

Ölfiltration als lebensverlängernde Maßnahme

Wie bei allen Sensationsmeldungen und brisanten Themen wurde auch das Thema Filtration nach einer Zeit des regen Interesses wieder von den nächsten großen Schlagzeilen verdrängt.

Bei der Filtration von Getriebeöl ist dies endgültig durch die Highlights Revisionsklausel und Condition Monitoring (hier Schwingungsüberwachung) geschehen. Das ist besonders bedauerlich, da Filtration und Condition Monitoring kombiniert eine gute Lösung darstellen, um Schäden zu minimieren.

Das eine ist proaktiv und verzögert das Entstehen des Initialschadens, das andere ist reaktiv und verhindert durch rechtzeitiges Erkennen die Folgeschäden. Obwohl durch beide Hypes auch Taten in den Konstruktionsabteilungen der Hersteller ausgelöst wurden und so manche Nachrüstung stattfand, hat sich nicht viel verbessert.

Laut Versicherungsaussagen zum Beispiel der Allianz erhöht sich der Anteil der Getriebeschäden sogar von 20 auf 30 Prozent in der 1,5-MW-Klasse.

Dies bezieht sich nur auf die Anzahl der Schadensfälle; von der Kostenseite betrachtet verursachen Getriebe etwa 70 Prozent aller finanziellen Aufwendungen.

Kleiner, leichter, billiger

Wie kann das sein, da doch alle Beteiligten ohne Zweifel an der Verbesserung ihrer Komponenten und deren Betriebsbedingungen gearbeitet haben?

Nach wie vor ist der Druck zur Entwicklung neuer, größerer Anlagen groß und das bei bis Anfang des Jahres 2006 stattfindendem Preiskampf. Um hier wettbewerbsfähig zu sein, lautete die Devise für die meisten Komponenten kleiner, leichter und somit preiswerter. Das geht nur, wenn man in der Konstruktion an die zulässigen Grenzen geht. Nur, dass diese Grenzen oft auf zum Teil idealisierten Annahmen beruhen. Wie in verschiedenen Untersuchungen gezeigt, beispielsweise vom Allianz Zentrum für Technik (AZT), Doktor Ing. Wikidal/Dipl.-Ing. Bauer/Dipl.-Ing. Gellermann (ATK Aachen 2005), sind längst nicht alle auf das Getriebe wirkenden Lasten bekannt und können somit nicht berücksichtigt werden. Durch diese Umstände rücken dann andere Elemente, wie die richtige Schmierstoffwahl und die Pflege des Öls, stärker in den Vordergrund. Das Öl

ist ein im wahrsten Sinne des Wortes tragendes Maschinenelement und fließt trotzdem nur mit Idealvorstellungen in die Konstruktion ein.

Wie die langjährigen Betriebserfahrungen zeigen, ist aber der Zustand des Öls im laufenden Betrieb der WEA ein wesentlicher Faktor für die Haltbarkeit der Getriebe ab der 500-KW-Klasse.

Zum guten Standard gehört heute eine regelmäßige Ölprobe, die Auskunft geben soll über den Zustand des Öls und des Getriebes.

Dieser gute Ansatz scheitert aber häufig an einer nicht repräsentativen Probenahme und einer Analysenauswertung, die nicht umfänglich genug ist oder von Personen ausgeführt wird, die hierfür nicht genügend geschult sind. Das führt dazu, dass Getriebe und Hydrauliken ohne Bedenken in Betrieb bleiben, obwohl akuter Handlungsbedarf besteht. Natürlich sollte das Streben sein, alle genannten Unzulänglichkeiten zu beseitigen; aber dies ist ein langwieriger Prozess, der nie zu 100-prozentigem Erfolg führen wird. Daher bietet es sich an, dem Thema Filtration wieder mehr Aufmerksamkeit zu schenken.

Eine gute Filtration verursacht sehr bescheidene Kosten im Verhältnis zum Nutzen. Einige WEA-Hersteller haben dies bereits erkannt und verbessern ihre Lösungen kontinuierlich. Dort werden die Agma-Vorgaben (Tabelle 2) als absolute Mindestforderung verstanden und nicht als Ziel,

schafft dies dem Getriebe eine deutlich längere Lebensdauer, zumindest baut man aber einen Puffer für die vorher genannten Unzulänglichkeiten in der Betriebsführung/Überwachung ein.

Welche Lebensdauererlängerung kann man erwarten? Tabelle 3 führt die durchschnittliche Lebensdauererlängerung bei verbesserten Reinheitsklassen auf. Sie bezieht sich aber lediglich auf Partikel-Verschmutzungen, wie sie auch vom Standard-Druckfilter mehr oder minder gut zurückgehalten werden.

ISO Standards: Verschmutzungsklassen nach DIN ISO 4406/1999

Mehr als	bis	Klasse
8.000.000	16.000.000	24
4.000.000	8.000.000	23
2.000.000	4.000.000	22
1.000.000	2.000.000	21
500.000	1.000.000	20
250.000	500.000	19
130.000	250.000	18
64.000	130.000	17
32.000	64.000	16
16.000	32.000	15
8.000	16.000	14
4.000	8.000	13
2.000	4.000	12
1.000	2.000	11
500	1.000	10
250	500	9
130	250	8
64	130	7
32	64	6

Tabelle 1: Max. Anzahl von Partikeln pro 100 ml Flüssigkeit.

Verschmutzungsfaktor Wasser

Weitere schädliche Verschmutzungen sind Wasser und die immer entstehenden Ölabbau- und Oxidationsprodukte.

Geforderte Ölreinheit für Windturbinen Getriebe

Quelle der Ölprobe	Geforderte Reinheit nach DIN/ISO 4406
Frischöl vorm Einfüllen ins Getriebe	16/14/11
Öl nach dem Prüfstandlauf im Werk	17/15/12
Gebrauchtöl aus einer WEA im Betrieb	18/16/13

Tabelle 2: AGMA-Vorgaben für Ölreinheit. Die zugehörigen Partikelzahlen sind Tabelle 1 entnehmbar.

welches soeben gerade erfüllt werden sollte.

Um generell bessere Betriebsbedingungen zu schaffen, ist es sinnvoll, nach einem möglichst sauberen Öl im laufenden Betrieb zu streben. Im Idealfall ver-

Am heimtückischsten ist hier das Wasser, da es in vielen Standardanalysen gar nicht oder mit viel zu hohen Grenzwerten erfasst wird.

Um den negativen Einfluss von Wasser deutlich zu machen, verweisen zum



Dipl.-Ing. (FH)
Meinert H. Hansen

Anschrift des Autors:
C. C. Jensen A/S,
Vosskamp 2,
25563 Quarnstedt,
Tel. 04822/363-271,
E-Mail:
mhb.de@cjc.dk,
www.cjc.dk

Tabelle 3: Lebensdauererläuterung: Neuer Reinheitsgrad nach ISO/ DIN 4406

Quelle: Noria Corporation

	22/20/17		21/19/16		20/18/15		19/17/14		18/16/13		17/15/12		16/14/11		15/13/10		14/12/9		13/11/8		12/10/7		
28/26/23	5	3	7	3,5	9	4	>10	5	>10	6	>10	7,5	>10	9	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10
	4	2,5	4,5	3	5	3,5	6,5	4	7,5	5	8,5	6,5	10	7	>10	9	>10	10	>10	>10	>10	>10	>10
27/25/22	4	2,5	5	3	7	3,5	9	4	>10	5	>10	6	>10	7	>10	9	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10
	3	2	3,5	2,5	4,5	3	5	3,5	6,5	4	8	5	9	6	10	7,5	>10	9	>10	>10	>10	>10	>10
26/24/21	3	2	4	2,5	6	3	7	4	9	5	>10	6	>10	7	>10	8	>10	10	>10	>10	>10	>10	10
	2,5	1,5	3	2	4	2,5	5	3	6,5	4	7,5	5	8,5	6	9,5	7	>10	8	>10	>10	>10	>10	>10
25/23/20	2	1,5	3	2	4	2,5	5	3	7	3,5	9	4	>10	5	>10	6	>10	8	>10	9	>10	8,5	8,5
	1,7	1,3	2,3	1,5	3	2	3,7	2,5	5	3	6	3,5	7	4	8	5	10	6,5	>10	>10	>10	>10	10
24/22/19	1,6	1,3	2	1,6	3	2	4	2,5	6	3	7	3,5	8	4	>10	5	>10	6	>10	7	10	5,5	5,5
	1,4	1,1	1,8	1,3	2,3	1,7	3	2	3,5	2,5	4,5	3	5,5	3,5	7	4	8	5	>10	>10	>10	>10	8,5
23/21/18	1,3	1,2	1,5	1,5	2	1,7	3	2	4	2,5	5	3	7	3,5	9	4	>10	5	>10	7	9	5,5	5,5
	1,2	1,1	1,5	1,3	1,8	1,4	2,2	1,6	3	2	3,5	2,5	4,5	3	5	3,5	7	4	>10	10	10	8	8
22/20/17			1,3	1,2	1,6	1,5	2	1,7	3	2	4	2,5	5	3	7	4	9	5	>10	7	8	5,5	5,5
			1,2	1,05	1,5	1,3	1,8	1,4	2,3	1,7	3	2	3,5	2,5	5	3	6	4	>10	9	10	7	7
21/19/16					1,3	1,2	1,6	1,5	2	1,7	3	2	4	2,5	5	3	7	4	9	6	>10	8	8
					1,2	1,1	1,5	1,3	1,8	1,5	2,2	1,7	3	2	3,5	2,5	5	3,5	7	4,5	9	6	6
20/18/15							1,3	1,2	1,6	1,5	2	1,7	3	2	4	2,5	5	3	7	4,6	>10	6	6
							1,2	1,1	1,5	1,3	1,8	1,5	2,3	1,7	3	2	3,5	2,5	5,5	3,7	8	5	5
19/17/14									1,3	1,2	1,6	1,5	2	1,7	3	2	4	2,5	6	3	8	5	5
									1,2	1,1	1,5	1,3	1,8	1,5	2,3	1,7	3	2	4	2,5	6	3,5	3,5
18/16/13											1,3	1,2	1,6	1,5	2	1,7	3	2	4	3,5	6	4	4
											1,2	1,1	1,5	1,3	1,8	1,5	2,3	1,8	3,7	3	4,5	3,5	3,5
17/15/12													1,3	1,2	1,6	1,5	2	1,7	3	2	4	2,5	2,5
													1,2	1,1	1,5	1,4	1,8	1,5	2,3	1,8	3	2,2	2,2
16/14/11															1,3	1,3	1,6	1,6	2	1,8	3	2	2
															1,3	1,2	1,6	1,4	1,9	1,5	2,3	1,8	1,8
15/13/10																	1,4	1,2	1,8	1,5	2,5	1,8	1,8
																	1,2	1,1	1,6	1,3	2	1,6	1,6

Beispiel INA und SKF auf eine Untersuchung zur Lagerlebensdauer (Abb. 1).

se bis lackartige Ablagerungen, die angereichert mit Partikeln einem Schleif-

haben auf Wasser- und Ölabbauprodukten nur sehr geringen, meistens aber keinen Einfluss. Das ist bauartbedingt auch gar nicht möglich, der zum Teil sehr hohe Volumenstrom von 30 bis 100 Liter/Min. verlangt eine stabile „durchlässige“ Konstruktion der Filterelemente. Für den Fall eines blockierten Druckfilters gibt es sogar ein Bypassventil, welches das Öl dann komplett ungefiltert ins Getriebe laufen lässt. Dies muss auch so sein, da das Getriebe sonst ungeölt und ungekühlt wäre.

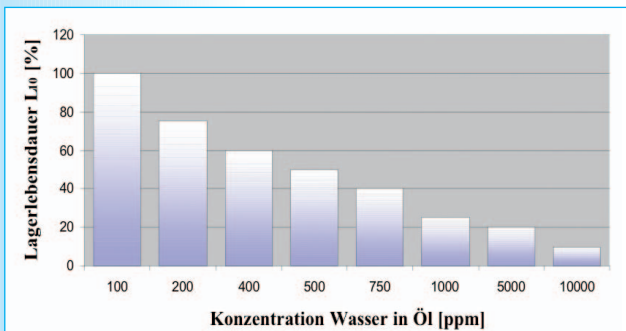


Abb. 1: Lagerlebensdauer in Abhängigkeit von der Wasserkonzentration im Öl. Quelle: Ervin V. Zaretsky, Ed. STLE Publication SP-34 (1992).

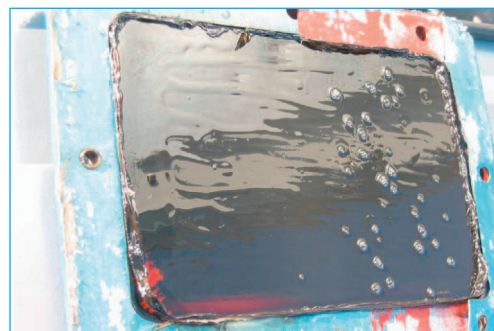


Abb. 2: Pastöse Ölrückstände an einem Schaulochdeckel. Foto: IB24, Ing.-Büro Hubert Gregorius

Leichter zu identifizieren sind aber die Produkte aus der so genannten Ölalterung. Sie sorgen für eine Trübung bis Schwärzung des Öls und belegen häufig die Oberfläche des Getriebes. Es handelt sich dabei um verbrauchte Additive und um mechanisch oder chemisch veränderte oder zerstörte Ölmoleküle. Besonders gut sichtbar ist dieser Effekt bei hochadditivierten Ölen, da dort automatisch mehr Additive ausfallen. Diese Ölrückstände beschleunigen die Alterung des restlichen Öls und können bei engen Ölbohrungen zum Verstopfen führen.

Bei Hydrauliken führen diese Stoffe zu verringerten Regelgenauigkeiten oder zum kompletten Erliegen der Regelung. Im schlechtesten Fall bilden sich pastö-

papier sehr nahe kommen. Darüber hinaus kann auch der beste Ölwechsel nicht sämtliche Ablagerungen aus dem System entfernen, womit gleich der Startschuss für eine beschleunigte Alterung des frischen Öls gegeben ist.

Man sieht, dass die Betrachtung der Ölreinheit nur auf Partikel bezogen zu kurz greift. Um ein Maximum an Nutzen aus den Investitionen im Bereich Filtrationstechnik zu ziehen, sollte man also eine Lösung wählen, die alle drei Verschmutzungstypen beseitigt.

Mit dem alleinigen Einsatz eines Hauptstromfilters (Druckfilter) ist dies nicht zu schaffen. Es hat sich zwar in diesem Bereich viel getan, aber auch die besten Lösungen erreichen nur die durch die AGMA vorgesehenen Ölreinheiten und

Wobei die Größe des Volumenstroms vom Kühlbedarf abhängt. Um diesen Unwägbarkeiten aus dem Weg zu gehen, hat sich der Einsatz eines so genannten Nebenstromfilters recht gut etabliert. Dabei handelt es sich um einen Filter, der von einer eigenen Pumpe versorgt wird und das Öl im Sumpf oder Tank kontinuierlich umwälzt, um es immer so sauber wie möglich zu halten.

Da für die reine Ölpflege nur ein verhältnismäßig geringer Volumenstrom nötig ist, kann man mit ganz anderen Materialien als im Hauptstrom arbeiten, und Wasserabsorbent und Adsorption von Ölabbauprodukten integrieren. Darüber hinaus kann mit deutlich feineren Filtern gearbeitet werden, was sich sehr positiv auf die Ölreinheit nach

DIN ISO 4406/4007 auswirkt. Hiermit lassen sich auch dann die Effekte, wie in Tabelle 3 beschrieben, erreichen. Eine typische Aufgabenverteilung könnte sich im Einsatz eines 10-my-Hauptstromfilters und eines 1-bis-6-my-Nebenstromfilters darstellen. Da der Hauptstromfilter hier noch stärker als sonst lediglich die akute Schutzfunktion übernimmt, gibt es auch Überlegungen, im Druckfilter auf 20-25 my zu gehen, und den Nebenstromfilter entsprechend sehr fein zu gestalten. Hier muss dann aber Wert auf eine hohe Schmutzaufnahmekapazität im Nebenstromfilter gelegt werden. So kann ein Wechselintervall für alle Filter von einem Jahr erreicht werden und zur Servicevereinfachung beitragen. Um bei ungünstigen klimatischen Bedingungen die Wasseraufnahmekapazität der Filter nicht vorschnell zu erschöpfen, ist es hilfreich, einen Be- und Entlüfter mit Lufttrockner am Getriebe vorzusehen.

Warum es generell sinnvoll ist, eine möglichst gute Ölpflege zu betreiben, ergibt sich aus Tabelle 3. Aber im Detail sind die Partikelverteilungen in einem Öl und die Schmierfilmdicke in einem WEA-Lager relevant (Abbildung 2).

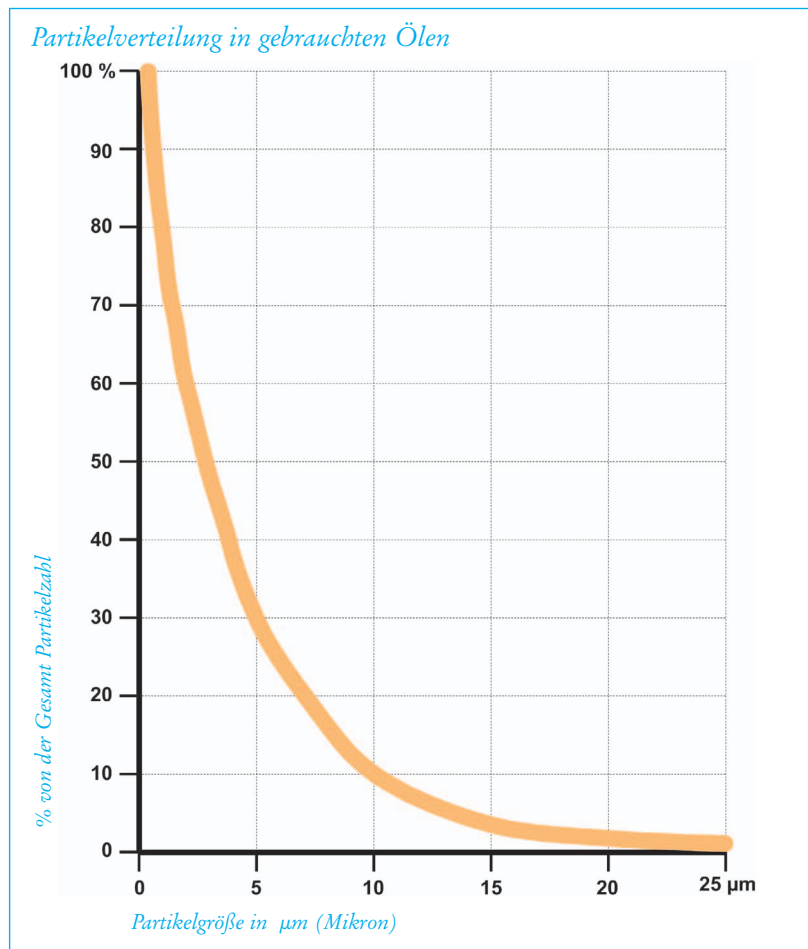


Abbildung 2: Beobachteter Durchschnitt in mittelstark belasteten Hydrauliksystemen

Hier kann man deutlich erkennen, wieso eine feine Filtration sich als äußerst sinnvoll darstellt. Der zahlen-

mäßig absolut größte Anteil der Partikel befindet sich im Bereich unter 10 my und gleichzeitig hat ein Schmierfilm je nach Lastzustand nur eine Dicke von 1 bis 5 my (Abbildung 4).

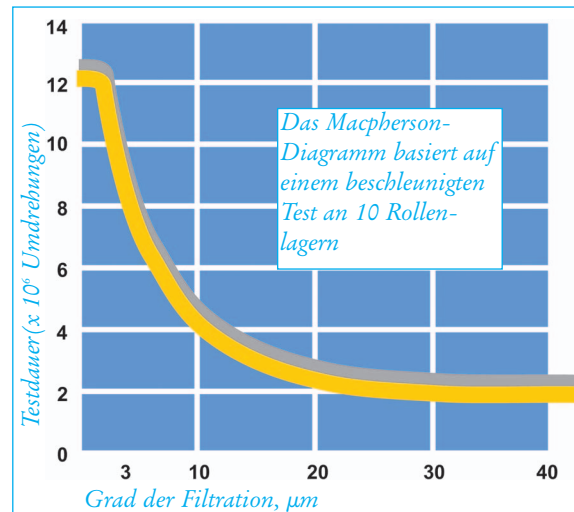


Abbildung 3: Die Macpherson-Kurve

Bestätigt hat sich dies auch in der Untersuchung von Macpherson, bei der die Lebensdauererlängerung von Rollenlagern in Abhängigkeit der Filterfeinheit untersucht wurde (Abb. 3). Wie man sieht, sind große Effekte erst bei

te Ölreinheit eignet sich der Nebenstromfilter durch seine kontinuierliche Arbeitsweise mit eher geringem Volumenstrom auch gut zum Einbau weiteren Equipments. Recht gängig ist

die Kombination mit einer Vorheizung, die das Öl auch bei stehender WEA auf einer Mindesttemperatur halten kann. Dadurch, dass man fließendes Öl erwärmt, kann man hier gefahrlos mit geringem technischen Aufwand heizen. Eine Heizung im Getriebeumpf sollte nicht mehr als 0,8 Watt/cm² übertragen, aber bei fließendem Öl sind 2 Watt/cm² möglich, was zu entsprechend kompakten Ag-

gregaten führt. Der konstante Ölfluss ist auch sehr positiv für den Einbau von Onlinepartikelzählern, die durchaus sensibel auf schwankende Betriebsbedingungen reagieren.

Sensorik für eine allgemeine Ölzustandsbeurteilung oder Eisengesamtmenge lässt sich ebenso einbauen und findet hier ebenfalls optimale Bedingungen.

Zusammenfassung

Man kann sagen, dass die kontinuierliche Optimierung der Filtration von

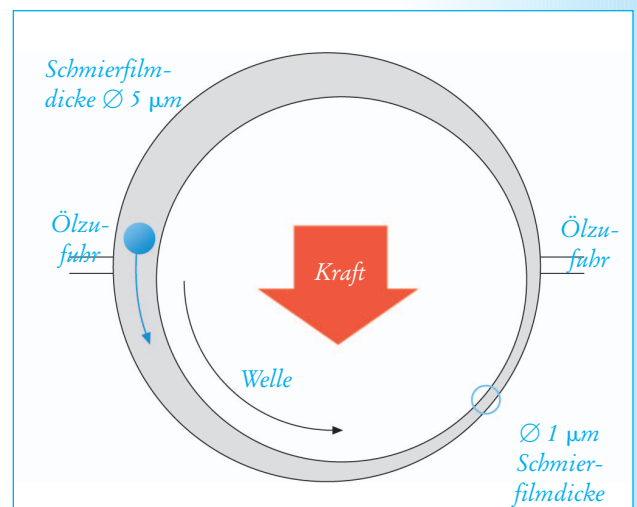


Abbildung 4: Schmierfilmdicke in einem Lager

Getrieben und Hydrauliken sehr sinnvoll ist. So lässt sich die Lebensdauer der Getriebe und auch Hydrauliken spürbar verlängern und die Lifecyclecosts klar senken. Unberücksichtigt sind hier die verlängerten Ölwechselintervalle, die so gut wie immer möglich sind, aber zustandsabhängig über Ölproben festgelegt werden müssen. ■