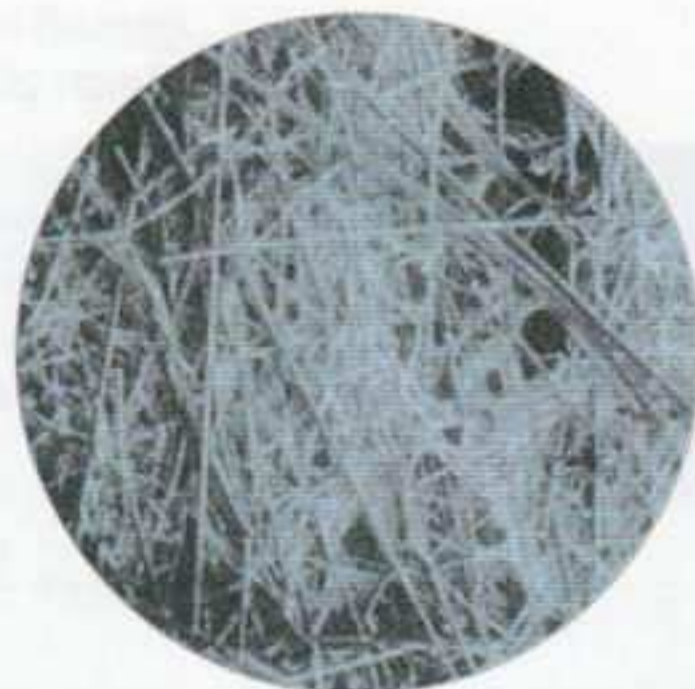


Allgemeiner Vergleich von Filtermedien

Filtermaterial	Filter-Effizienz	Schmutzaufnahmekapaz.	Differenzdruck	Lebensdauer	Gesamt-Nutzungskosten
Drahtgewebe	gering	gering	gering	mäßig bis hoch	mäßig
Zellulose	mäßig	mäßig	hoch	mäßig	mäßig bis hoch
Glasfaser	hoch	hoch	mäßig bis hoch	hoch	mäßig
Mehrlagige Glasfaser	hoch	sehr hoch	mäßig bis hoch	sehr hoch	mäßig bis gering



Großmaschiges Glasfasermaterial (100x)



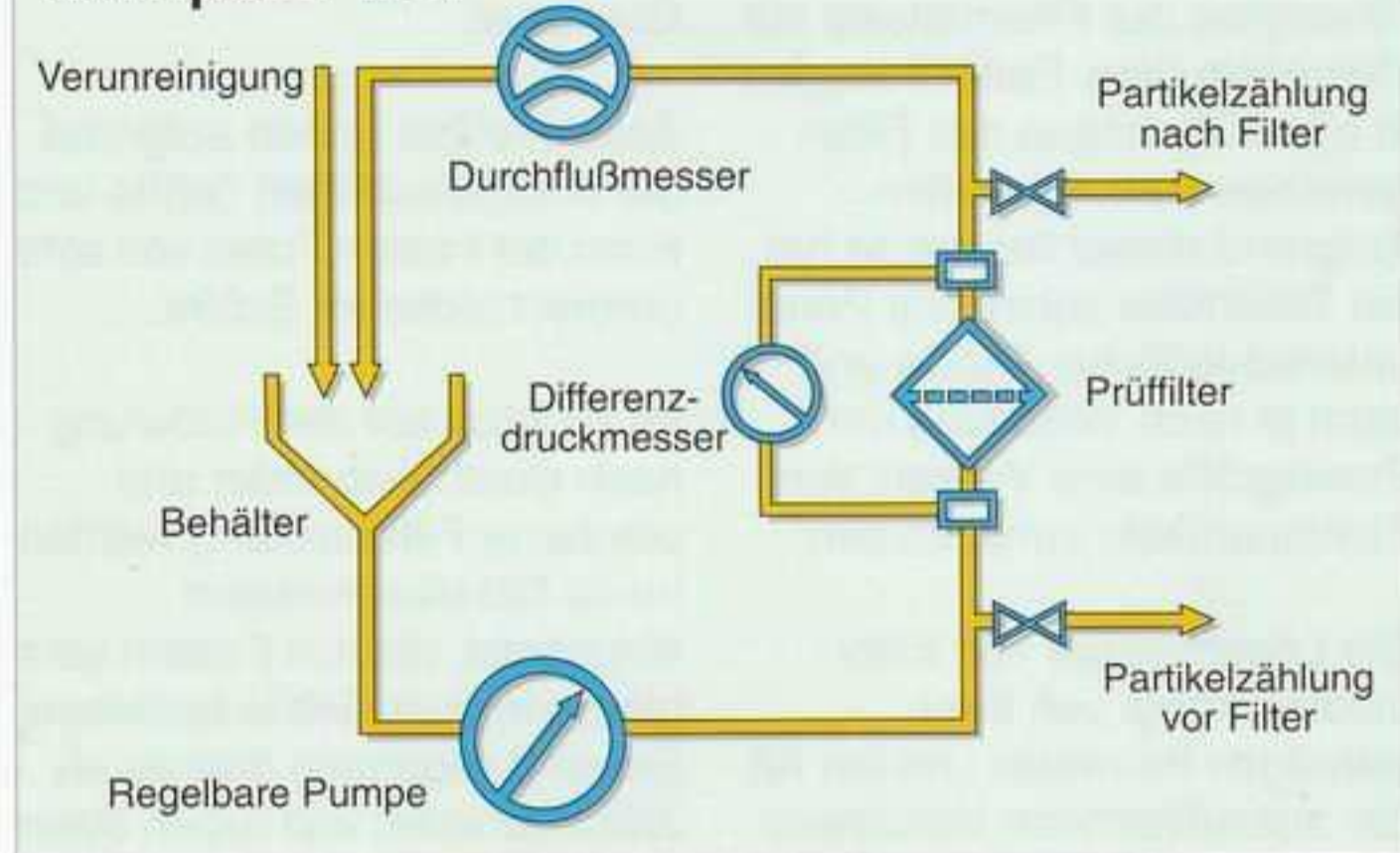
Feinmaschiges Glasfasermaterial (100x)

Multipass Test

Hersteller von Filtersystemen verwenden den Multipass-Test nach ISO 16889 zur Bewertung der Leistung von Filterelementen. Beim Multipass-Test wird die Flüssigkeit unter genau geregelten und überwachten Bedingungen durch das System gepumpt. Dabei wird der Differenzdruck zwischen den Anschlüssen des zu prüfenden Filterelements fortlaufend aufgezeichnet, während vor dem Filterelement eine gleichbleibende Menge von Verunreinigungen zugeführt wird. In das System integrierte Laser-Partikelsensoren überprüfen das Ausmaß der Verunreinigung vor und hinter dem Filterelement. Dieses Leistungs- oder Beta-Verhältnis wird für Partikel der unterschiedlichsten Größe ermittelt. Der Multipass-Test liefert drei wichtige Daten über die Leistungsfähigkeit eines Filterelements:

1. Schmutzaufnahmekapazität
2. Differenzdruck des Filterelements
3. Als Beta-Wert ausgedrückte Filter-Effizienz.

Multipass Test



Beta-Wert

Der Beta-Wert (oder Filter-Effizienz) ist die Maßeinheit zur Angabe der Ausfilterungsfähigkeit eines Filterelements und damit ein Leistungsmaß.

Hier ein Beispiel dafür, wie mittels Multipass-Test der Beta-Wert ermittelt wird: Wir gehen davon aus, daß 50.000 Partikel von 10 Mikron und mehr vor dem zu prüfenden Filterelement und 250 Partikel derselben Größe hinter dem betreffenden Filterelement gezählt wurden. In diesem Fall ist der Beta-Wert gemäß nachfolgendem Beispiel gleich 200.

Dieses Beispiel ergibt "Beta 10 gleich 200". Ein Beta-Wert allein hat jedoch nur geringe Bedeutung, sondern stellt nur den ersten Schritt zur Feststellung der Wirksamkeit eines Filters beim Ausfiltern von Partikeln dar. Diese in Prozent ausgedrückte Filter-Effizienz kann anhand einer einfachen Gleichung ermittelt werden.

$$\text{Effizienz}_x = \left(1 - \frac{1}{\beta}\right) 100$$

$$\begin{aligned} \text{Effizienz}_{10} &= \left(1 - \frac{1}{200}\right) 100 \\ &= 99.5\% \end{aligned}$$

$$\beta_x = \frac{\text{Anzahl Partikel vor dem Filter}}{\text{Anzahl Partikel hinter dem Filter}}$$

"X" = bestimmte Partikelgröße

$$\beta_{10(c)} = \frac{50,000}{250} = 200$$

Filtrationsfakten

Die Effizienz von Filterelementen bezüglich der Abscheidung von Partikeln wird in Beta-Werten angegeben.



Beta(β) -Werte / Filter-Effizienz

Beta(β)-Wert (bei vorgeg. Partikelgröße)	Filter-Effizienz (bei gleicher Partikelgröße)
1.01	1.0%
1.1	9.0%
1.5	33.3%
2.0	50.0%
5.0	80.0%
10.0	90.0%
20.0	95.0%
75.0	98.7%
100	99.0%
200	99.5%
1000	99.9%

In diesem Fall war der geprüfte Filter in der Lage, 99,5% der Verunreinigungen von 10 und mehr Mikron Größe auszufiltern.

Die nebenstehende Tabelle zeigt einige übliche Beta-Werte zusammen mit der zugehörigen Filter-Effizienz.

Filtrationsfakten

Multipass Testergebnisse hängen stark von folgenden variablen Faktoren ab:

- Durchflußrate
- End-Differenzdruck

Beta(β)-Wert

Partikel vor Filter	Partikel hinter Filter	Beta(β)-Wert (x)	Filtereffizienz (x)
100,000 > (x) Mikron	50,000	$\frac{100,000}{50,000} = 2$	50.0%
	5'000	$\frac{100,000}{5,000} = 20$	95.0%
	1,333	$\frac{100,000}{1,333} = 75$	98.7%
	1,000	$\frac{100,000}{1,000} = 100$	99.0%
	500	$\frac{100,000}{500} = 200$	99.5%
	100	$\frac{100,000}{100} = 1000$	99.9%

Ermittlung eines Anwendungsprofils

Die nachfolgende Übersicht erlaubt die individuelle Gewichtung von sieben Belastungs-Parametern. Suchen Sie nach Ermittlung der Gesamtbelastung durch Addition der sieben verschiedenen Belastungswerte von Tabelle A bis G die betreffende Zahl auf der vertikalen Achse der Gesamtbelastungskurve. Ziehen Sie eine horizontale Linie von der Gesamtbelastungszahl, so daß diese Linie sich an zwei Punkten mit dem Filtrationsbereichsband schneidet.

Die beiden Schnittpunkte auf der horizontalen Achse geben den Bereich der erforderlichen Filterfeinheit bei einem $\beta(x)$ -Wert von 200 an. Die so ermittelten Werte dienen als Richtschnur zur Auswahl geeigneter Filtermedien aus den Herstellerkatalogen.

TABELLE A

Druck- und Arbeitszyklen

(zur Berücksichtigung des norm. Betriebsdrucks, Auswirkungen v. Druckschwankungen; Zahl der Arbeitszyklen)

Druck; Betriebsdruck wählen

Belastung:

LEICHT	Kontinuierl. Betrieb mit oder unter Nenndruck
MITTEL	Mittlere Druckveränder. bis zum Höchstdruck
STARK	Null bis Höchstdruck
EXTREM	Null bis Höchstdruck - mit vorüberg., häufiger Höchstleistung (0,6Hz) (z.B. Antrieb f. Stanze).

Wählen Sie die Belastung aus untenstehender Tabelle:

Druck		Belastung			
PSI	Bar	Leicht	Mittel	Stark	Extrem
0-1015	0-70	1	2	3	4
1015-2175	70-150	1	3	4	5
2175-3625	150-250	2	3	4	6
3625-5075	250-350	3	5	6	7
5075+	350+	4	6	7	8

Belastungswert

TABELLE B

Umgebungsbedingungen

	Beispiele	Belastung
Gut	Sauberes Umfeld, Labors	0
Durchschn.	Allgemeine Produktion Montagemaschinen	1
Schlecht	Mobile Anlagen, Walzen	2
Sehr schlecht	Gießereien, Schmieden u. Orte mit starkem Schmutzeintritt	3

Belastungswert

TABELLE C

Anfälligkeit von Bauteilen

	Beispiele	Belastung
Sehr hoch	Hochleistungs-Servoventile	8
Hoch	Industrie-Servoventile	6
Überdurchschn.	Proportionalventile, Stromregelventile Kolbenpumpen	4
Durchschn.	Flügelventile, Servoventile	3
Unterdurchschn.	Zahnradpumpen, Handsteuerventile	2
Minimal	Plungerkolbenpumpen u. Zylinder	1

Belastungswert

TABELLE D

Betriebsdauererwartung von Bauteilen

Stunden	Belastung
0-1.000	0
1.000-5.000	1
5.000-10.000	2
10.000-20.000	3
20.000+	5

Belastungswert

TABELLE E

Bauteilkosten

Bewertung der Anschaffungs- bzw. Austauschkosten

	Beispiele	Belastung
Sehr hoch	Große Kolbenpumpen, große Motoren m. hoh. Drehmoment	4
Hoch	Zylinder, Servoventile, Kolbenpumpe	3
Durchschn.	Plattenmontierte Ventile	2
Niedrig	Rohrleitungsventile, preiswerte Zahnradpumpen	1

Belastungswert

TABELLE F

Betriebswirtschaftlichkeit

Bewertung der Stillstandskosten

	Beispiele	Belastung
Sehr hoch	Hochpreisige Stillstandszeiten best. Papier-, Stahl-, Kfz- und Energie-Produktionsanlagen	5
Hoch	Hochvolumige Produktionsanlagen	3
Durchschn.	Kritische, jed. nicht produz. Anlagen	2
Niedrig	Für Produktion nicht krit. Anlagen	1

Belastungswert

TABELLE G

Betriebssicherheit

Bewertung der Sicherungsfunktion von Bauteilen

	Beispiele	Belastung
Hoch	Bremsanlagen f. Zechenantriebe	3
Durchschn.	Gefahrenpotenzial bei Ausfall	1
Niedrig	Hydraulik-Prüfstände, Gefahrenpotenzial minimal	0

Belastungswert

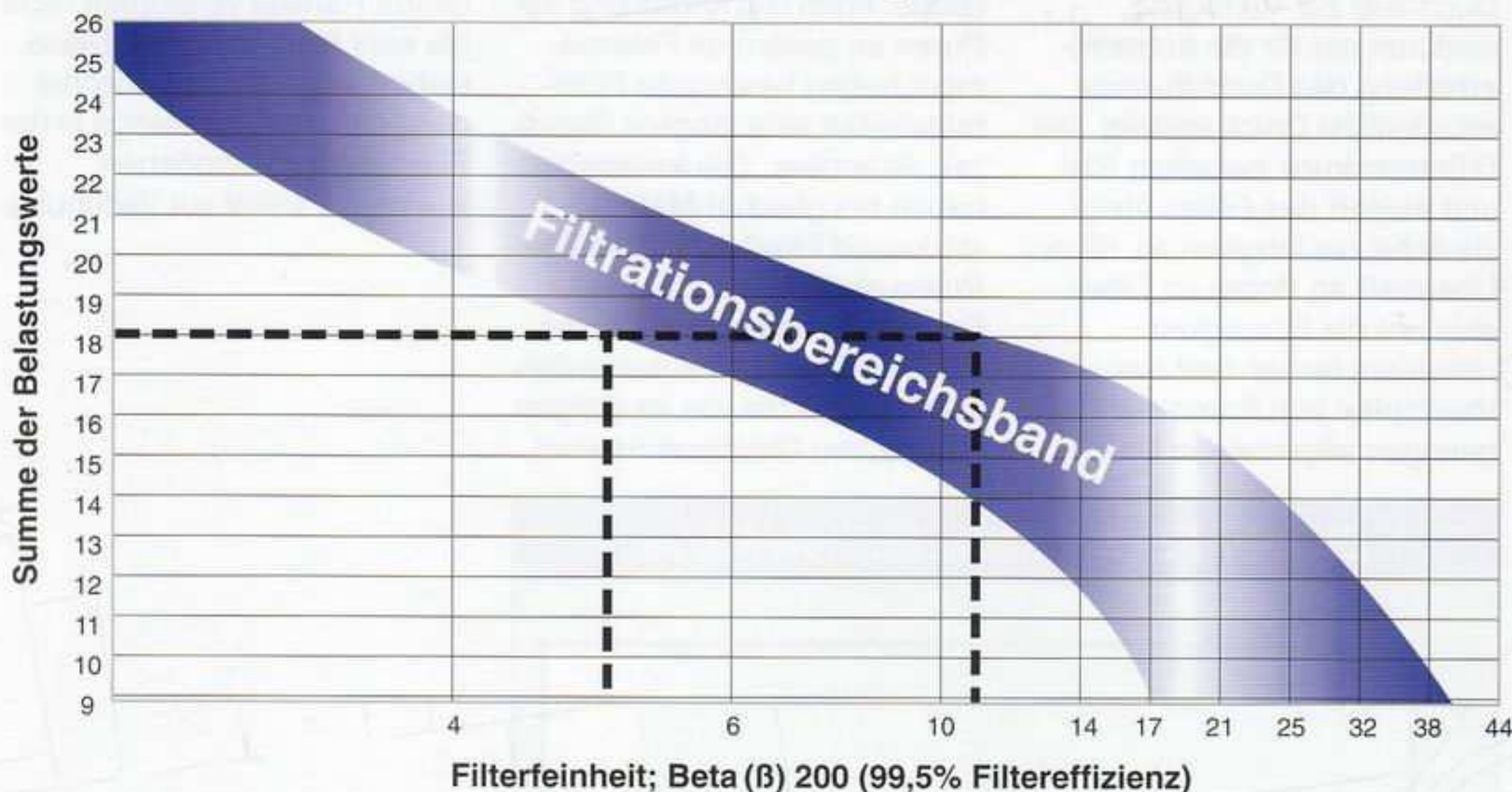
Summe der ermittelten Belastungswerte

Auswahl geeigneter Filtermedien

Die Wahl des für einen bestimmten Einsatz bestgeeigneten Filtermaterials hängt von einer Reihe aufeinander einwirkender Faktoren ab. Das folgende Verfahren für die Wahl des Filtermaterials wurde von der British Fluid Power Association (B.F.P.A.) entwickelt und verwendet ein "Belastungssystem" wobei 7 Werte aus den Parametertabellen zu addieren sind.

Anschließend kann mit Hilfe des Filtrationsbereichsbandes die notwendige Filterfeinheit und damit das geeignete Filtermaterial ermittelt werden, bezogen auf einen Beta-Wert 200 (99,5% Filtereffizienz). Dabei muß betont werden, daß der auf diese Weise ermittelte Belastungsbereich nur als Näherungswert gelten kann. Genaue Betriebsparameter können von Anwendern wie auch Herstellern von Filteranlagen häufig nur schwer ermittelt werden.

Gesamtbelastungskurve



Beispiel

Stellen Sie sich einen großen Hydraulikbagger in einem Steinbruch vor. Das Hydrauliksystem besteht aus einer druckgeregelten Kolbenpumpe und sehr großen Hubzylindern.

Betriebsdruck u. Arbeitszyklen (Tab.A)

Das System arbeitet bei 245 bar mit Druck- u. Durchflußschwankungen und Arbeitszyklen, die viermal pro Minute wiederholt werden, Belastung daher:

Hoch Belastungswert = 4

Umgebungsbedingungen (Tab.B)

Bei trockenem Wetter muß mit starkem Schmutzeintritt gerechnet werden.

Schlecht Belastungswert = 2

Anfälligkeit von Bauteilen (Tab.C)

In der Mehrzahl durchschnittlich, die Pumpen jedoch überdurchschnittlich.

Überdurchschnittlich Belastungswert = 4

Betriebsdauererwartung (Tab.D)

2000 jährl. Betriebsstunden ergeben bei vierjähriger Nutzung 8000 Betriebsstunden.

5.000-10.000 Stunden Belastungswert = 2

Bauteilkosten (Tab.E)

Hubzylinder und druckgeregelte Kompenpumpen sind rel. kostspielig. Bauteilkosten sind somit hoch.

Hoch Belastungswert = 3

Betriebswirtschaftlichkeit (Tab.F)

Die tatsächlichen Ausfallkosten hängen stark von den Gegebenheiten im Steinbruch ab. Aufgrund der hohen Anschaffungskosten ist jedoch die Kategorie hoch zutreffend.

Hoch Belastungswert = 3

Betriebssicherheit (Tab.G)

Niedrig, daher

Niedrig Belastungswert = 0

Gesamtbelastungswert

(Summe aller Belastungswerte) = 18

Mit dem Gesamtbelastungswert wird eine Filterfeinheit von 4 bis 12 Mikron ermittelt. Das zu wählende Filtermaterial sollte einen Beta(β)-Wert von 200 aufweisen (99,5% Filtereffizienz).

Filtrationsfakten

Zwischen der Verwendung bestimmter Filtermedien und der Erzielung einer ISO-Reinheitsklasse besteht kein unmittelbarer Zusammenhang. Vielmehr sind zahlreiche weitere veränderliche Faktoren wie das Eindringen von Partikeln, der tatsächliche Filterdurchsatz und die Anordnung der Filter zu berücksichtigen.

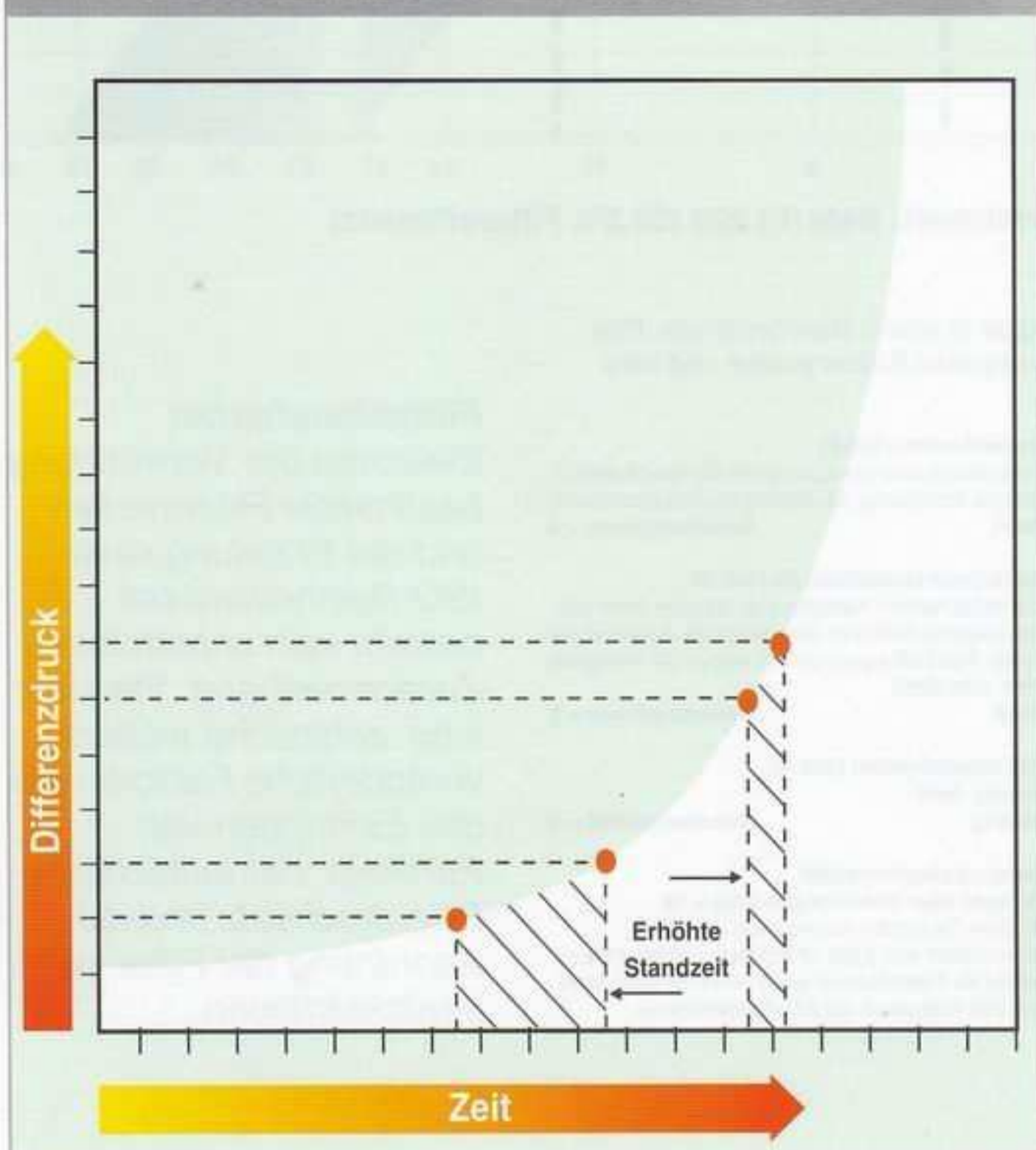
Schmutzaufnahme

Verunreinigungen verstopfen die Poren im gesamten Filterelement und sammeln sich allmählich an. Je stärker sich das Filterelement mit Verunreinigungen zusetzt, desto weniger Poren stehen für den Durchfluß zur Verfügung, wodurch der für die Aufrechterhaltung des Durchflusses erforderliche Druck ansteigt. Der Differenzdruck zwischen Ein- und Auslaß des Filters steigt zunächst nur langsam an, da ein Übermaß an Poren im Filterelement die Flüssigkeit passieren lassen und das Verstopfen von Poren nur geringen allgemeinen Druck-

verlust bewirkt. Wird jedoch der Punkt erreicht, an dem immer mehr Poren sich zusetzen und immer weniger Poren für den Durchfluß zur Verfügung stehen, steigt der Differenzdruck exponentiell an. Je nach Menge und Größe, Form und Anordnung der Poren im gesamten Filterelement haben bestimmte Filtermaterialien eine längere Standzeit als andere. Zellulosemedien haben bei gleicher Materialstärke und Filterleistung weniger Poren als Glasfasermedien. Dementsprechend verstopfen die Poren von Zellulosemedien schneller als die von im übrigen identischen Glasfasermaterial.

Das mehrlagige Glasfaserelement bleibt über einen längeren Zeitraum relativ unbeeinträchtigt von Schmutzbelastung. Das Element filtert Partikel unterschiedlicher Größe selektiv aus der Flüssigkeit aus. Große Partikel verstopfen nicht die sehr kleinen Poren. Diese stehen weiterhin zur Abscheidung der in großer Menge in der Flüssigkeit vorhandenen kleinsten Partikel zur Verfügung.

Element-Schmutzaufnahmekurve



Filtrationsfakten

In dem Maße, in dem ein Filterelement Verunreinigungen ansammelt steigt mit der Zeit auch der Differenzdruck – zunächst langsam, gegen Ende der Schmutzaufnahmefähigkeit des Elements schneller.

Standzeitprofil von Filterelementen

Jedes Filterelement hat in Abhängigkeit von der Schmutzbelastung einen bestimmten charakteristischen Druckabfall (Differenzdruck). Dieses Verhältnis kann als "Standzeitprofil" eines Filterelementes bezeichnet werden. Die tatsächliche Standzeit hängt natürlich von den Betriebsbedingungen des Systems ab. Schwankungen in der Durchflußrate und der Viskosität der Flüssigkeit können das Druckgefälle zwischen den Filteranschlüssen beeinflussen und sich meßbar auf das Profil der tatsächlichen Standzeit des Filterelementes auswirken.

Das Standzeitprofil unter realen Betriebsbedingungen läßt sich nur schwer ermitteln, da sowohl die Einsatzdauer im Vergleich zur Leerlaufzeit und den Arbeitszyklen als auch die Verschmut-

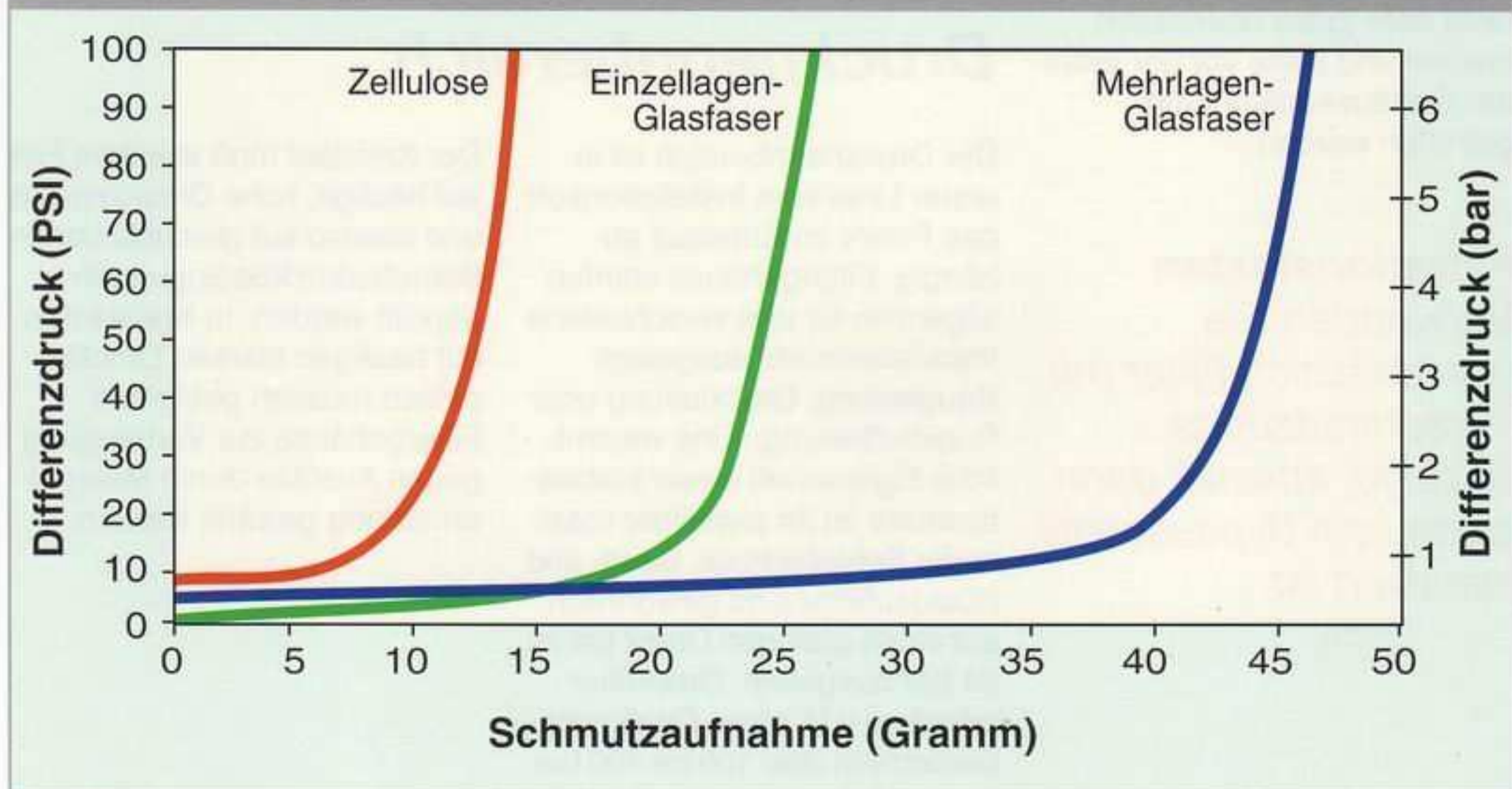
zungsbedingungen des Umfelds dieses Profil beeinflussen können. Außerdem stehen nur selten Präzisionsinstrumente zum Messen des vom Filterelement verursachten Druckgefälles zur Verfügung. Die meisten Anwender und Konstrukteure verwenden Filtergehäuse mit Differenzdruck-Verschmutzungsanzeigen, die signalisieren, wann ein Filterelement ausgewechselt werden sollte.

Aus den im Multipass-Test ermittelten Meßwerten, wie dem steigenden Differenzdruck bei zunehmender Schmutzbelastung, läßt sich das Standzeitprofil für ein Filterelement darstellen. Profilvergleiche können nur unter identischen Betriebsbedingungen und für Filterelemente derselben Art und Größe angestellt werden.

Außerdem bestimmen Menge, Größe, Form und Anordnung der Poren im Filterelement das charakteristische Standzeitprofil. Aus Zellulosematerial oder aus einzellagigen, bzw. mehrlagigen Glasfasermatten gefertigte Filterelemente zeigen sehr unterschiedliche Profile. Die untenstehende Grafik vergleicht die drei gebräuchlichsten Filtermedien und verdeutlicht die überlegene Lebensdauer des mehrlagigen Glasfaser-elementes.



Vergleich der Lebensdauer von Filtermedien



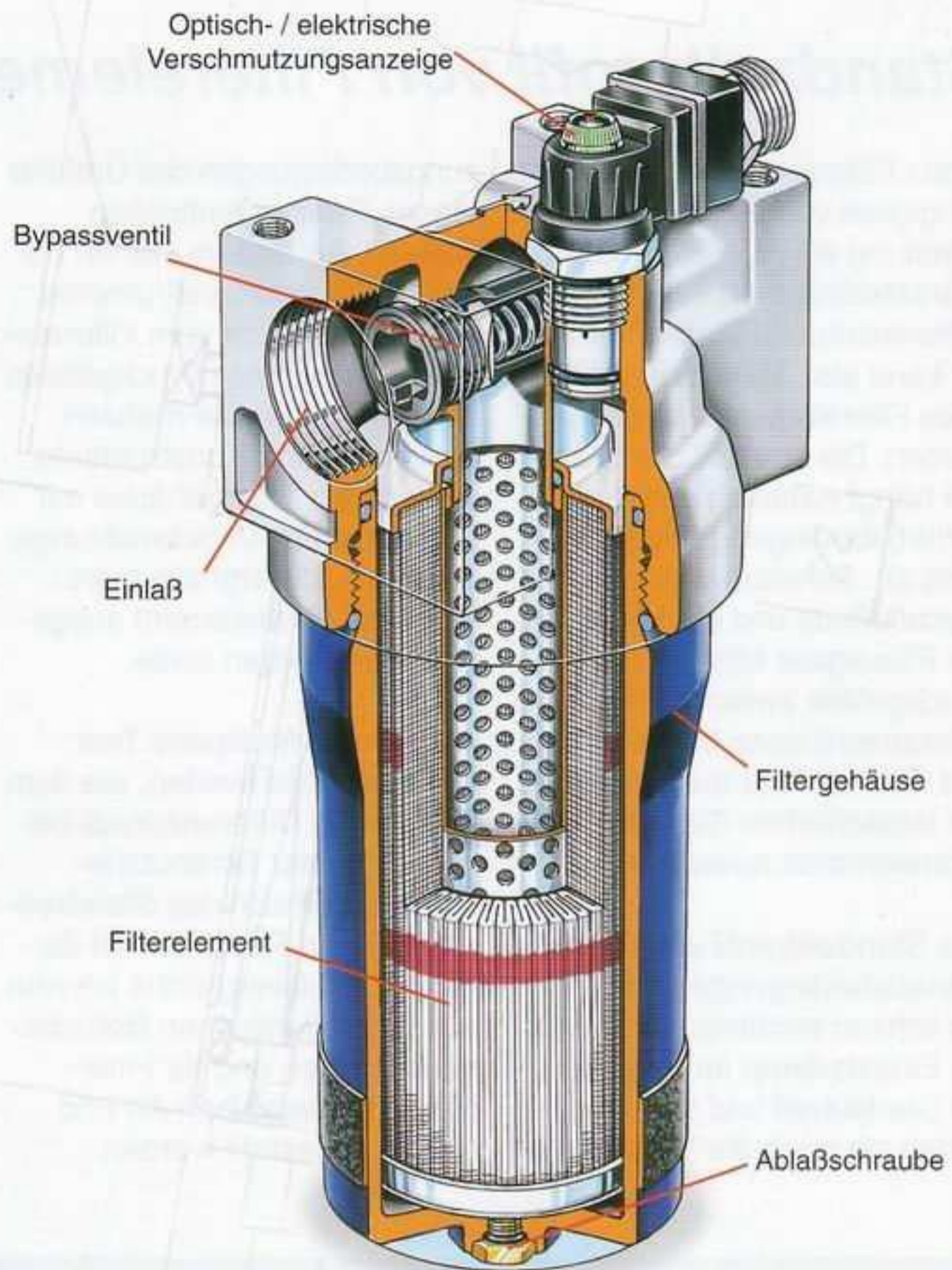
Filtergehäuse

Das Filtergehäuse ist der Druckbehälter, der das Filterelement aufnimmt. Es besteht normalerweise aus zwei oder mehr Bauteilen, wie dem Kopf (bzw. Deckel) und einer Glocke, die den Zugang zum Filterelement ermöglicht. Das Gehäuse hat einen Einlaß und einen Auslaß zum Anschluß an das Flüssigkeitssystem. Filtergehäuse sind u.U. mit weiteren Einrichtungen wie Montagebohrungen, Bypassventilen und Verschmutzungsanzeigen versehen.

Für die Wahl des Filtergehäuses ist in erster Linie die Art der Installation, die Größe der Anschlüsse, die Art der Verschmutzungsanzeige sowie der ausschlaggebende Drucknennbereich entscheidend. Alle Kriterien mit Ausnahme des Drucknennbereiches hängen von der Konstruktion der Anlage und den örtl. Gegebenheiten ab. Die Wahl des Drucknennbereiches für das Gehäuse darf nicht dem Zufall überlassen bleiben und sollte vor der Wahl der Gehäuseausführung getroffen werden.

Filtrationsfakten

Verwenden Sie grundsätzlich Filter mit Verschmutzungsanzeige, speziell dann, wenn kein Bypassventil installiert ist.



Drucknennbereich

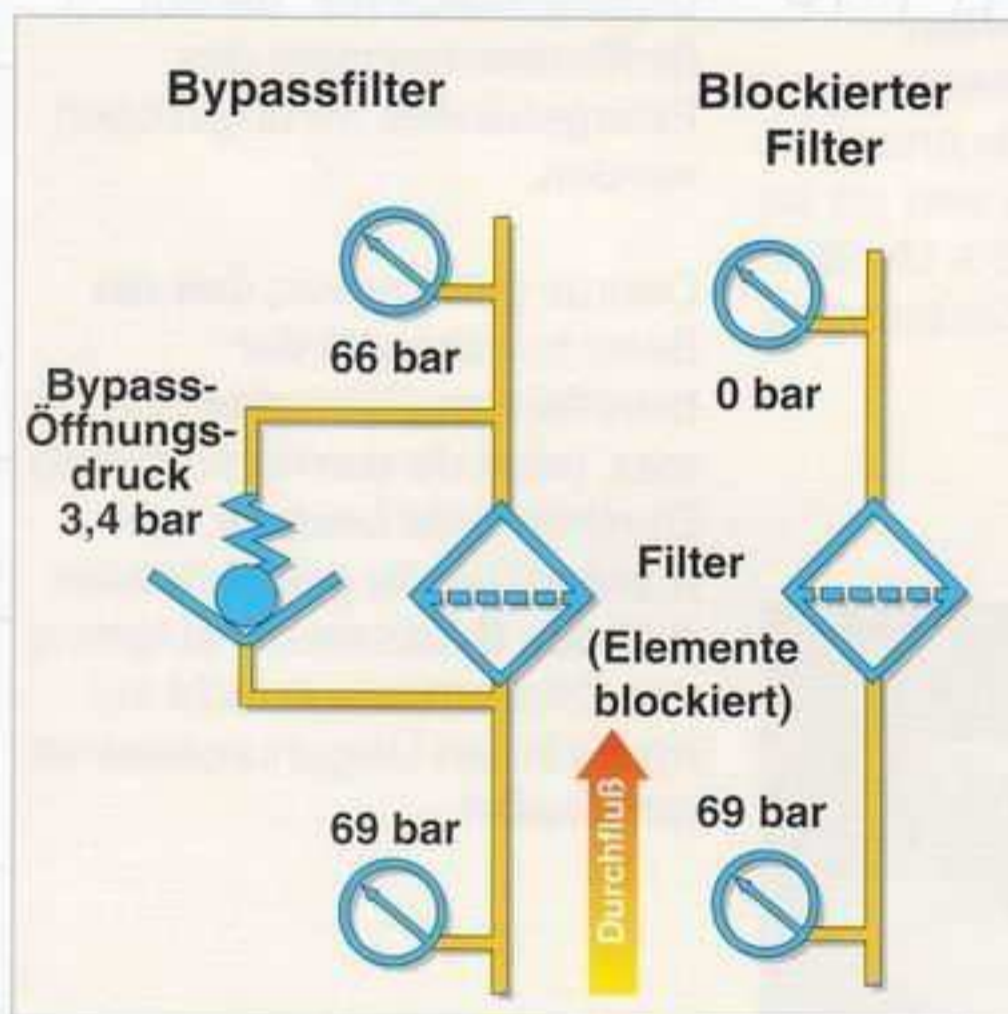
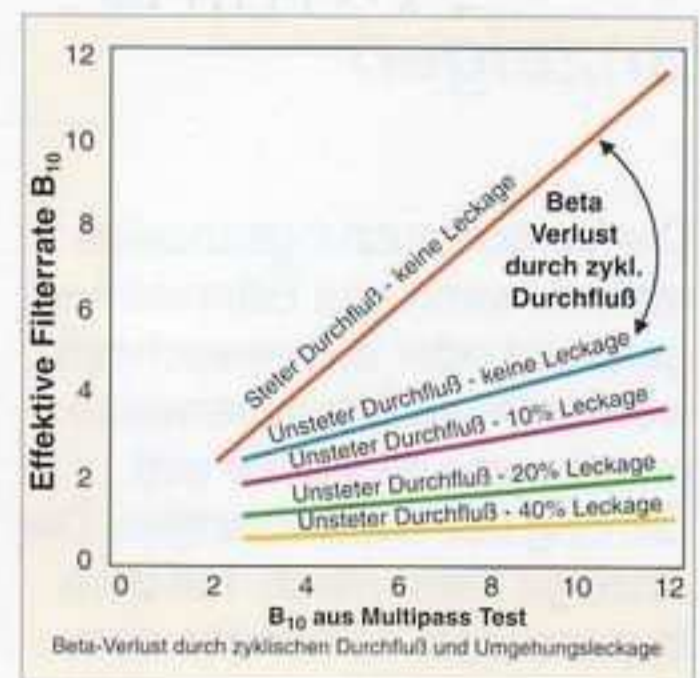
Der Drucknennbereich ist in erster Linie vom Installationsort des Filters im Kreislauf abhängig. Filtergehäuse werden allgemein für drei verschiedene Installationsorte ausgelegt: Saugleitung, Druckleitung oder Rückflußleitung. Eine wesentliche Eigenschaft dieser Installationsorte ist ihr jeweiliger maximaler Betriebsdruck. Saug- und Rücklauf filter sind gewöhnlich auf einen geringen Druck bis zu 34 bar ausgelegt. Druckfilter erfordern u.U. einen Drucknennbereich von über 100 bis 400 bar.

Der Kreislauf muß in jedem Fall auf häufige, hohe Druckimpulse und ebenso auf gleichbleibende Betriebsdruckbedingungen geprüft werden. In Kreisläufen mit häufigen starken Druckimpulsen müssen geeignete Filtergehäuse zur Vorbeugung gegen Ausfälle durch Materialermüdung gewählt werden.

Das Bypassventil

Das Bypassventil dient zur Vorbeugung gegen das Kollabieren oder Bersten des Filterelements bei starker Verschmutzung. Bei Sauganwendungen besteht auch ein Schutz gegen Kavitationsschäden an der Pumpe. Wenn der Druck unter einen Wert weit unter dem Ausfallpunkt des Filterelementes ansteigt, öffnet sich das Bypassventil und die Flüssigkeit strömt um das Filterelement herum. Bestimmte Bypassventile bieten die Möglichkeit, die Flüssigkeit über einen dritten Anschluß zum Vorratstank zurückzuleiten, so daß keine ungefilterte Flüssigkeit in das System gelangen kann. Andere Filter haben entweder kein oder ein verriegeltes Bypassventil, wodurch ebenfalls verhindert wird, daß ungefilterte Flüssigkeit in das System gelangen kann. In solchen Fällen, vor allem auch bei Hochdruckfiltern sind stärkere Filterelemente erforderlich. Anwendungsbereiche ohne Bypassventil sind Schutzfilter für Servoventile und andere empfindliche Bauteile. Wird eine Filteranlage ohne Bypassventil spezifiziert, muß darauf geachtet werden, daß das Filterelement eine Differenzdruckfestigkeit nahe dem max. Betriebsdruck des Systems hat. Wird ein Filter mit Bypassventil vorgesehen, kann davon ausgegangen werden, daß das Filterelement der Druckdifferenz bis zur Öffnung des Bypassventils standhält. Nach Wahl des Filtergehäuses und des Nenndrucks, aber vor Wahl der Gehäusegröße muß die Einstellung des Bypassventils gewählt werden. Wenn alle anderen technischen Daten

den Anforderungen entsprechen, sollte der höchste vom jeweiligen Hersteller lieferbare Bypass-Öffnungsdruck gewählt werden. Hierdurch ist sichergestellt, daß die max. Standzeit des Elements ausgenutzt wird und bei hoher Flüssigkeitsviskosität (durch niedrige Außentemperatur) die Verschmutzungsanzeige und das Bypassventil nicht vorzeitig ansprechen. Gelegentlich kann



eine niedrigere Einstellung gewählt werden, um soweit wie möglich den Energieverlust innerhalb eines Systems oder den Staudruck auf andere Bauteile gering zu halten. Bei Saugfiltern werden Bypassventile mit einem Öffnungsdruck von 0,14 oder 0,2 bar verwendet, um dem Trockenlaufen der Pumpe soweit wie möglich vorzubeugen. Bei mobilen Anwendungen im Außenbereich sind Filter mit Bypassventilen aufgrund der hohen Startviskositäten zu bevorzugen.

Filtrationsfakten

Wenn ein Filterelement sich mit Verunreinigungen zusetzt, steigt der Differenzdruck, bis:

- Das Element gewechselt wird.
- Das Bypassventil sich öffnet.
- Das Filterelement ausfällt.

Filter- Verschmutzungs- anzeigen

Die Verschmutzungsanzeige meldet, wann das Filterelement gereinigt oder ausgewechselt werden muß. Normalerweise meldet eine Skala die evtl. Öffnung des Bypassventiles. Die Anzeige kann mech. mit dem Bypassventil verbunden sein oder als unabhängiges Druckmeßgerät arbeiten. Anzeigen geben optische, elektrische oder beide Arten von Signalen. Allgemein sind sie so eingestellt, daß sie 5% bis 25% vor Öffnung des Bypassventiles ansprechen.



Filtrationsfakten

Berücksichtigen Sie bei der Wahl des Filters stets evtl. niedrige Temperaturen. Zunehmende Viskosität der Flüssigkeit kann zu beträchtlicher Steigerung des Druckgefälles zwischen den Filteranschlüssen führen.

Größenbestimmung von Gehäuse und Filterelement

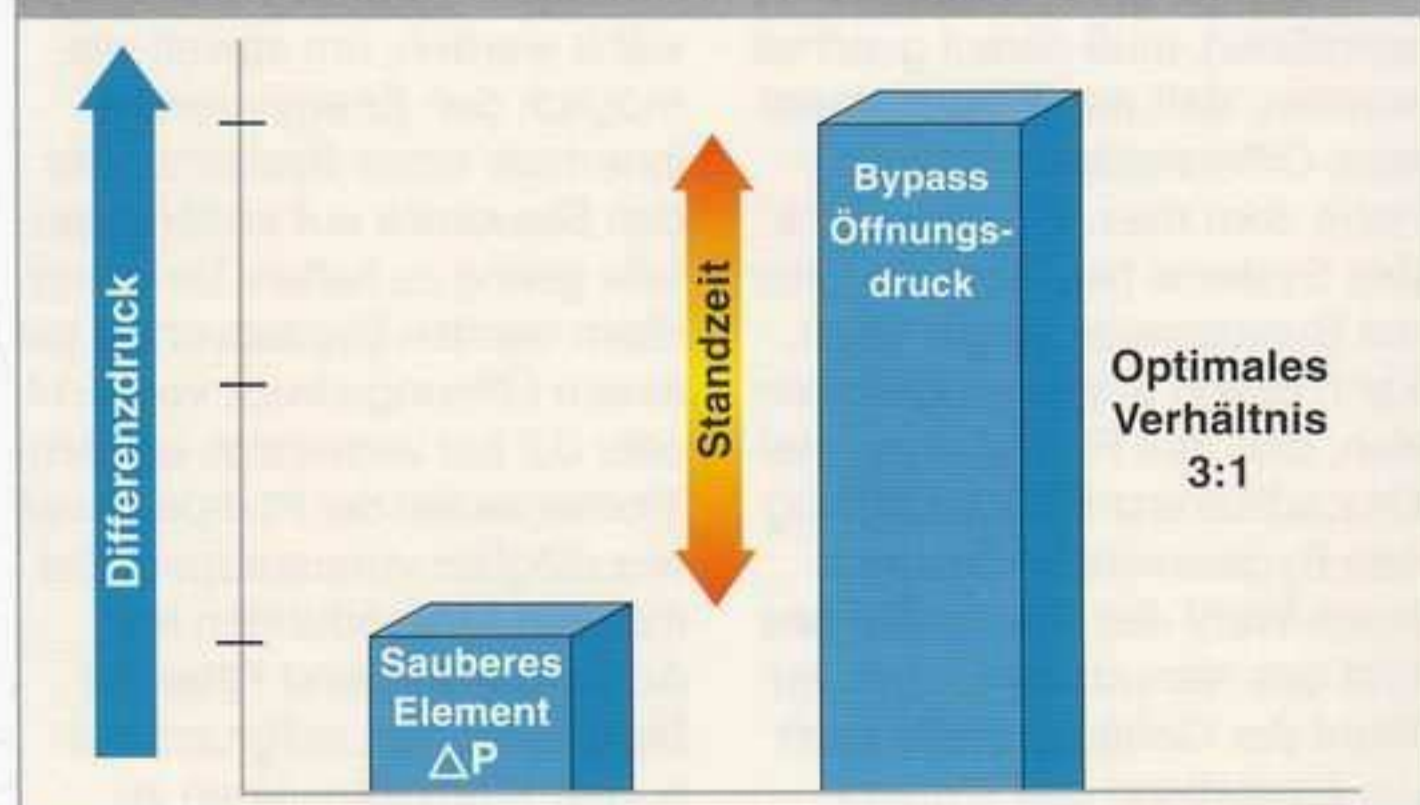
Das Filtergehäuse sollte groß genug sein, um bei sauberem Filterelement ein Verhältnis von mindestens 3:1 zwischen der Einstellung des Bypassventils und des Differenzdrucks vom sauberem Element zu erzielen. Die umseitige Grafik z.B. verdeutlicht die Art der in Herstellerkatalogen aufgeführten Druckabfallkurven, die zur Größenbestimmung des Filtergehäuses herangezogen werden.

Daraus geht hervor, daß die Betriebsviskosität der betreffenden Flüssigkeit und die max. (nicht die durchschnittliche!) Durchflußrate bekannt sein müssen, um zu gewährleisten, daß das Bypassventil aufgrund von Druckimpulsen nicht zu häufig in den Umgehungsbetrieb umschaltet.

Dies ist vor allem bei Rücklaufiltern wichtig, wo mehrere Rückläufe von verschiedenen Zylindern die Rückflußrate im Vergleich zur Pumpendurchflußrate steigern können.

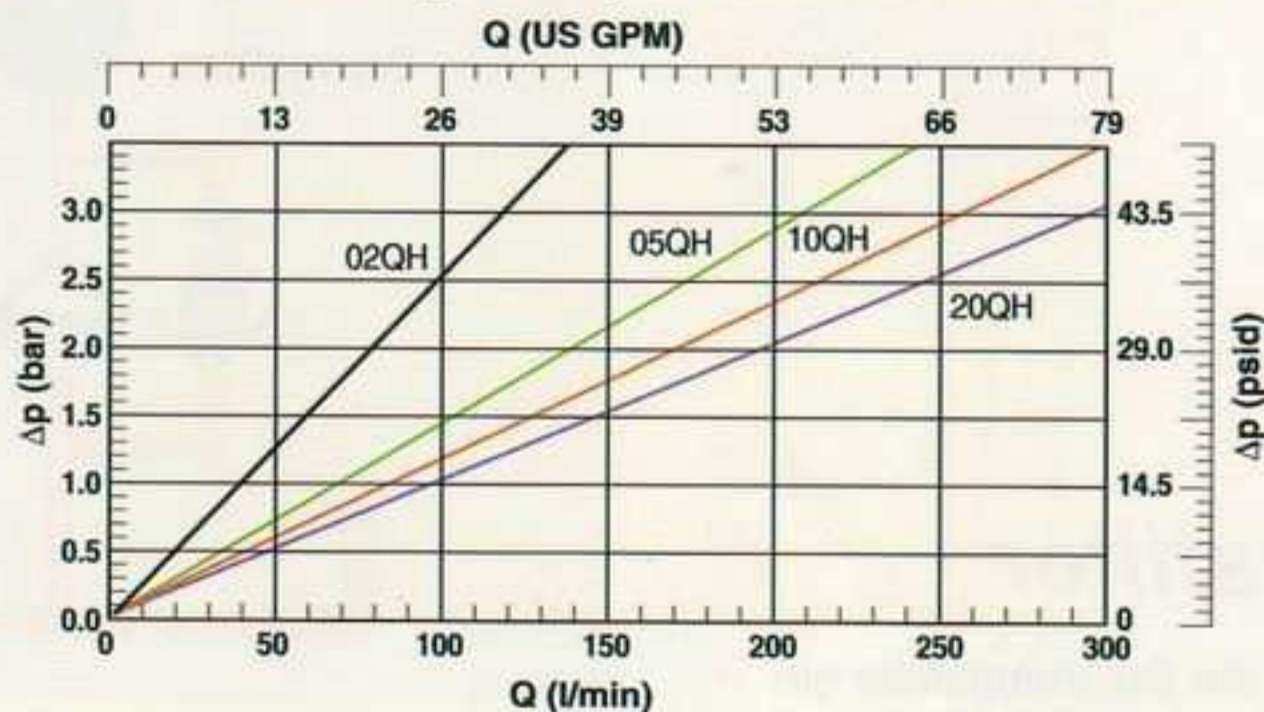
Wenn der für die Grafik verwendete Filter mit einem Bypassventil von 3,4 bar bestückt würde, dürfte der Anfangs-Differenzdruck (bei sauberem Element) nicht mehr als 1,1 bar betragen. Dieser Wert wird anhand des Bypass-Öffnungsdrucks auf ein Verhältnis von 3:1 zum Anfangs-Differenzdruck errechnet.

Größenbestimmung des Filterelements



Typ. Durchfluß / Druckdifferenzkurven für ein best. Filtermaterial

28P-2 High Collapse Elemente



Die meisten Standardfiltersysteme arbeiten mit einem Bypassventil zur Begrenzung des max. Druckgefälles zwischen den Filteranschlüssen. Das Druckgefälle steigt mit zunehmender Verunreinigung des Filterelements bis der Öffnungsdruck des Bypassventils erreicht ist. An diesem Punkt beginnt die teilweise Umleitung des Durchflusses um das Filterelement herum über das Bypassventil. Dadurch wird das Druckgefälle zwischen den Filteranschlüssen auf einen Höchstwert begrenzt. Entscheidend ist hierbei, daß auch ein Teil der Verunreinigungen im System durch das Bypassventil strömt. Geschieht dies, wird das Filterelement wirkungslos, und die Sauberkeit der Flüssigkeit wird beeinträchtigt. Standardfiltersysteme können mit einem Bypassventil mit Öffnungsdrücken zwischen 0,8 und 7bar bestückt werden.

Das Verhältnis zwischen dem Anfangs-Differenzdruck bei sauberem Element und dem Bypass-Öffnungsdruck muß

beachtet werden.

Zelluloseelemente zeigen einen schmalen Bereich exponentiellen Druckanstiegs. Daher ist das Verhältnis zwischen Anfangs-Differenzdruck bei sauberem Element und Bypass-Öffnungsdruck von großer Bedeutung und bestimmt im wesentlichen die Nutzungsdauer des Filterelementes.

Im Unterschied dazu wird die Nutzungsdauer von einzel- und mehrlagigen Glasfaserelementen von einem nahezu horizontalen und linear verlaufenden Bereich geringen Druckgefälles und nicht von einem exponentiell ansteigenden Bereich bestimmt. Aus diesem Grund fallen sowohl der Anfangs-Differenzdruck als auch der Bypass-Öffnungsdruck bei Verwendung von Glasfaserelementen weniger lebensdauerbestimmend ins Gewicht.

Filtrationsfakten
Der Differenzdruck eines Filters wird bestimmt von:

1. Gehäuse und Elementgröße
2. Filtermedien
3. Viskosität der Flüssigkeit
4. Durchflußrate

Filterarten und Installationsorte

- BelüftungsfILTER
- Saugfilter
- Druckfilter
- Rücklauffilter
- Nebenstromfilter

BelüftungsfILTER

Häufig übersehen ist der BelüftungsfILTER ein wichtiger Bestandteil sinnvoller Verschmutzungskontrolle. Schmutzeintritt durch die Tankbelüftung ist ein generelles Problem. Spezifizieren Sie hochwertige BelüftungsfILTER der Baureihen EAB oder ABL zum Schutz Ihrer Anlage. Sie bieten Durchflußraten bis 2000 l/min und leisten einen Beitrag zur Entlastung der übrigen Systemfilter.

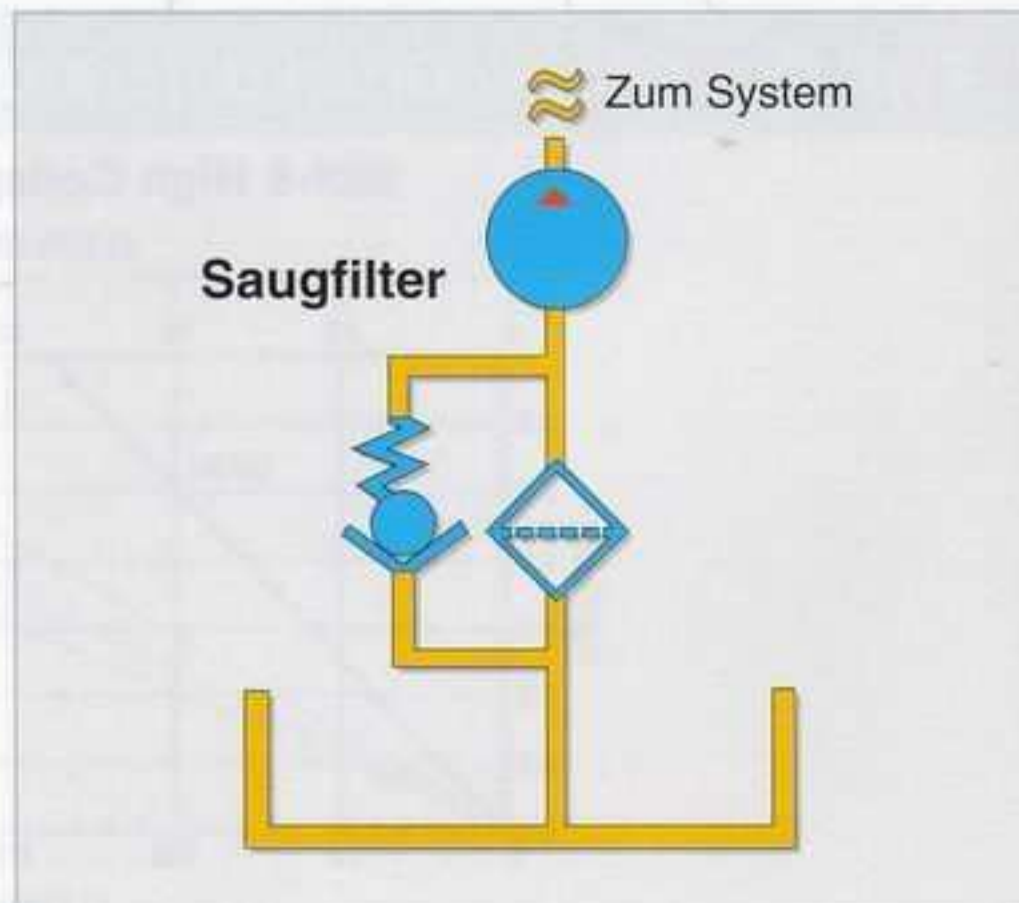
Saugfilter

Saugfilter dienen zum Schutz der Pumpe vor Flüssigkeitsverunreinigungen. Sie werden vor dem Pumpeneinlaß installiert. Dabei handelt es sich bei einigen Fällen um in die Saugleitung eingesetzte Siebe und in anderen Fällen um Filter mit externem Anschluß. Aufgrund der Gefahr von Kavitation der Pumpe werden in beiden Fällen relativ große Filterelemente verwendet. Saugfilter können nicht den Primärschutz für nach der Pumpe angeordnete Komponenten sicherstellen. Einige Pumpenhersteller empfehlen den Einsatz von Saugfiltern nicht. Konsultieren Sie vor Einschränkungen des Einlaßdurchflusses grundsätzlich den Pumpenhersteller.

Filtrationsfakten

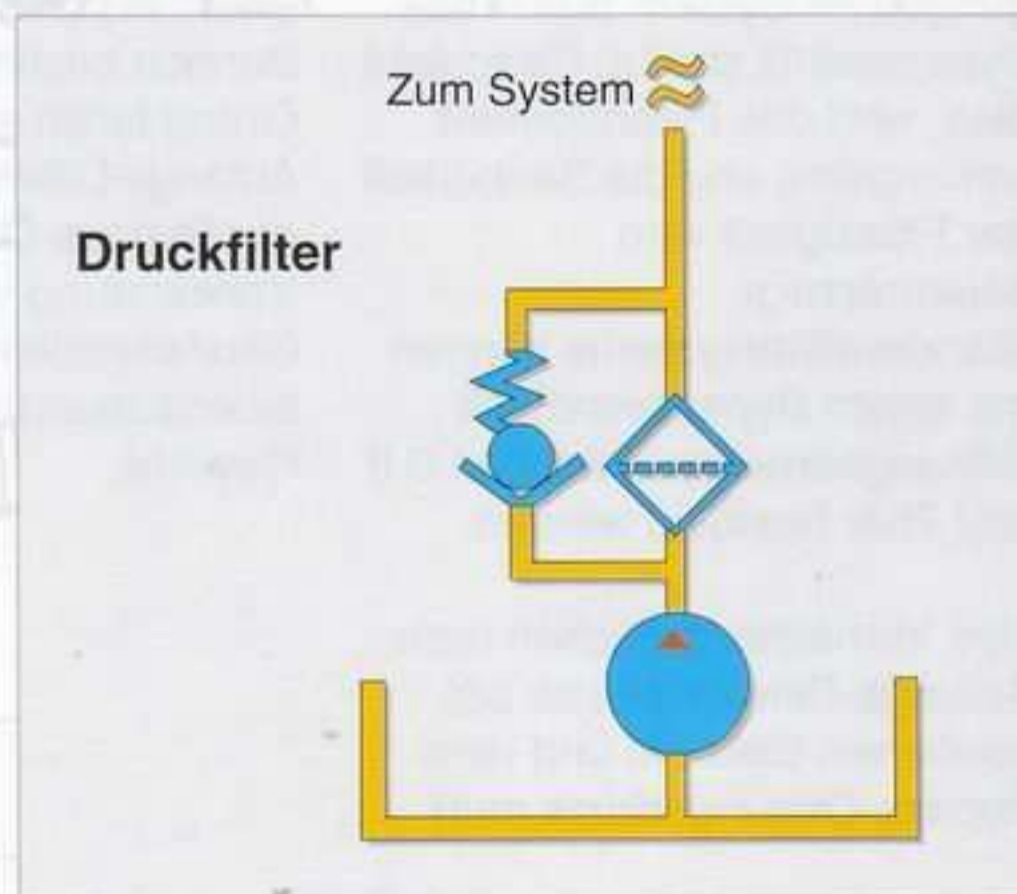
Saugfilter werden häufig nach ihrer Maschenweite (mesh) eingeteilt:

- 60 mesh = 238 Mikron
- 100 mesh = 49 Mikron
- 200 mesh = 4 Mikron



Druckfilter

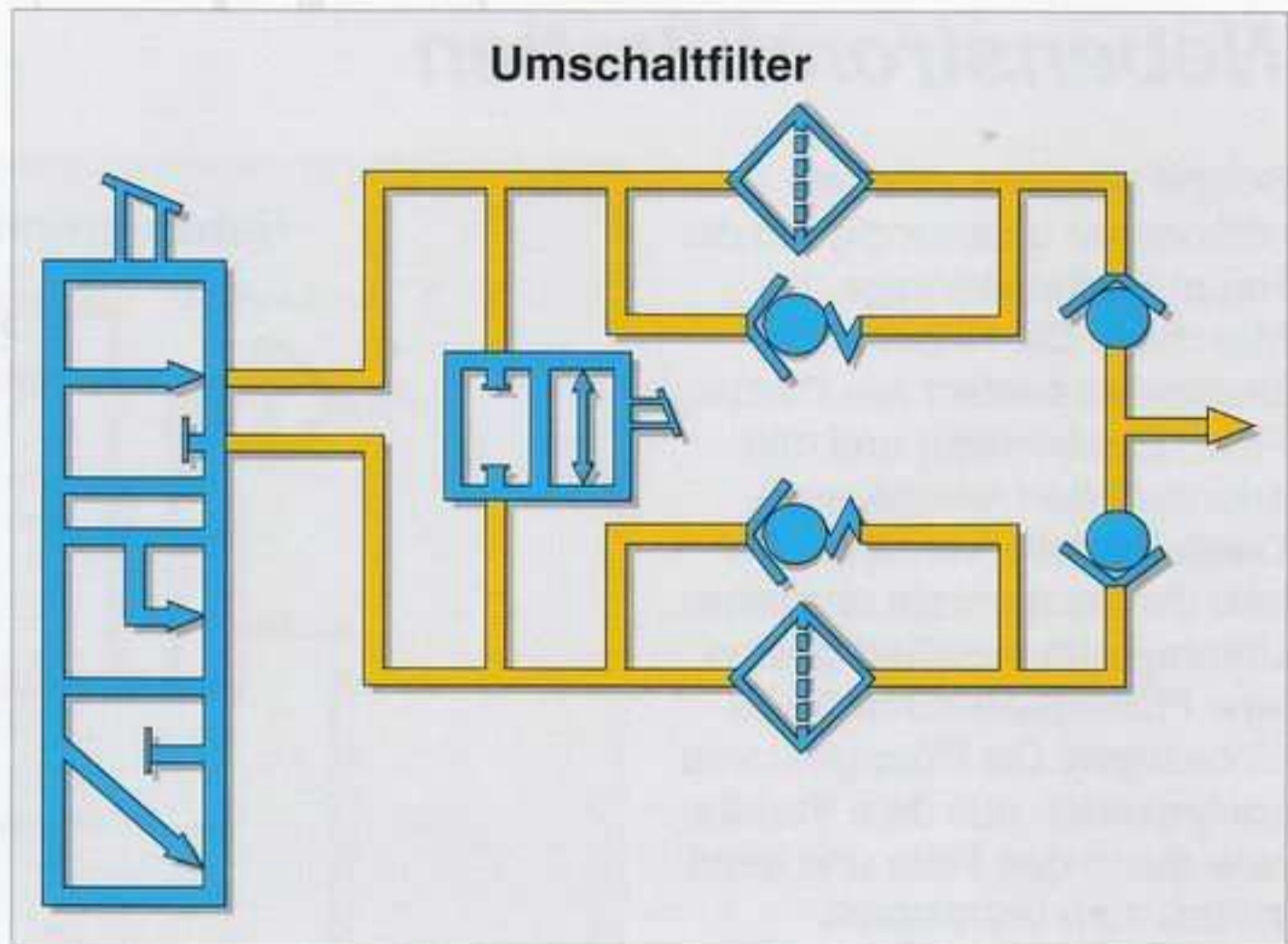
Druckfilter werden hinter der Systempumpe installiert und sind auf den Systemdruck und auf eine bestimmte Durchflußrate in der Druckleitung, in der sie installiert sind, ausgelegt. Druckfilter eignen sich besonders zum Schutz empfindlicher, unmittelbar hinter dem Filter befindlicher Bauteile wie z.B. Servoventile. Sie sind nach der Systempumpe montiert und tragen zum Schutz des gesamten Systems vor von der Pumpe kommenden Verunreinigungen bei.



Rücklauffilter

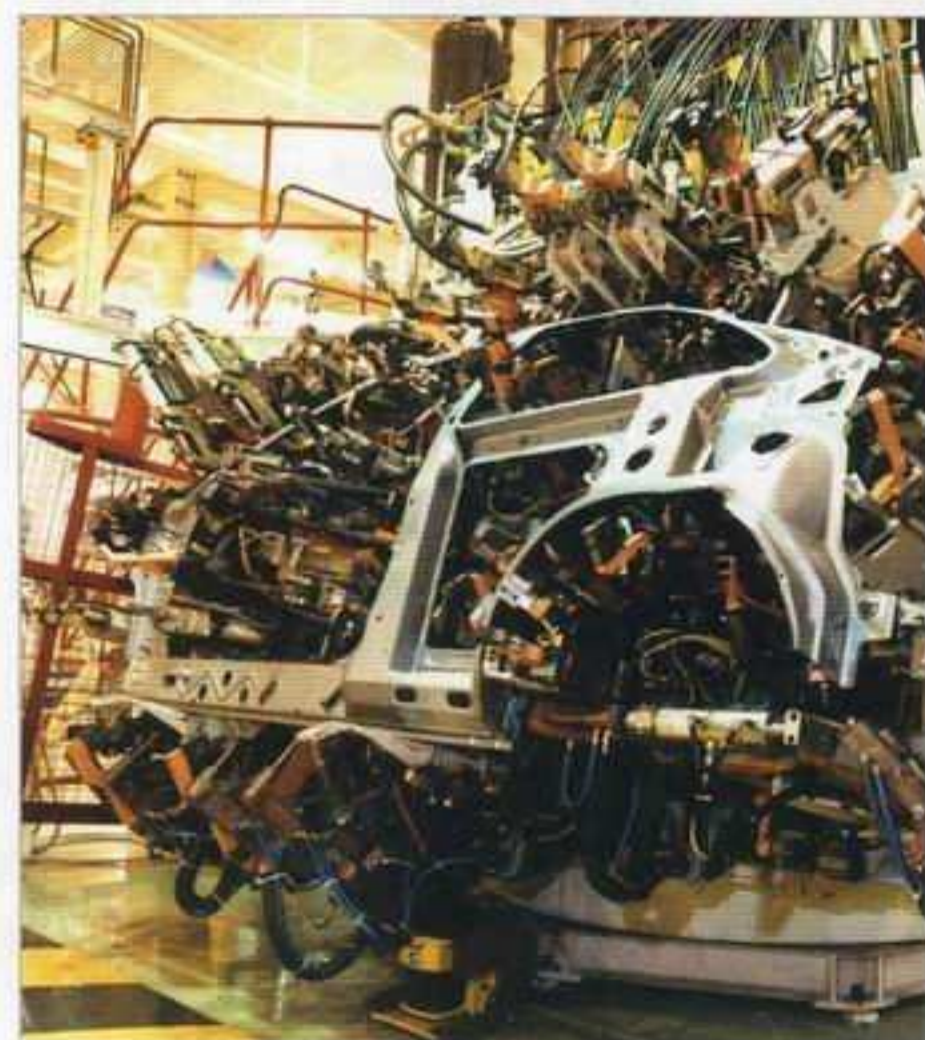
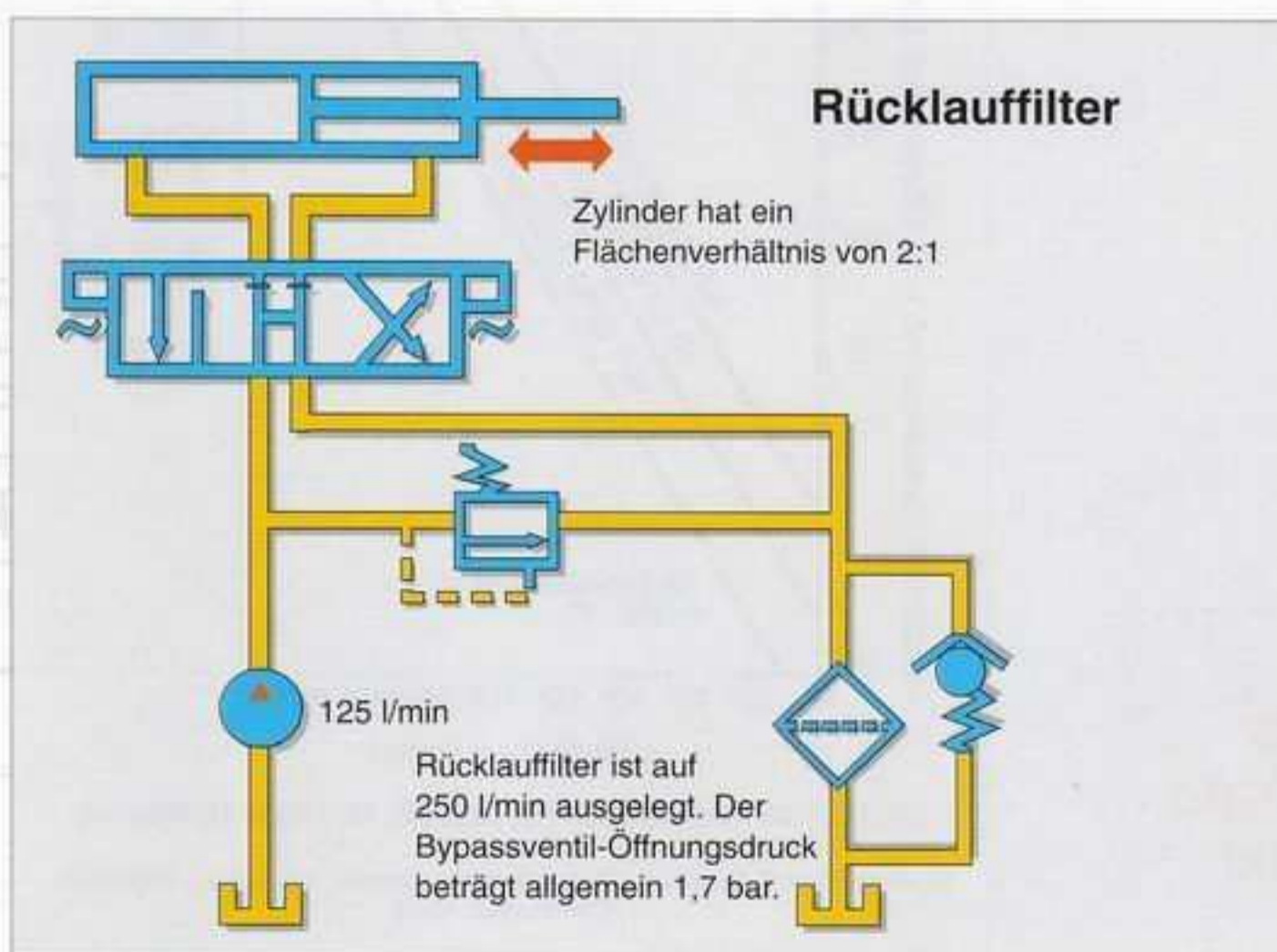
Mit einem Rücklauffilter sind die teuren und empfindlichen Pumpen eines Systems wirkungsvoll zu schützen. Dabei handelt es sich bei den meisten Systemen um das zuletzt von Flüssigkeit durchströmte Bauteil, das demzufolge durch Verschleiß von Arbeitsteilen und verschlissenen Dichtungen eingedrungene Verunreinigungen ausfiltert, bevor sie in den Vorratstank und von dort in den Kreislauf gelangen. Rücklauffilter werden nur für niedrige Betriebsdrücke ausgelegt und sind daher auch kostengünstig.

In einigen Fällen können Zylinder mit Kolbenstangen großen Durchmessers "Durchflußvermehrung" verursachen. Die gesteigerte Rückflußrate kann zur Öffnung des Bypassventils führen, so daß die Flüssigkeit ungefiltert weiterfließt. Dies ist unter allen Umständen zu vermeiden, weshalb die Größe des Filters sorgfältig bestimmt



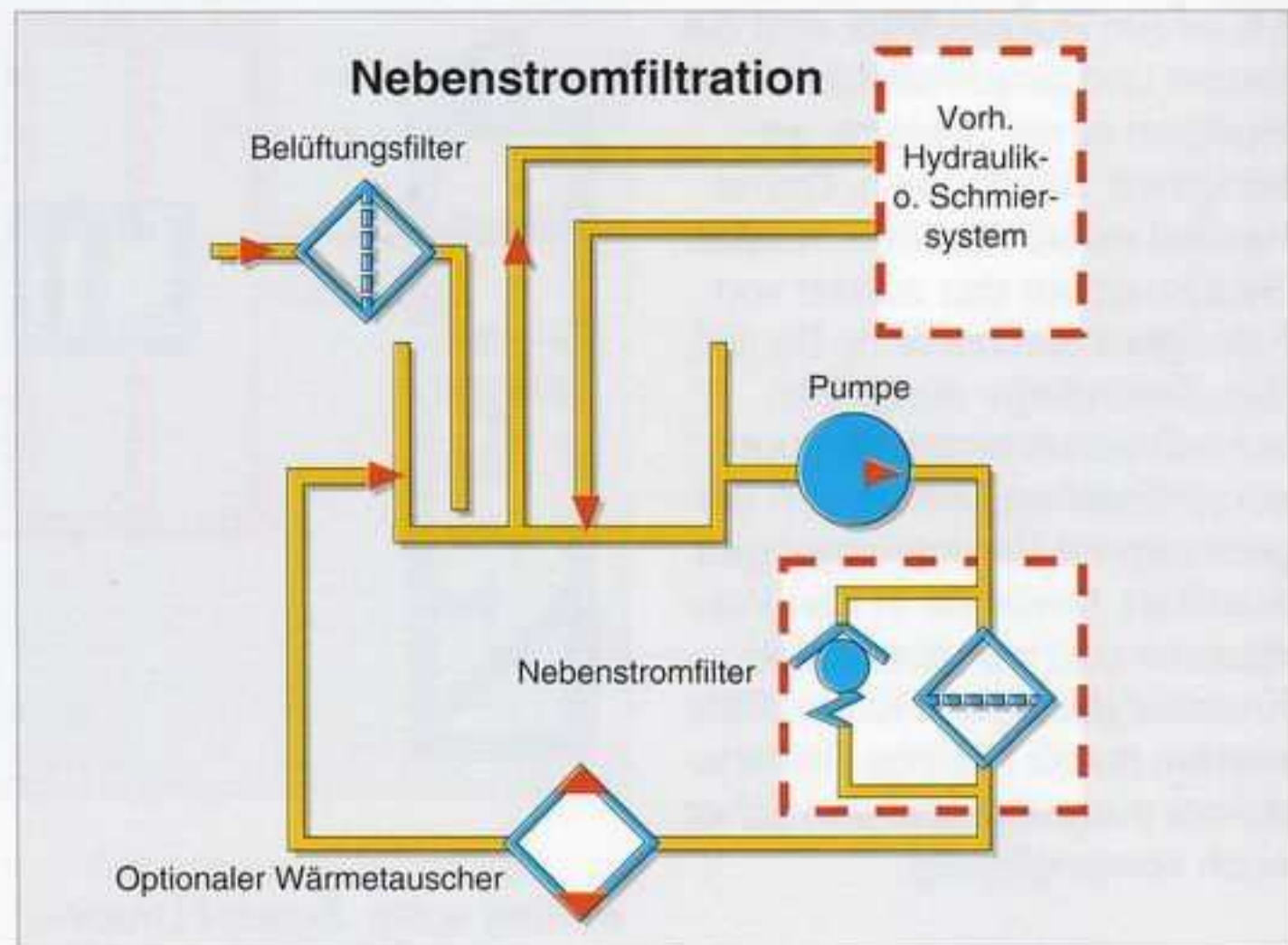
werden sollte. Sowohl Druck- als auch Rücklauffilter werden häufig als Umschaltfilter ausgelegt, deren Hauptvorteil in der Möglichkeit zu kontinuierlicher Filtration, auch während des Elementwechsels liegt. Solche Filteranlagen bestehen aus zwei oder mehr Filterkammern und den erforderlichen Ventilen für kontinuierlichen Betrieb. Zum Wechsel eines

Elements wird der Durchfluß durch die gegenüberliegende Filterkammer geleitet. Das verschmutzte Element kann gewechselt werden, während die Flüssigkeit weiter durch ein Filterelement strömt. Bei den Umschaltventilen handelt es sich normalerweise um Ventile mit negativer Überdeckung, so daß der Durchfluß beim Umschalten nicht unterbrochen wird.



Nebenstromfiltration

Solche Systeme arbeiten vollkommen unabhängig von der Haupt-Hydraulikanlage der Maschine. Die Nebenstromfilteranlage besteht aus Pumpe, Filter, Elektromotor und den erforderlichen Anschlüssen. Diese Bauteile werden außerhalb der Hauptanlage als kleines Untersystem installiert oder in eine Flüssigkeitskühlschleife einbezogen. Die Flüssigkeit wird kontinuierlich aus dem Vorrats-tank durch den Filter und dann zurück zum Vorratstank gepumpt. Wie beim Rücklauf-filter eignet sich dieses System am besten zur Aufrechterhaltung der allgemeinen Sauberkeit, doch leistet es keinen direkten Schutz von Bauteilen.

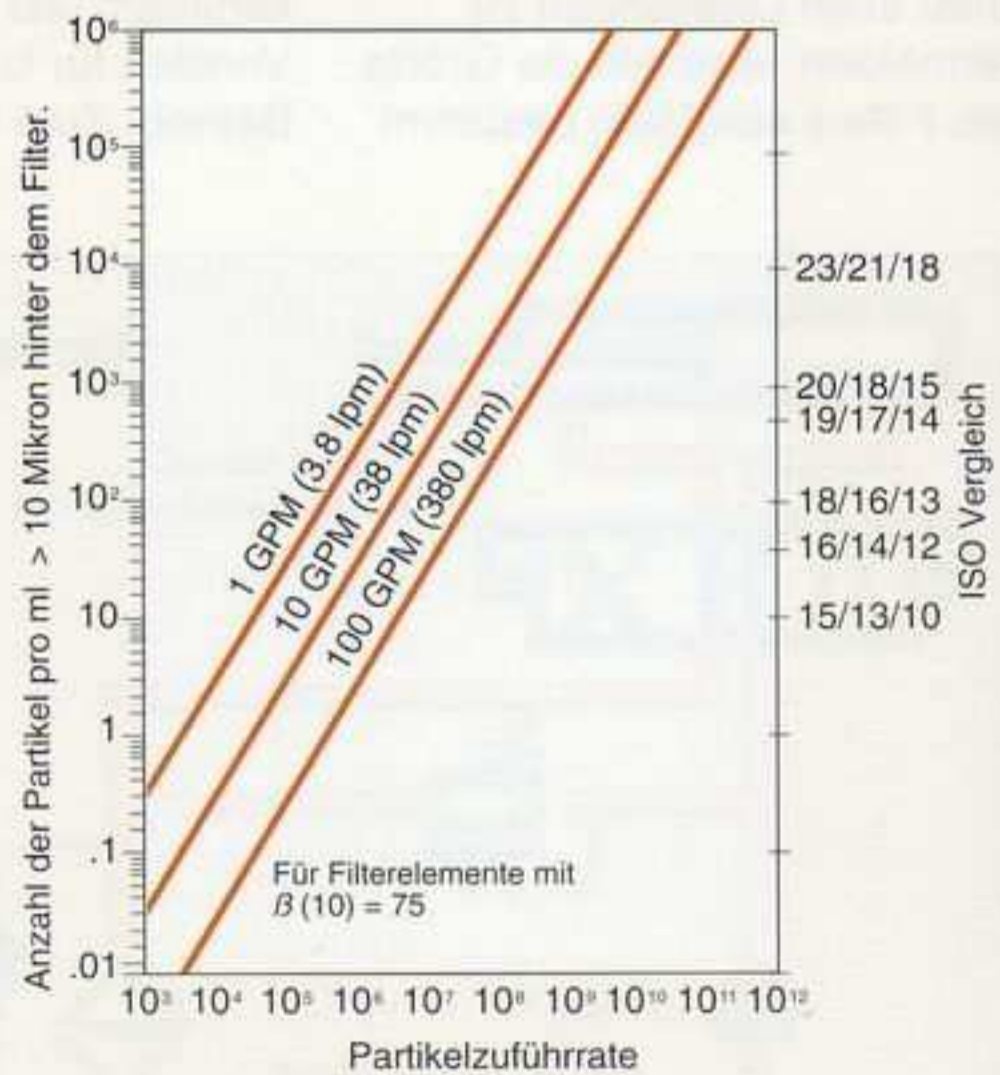


Eine Anlage zur Nebenstromfiltration hat den zusätzlichen Vorteil, daß sie relativ problemlos nachträglich in bestehende Systeme mit unzureichender Filtration installiert werden kann. Darüberhinaus besteht die Möglichkeit zum Filterwechsel ohne Abschaltung der Anlage. Für die meisten Systeme würde die Kombination von Saug-, Druck-, Rücklauf- und Nebenstromfiltration eine bedeutende Verbesserung bringen. Die Tabelle auf der folgenden Seite leistet Hilfe-stellung bei der Entscheidung über den Installationsort der Filteranlage.

Filtrationsfakten

Der Sauberkeitsgrad eines Systems ist der Durchflußrate durch die Systemfilter direkt proportional.

Einfluß des Pumpenfördervolumens auf die Nebenstrom-Filterleistung



(Anzahl der zugeführten Partikel pro Minute > 10 Mikron)

Quelle: Fitch, E.C., Fluid Contamination Control, FES, Inc., Stillwater, Oklahoma, 1988

Vergleich von Filtertypen und Filteranordnungen

Filteranordnung	Vorteile	Nachteile
Belüftungsfilter	<ul style="list-style-type: none"> • Entlastung der Systemfilter durch Schutz vor Schmutzeintritt durch die Tankbelüftung. • Hoher Luftdurchsatz • Problemlose Wartung • Kostengünstig • Umweltfreundlich 	
Saugleitung (Externverrohrt)	<ul style="list-style-type: none"> • Letzte Schutzmöglichkeit vor der Pumpe. • Wesentlich leichter zu warten als Ansaugkorb. 	<ul style="list-style-type: none"> • Erlaubt nur grobe Filtration. Erfordert große Filtergehäuse für niedrigen Differenzdruck aufgrund der Pumpensaugbedingungen. • Hohe Kosten. • Kein Schutz der nachfolgenden Bauteile vor Pumpenabrieb. • Ungeeignet für viele Regelpumpen. • Minimaler Systemschutz.
Druckleitung	<ul style="list-style-type: none"> • Direkter Komponentenschutz • Beitrag zur allgemeinen Sauberkeit des Systems. • Kann hocheffiziente Feinfilterelemente verwenden. • Filtert Pumpenabrieb aus. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gehäuse teuer, da es für den max. Systemdruck ausgelegt sein muß. • Filtert keine Verunreinigungen von dahinterliegenden Komponenten aus.
Rücklaufleitung	<ul style="list-style-type: none"> • Filtert durch Abrieb von Bauteilen und durch verschlissene Abstreifer eingedrungene Verunreinigungen vor Einleitung in den Vorratstank aus. • Niedrige Druckauslegung ermöglicht geringere Kosten. • Kann in Leitungen oder in den Tank integriert werden. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kein Schutz vor von der Pumpe verursachten Verunreinigungen. • Rückleitungs-Durchflussschwankungen können die Filterleistung reduzieren. • Kein direkter Bauteilschutz. • Evtl. Notwendigkeit großer Filter, da Rückstrom oft größer als Pumpenförderstrom.
Nebenstrom	<ul style="list-style-type: none"> • Fortlaufende Reinigung der Hydraulikflüssigkeit auch bei abgeschaltetem System. • Wartung bei laufendem System möglich. • Filter werden nicht von Durchflussschwankungen beeinträchtigt und bieten optimale Lebensdauer und Leistung der Filterelemente. • Die Auslaßleitung kann zwecks Schnellversorgung mit sauberer, vorbehandelter Flüssigkeit zur Hauptsystempumpe geführt werden (Füllpumpenprinzip). • Besonderer Reinheitsgrad kann genauer erzielt und aufrechterhalten werden. • Flüssigkeitskühlung kann u.U. problemlos integriert werden. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Investitionskosten. • Zusätzlicher Platzbedarf. • Kein direkter Komponentenschutz.

Filtrationsfakten

Faustregel: Sehen Sie als Pumpendurchfluß einer Nebenstromanlage mindestens 10% des Haupttankvolumens vor.



Analyse-Methoden

- Mikroskop-Analyse (Patch Test)
- Mobiler Partikelzähler
- Laboranalyse

Die Flüssigkeitsanalyse ist wesentlicher Bestandteil eines jeden Wartungsprogramms. Sie gewährleistet, daß die betreffende Flüssigkeit die technischen Daten des Herstellers erfüllt. Die Zusammensetzung der Flüssigkeit und der allgemeine Verunreinigungsgrad können ebenfalls analysiert werden.



Filtrationsfakten

Zu jeder Flüssigkeitsanalyse gehört die Partikelzählung und die Ermittlung des daraus resultierenden ISO-Codes.

Mikroskop - Analyse

Hierbei handelt es sich um die optische Analyse einer Fluidprobe unter dem Mikroskop. Farbe und evtl. Verunreinigungen werden geprüft und mit bekannten ISO-Standards verglichen. Das Resultat liefert dem Anwender einen groben Anhaltspunkt hinsichtlich des Reinheitsgrades.

Eine Zählung der unter dem Mikroskop befindlichen Partikel erlaubt nach mathematischer Hochrechnung eine grobe Bestimmung der ISO - Reinheitsklasse.

Bedingt durch den Faktor Mensch weisen beide Methoden eine recht hohe Fehlerquote auf.



Mobile Partikelzähler

Die wichtigste Entwicklung im Gebiet der Flüssigkeitsanalyse ist der mobile Partikelzähler, dessen Leistung beim Zählen von Partikeln der Größen 2 Mikron und darüber mit den Fähigkeiten hochpräziser Laborgeräte vergleichbar ist.

Die starken Seiten dieser neuen Technologie sind Genauigkeit, Wiederholbarkeit, Mobilität und Zeitgewinn.

Ein Test dauert normalerweise 2 bis 4 Minuten. Laserpartikelzähler liefern Partikelzählungen nach NAS oder ISO - Standard. Spektrometrische Analysen werden in entsprechend ausgerüsteten Labors durchgeführt.

Laboranalyse

Die Laboranalyse untersucht alle Aspekte einer Flüssigkeitsprobe. Die meisten entsprechend ausgerüsteten Labors bieten folgende Tests und Ergebnisse in einem Paket:

- Viskosität
- Neutralisationszahl
- Wassergehalt
- Partikelanzahl
- Spektrometrische Analyse Untersuchung von Metallabrieb und Zusätzen in ppm (parts per million - Teile per Millionen)
- Trendgrafiken

- Mikrofotografien
- Empfehlungen

Ist eine Online-Analyse nicht möglich, kann zur externen Untersuchung eine Probe in einem sauberen Behältnis genommen werden, wobei die Vorgaben der Norm ISO 4021 (1992) jederzeit zu beachten sind.

PAR-Test Fluid-Analyse ist eine umfassende Untersuchung durch ein unabhängiges Labor, die Partikelzählung, Spektrometrie, Viskositäts- und Wasseranteils-Bestimmung umfaßt.

Ihre Parker Vertretung liefert Probenflasche, Versandkarton und div. Vordrucke zur Spezifikation von Fluidtype und Anwendungsprofil.

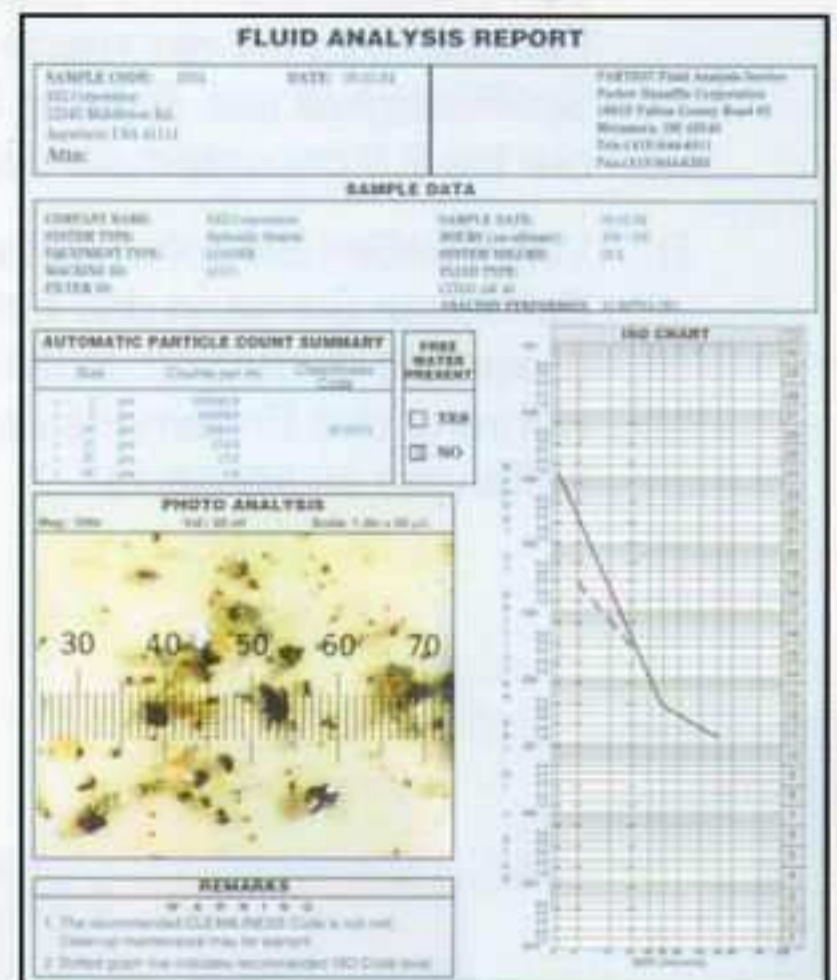
Die Ergebnisse werden direkt an den Auftraggeber verschickt.

In jedem Fall muß eine repräsentative Probe entnommen werden. Dazu müssen Entnahmeventile geöffnet und mindestens 15 Sekunden lang gespült werden.



Die saubere Probenflasche sollte verschlossen gehalten werden, bis Flüssigkeit und Ventil entnahmebereit sind. Das System sollte vor der Entnahme mindestens 30 Minuten lang mit normaler Betriebstemperatur arbeiten.

Der vollständige Arbeitsablauf wird im Anhang erläutert.



Filtrationsfakten

Der einzige Weg, den Zustand einer Flüssigkeit zu bestimmen, ist die Flüssigkeitsanalyse. Die Sichtprüfung ist kein genaues Verfahren.

Probenentnahme

Die Entnahme von Flüssigkeitsproben für die Partikelzählung und/oder die Analyse umfaßt eine Reihe von wichtigen Schritten, mit denen gewährleistet wird, daß eine repräsentative Probe entnommen wird. Häufig verfälschen unsachgemäße Entnahmeverfahren den tatsächlichen Zustand der Systemverunreinigung. Verfahren Sie nach einer der folgenden Methoden zur Entnahme einer repräsentativen Probe.

1. System mit Probenentnahmeventil

- A. Betreiben Sie das System mindestens 30 Minuten lang.
- B. Öffnen Sie das Entnahmeventil bei laufendem System und lassen Sie zwecks Spülung des Auslasses 200 bis 500 ml Flüssigkeit austreten. *(Der Aufbau des Entnahmeventils sollte für Flüssigkeitsturbulenzen im Entnahmeauslaß sorgen.)*
- C.1. Online Partikelzählung
Verbinden Sie den mobilen Partikelzähler mit dem System und führen aufeinander folgend mehrere Tests durch, bis drei Proben nahezu identische Werte liefern.
- C.2. Flaschenproben-Entnahme
Nehmen Sie von einer vorher gründlich gereinigten Flasche mit weitem Hals den Verschuß ab, und halten Sie die Flasche in den aus dem Entnahmeventil kommenden Flüssigkeitsstrom. Spülen Sie die Flasche nicht mit der zuerst ausgetretenen Spülflüssigkeit aus. Befüllen Sie die Flasche nur bis 2,5 cm unterhalb der Öffnung.
- D. Verschließen Sie sofort danach die Flasche. Schließen Sie dann das Entnahmeventil. *(Seien Sie darauf vorbereitet, die Flüssigkeit während des Entfernens der Flasche auffangen zu können.)*

- E. Beschriften Sie die Flasche mit allen wichtigen Angaben wie Datum, Maschinenummer, Lieferant, Nummerncode u. Typ der Flüssigkeit, sowie der verstrichenen Zeit seit der letzten Entnahme (soweit bekannt).

2. System ohne Probenentnahmeventil

- A. Betreiben Sie das System mindestens 30 Minuten lang.
- B. Verwenden Sie eine kleine Handsaugpumpe oder eine Schöpfkelle zur Entnahme der Probe. Führen Sie das Gerät bis zur Hälfte des Flüssigkeitsstands ein. Das Ende des Entnahmegerätes muß dazu wahrscheinlich weit eingetaucht werden. Das Ziel ist, eine Probe aus dem mittleren Tankbereich zu entnehmen. Vermeiden Sie jeden Kontakt des Entnahmegerätes mit der Tankwand.
- C. Geben Sie die Probe in eine zugelassene, zuvor gründlich gereinigte Probenflasche, wie unter Punkt 1.C.2 beschrieben.
- D. Verschließen Sie die Flasche sofort.
- E. Beschriften Sie die Flasche wie unter Punkt 1.D beschrieben.

Unabhängig vom verwendeten Verfahren muß in jedem Fall der gesunde Menschenverstand gebraucht werden. Jegliche für die Probenentnahme verwendeten Geräte müssen mit gefiltertem Lösungsmittel gewaschen und gespült werden. Dazu gehören Unterdruckpumpen, Ampullen und Rohrleitungsteile. Ziel jeder Probenentnahme sollte sein, nur die bereits in der Systemflüssigkeit vorhandenen Partikel zu zählen. Verschmutzte Entnahmegeräte führen zu fehlerhaften Schlußfolgerungen und sind langfristig kostspieliger.



Multipass Test nach ISO 16889:1999(E)

Der Multipass Test (MPT) dient zur Ermittlung der Leistungskriterien eines Filterelementes. Im Multipass Test wird unter definierten Parametern die Abscheideleistung (Efficiency) und die Schmutzaufnahmekapazität (DHC = Dirt Holding Capacity) ermittelt. Bei dem Test wird dem Filter in einem zuvor sauberen Kreislauf solange definierter Schmutz mittels eines Schmutzinjektionssystems zugegeben, bis der vorgesehene Differenzdruck über das Filterelement erreicht wird. Die Bezeichnung Multipass Test besagt, dass kleinere, den Filter passierende Partikel mehrfach vor den Filter gelangen können, bis sie abgeschieden werden. Während der Prüfung werden die Partikel online vor und nach dem Filter gemessen und gezählt. Der Quotient aus der Partikelanzahl ergibt den Filtrationsquotienten β , allgemein als Beta-Wert bezeichnet.

ISO 16889:1999(E)

Test laboratory: Examin Test Lab Test date: 4 December 1999 Operator: ABC

FILTER AND ELEMENT IDENTIFICATION

Element ID: Example test filter Housing ID: Test housing
 Item no: YES (X) Minimum element bubble point (µPa): 1000

OPERATING CONDITIONS

Test fluid: Fluid Manufacturer XYZ Ref: MS-1000 Batch no: 1234
 Viscosity at test temperature (mPa·s): 18,8 Temperature (°C): 22,2
 Acoustic (YES / NO): (YES) Type: 3000-030 Conductivity (µS/cm): 1200

Test container:
 Type: ISO 12103-A3 test cell Batch no.: 22010
 Test system:
 Filtrate column: 120 Initial volume (l): 23,0
 Base upstream concentration C_0 (mg/l): 10,0 Final volume (l): 24,5

Injection parameters		Initial	Final	Average injector parameters	
System volume (l)		20,0	17,4	Injection flow q_{inj} (l/min)	0,252
Concentration (mg/l)		3 978,7	3 981,1	Concentration C_0 (mg/l)	3 980

Counting system		Counter and sensor ref		Filtrate (ml/min)	Dilution ratio
Upstream		ABC model 123, 500-21		100	1,1
Downstream		ABC model 123, 500-21		100	none
Counter calibration		Method: <u>ISO 11171-1989</u>		Date: <u>4 December 1999</u>	

TEST RESULTS

Element integrity
 Bubble point to ISO 7542 (µPa): 2 180 Working fluid: MS-1000

Differential pressure
 Filter housing (µPa): 21,0 Clean away (µPa): 20,0
 Down stream (µPa): 0,0 Final dy element (µPa): 0,0

Differential pressure versus contaminant added

Time interval	Test time (min)	Element β (µPa)	Injected mass (g)	Time interval	Test time (min)	Element β (µPa)	Injected mass (g)
10 %	9,4	10,1	3,4	60 %	20,8	17,8	20,8
20 %	8,8	11,8	8,8	70 %	24,0	21,7	24,0
30 %	10,3	13,7	10,3	80 %	27,4	18,0	27,4
40 %	13,7	15,4	13,7	90 %	30,8	22,0	30,8
50 %	17,1	16,8	17,1	100 %	34,2	400,0	34,2

Retention capacity
 ISO 12103-A3 test cell mass injected M_0 (g): 34 ISO 12103-A3 test cell retained capacity C_0 (g): 34
 60 % upstream concentration C_0 (mg/l): 22,3

Filtration table $\beta_{x(c)}$

Average filtration ratio	2	10	75	100	200	1 000
Formula ISO 16889	—	7,80	13,7	14,6	15,8	18,7

Figure C.1 — Filter element multi-pass report sheet

© ISO 1999 - All rights reserved

ISO 16889:1999(E)

TEST RESULTS (continued)

Particle counts (per ml) and filtration ratio

Time interval	$d > 5$ (µm(c))	β	$d > 10$ (µm(c))	β	$d > 15$ (µm(c))	β	$d > 20$ (µm(c))	β	$d > 30$ (µm(c))	β	$d > 50$ (µm(c))	β
Initial up	0,50		0,20		0,10		0,00		0,00			
10 % Up	13 900		1 750		480		174		29			
Down	2 240	6,2	33,7	51,9	1,1	432,0	0,0	5 490	0,0	—		
20 % Up	14 200		1 760		481		175		31			
Down	2 490	5,7	39,1	45,0	1,7	285,0	0,0	4 710	0,0	—		
30 % Up	14 400		1 770		482		176		30			
Down	2 800	5,1	45,4	39,0	1,7	289,0	0,0	5 770	0,0	7 210		
40 % Up	15 000		1 890		520		192		34			
Down	3 100	5,0	50,5	35,3	2,1	292,0	0,0	5 320	0,0	—		
50 % Up	15 500		1 870		504		184		31			
Down	3 230	4,8	56,3	33,2	2,2	325,0	0,0	5 010	0,0	—		
60 % Up	15 600		1 860		504		186		33			
Down	3 350	4,7	60,9	30,5	2,9	177,0	0,1	2 690	0,0	—		
70 % Up	16 000		1 890		518		190		33			
Down	3 750	4,3	74,7	25,3	3,3	158,0	0,1	2 590	0,0	—		
80 % Up	16 800		1 910		508		187		32			
Down	5 050	3,3	117,0	16,3	8,3	80,8	0,1	1 260	0,0	7 680		
90 % Up	18 400		2 030		527		190		32,4			
Down	7 520	2,6	186,0	10,9	10,0	52,9	0,1	1 290	0,0	—		
100 % Up	21 200		2 090		532		192		33			
Down	8 760	2,4	224,0	8,3	12,3	43,3	0,3	753,0	0,0	—		
Avg Up	16 300		1 850		506		185		32			
Avg Down	4 230	3,9	89,0	21,1	4,4	116,0	0,1	2 130	0,0	37 000		

Figure C.1 (continued)

From 13.2, formula (13) $M_0 = \frac{3 980 \text{ mg/l} \times 0,252 \text{ l/min} \times 34,2 \text{ min}}{1000} = 34,3 \text{ g}$, rounded to 34 g.

In order to calculate the retained capacity, the following parameters not reported on the test data sheet are required:

Discarded downstream sample flow rate, q_d = 0,20 l/min;

Discarded upstream sample flow rate, q_u = 0,05 l/min;

Muster Multipass Test Report nach ISO 16889:1999(E)

Mit der Änderung des Teststaubes und der Kalibriermethode wurde eine Modifikation der Multipass-Testmethode erforderlich. Der geänderte Multipass-Test nach ISO 16889 berücksichtigt den geänderten Teststaub ISO MTD unter Verwendung von Antistatik-Additiven, der geänderten Kalibrierung, den erweiterten Partikelgrößenbereich, die Teststaubkonzentration mit 3, 10 oder 15mg/L und Online-Probeentnahme in festgelegten Zeitintervallen.

Dabei ist die β -Wert-Berechnung ein zeitbezogener Mittelwert.

$\beta_{x(c)} = 2, 10, 75, 100, 200, 1000$. (x = berechnete Partikelgröße in $\mu\text{m}(c)$).

Viskositätsumrechnungstabelle

cSt (Centistoke)	SUS (Saybolt Universalsekunden)*
10	46
20	93
25	116
30	139
32.4	150
40	185
50	232
70	324
90	417

Die Vergleiche erfolgen bei 38° C. Für eine weitere angenäherte

Umrechnung kann folgende Formel verwendet werden: $cSt = \frac{SUS}{4.635}$

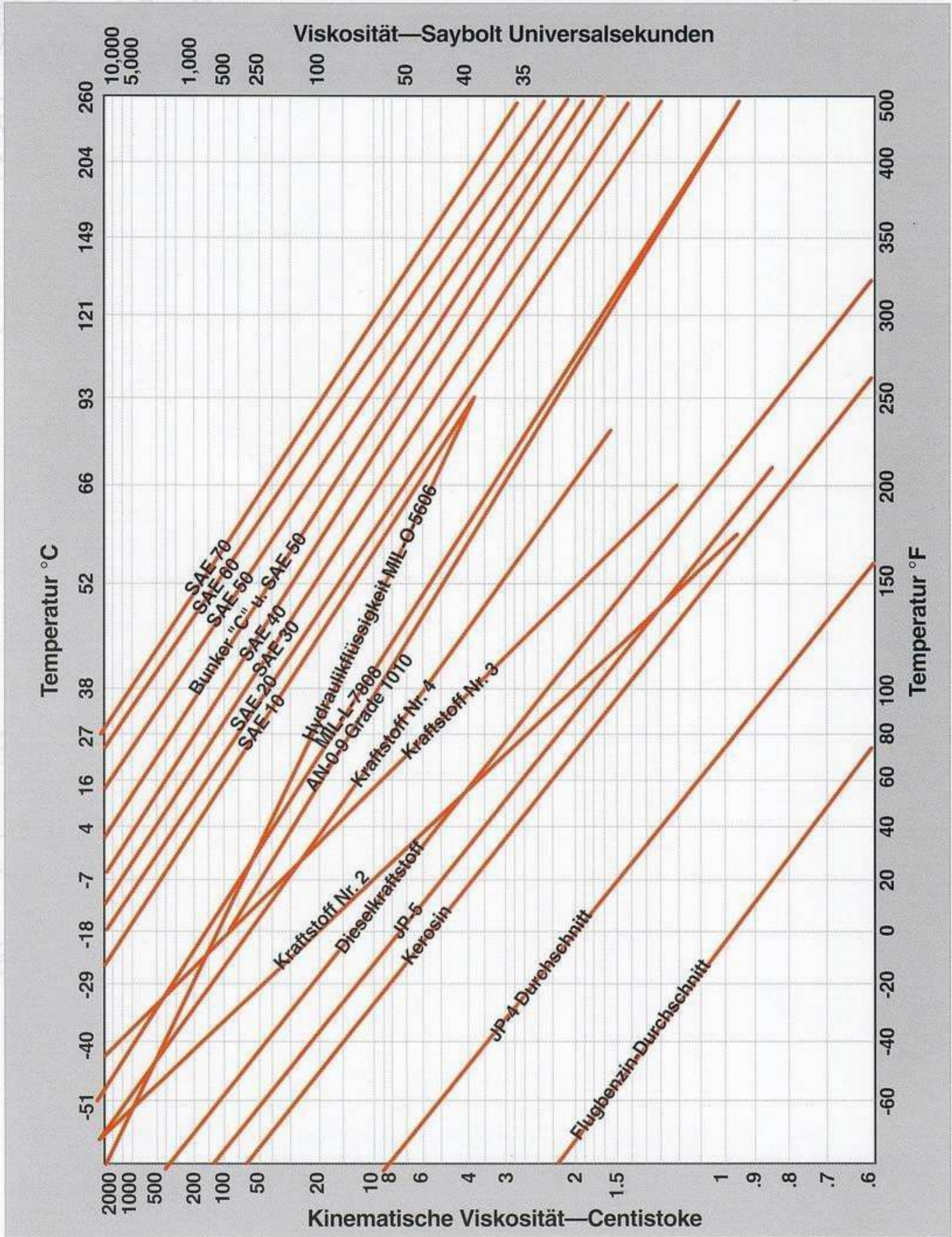
*Hinweis: Saybolt-Universalsekunden werden auch als SSU abgekürzt.



Umrechnungstabelle ins metrische System

cSt (Centistoke)	SUS (Saybolt Universalsekunden)*
Umrechnung	in Multiplikator
Inches	Millimeter 25,40
Millimeter	Inches 0,03937
Gallons	Liter 3,785
Liter	Gallons 0,2642
Pounds	Kilogramm 0,4536
Kilogramm	Pounds 2,2046
PSI	Bar 0,06804
Bar	PSI 14,5
Grad Celsius	Fahrenheit $(^{\circ}C \times \frac{9}{5}) + 32$
Fahrenheit	Grad Celsius $(^{\circ}F - 32) / 1,8$
Mikron	Inches 0,000039
Mikron	Meter 0,000001

Viskosität vs. Temperatur



Das Handbuch für

Hydraulik Filtration

anything  **Parker**
Possible.™

Parker Hannifin GmbH & Co. KG
Vertriebs- u. Service Zentrale
Pat-Parker-Platz 1
D-41564 Kaarst
Tel. +49 (0) 2131-4016-0
Fax. +49 (0) 2131-4016-9141

Handbuch HYDHTM1DE1

© Copyright 2005
Parker Hannifin Corporation
All rights reserved

www.parker.com