



Zeit und Geld sparen durch Ölpflege

Filtertechnik für Industrieöle





Inhalt

Karberg & Hennemann	3 - 4
Anforderungen an das Öl	5 - 6
Partikel	7 - 27
Wasser	28 - 33
Ölabbauprodukte	34 - 39
CJC Feinfiltration	40 - 49
CJC Feinfilteranlagen	50 - 53
Anwendungsbeispiele	54 - 57



Zeit und Geld sparen durch Ölpflege

Karberg & Hennemann



Karberg & Hennemann GmbH & Co. KG

- gegründet 1938
- 50 Mitarbeiter



Karberg & Hennemann Srl

- gegründet 2000
- Modena, Italien



CJC weltweit

- C.C.Jensen A/S, Svendborg, Dänemark





Einsatzgebiete



Windkraftanlagen



Prüfstände

Härtereien



Hydraulikpressen



Transformatoren



Turbinen

Spritzgießmaschinen



Blockheizkraftwerke





Anforderungen an das Öl

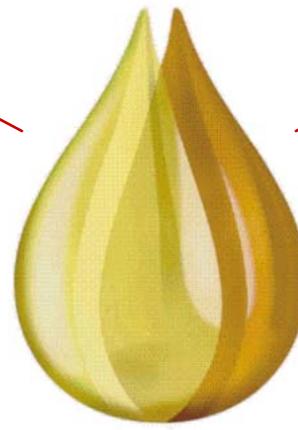
Unterschiedliche Anwendungen erfordern unterschiedliche Öleigenschaften.

Kühlung

(Abtransport entstehender Wärme -> **Kühlung**)

Schmierung

(**Verringerung der Reibung** durch den Ölfilm)



Dispersion

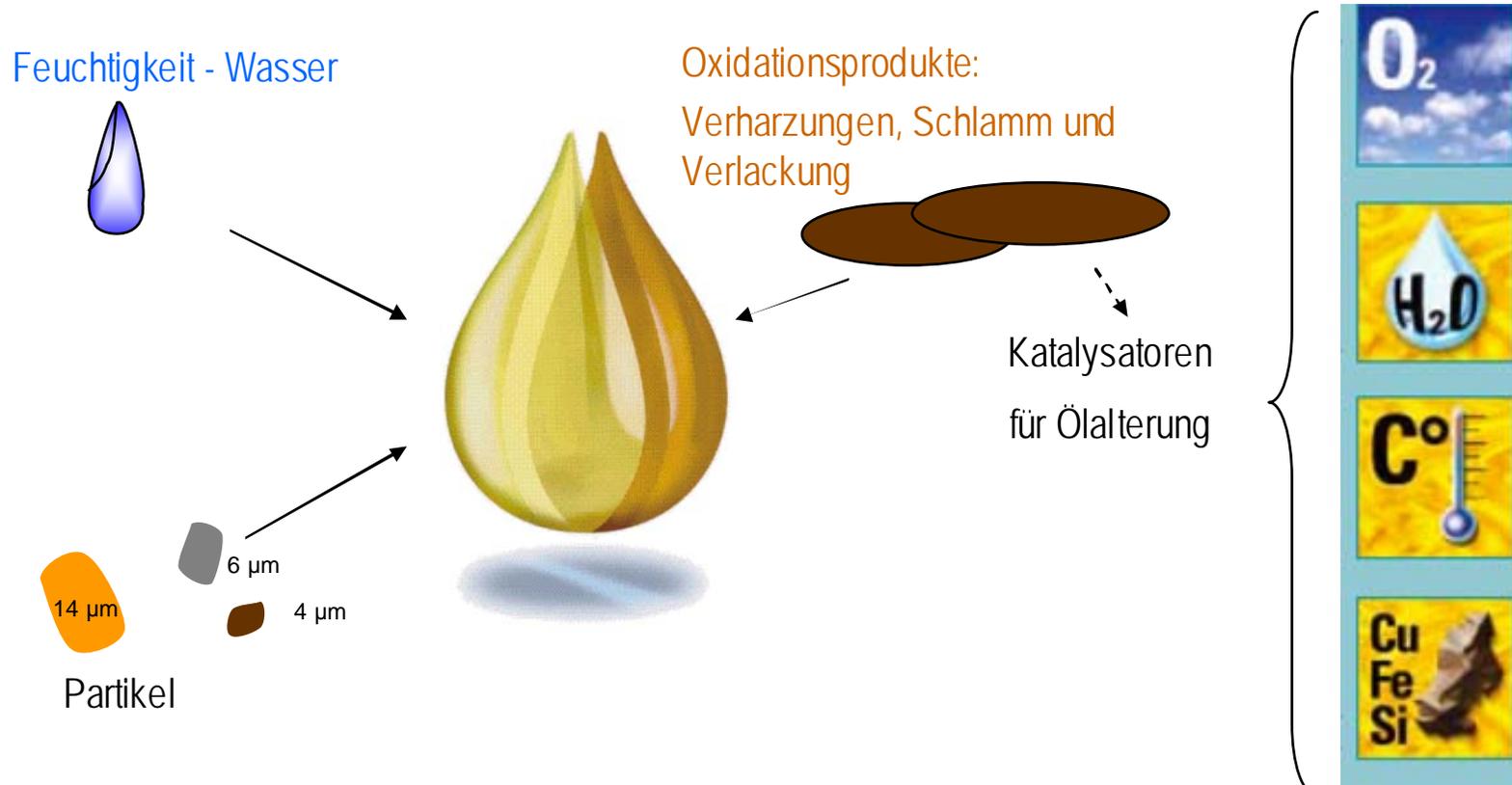
(Transport des Schmutzes zu den Filtern)

Konservierung

(**Korrosionsschutz**)



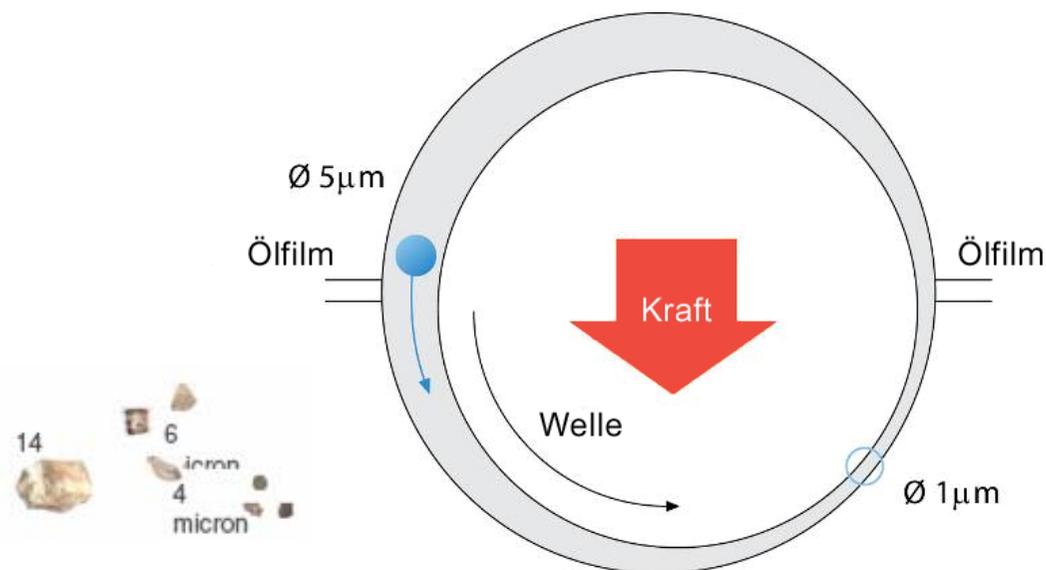
Ölbezogene Probleme



Wichtig für störungsfreien Betrieb:
Sauberes, trockenes Öl im empfohlenen Temperaturbereich

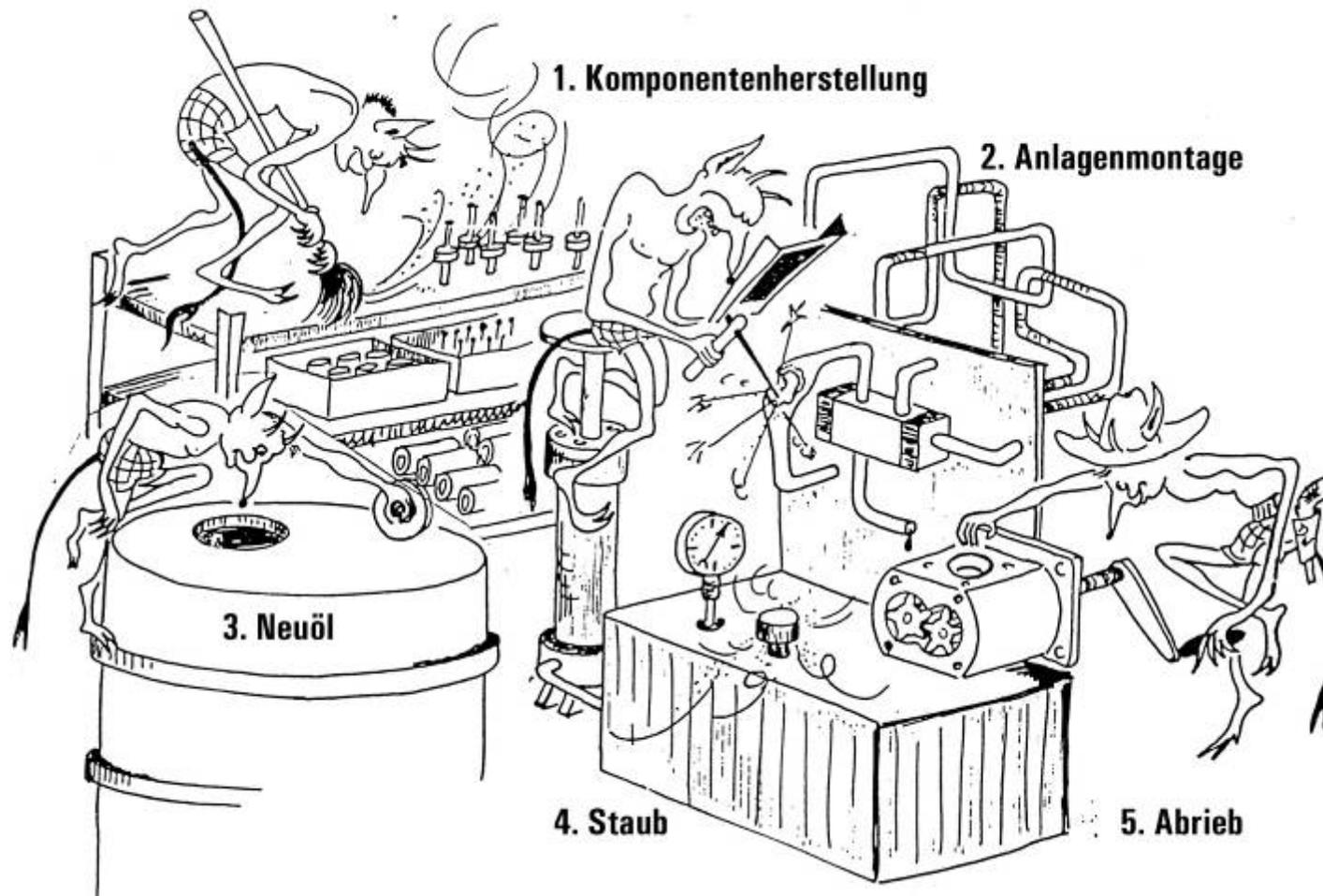


1. Problem Ölverschmutzung: Abriebpartikel





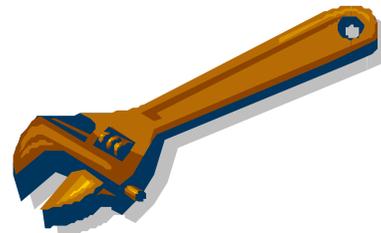
Wege des Schmutzes ins Öl





Wege des Schmutzes ins Öl

- bereits bei Montage oder Transport eingedrungen
- mit Frischöl eingeschleppt
- durch Abrieb und Oxidation entstanden
- aus der Umgebung(-luft) eingedrungen

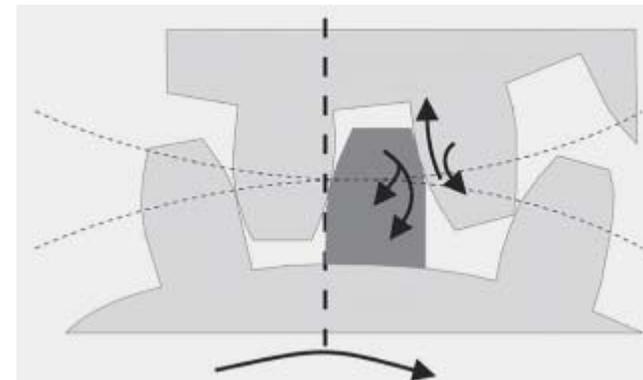
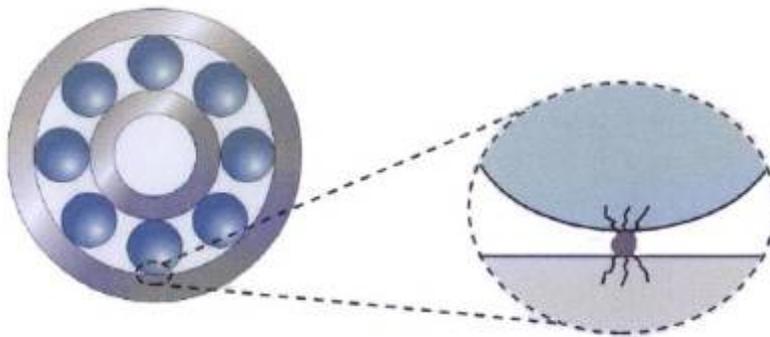
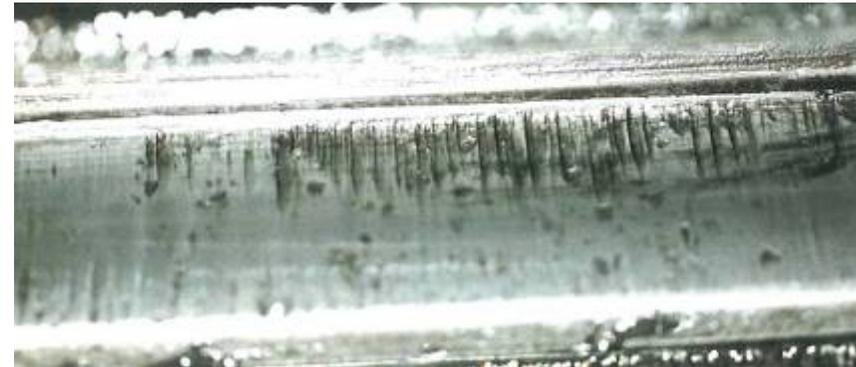


0,05% an ungelösten Stoffen sind in Frischöl zulässig (DIN 51 524 Teil 2).



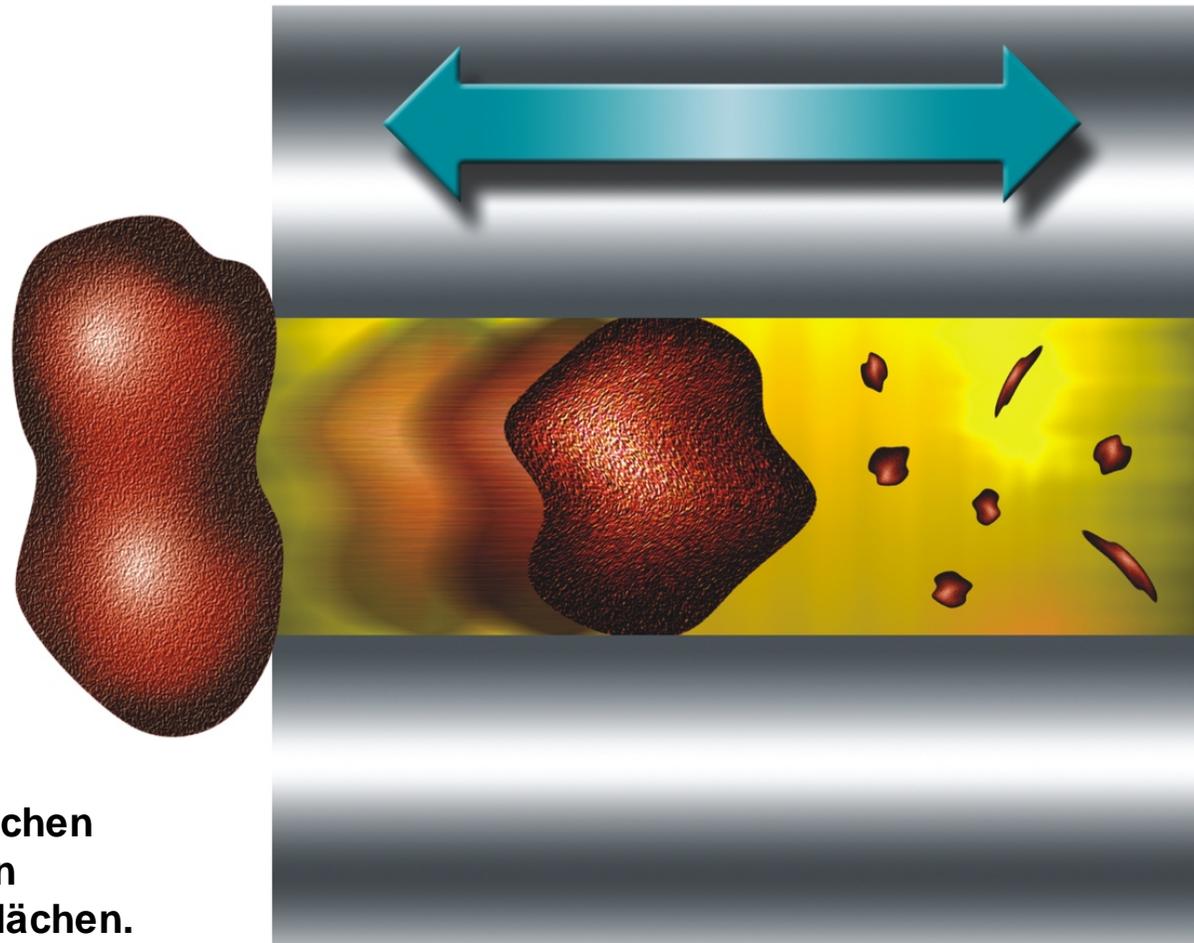
Zeit und Geld sparen durch Ölpflege

Lager- / Getriebeverschleiß durch Partikel





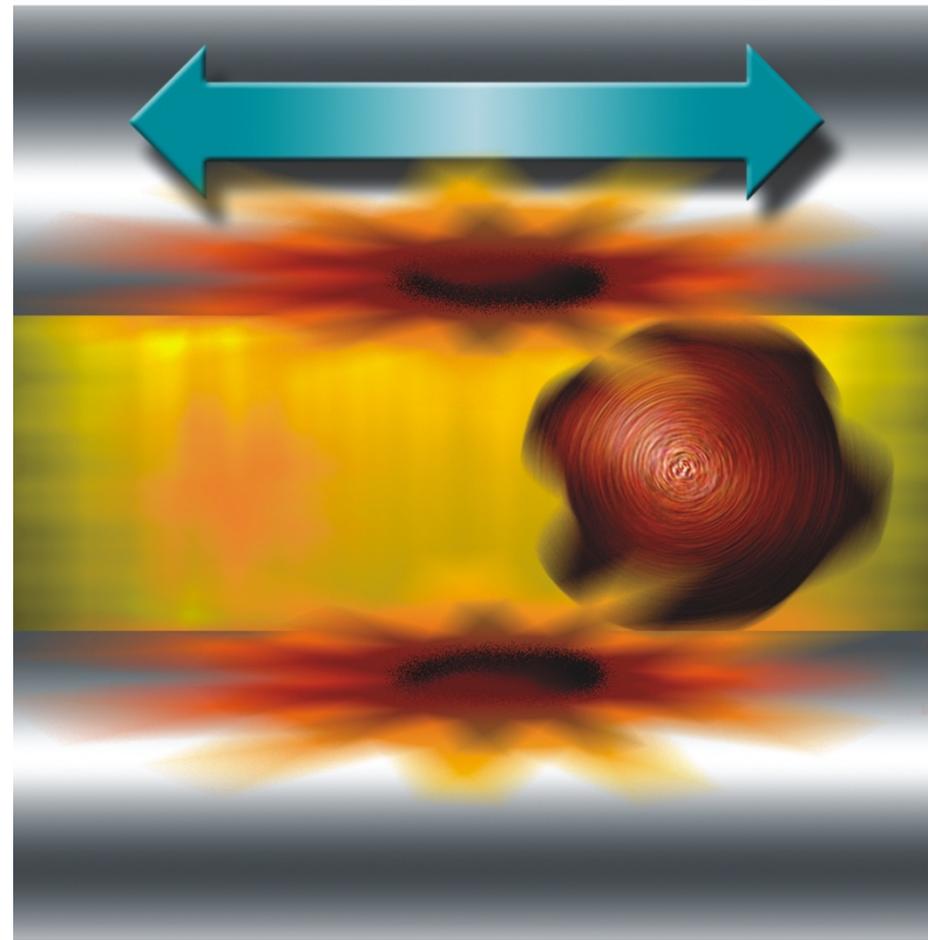
Abrasion



Abrasion:
Harte Partikel zwischen
beweglichen Teilen
beschädigen die Flächen.



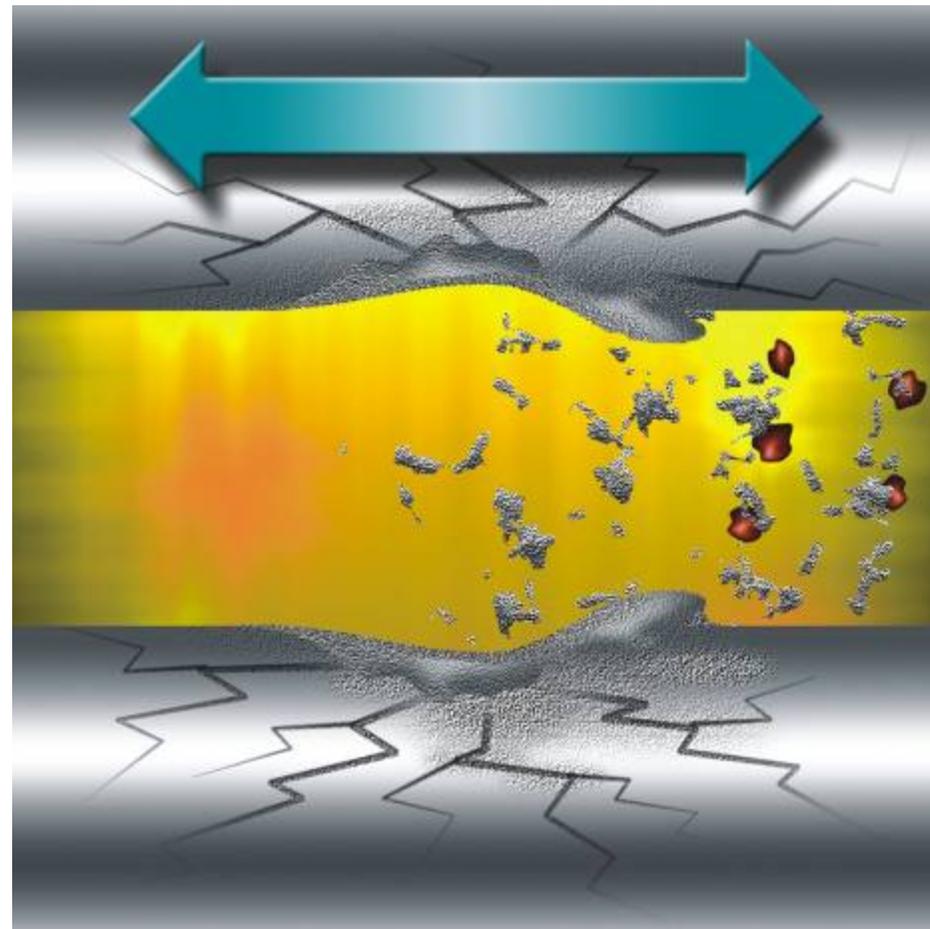
Abrasion



Abrasion:
Harte Partikel zwischen
beweglichen Teilen
beschädigen die Flächen.



Abrasion

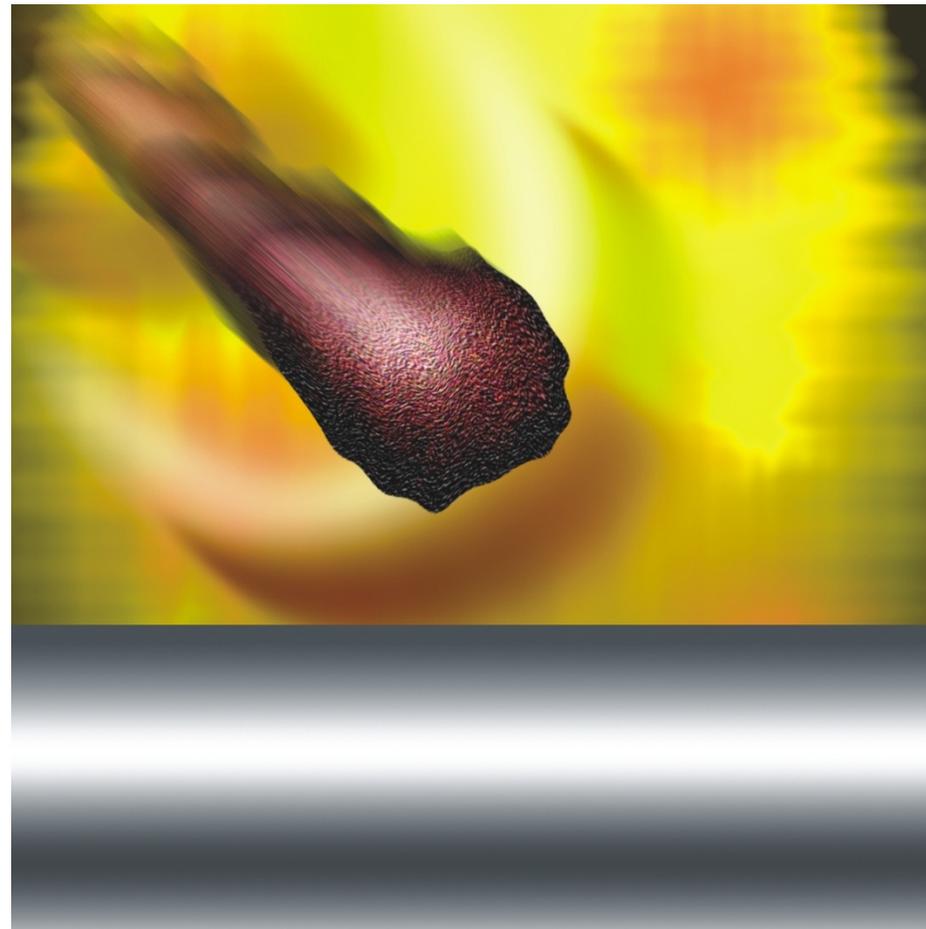


Abrasion:
Harte Partikel zwischen
beweglichen Teilen
beschädigen die Flächen.



Erosion

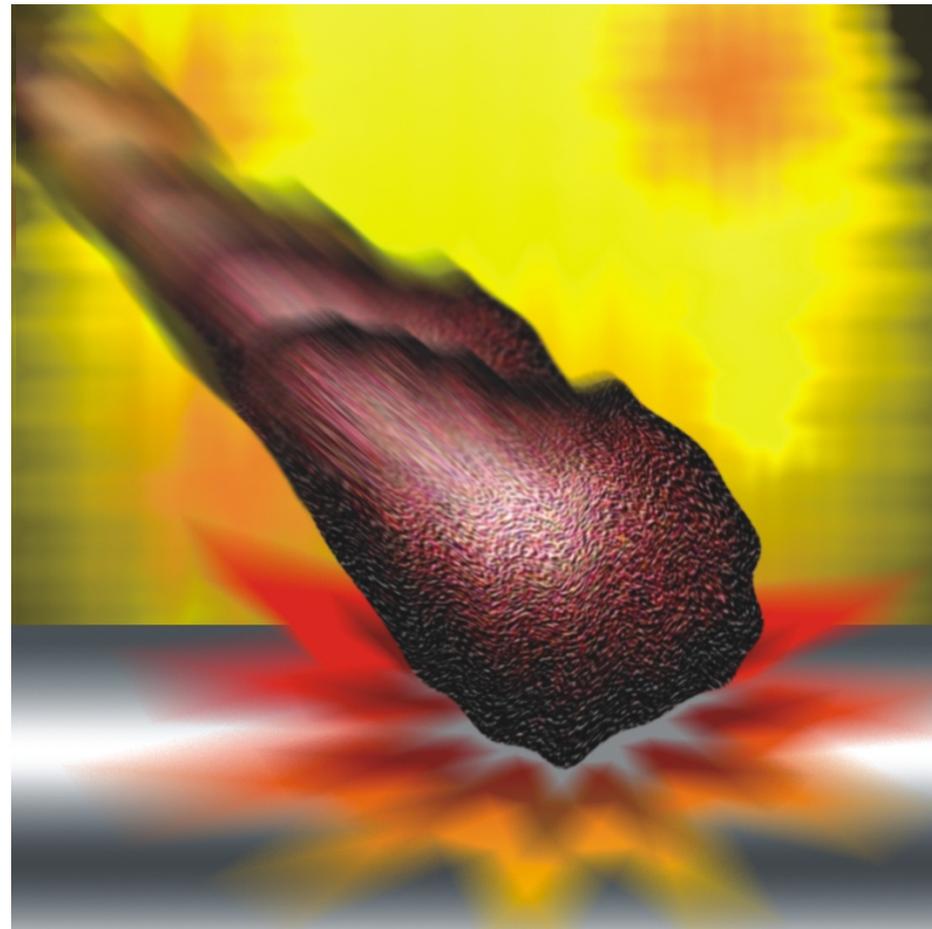
Erosion:
Kleine Partikel in schnell fließenden Ölen treffen auf Oberflächen / Steuerkanten und brechen weitere Teile heraus (Sandstrahleffekt).





Erosion

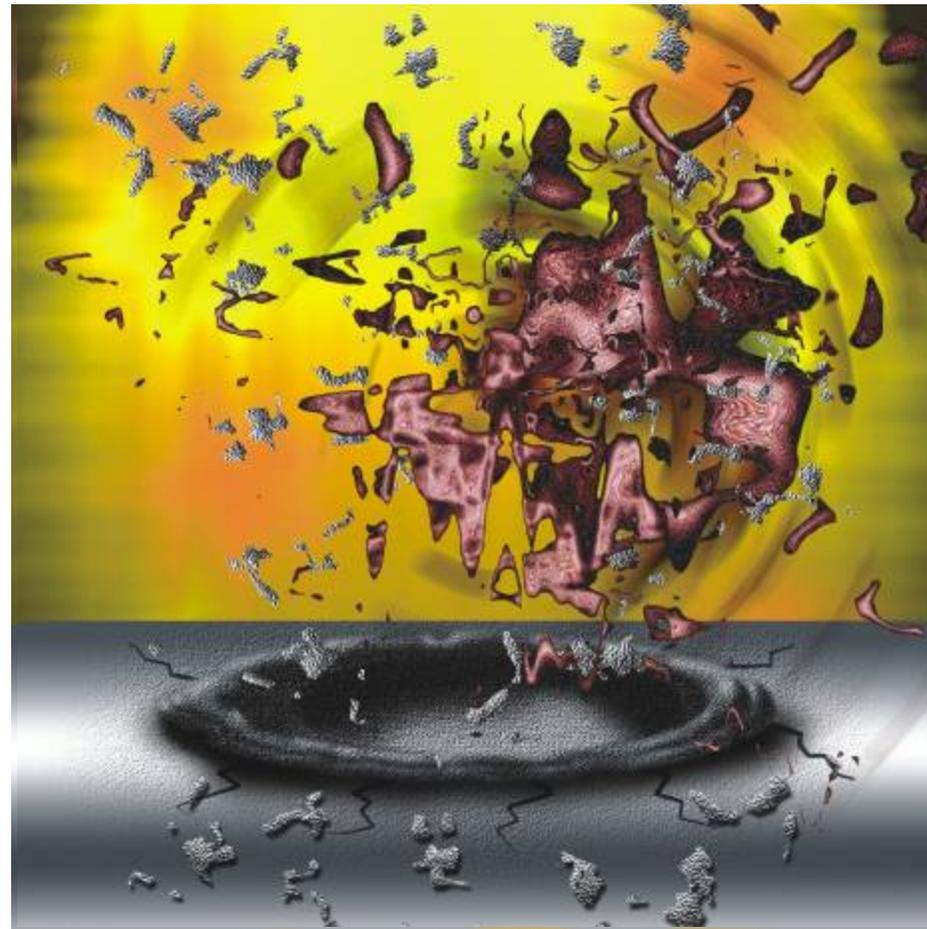
Erosion:
Kleine Partikel in schnell fließenden Ölen treffen auf Oberflächen / Steuerkanten und brechen weitere Teile heraus (Sandstrahleffekt).





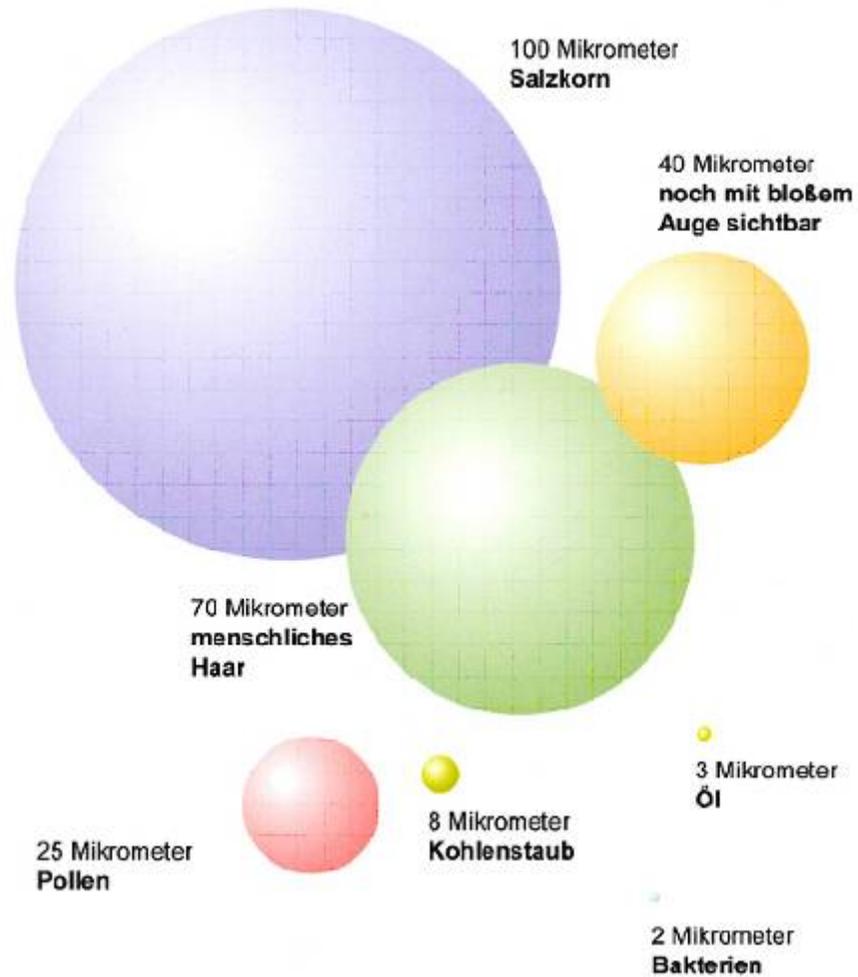
Erosion

Erosion:
Kleine Partikel in schnell fließenden Ölen treffen auf Oberflächen / Steuerkanten und brechen weitere Teile heraus (Sandstrahleffekt).





Partikelgrößen





Partikelgrößen



menschl. Haar: 70 μm

kleinste, mit bloßem Auge
sichtbare Partikelgröße:
40 μm

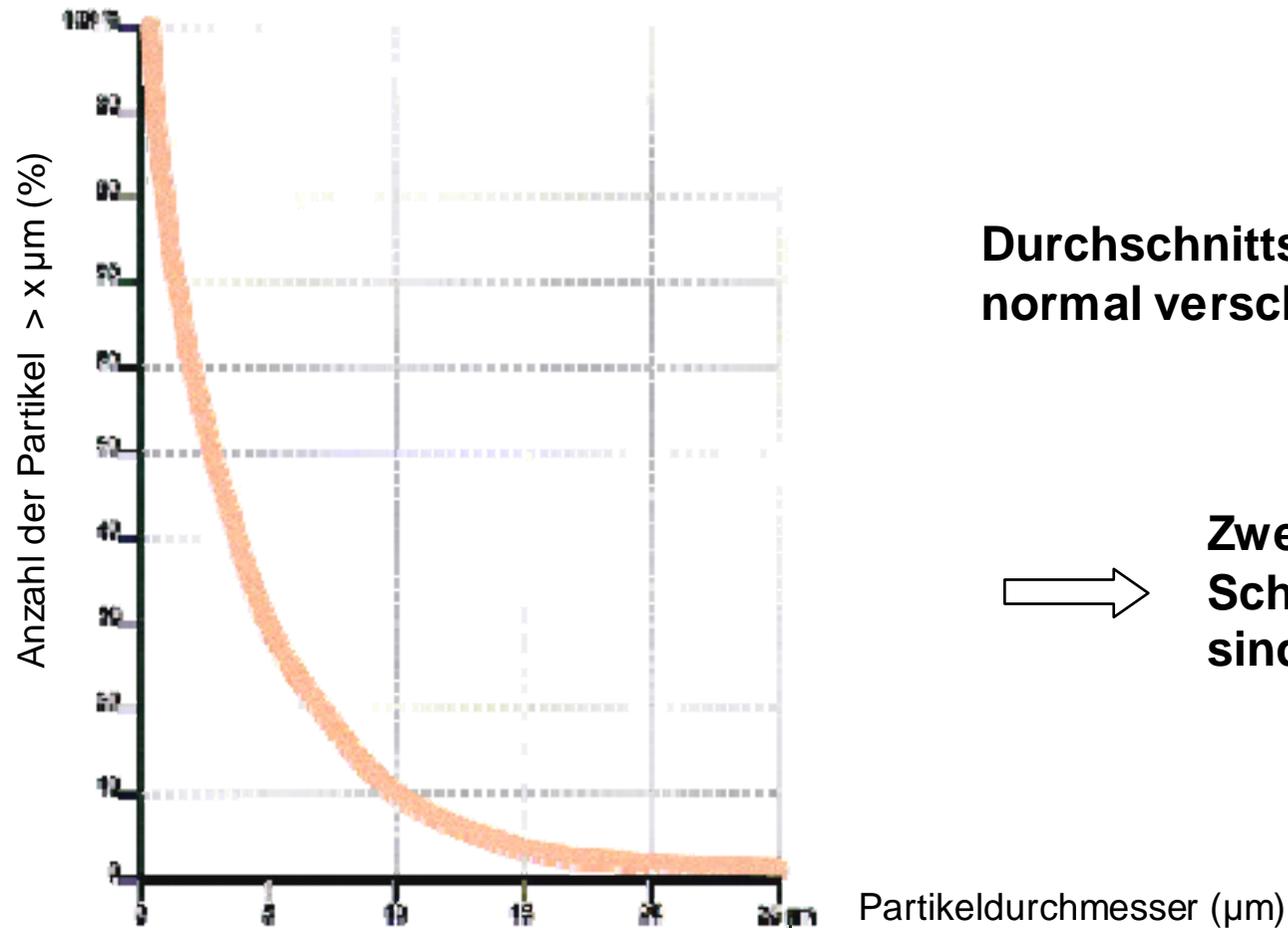
3 μm

1 μm

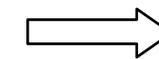




Größenverteilung der Schmutzpartikel



Durchschnittswerte eines normal verschmutzten Öls



Zwei Drittel aller Schmutzpartikel sind < 5 µm.

Die Bedeutung kleiner Partikel

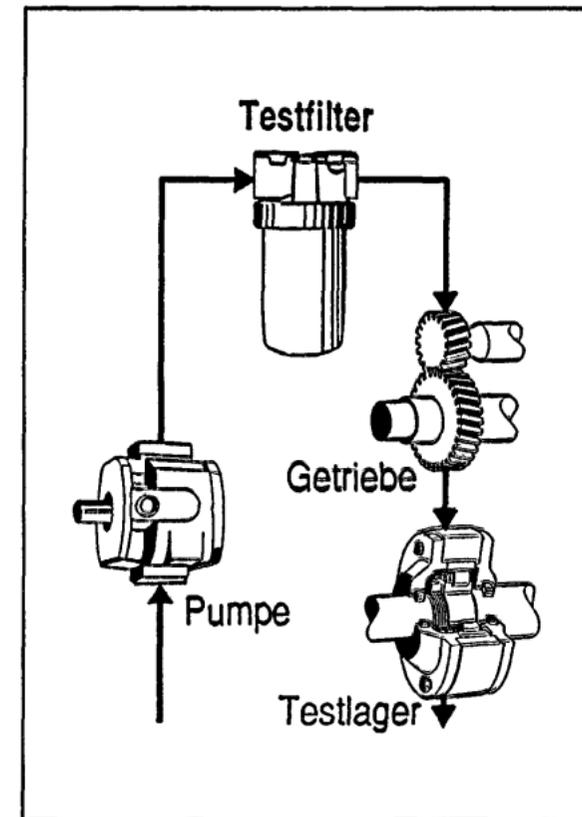
Einfluss der Partikelanzahl auf die Lebensdauer von Wälzlagern

Der Versuch von MacPherson

Zahlreiche Untersuchungen zeigen, dass mit reiner Betriebsflüssigkeit die Lebensdauer von Komponenten erheblich verlängert werden kann.

Eine der bekanntesten Studien wurde von Dr. P. B. McPherson in Zusammenarbeit mit dem englischen Verteidigungsministerium, der Westland Helicopter Corporation, dem Imperial College und dem Marineforschungsinstitut der USA durchgeführt.

Es wurden mehrere hundert Wälzlager getestet, wobei nur die Rückhalterate des Testfilters und somit die Ölreinheit im Versuchsaufbau geändert wurde. Jedes Lager wurde bis zur ersten Pitting-Bildung gefahren.



Prinzipische Skizze des Versuchsaufbaus für die Untersuchungen von McPherson



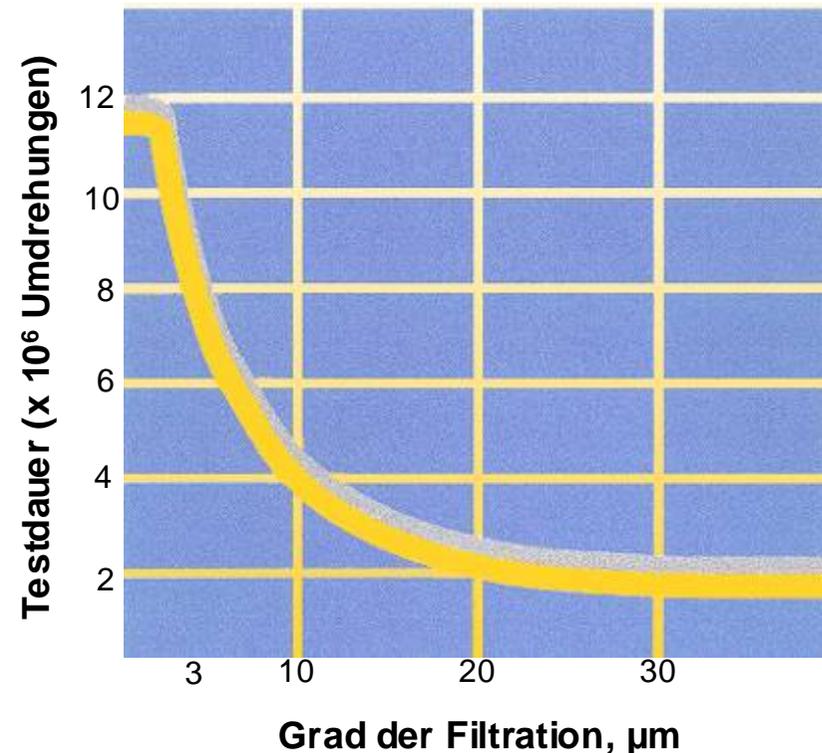
Die Bedeutung kleiner Partikel

Der Versuch von MacPherson

Das MacPherson Diagramm basiert auf einem beschleunigten Test an 10 Rollenlagern. Das Schmieröl wurde mit Schmutz aus Getrieben belastet.

Ergebnis:

Je feiner das Schmieröl filtrierte wird, desto länger wird die Standzeit (hier: des Rollenlagers).



Gerade eine Feinstfiltration im Bereich < 5 µm bringt eine deutliche Lebensverlängerung des Rollenlagers.



Dynamischer Ölfilm

Rollenlager / Kugellager:

Wellen- und Gleitlager:

Motoren, Kolbenringe / Zylinder:

Getriebe:

Servo- und Proportionalventile:

Zahnradpumpen:

Kolbenpumpen:

Hydraulikzylinder:

dynamische Dichtungen:

Ölfilmdicke:

0.1 – 3 μm

0.5 – 100 μm

0.3 – 7 μm

0.1 – 1 μm

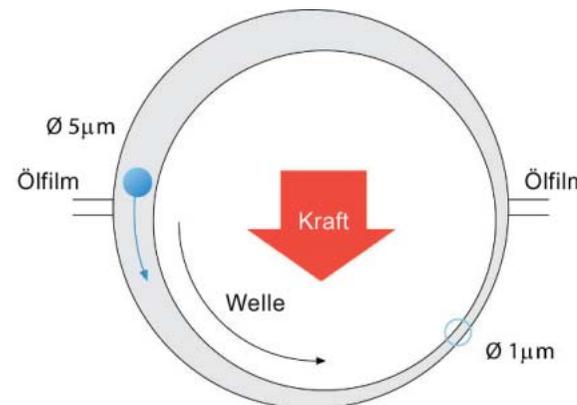
1 – 3 μm

0.5 – 5 μm

0.5 – 5 μm

5 – 50 μm

0.05 – 0.5 μm





Reinheitsklassen einstufen

Klassifizierung nach ISO 4406 (International Organisation of Standard)

Bei der Auszählung mit **automatischen Partikelzählern** werden aus einer 100 ml-Probe der zu untersuchenden Flüssigkeit die Anzahl der Partikel $\geq 4 \mu\text{m}$, $\geq 6 \mu\text{m}$ und $\geq 14 \mu\text{m}$ bestimmt.

Den drei ermittelten Partikelanzahlen werden dann Codezahlen zugeordnet, welche die Ölrreinheitsklasse ergeben.

Die **mikroskopische Partikelzählung** beschränkt sich auf die Partikelgrößen $\geq 5 \mu\text{m}$ und $\geq 15 \mu\text{m}$.

Beispiel:

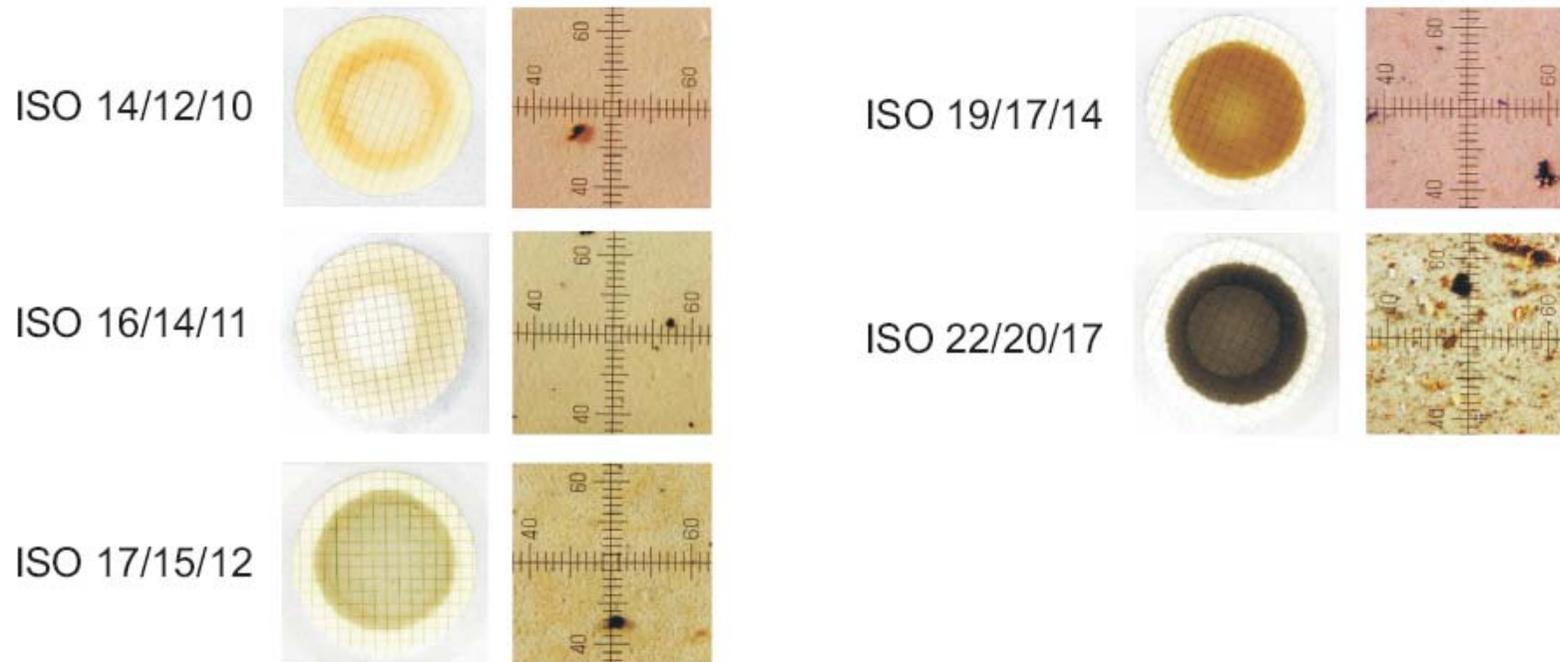
Die Ölrreinheitsklasse 19 / 16 / 13 bedeutet, dass sich 250.000 bis 500.000 Partikel $\geq 4 \mu\text{m}$, 32.000 bis 64.000 Partikel $\geq 6 \mu\text{m}$ und 4.000 bis 8.000 Partikel $\geq 14 \mu\text{m}$ in 100 ml des getesteten Öls befinden.

Reinheitsklasse nach ISO 4406	Anzahl der Partikel in 100 ml Flüssigkeit					
	$\geq 4 \mu\text{m}$		$\geq 6 \mu\text{m}$		$\geq 14 \mu\text{m}$	
	mehr als	bis zu	mehr als	bis zu	mehr als	bis zu
24 / 21 / 19	8.000.000	16.000.000	1.000.000	2.000.000	250.000	500.000
23 / 20 / 17	4.000.000	8.000.000	500.000	1.000.000	64.000	130.000
22 / 19 / 16	2.000.000	4.000.000	250.000	500.000	32.000	64.000
21 / 18 / 15	1.000.000	2.000.000	130.000	250.000	16.000	32.000
20 / 17 / 14	500.000	1.000.000	64.000	130.000	8.000	16.000
19 / 16 / 13	250.000	500.000	32.000	64.000	4.000	8.000
18 / 15 / 12	130.000	250.000	16.000	32.000	2.000	4.000
17 / 14 / 11	64.000	130.000	8.000	16.000	1.000	2.000
16 / 13 / 10	32.000	64.000	4.000	8.000	500	1.000
15 / 12 / 9	16.000	32.000	2.000	4.000	250	500
14 / 11 / 8	8.000	16.000	1.000	2.000	130	250
13 / 10 / 7	4.000	8.000	500	1.000	64	130
12 / 9 / 6	2.000	4.000	250	500	32	64
11 / 8 / 5	1.000	2.000	130	250	16	32
10 / 7 / 4	500	1.000	64	130	8	16
9 / 6 / 3	250	500	32	64	4	8
8 / 5 / 2	130	250	16	32	2	4
7 / 4 / 1	64	130	8	16	1	2



Beispiele von ISO Codes

Testmembranen und Mikroskop-Fotos verschiedener Verschmutzungsgrade



Durchschnittliche Reinheitsklasse des Frischöls: 19/17/14



Reinheitsklassen einstufen

Empfohlene Mindestreinheit für Öle bestimmter Anwendungen:

22 / 20 / 17 12	19 / 17 / 14 9	17 / 15 / 12 7	16 / 14 / 11 6	14 / 12 / 10 4
stark verschmutzt	durchschnittlich verschmutzt z.B. Frischöl	leicht verschmutzt	sauber	sehr sauber
nicht geeignet für Ölsysteme	Nieder- und Mitteldrucksysteme	Hydraulik- und Schmierölsysteme	Servo- /Hochdruck- hydrauliken	alle Ölsysteme
Schmutzmenge, die jährlich die Systempumpe (Förderleistung 10l/min) passiert:				
> 589 kg	140 kg	34 kg	17 kg	8,5 kg

Lebensdauer der Systemkomponenten verlängern

22 / 20 / 17	19 / 17 / 14	17 / 15 / 12	16 / 14 / 11	14 / 12 / 10
halbe Lebensdauer	0,75fache Lebensdauer	normale Lebensdauer	1,5fache Lebensdauer	doppelte Lebensdauer



Zeit und Geld sparen durch Ölpflege

Verlängerung der Lebensdauer von Hydrauliksystemen

Faktor der Lebensdauer-Verlängerung

Derzeitige Öl-Reinheit (ISO)

	2	3	4	5	6	7	8	9	10
26/23	23/21	22/19	21/18	20/17	20/17	19/16	19/16	18/15	18/15
25/22	23/19	21/18	20/17	19/16	19/15	18/15	18/14	17/14	17/14
24/21	21/18	20/17	19/16	19/15	18/14	17/14	17/13	16/13	16/13
23/20	20/17	19/16	18/15	17/14	17/13	16/13	13/12	15/12	15/11
22/19	19/16	18/15	17/14	16/13	16/12	15/12	14/11	14/11	14/10
21/18	18/15	17/14	16/13	15/12	15/11	14/11	14/10	13/10	13/10
20/17	17/14	16/13	15/12	14/11	13/11	13/10	13/09	12/09	12/08
19/16	16/13	15/12	14/11	13/10	13/09	12/09	12/08	11/08	11/08
18/15	15/12	14/11	13/10	12/09	12/08	11/08			
17/14	14/11	13/10	12/09	12/08	11/08				
16/13	13/10	12/09	11/08						
15/12	12/09	11/08							
14/11	11/08								
13/10	11/08 ¹								
12/09	11/08 ²								

Quelle: Diagnostics, Inc.



2. Problem Ölverunreinigung: Wasser





Wasser

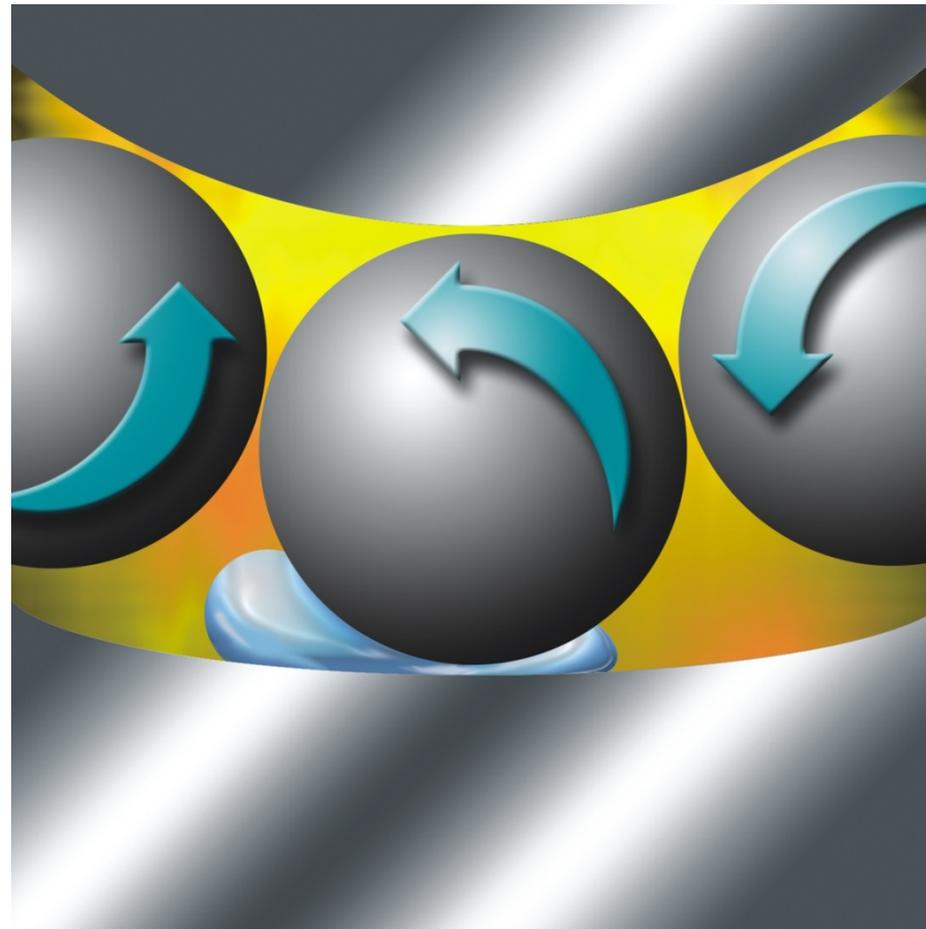
- Kondensation - Temperaturänderung durch wechselnde Last
- Luftfeuchtigkeit - Subtropisches Klima oder Offshore Einsatz
- Wassereinbruch - Undichte Kühler

Folge : Kavitation, Korrosion, Micropitting

Wasserkonzentration: 30 – 80 ppm normal, Missbilligung bei 300 ppm
(Methode Karl Fischer Coulometrie)



Kavitation

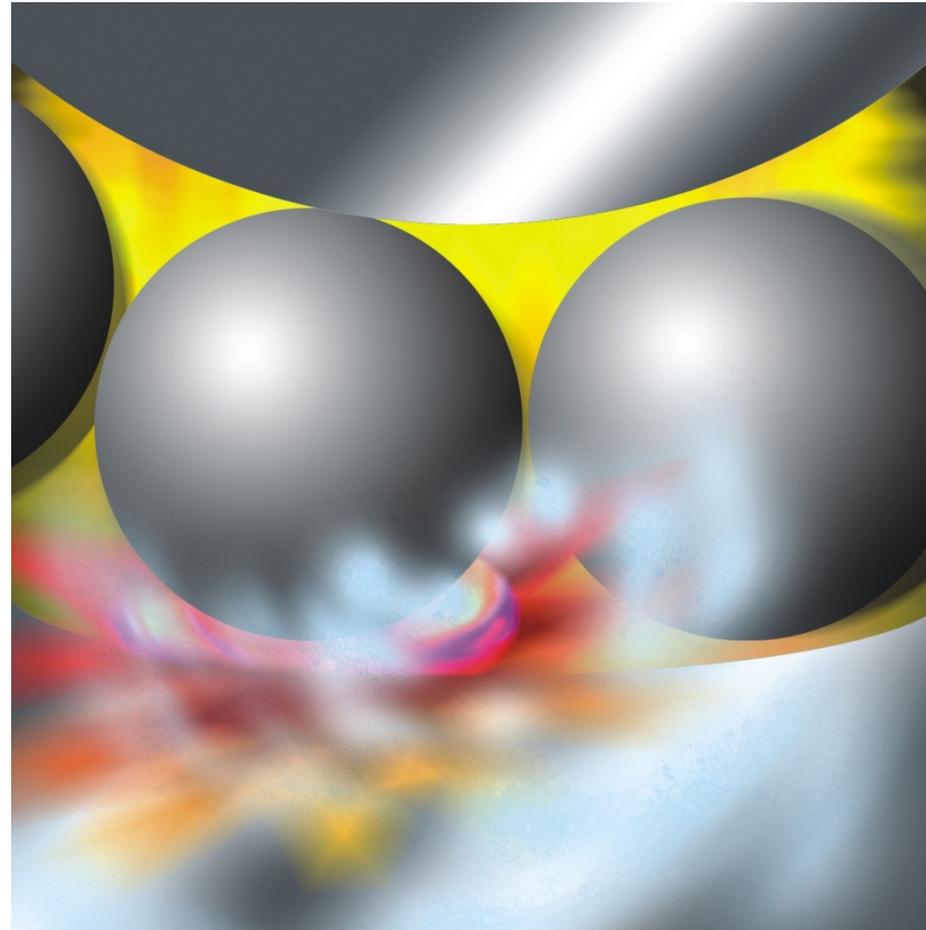


Kavitation:
Schnell wechselnder Druck
führt zu Verdampfung /
Implosion direkt an den
metallischen Oberflächen.



Kavitation

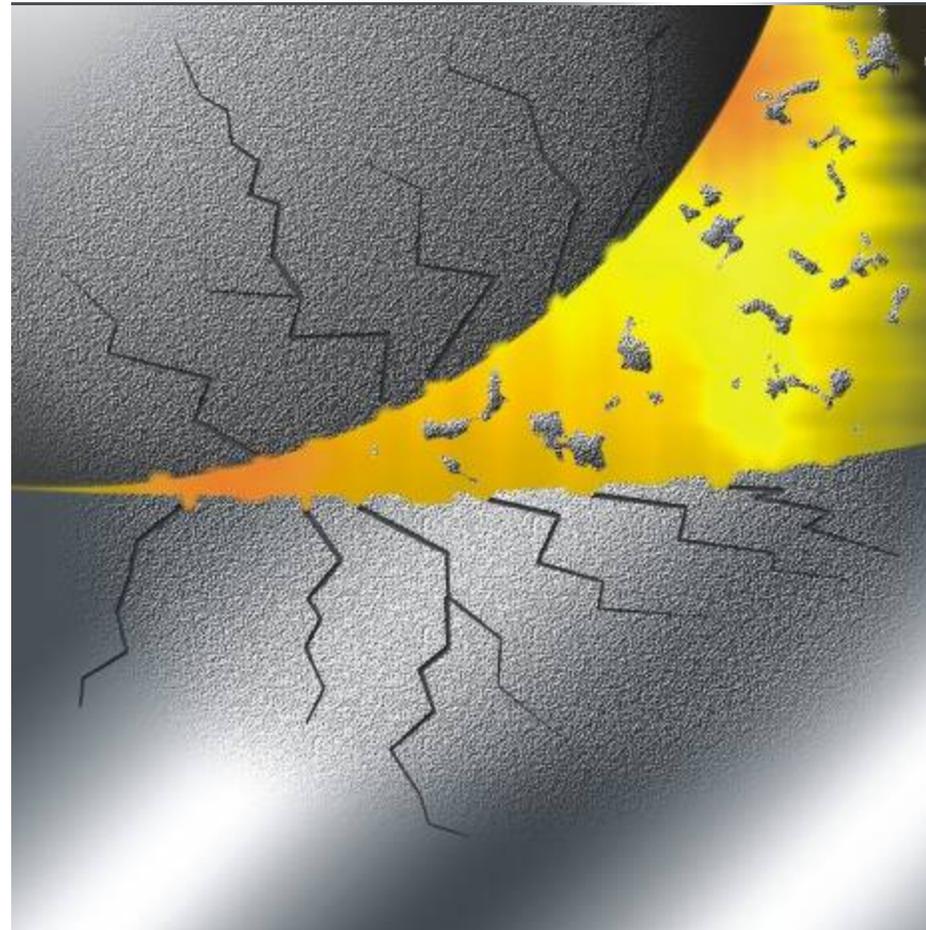
Kavitation:
Schnell wechselnder Druck
führt zu Verdampfung /
Implosion direkt an den
metallischen Oberflächen.





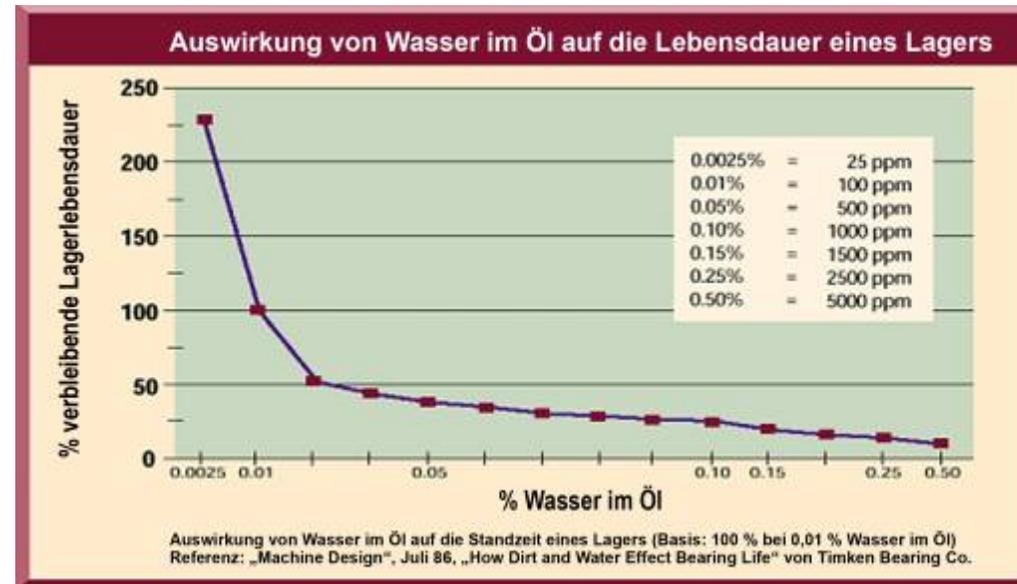
Kavitation

Kavitation:
Schnell wechselnder Druck
führt zu Verdampfung /
Implosion direkt an den
metallischen Oberflächen.

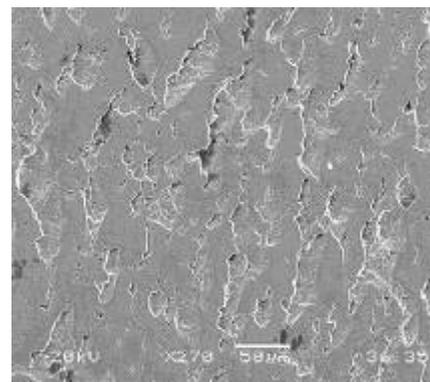




Wasser führt zu Micropitting und Rost



Quelle: SKF





3. Problem Ölverunreinigung: Verharzungen (Oxidation)





Ölabbau / Oxidation

Verharzungen lagern sich
an den Oberflächen an.





Oxidationsprozess

Oxidationsgrad (Verharzung):

Das Öl wird eingestuft

niedrig	0 – 30%
mittel	30 – 60%
hoch	60 – 100%





Ölabbau / Oxidation

Prozess	Oxidation	Hydrolyse	Thermischer Zerfall
Reagent	Sauerstoff	Wasser	Hitze
katalytisch auf den Prozess wirken:	Temperatur / Wasser	Sauerstoff / Temperatur	Wasser / Sauerstoff
	metallischer Abrieb (Kupfer, Eisen, Aluminium) Verunreinigungen (generelle Verschmutzung, Oxidationsprodukte, Druck)		

Beim Ölzerfall entstehen:

- saure Bestandteile
- Polymere (langkettige Moleküle)
- Verharzungen / Schlamm (unlösliche Bestandteile)
- Verlackungen (Ablagerungen)





Konsequenzen des Ölzerfalls

Verlackungen führen zu:

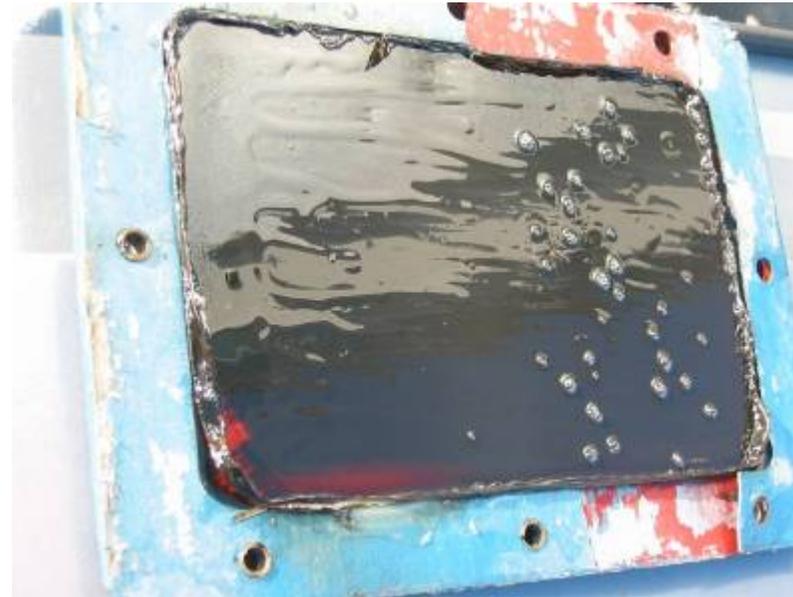
- geringerer Produktionszeit und Verfügbarkeit
- schlechtere Performance der Maschine
- geringerer Standzeit von Öl und Komponenten
- höhere Wartungskosten
(Filterwechsel, Öl und Komponenten)
- höhere Öltemperatur (sinkende Effizienz der Wärmetauscher)
- Blockieren der Servo- und Steuerventile
- Verlackungen und "Sandpapier-Effekt" auf allen Oberflächen



Verlackungen in Spritzgießmaschine



Wieso reicht ein Ölwechsel nicht aus?



Verharzungsschichten haften an allen Oberflächen und fangen Partikel ein.



4. Die Lösung CJC™ Feinfiltration

- Nebenstrom
- Tiefenfiltration
- Filtermaterial Zellulose



Hauptstromfilter - Nebenstromfilter

Hauptstromfilterarten:

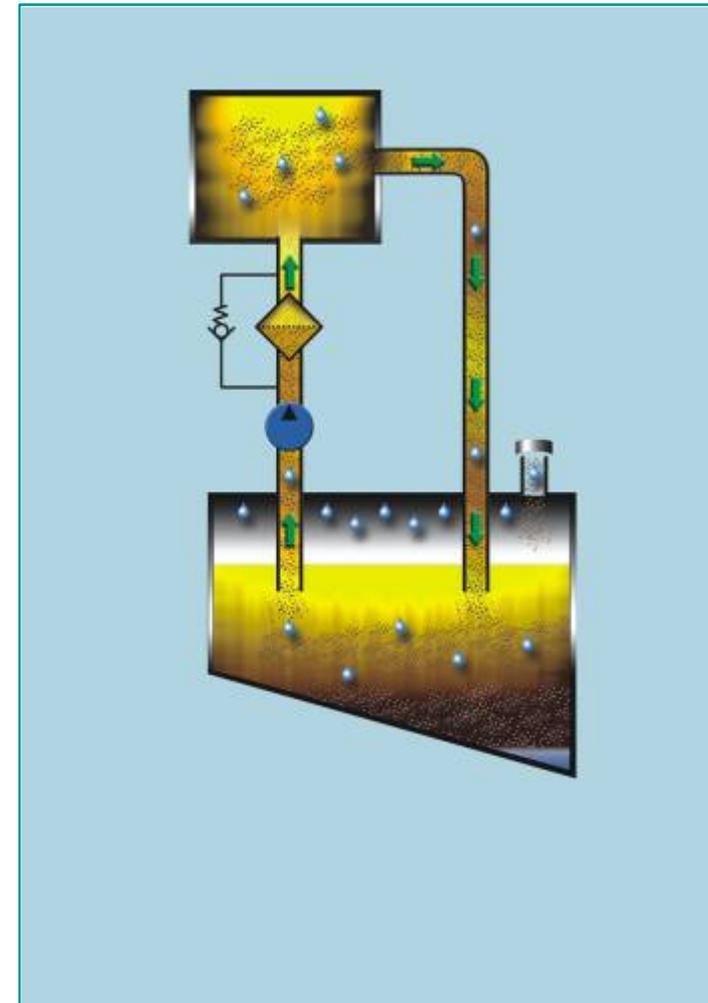
Gewährleistung hoher Volumenströme
bei geringer Baugröße

- Saugfilter
- Druckfilter
- Rücklaufilter
- Bypassfilter (hohe Leistung)

Grenzen der Hauptstromfiltration:

➔ verminderte Schmutzaufnahme

- Filtration nur bei Betrieb





Hauptstromfilter - Nebenstromfilter

Nebenstromfiltration:

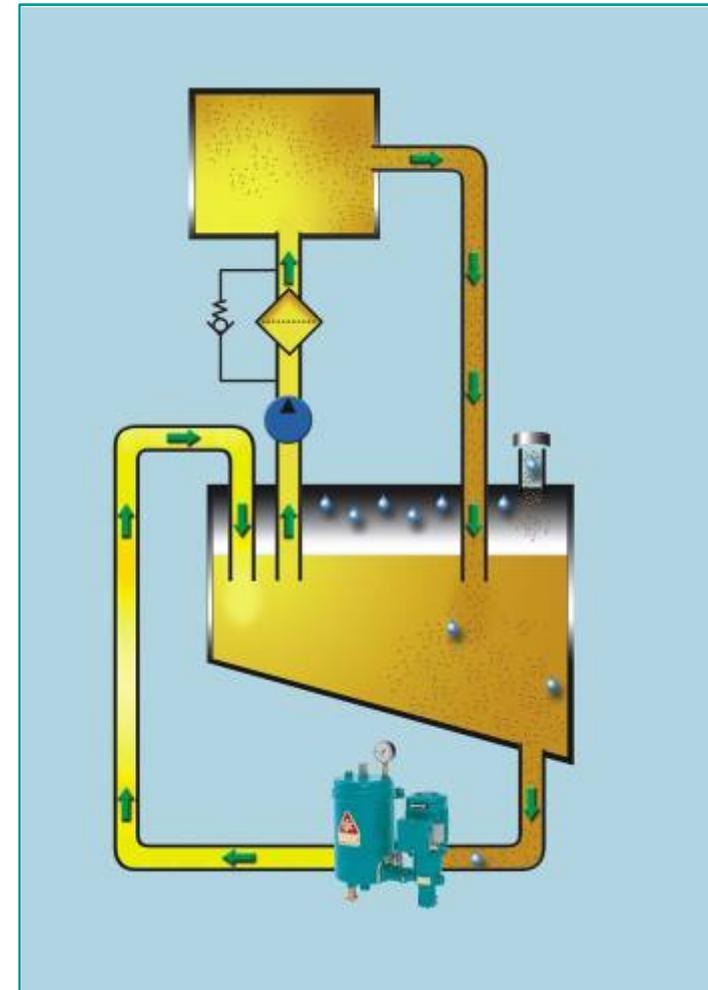
Vorteile:

- unabhängig vom Hauptstrom
- Durchflussgeschwindigkeit an Filterfeinheit angepasst
- langsames Durchströmen der Filterpatrone



- Schmutzpartikel lagern sich dauerhaft in der Tiefe des Filtermaterials an.

Die Filtrationseffizienz ist grundsätzlich eine Funktion der Kontaktzeit der Flüssigkeit mit dem Filtermaterial.





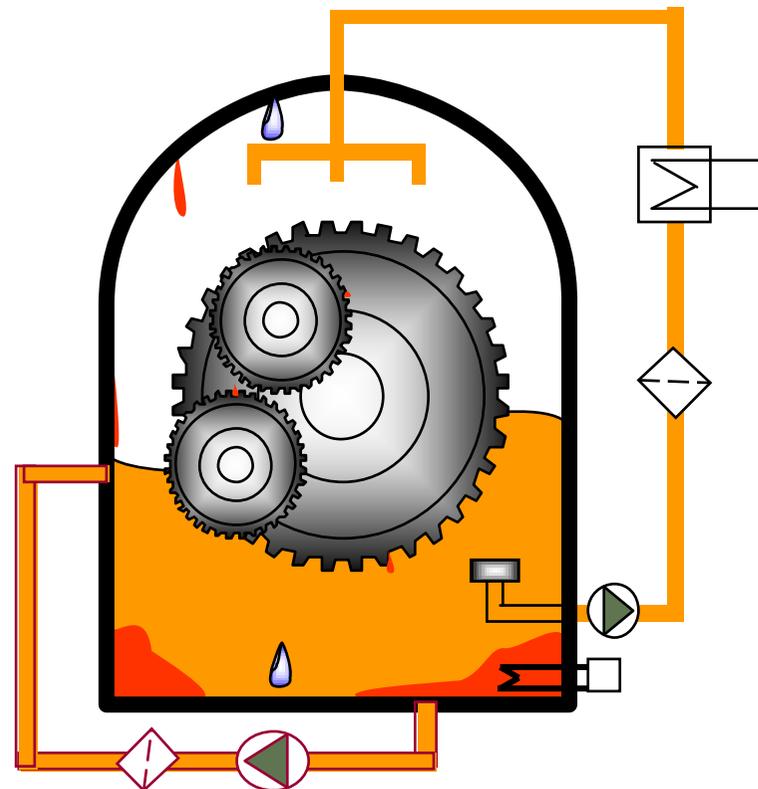
Hauptstromfilter - Nebenstromfilter

Zwei sich unterstützende Filterprinzipien

Bsp.: Getriebe

Nebenstrom- filterkreislauf

- konstanter Fluss
- niedriger Druck
- sauberes Öl im gesamten Getriebe



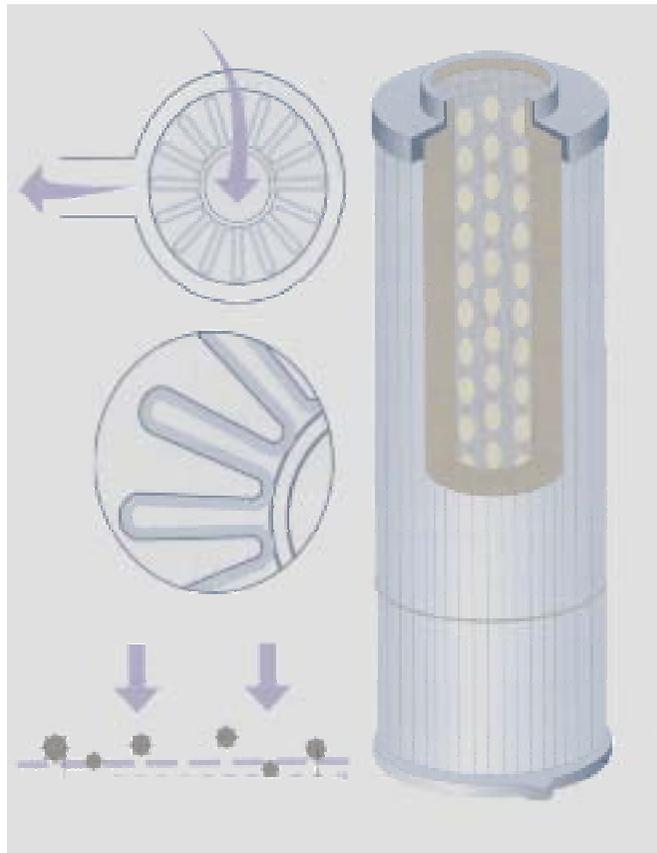
Schmier- und
Kühlkreislauf
– einschl.

Hauptstromfilter

- hoher Durchfluss
- hoher Druck
- Schutz vor größeren Partikeln



Oberflächenfilter



Systemdruck: **10-220 bar**
Volumenstrom: **4-200 l/min.**
Filterfeinheit: **3-20 µm absolut**
Schmutzaufnahmevermögen: **20-100 g**

keine Wasseraufnahme

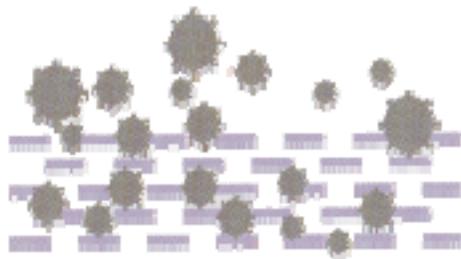
kein Rückhalt von Ölabbauprodukten

Standard an allen Ölsystemen

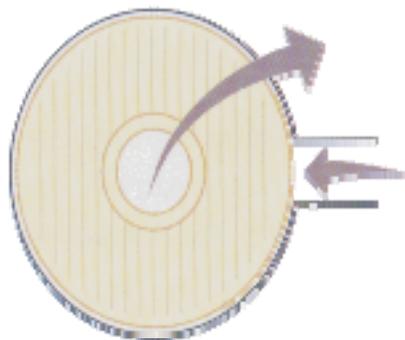




Tiefenfilter



Filtriertes Öl wird in das System rückgeleitet.



kontrollierter Druck:	max. 5 bar
Volumenstrom:	45-500 l/h
Filterfeinheit:	3 µm absolut
Schmutzaufnahmevermögen:	2000 - 4000 g
Wasseraufnahmevermögen:	750 - 2000 ml
kontrollierter Druck:	max. 5 bar
Aufnahmeverm. Ölabbauprod.:	1000 - 4000 g

Verschmutztes Öl wird durch die Motor-Pumpen-Einheit der Nebenstromanlage zugeführt.





Filtermaterial Zellulose



- Rückhalt von Partikeln:
- Filterfeinheit:
- 3 μm absolut, 1 μm nominal
- Absorption von Wasser
 - Rückhalt von Ölabbauprodukten





Filtermaterial Zellulose

Partikel:



radial durchströmt von außen nach innen

Hohlraumgefüge 70 %

nur ein Material

einfache Entsorgung nach Abfallschlüssel 150202

Schmutzaufnahme ca. 2 kg / Filterelement (27/27)

Die Filtrationseffizienz ist grundsätzlich eine Funktion der Kontaktzeit der Flüssigkeit mit dem Filtermaterial.





Filtermaterial Zellulose

Wasser:

natürliche Eigenschaft der Zellulosefasern:

Absorption von Wasser

Wasseraufnahme ca. 1 l / Filterelement (27/27)

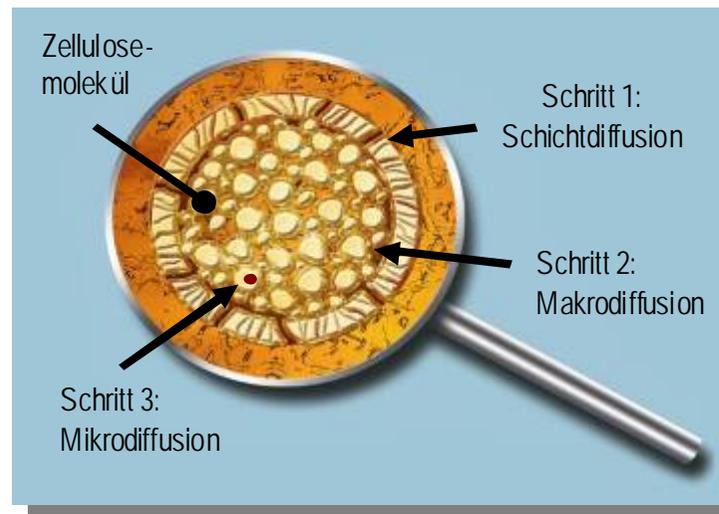




Filtermaterial Zellulose

Ölabbauprodukte:

Zellulose als ideales Adsorptionsmaterial:
Verharzungen lagern sich an polaren Stellen
des Zellulosematerials an.





5. CJC™ Feinfilteranlagen



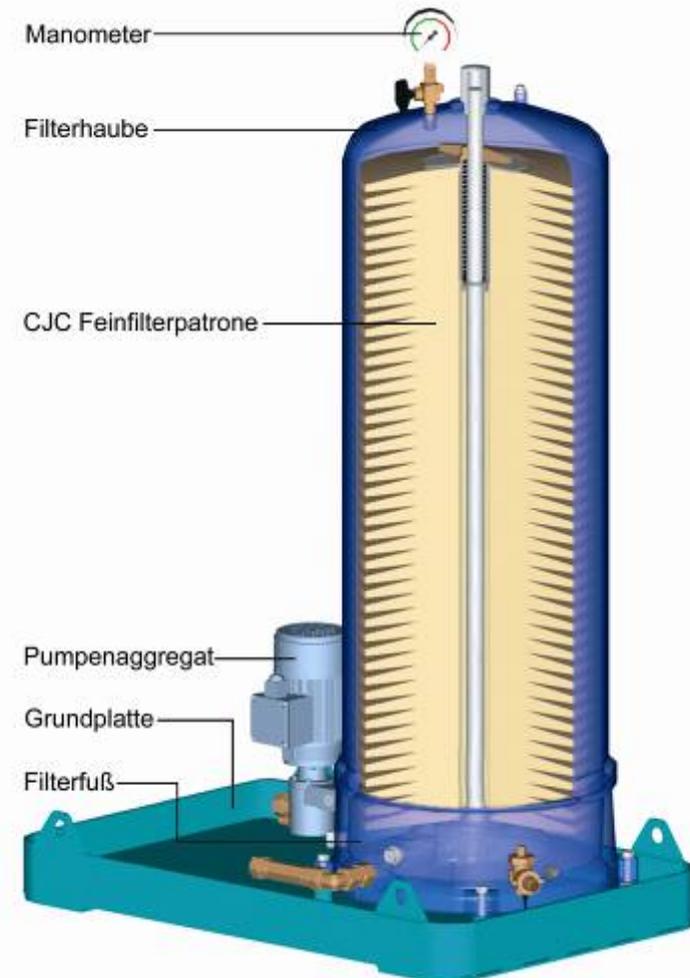
CJC™ Feinfilteranlagen

Funktionsweise:

Das verschmutzte Öl wird vom Pumpenaggregat aus dem Tank gesaugt und in das Filtergehäuse gepumpt.

Es durchströmt die CJC™ Feinfilterpatrone radial von außen nach innen. Schmutzpartikel und Wasser lagern sich in der Tiefe des Filtermaterials ab, das Öl fließt gereinigt aus dem Filterfuß drucklos zurück in den Tank.

- ➡ geringe Wartungskosten
- ➡ robuster Aufbau
- ➡ keine Einbindung in die Steuerung notwendig
- ➡ ausgelegt für Dauerbetrieb

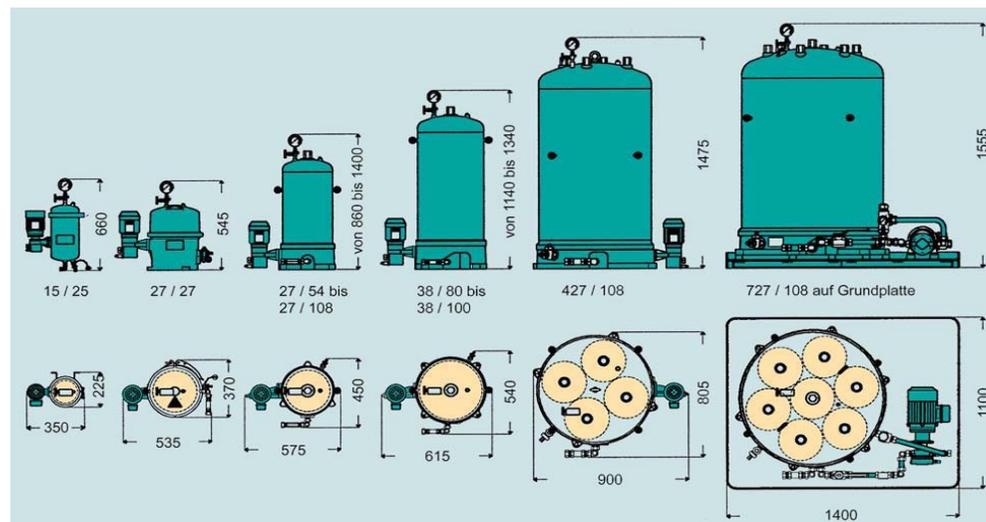




Zeit und Geld sparen durch Ölpflege

CJC™ Feinfilteranlagen

Modularer Aufbau:





Vorteile von CJC™ Feinfilteranlagen

- ➔ Hohe Schmutzaufnahme > 2kg (pro Patrone)
- ➔ Entfernung des Wasser, bis 1,2 Liter (pro Patrone)
- ➔ Verlängerung der Ölstandzeit auf das 4fache oder länger
- ➔ Entfernung der Ölabbauprodukte
- ➔ Tankreinigung entfällt
- ➔ Minimierung von ungeplanten Ausfällen
- ➔ Entlastung der teuren Hauptstromfilter

Jeder eingesparter Ölwechsel ist aktiver Umweltschutz.



Anwendungsbeispiele - Hydrauliköl

Fallstudie 1 Spritzgießmaschine:

Kunde: Kunststofffabrikant, NL
System: Hydrauliköl ISO VG 68,
1.300 l

Probleme: blockierende Ventile



Resultat:



Fallstudie 2 Keramikpresse:

Kunde: Hersteller Keramikfliesen, IT
System: Hydrauliköl ISO VG 46,
1.200 l

Probleme: kurze Ölstandzeit,
häufige Systemausfälle, hoher
Wartungsaufwand



Resultat:



vor Filtration:

03. Mai: ISO Code 23/21/19
(Schmutzgehalt: 51,9 mg/l)



nach Filtration:

31. Mai: ISO Code 16/15/12
(Schmutzgehalt: 0,5 mg/l)



Anwendungsbeispiele - Härte- u. Thermalöl

Fallstudie 1 Härteöl:

Kunde: Automotive-Zulieferer, D
System: IPSEN Härteofen,
2.400 l

Probleme: Kühler zugesetzt,
schwarze Flecken auf Härtegut

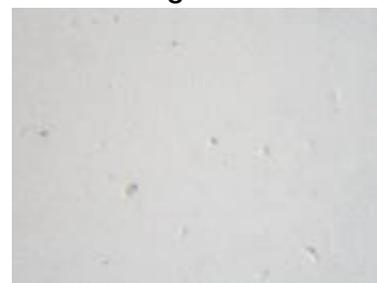


Resultat:



vor Filtration

nach 10 Tagen Filtration



Fallstudie 2 Thermalöl:

Kunde: Destillation von Teer und Naphtalin, DK
System: Thermalöl, 100.000 l

Probleme: Rohrleitungssystem zugesetzt mit
Ölabbauprodukten



Resultat:

nach einem Jahr
und Entfernung von 800 kg Schmutz:
geringerer Energiebedarf, weniger Ausfälle



Anwendungsbeispiele - Getriebeöl

Fallstudie 1 Tagebau:

Kunde: Kugelmühle SAG, Chile
System: Schmieröl ISO VG 150,
6.000 l

Probleme: häufige Ausfallzeiten



Resultat:

Partikel je ml	2 - 5 μm	5 - 15 μm	15 - 25 μm	ISO Code 4406/1999
vor dem Filter	*)	697.670	197.066	*/27/25 **)
nach dem Filter	*)	42.317	6.396	24/23/20
nach 5 Tagen	70.795	18.877	59	23/21/13

	vor Filtration	nach Filtration	nach 5 Tagen	
Quarz	49 ppm	13 ppm	16 ppm	
Eisen	25 ppm	8 ppm	8 ppm	

*) 2 μm Partikel sind in stark verunreinigtem Öl nicht messbar

**) ISO Code 27/25 gilt für Brecher und Mühlen als Standard

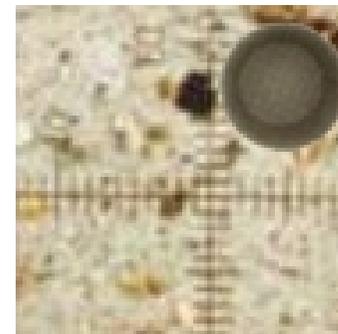
Fallstudie 2 Windenergie:

Kunde: WEA-Betreiber, USA
System: Getriebeöl,
ISO VG 320, 360 l

Probleme: Ausfallzeiten,
Getriebestörungen

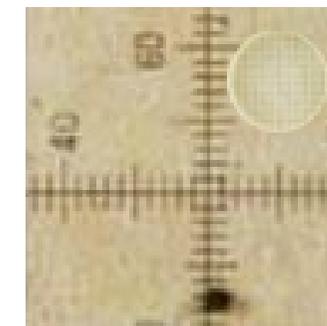


Resultat:



vor Filtration:

ISO Code 23/19



nach Filtration:

ISO Code 15/12

langfristig: auch nach 7 Jahren noch kein
sichtbarer Verschleiß am Getriebe



Zeit und Geld sparen durch Ölpflege

CJC™ Feinfilteranlagen



*Verantwortungsbewusstes Handeln!
Öl und Energie einsparen;
Anlagenverfügbarkeit erhöhen.*