

**WEAR** ✓ **CHECK**<sup>®</sup>  
SCHMIERSTOFF-ANALYSEN

# Öl Checker

INSIDER-INFO • PARTNER-FORUM • TECHNIK-FOKUS



## INHALT

- ✓ 10 Jahre ÖlChecker – das Magazin, das dem Öl beim Sprechen hilft.....S. 3
- ✓ Mehr Service für Anrufer – Verbindung ohne Wartezeiten.....S. 3
- ✓ Neuer Test: Beurteilung der Filtrierbarkeit .....S. 3
- ✓ Mehr Sicherheit und Transparenz für CLIMATECH Kälteanlagen .....S. 5
- ✓ Aktuelle Seminartermine .....S. 5
- ✓ WEARCHECK-Analysen halten Kältemaschinen fit.....S. 6
- ✓ Nachgefragt – Kalzium im Frischöl .....S. 8

## Steinbruch, Sandgrube und Zementwerk – vorbeugende Instandhaltung mit Ölanalysen



Kalksteinbruch in den Nördlichen Kalkalpen in Oberbayern

*Natursteine, Holz und Lehm sind die ältesten Baustoffe, die der Mensch seit jeher eingesetzt hat. Heute werden die meisten Baustoffe nicht mehr als Rohstoffe genutzt, wie sie in der Natur vorkommen, sondern diese werden zum größten Teil weiterbearbeitet und veredelt. Sand, Kies, Schiefer, Granit, Basalt, Kalkstein, Porphyr oder Sandstein finden sich als natürliche Bodenschätze in der Erde. Sie werden auch für die Produktion künst-*

*licher Baustoffe, wie Betonsteine, Ziegel, Klinker, Kunststein und vieler anderer, verwendet.*

In der modernen Bauindustrie sind Zement und Kalk unverzichtbar. Zement wird auf Basis der natürlichen Rohstoffe, Kalkstein, Ton und Mergel, hergestellt. Daher ist in der Nähe eines Zementwerks fast immer ein Kalksteinbruch zu finden, in dem Schaum- oder Wellenkalk abgebaut wird. Je nach Kapazität der Öfen sowie Roh- und Fertigmöhlen eines Zementwerks werden täglich über 20.000

Tonnen Kalkgestein gewonnen. Am häufigsten geschieht dies durch Großbohrlochsprengungen. Wenn das Gestein z.B. als Muschelkalk nicht in einem hochfesten Verbund vorliegt, kann es auch durch Reißen mit Hochlöffel-Baggern aus dem Berg herausgebrochen werden. Abgesprengtes Gestein wird mit Radladern auf Dumper verladen. Lockeres Material wird gleich nach dem Reißen auf Schwerlast-Muldenkipper verfrachtet. Die oft über 100 Tonnen fassenden Trucks befördern die Gesteinsbrocken zu Primär-Brecheranlagen. Sie zerkleinern die einzelnen, mehrere Tonnen schweren Gesteinsbrocken soweit, dass sie eine gleichmäßige Größe und Körnung für die Weiterverarbeitung haben. Gewaltige Kreisel-, Backen- oder Doppelwalzenbrecher können pro Stunde die Zerkleinerung von mehr als 2.000 Tonnen Kalkgestein schaffen. Brocken, die immer noch nicht klein genug sind, werden auf robusten Schwingsieben aussortiert. Sie werden in einem Sekundärbrecher so lange nachbehandelt, bis auch sie die für die Rohmöhlen notwendige „kleine“ Körnung von 1 bis 10 mm haben.

### Extreme Betriebsbedingungen

In einer Kiesgrube, im Steinbruch, beim Brecher- und Möhlenbetrieb und in der Zementproduktion herrschen extreme Betriebsbedingungen. Vor allem Staub und manchmal Wasser, stoßartige Überbelastungen und starke Vibrationen sowie

## »Check-up«

Voller Schwung starten wir im September in die letzten vier Monate des Jahres. Vom 03. bis zum 06. September sind wir als Aussteller bei der Steinexpo. In einem Steinbruch in der Nähe von Homburg/Hessen werden Maschinen und Geräte demonstriert, mit denen unter den rauen Bedingungen Baustoffe abgebaut und zerkleinert werden. Gleich im Anschluss daran freuen wir uns auf unserem traditionellen Messestand bei der weltgrößten Windmesse, der HUSUM WindEnergy, in Husum vom 9. bis 13. September auf viele Kunden und Fachbesucher. Weiter geht es dann vom 23. bis 26. September in Hamburg auf der riesigen Schiffs-, Marine- und Meerestechnikmesse „SMM“ mit ihren Schiffsantrieben bis zu 100.000 PS. Danach folgt in München vom 14. bis 16. Oktober die mittlerweile recht gut etablierte Messe MAINTAIN mit Ausstellern rund ums Zubehör für die Instandhaltung.



Im WEARCHECK-Haus in Brannenburg begrüßen wir gleich zu Beginn des Monats September 2008 drei neue Auszubildende. Damit befinden sich insgesamt sieben junge Mitarbeiter bei uns in der Ausbildung. Vier Chemielaboranten, zwei Kaufleute für Bürokommunikation sowie eine Mediengestalterin (Digital und Print) erhalten bei uns das Rüstzeug für ihre berufliche Zukunft. Es ist natürlich weiterhin unsere Absicht, diese Mitarbeiter später in ein dauerhaftes Beschäftigungsverhältnis zu übernehmen.

WEARCHECK ist konsequent auf Expansionskurs. Bei allem dadurch entstehenden Druck dürfen aber die Belange unserer Mitarbeiter nicht zu kurz kommen. Im September ist daher auch unser neuer Parkplatz fertig. Damit schaffen wir uns nicht nur den nötigen Freiraum auf unserer derzeitigen Notlösung, denn schon in Kürze wird auf dem Gelände des alten Parkplatzes ein weiteres Bürogebäude für unsere Mitarbeiter entstehen. Auf über 1.000 m<sup>2</sup> wurden ca. 50 PKW- und 20 überdachte Fahrradstellplätze angelegt –und vielleicht bleibt noch etwas Platz für ein Volleyballnetz oder ein Handballtor. So wird der Start in den Arbeitstag gleich viel angenehmer. Und für unsere Gäste und Seminarteilnehmer stehen bei einem Besuch im WEARCHECK-Haus immer genügend Parkplätze zur Verfügung.

Ihre Barbara Weismann

teilweise große Temperaturschwankungen machen den Anlagen zu schaffen. Hinzu kommt die Dauerbelastung eines 24-Stunden-Betriebs. Brennöfen im Zementwerk oder in der Ziegelproduktion laufen rund um die Uhr. Nur in den Steinbrüchen wird im Schichtbetrieb gearbeitet, denn in der Nacht sollten die lärmenden Maschinen aus Rücksicht auf die Anlieger stillstehen.

Die Dimensionen von Steinbrüchen und Kiesgruben und der eingesetzten Maschinen sind beeindruckend. Die Ausdehnung eines angeschlossenen Kalk- oder Zementwerkes ist entsprechend. Kernstück eines Zementwerks sind die Öfen, in denen täglich über 10.000 Tonnen Zementklinker gebrannt werden können. Der größte Teil des Kalkstein-Rohmehls, aus dem die Klinker geformt werden, entsteht in turmhohen Vertikal- oder Walzenschüsselmöhlen. Aber auch Kugelmöhlen, in denen Eisenkugeln mit 10 cm Durchmesser die aus den Brechern antransportierten Steinchen zerkleinern, sind zur Rohmehlerzeugung meist für kleinere Öfen aktiv. Nach dem Brennprozess wird der abgekühlte Zementklinker in Zementmühlen teilfertig gemah-

len. Am Ende gelangt das Fertigprodukt in Silofahrzeugen oder auch als 25 und 40 kg Sackware zu den Baustellen.

### Zuverlässige Diagnostik

Eine gut funktionierende vorbeugende Instandhaltung ist für einen sicheren 24-Stunden-Betrieb der Baustoffgewinnungsanlagen unverzichtbar. Zur Diagnose von Lagern und Antrieben nutzen Instandhaltungsteams, je nach Anlage, Verfahren wie Thermografie, Schwingungsdiagnostik und Ölanalytik. Auch Schmierstoffanalysen sind dabei in der Regel unverzichtbar. Oft erfolgt ihre Abwicklung durch den Schmierstoffhersteller, wobei ein externes Dienstleistungsunternehmen in den meisten Fällen auch die Proben entnimmt. Die Testergebnisse kommen allerdings nicht immer schnell genug zurück. Auch das Auswerten und Archivieren der Daten verschlingt zu viel Zeit. Daher setzen immer mehr Unternehmen WEARCHECK-Schmierstoffanalysen als schnelle und kostengünstige Maßnahme zur Anlagen- und Ölkontrolle ein. Dabei werden die Ölfüllungen sämtlicher

Großgetriebe an Brechern, Bandantrieben und Schwingsieben, sowie der Hydrauliksysteme und Motoren überwacht. Im Abstand von 3 bzw. 6 Monaten werden Ölproben entnommen und im Labor in Brannenburg untersucht. Bei der Beurteilung der Proben werden vor allem die Werte für Kalzium und Silizium wegen Gesteins- oder Zementstaub, für Verschleiß und Korrosion von Eisen- und Buntmetallen sowie die Wasserwerte begutachtet.

### Sichere Schadensfrüherkennung – zustandsabhängige Ölwechsel

In vielen Produktionsbetrieben der Bausstoffindustrie werden die großen Hydraulik- und Getriebeölfüllungen dank der Schmierstoffanalysen von WEARCHECK fast nur noch zustandsabhängig gewechselt. Doch die Analysen sparen nicht nur durch längere Ölwechselintervalle Kosten. Sie dienen auch der Schadensfrüherkennung.



Reißen von Kalkgestein & Verladen auf Dumper

Bei den Brechern z.B. sind Ölanalysen sogar das einzige Mittel zur Frühdagnostik, denn Schwingungsuntersuchungen machen bei den Stößen und heftigen Vibrationen, die bei der Zerkleinerung von tonnenschweren, unterschiedlich großen Gesteinsbrocken auftreten, nur wenig Sinn. Zur Funktion von Doppelwalzenbrechern wird für den Brechvorgang des unterschiedlich harten Gesteins eine Druck- und Schlagbeanspruchung mit Scher- und Zugkräften kombiniert. Diese Überlagerung von Spannungen kann bei einigen Maschinenelementen, wie bei z.B. den Planetengetrieben der Doppelantriebe sowie beim nachgeschalteten Kettenförderer, zu relativ hohem Verschleiß führen. Bei einem Anwender wurde das in dieser kritischen Getriebeanwendung ursprünglich eingesetzte konventionelle Industriegetriebeöl CLP 220 mindestens alle drei Monate untersucht. Die Laborergebnisse zeigten einen starken Abbau der Getriebeöl-Additive. Deswegen wurde zu häufigeren Ölwechseln geraten. Um das Gefährdungspotential für Zahnräder und Lager zu minimieren, wurde die Ölfüllung der Planetengetriebe vor einigen Monaten auf ein Höchstleistungs-Getriebeöl (ADDINOL EcoGear 220 M) mit moderner Additivkombination umgestellt. Um die Wirksamkeit der Additive zu dokumentieren, wurde es in der Anfangsphase alle zwei Monate im Labor untersucht. Bisher hat der neue Schmierstoff die Erwartungen erfüllt und die Ölwechselintervalle mussten nicht verkürzt werden.

# 10 Jahre ÖlChecker

## Das Magazin, das dem Öl beim Sprechen hilft

Im Sommer 1998 erschien der ÖlChecker, unser Magazin für Durchblicker, zum ersten Mal. In den 10 Jahren seines Bestehens ist er längst zur Institution geworden. Schließlich werden in unserem Kundenmagazin viele Themen aus der Ölanalytik und der Tribologie behandelt, die in keiner anderen deutschsprachigen Veröffentlichung zu finden sind. Die mittlerweile 31 Ausgaben des ÖlCheckers werden, nicht zuletzt wegen der weltweit erstmals veröffentlichten Grenz- und Warnwerte, daher häufig auch wie ein Kompendium genutzt. Sämtliche Ausgaben stehen übrigens auf unserer Website unter „Downloads“ zum Nachlesen oder Herunterladen und Ausdrucken zur Verfügung.



Einzelne Schwerpunkte sind in der Gliederung „Wissen von A-Z“ leicht zu finden. Die Auflagenhöhe des aktuellen ÖlChecker's liegt mittlerweile bei 10.000 Stück. Die drei Ausgaben pro Jahr werden gezielt an unsere Kunden versandt. Wie intensiv die Leser unsere Informationen nutzen, zeigen die vielen Zuschriften und Detailfragen, die wir von ihnen erhalten. Die Nachfrage nach unserem Magazin steigt auch im Ausland ständig und wir planen, in naher Zukunft auch eine englische Online-Version herauszubringen. Dem Redaktionsteam gehen die Themen übrigens noch lange nicht aus. Doch es ist für jede Anregung offen und freut sich auf Ihre Vorschläge (Kontakt: pw@wearcheck.de).

## Mehr Service für Anrufer – Verbindung ohne Wartezeiten

Wer WEARCHECK anruft, bleibt nicht in einer Warteschlange hängen! Mit unserem neuen Telefonsystem werden Sie jetzt noch schneller mit der jeweiligen Fachabteilung verbunden. Bei jedem Anruf unserer Zentrale unter der Rufnummer 08034-9047-0 werden Sie automatisch aufgefordert, eine Vorauswahl zu treffen. Geben Sie ganz einfach die entsprechende Ziffer ein:  
# 1 – wenn Sie eine Bestellung aufgeben möchten  
# 2 – für eine technische Frage  
# 3 – für alle sonstigen Fragen und Themen.

Falls Sie keine Auswahl treffen, werden Sie automatisch mit unserem Sekretariat verbunden. Dank dem neuen System sparen Sie Zeit und Telefonkosten. Ist einmal eine Nebenstelle besetzt, sprechen Sie bitte auf den zugeschalteten Anrufbeantworter. Wir rufen dann umgehend zurück.

Selbstverständlich können Sie sich auch direkt an die richtigen Ansprechpartner bei WEARCHECK wenden. Sie alle helfen Ihnen gerne weiter!

### Bestell-Annahme

Nachbestellung von Analysensets  
Tel.: 08034-9047-153, [bestellung@wearcheck.de](mailto:bestellung@wearcheck.de)

### Technik

Beratung bei der Auswahl des geeigneten Analysensets, Rückfragen zur Diagnose im Laborbericht, Rückfragen/Änderungen zu den Angaben auf dem Probenbegleitschein/Laborbericht, Status Ihrer eingesandten Probe  
Tel.: 08034-9047-210, [ta@wearcheck.de](mailto:ta@wearcheck.de)

## Neuer Test: Beurteilung der Filtrierbarkeit

*Moderne Hydrauliksysteme mit ihren geringen Spalttoleranzen und hohen Betriebsdrücken sowie feinere Filter stellen immer größere Anforderungen an die Filtrierbarkeit der Hydrauliköle. Um diese exakt bestimmen zu können, wurde der Filtrierbarkeitstest nach ISO 13357 entwickelt und in die für HLP-Hydrauliköle geltende Norm DIN 51524 aufgenommen. Seit Frühjahr 2008 ist im WEARCHECK-Labor ein normgerechtes Testgerät neu in Betrieb.*

Heutige Hydrauliksysteme kommen nicht ohne Filter aus. Ob als Hauptstromfilter fest in die Anlage eingebaut oder als – zum Teil mobiler – Bypass-Filter befreien sie das Öl von Verunreinigungen und Alterungsprodukten. Sie sichern so die Leistungsfähigkeit des gesamten Systems und ermöglichen eine möglichst lange Lebensdauer von Komponenten und Öl. Moderne Hydraulikflüssigkeiten müssen leicht filtrierbar sein. Die Filtrierbarkeit eines Öls beschreibt sein charakteristisches Differenzdruckverhalten beim Durchfließen eines Filters. Schon bei der Entwicklung von Hydraulikölen und

Filtermaterialien wird darauf geachtet, dass ein möglichst geringer Differenzdruckanstieg durch die Flüssigkeit selbst erzeugt wird.

In der Praxis heißt das, keine Verkürzung von Filter- oder Ölstandzeit z.B. durch Anhaften von klebrig wirkenden, nichtpartikulären Bestandteilen aus dem Öl oder dessen Reaktionsprodukten am Filter und keine Beeinflussung der Filtrierbarkeit durch Kondensat.

Moderne Hydrauliken funktionieren mit immer geringeren Spalttoleranzen und besserer Oberflächen-güte. Dadurch können höhere Betriebsdrücke und

präziser arbeitende Hydraulikkomponenten bei kleinerem Tankinhalt realisiert werden. Effektivere Filter garantieren die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der Anlagen über einen langen Zeitraum hinweg. Ihre mittlere Porenweite wurde von früher üblichen 10 bis 20 µm auf 3 bis 12 µm reduziert. Die Rückhalterate (β-Wert) wurde bei den Tiefenfiltern gleichzeitig erhöht. Diese „feineren“ Filter können aber in relativ kurzen Abständen verblocken und müssen dann durch neue Filterelemente ersetzt werden. Der Anstieg des Differenzdruckes, mit dessen Hilfe der Zeitpunkt für den Filtertausch definiert wird, ist neben der geringeren Schmutzaufnahmefähigkeit des feineren Filters auch von der Filtrierbarkeit der Hydraulikmedien abhängig.

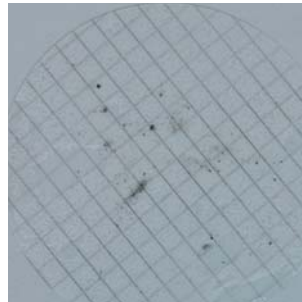
Mit Filtrationstests, bei denen Öl oft unter verschärften Bedingungen, durch einen Filter fließt, wird das Zusammenspiel zwischen Filtermembran und Öl genauer untersucht. Die meisten der „statischen“ Filtrierbarkeitstests werden in Ermangelung einer Norm als „Hausteste“ mit unterschiedlichen Membranfeinheiten und Flüssigkeitsvolumina unter Vakuum oder Druckbeaufschlagung durchgeführt. Die jeweiligen Resultate sind jedoch sehr stark verfahrensabhängig und hängen oft von den individuellen Erfahrungen der Labors ab. Seit den frühen 80er Jahren wurde nach einem normfähigen Standardtest gesucht, der jetzt unter der Norm „Filtrierbarkeit ISO 13357 Teil 1 und 2“ verabschiedet wurde.

Im WEARCHECK-Labor ist ein entsprechendes Testgerät bereits im Einsatz. Damit kann die Filtrierbarkeit eines neuen Öls schon im Entwicklungsstadium ausreichend differenziert werden.

In der Gebrauchtoölanalytik liefert der Test wertvolle Aussagen hinsichtlich der Veränderung der Filtrierbarkeit im Vergleich zum Frischprodukt.

## Das Testverfahren

Die Norm ist vorgesehen für frische Hydrauliköle bis ISO VG 100. Sie ist unterteilt in den „nassen“ Filtrierbarkeitstest, bei dem das Öl mit Wasser versetzt wird (Teil 1) und den Test mit „trockenen“ Ölen (Teil 2).



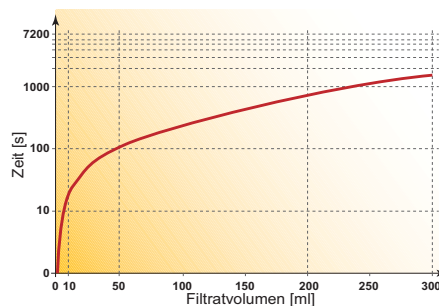
Membran nach Filtration eines Gebrauchtoöls

Eine Menge von 300 ml Hydrauliköl wird unter genau definiertem Druck über eine getrocknete 0,8 µm Membran abfiltriert. Dabei werden Filtrationsvolumen und -zeit aufgezeichnet. Die Berechnung der Filtrierbarkeit erfolgt durch die Ermittlung von Volumen-Zeitverhältnissen zu Beginn, zwischen 10 und 50 Sekunden (Stufe I) und zwischen 200 und 300 Sekunden Testdauer (Stufe II). Der Testdurchgang wird beendet, wenn die zu ermittelnden Daten aufgenommen wurden oder die Filtrationszeit zwei Stunden überschreitet. Die Filtrierbarkeit wird mit dem Kennzeichen „F“ angegeben. Bei einem Wert von  $F > 50$  sieht die Norm die Vergabe des Attributes „bestanden“ vor. Je weiter „F“ sich dem Wert 100 nähert, umso besser ist die Filtrierbarkeit.

Bei  $F < 50$  gilt der Test als „fehlgeschlagen“. Überschreitet die Filtrationszeit zwei Stunden, ist die Testflüssigkeit als „unfiltrierbar“ zu kennzeichnen.

## Ein typischer Testverlauf

Die Abbildung zeigt eine optimale Filtration. Zu Beginn der Filtration ist ein nahezu linearer Anstieg des filtrierten Volumens pro Zeiteinheit zu verzeichnen. Dieser nimmt aufgrund des am Filter ansteigenden



Typischer Kurvenverlauf nach ISO 13357

Differenzdruckes bei zunehmender Verblockung des Filters ab und mündet in einen schwach degressiven Kurvenverlauf.

Filtrierbarkeit Stufe I	%	65.0
Zeit für Filtration von 10 ml	s	19.0
Zeit für Filtration von 50 ml	s	106.5
Filtrierbarkeit Stufe II	%	26.9
Zeit für Filtration von 200 ml	s	278.0
Zeit für Filtration von 300 ml	s	1561.0

## Eine wichtige Entscheidungshilfe

Mit dem für Frischöle entwickelten Test besteht die Möglichkeit, neu formulierte Hydrauliköle bereits im Entwicklungsstadium zu differenzieren.

Für Gebrauchtoöle wird der Test, nicht zuletzt wegen der doch relativ großen Ölmenge, meist nur dann durchgeführt, wenn z.B. nach Öl- oder Filterwechsel zu kurze Filterstandzeiten bemerkt worden sind. Eine Veränderung der Filtrierbarkeit im Vergleich zum Frischöl zeigt sehr schnell, ob die Zusammensetzung von Grundöl und Additiven bei ansonsten gleichen Datenblattwerten Ursache für Probleme ist. Hat z.B. ein HLP 46-Frischöl im Filtrierbarkeitstest Werte von  $F=98$  erreicht, ist eine sehr gute Filtrierbarkeit vorhanden. Sinken die F-Werte auf unter 50, ist mit Standzeitverkürzungen der Filter zu rechnen. Das heißt, die Betriebskosten der betreffenden Anlage steigen, Probleme wegen klebrigen Ablagerungen oder unbefriedigender Ölreinheit können auftreten. Ursache für eine solche Reduzierung der Filtrierbarkeit kann die Bildung von Tribopolymeren und öleigenen Alterungsprodukten sein. Diese bilden sich mit zunehmender Öllebensdauer oder bei extremen Belastungen und werden im Filter zurückgehalten.

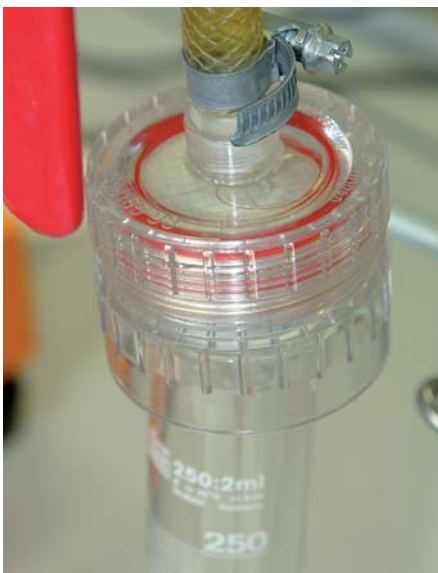
Für die Beurteilung von Gebrauchtoölen ist der kostengünstigere Test nach Teil 2, d.h. ohne Wasserzugabe, ausreichend. Der Vergleich mit den Frischöldata gibt an, ob Pflegemaßnahmen genügen oder ob nur ein Ölwechsel Abhilfe schaffen kann.

Die Erfahrungen zeigen, dass es keine eindeutige Korrelation zwischen der Filtrierbarkeit und anderen Ölkennwerten gibt. WEARCHECK kann mit dem Filtrierbarkeitstest die Aussage über die Ursachen von Filterwechseln präzisieren. Filter und Öle werden leichter vergleichbar. Dies gilt besonders bei der Auswahl von Hydraulikölen für sehr große Anlagen und bei sensiblen Systemen, wie sie z.B. in Spritzgießmaschinen oder Transferpressen eingesetzt werden.

## Hinweis!

Achten Sie darauf, dass Ihnen Ihr Schmierstofflieferant den für die Filterstandzeit wichtigen F-Wert mitteilt oder lassen Sie sich diesen Wert z.B. für zwei zu vergleichende Frischöle, von WEARCHECK bestimmen.

WEARCHECK bietet den Test zur Filtrierbarkeit nach ISO 13357 ab sofort als Einzeluntersuchung an.



Hydrauliköl wird durch eine Membran abfiltriert

# Mehr Sicherheit und Transparenz für CLIMATECH Kälteanlagen mit Ölanalysen

Die CLIMATECH Kälte GmbH im sächsischen Großschirma ist auf Kälteanlagen spezialisiert. Das Unternehmen gehört zur CLIMATECH Gruppe. Das Leistungsspektrum reicht von der Montage und Installation über Wartung und Reparatur bis hin zur Erarbeitung einer optimalen Instandhaltungsstrategie für Kälteanlagen nahezu aller Größen. Auf der Liste der Referenzen stehen so bekannte Objekte wie das Allee-Center und der Hauptbahnhof in Leipzig, das Nova Eventis Einkaufscenter, Ministerialgebäude und das Schering Werk in Weimar.

Um möglichst alle Leistungsbereiche abzudecken, hat sich CLIMATECH ausschließlich auf die Anlagen bewährter Hersteller, wie TRANE Schrauben- und Absorptionskältemaschinen, CLIMAVENETA Klein- und Mittelkälteanlagen und DAIKIN Invertertechnologie und stufenlos regelbare Monoschraubenverdichter spezialisiert. Der überwiegende Teil aller von CLIMATECH installierten und gewarteten Anlagen werden mit dem chlorfreien FKW-Kältemittel R134a, den Kältemittelgemischen R407 oder R410 betrieben. Einige ältere Anlagen, die noch das HFCKW-Kältemittel R22 enthalten, werden Zug um Zug umgestellt. Das umweltschädliche Mittel, das bis zum Jahre 2000 in neuen Anlagen eingesetzt werden durfte, ist nur noch bis 2010 erhältlich.

Im industriellen Bereich werden Kältemaschinen nicht nur für Klimaanlage oder zur Erzeugung von Gefriergut eingesetzt. CLIMATECH installiert und wartet auch Kälteanlagen für die Medizintechnik. Einer der Kunden stellt Hohlfasermembranen her. Sie sind wichtige Bestandteile von Dialysegeräten, die bei der Blutwäsche chronisch nierenkranker Patienten die Funktion einer künstlichen Niere übernehmen.

Bei der Produktion dieser Hohlfasermembranen wird relativ viel Prozesswasser benötigt, das mit niedrigen Temperaturen Maschinenantriebe, Kalandrierwalzen und deren Lagerstellen kühlt. Gleichzeitig werden damit auch Büros und Fabrikationsgebäude klimatisiert. CLIMATECH installierte dazu drei 900 kW-CLIMAVENETA-Schraubenverdichteranlagen zur Prozesskühlung und Klimatisierung in der Fabrik.



*CLIMAVENETA-Schraubenverdichteranlage zur Prozesskühlung und Klimatisierung von Gebäuden*

Bei der Überwachung der Kälteanlagen empfiehlt CLIMATECH allen Kunden die Vorteile der WEARCHECK-Schmierstoffanalysen. Die meisten von ihnen, wie die ECE Projektmanagement GmbH&Co.KG in Hamburg, nutzen die Analysen regelmäßig. ECE ist der europäische Marktführer bei Shopping-Galerien. Die Kältemaschinen aller von CLIMATECH gewarteten Anlagen in den ECE Gebäuden werden mindestens einmal jährlich untersucht. Diese Kontrolle ist ein fester Bestandteil des Wartungsvertrages. Damit wird das Kältemaschinenöl nur noch in Abhängigkeit seines Zustandes gewechselt. Gerade bei großen Projekten wie

die der ECE werden dadurch die Schmierstoff- und Wartungskosten auf Dauer erheblich gesenkt. Gleichzeitig werden durch die Analysen Unregelmäßigkeiten, wie ein unzulässig hoher Wassergehalt oder andere Verunreinigungen so frühzeitig entdeckt, dass die Servicetechniker von CLIMATECH entsprechende Abhilfe-Maßnahmen ergreifen können.

Dietrich Schubert, Geschäftsführer der CLIMATECH Kälte GmbH: „Die Schmierstoffanalysen von WEARCHECK machen unsere Wartungsarbeiten für den Kunden wesentlich transparenter. Dies betrifft vor allem die von uns vorgeschlagenen Ölwechsel. Sie werden nur durchgeführt, wenn die Laborberichte ein Überschreiten der Warn- und Grenzwerte zeigen. Gleichzeitig können die Analysen aber auch eine wichtige Argumentationshilfe sein, um einen Kunden von der dringenden Notwendigkeit eines Ölwechsels zu überzeugen. Wenn sauer reagierende Bestandteile (NZ) oder zuviel Wasser zu lange im Öl im Einsatz sind, kann die Kombination von Säuren und Wasser so aggressiv wirken, dass selbst der Wicklungslack des im Öl-Kältemittel-Gemisch liegenden Verdichtermotors angegriffen wird. Durch den dann auftretenden Kurzschluss kann es bei einer schlecht gewarteten Anlage sogar zum Verdichterbrand kommen. Nach einem solchen Burnout ist das gesamte System trotz intensiver Spülung und mehreren Ölwechseln dann manchmal noch auf Jahre hinaus mit Ruß, Säuren und Schmutz belastet. Die Standzeiten der Kältemaschinenöle sind dann entsprechend kurz. Damit es aber gar nicht erst so weit kommt, empfehlen wir unseren Kunden Wartung und Ölkontrollen mit WEARCHECK-Schmierstoffanalysen.“

## SEMINARE

In Zeiten steigender Rohöl- und Schmierstoffpreise und einem immer verantwortungsvolleren Umgang mit allen Ressourcen ist das Seminar „Optimales Schmierstoff-Management und Maschinenüberwachung durch Ölanalytik“ besonders aktuell. In dieser Veranstaltung vermitteln wir Ihnen alles Wissenswerte zur Verbesserung der Anlagen-Verfügbarkeit und Verlängerung der Ölwechselzeiten und tragen damit zur Senkung Ihrer Kosten bei.

In den Basis-Seminaren zu den Themen Industrie, Hydrauliken und Motoren, werden wichtige Grundlagen zu Ölanalytik, Auswahl von Schmierstoffen

und Bewertung von Analyseergebnissen vermittelt. Am Auftagtag behandeln wir gezielt die Aussagen und Interpretationen von Ölanalysen für den betreffenden Bereich mit dem Ziel, dass die Teilnehmer in der Lage sind, Diagnosen auf der Basis der Analysenwerte selbst zu erstellen. Geübt werden auch die Bearbeitung von Reklamationen und die Auswahl der optimalen Testverfahren für spezielle Fragen.

Die OilDoc-Seminare finden im WEARCHECK-Haus in Brannenburg statt. Zusätzlich zu unserer Veranstaltungsreihe bieten wir die Möglichkeit von maßgeschneiderten Seminaren bei Ihnen vor Ort.

### Seminartermine 2008

- 22.-24.09. Maschinenüberwachung durch Ölanalytik im Industriebereich
- 25.09. Auftagtag Industrie
- 06.-08.10. Optimales Schmierstoffmanagement
- 27.-29.10. Maschinenüberwachung durch Ölanalytik für Motoren
- 30.10. Auftagtag Motoren
- 03.-05.11. Maschinenüberwachung durch Ölanalytik für Hydrauliken
- 06.11. Auftagtag Hydrauliken

**Ausführliche Informationen auch im Internet unter [www.wearcheck.de](http://www.wearcheck.de).**

# WEARCHECK-Analysen halten Kältemaschinen fit

*Ob Kühlschrank, Kühlregal im Supermarkt, Eislaufbahn oder industrielle Produktionsprozesse – Kälteanlagen sind heute in fast allen Bereichen im Einsatz. Vor gar nicht so langer Zeit war an solche Annehmlichkeiten noch gar nicht zu denken. Die einzigen Kühlmittel waren Wasser und Eis. Erst 1871 konzipierte Carl von Linde die erste Kältemaschine und schuf wesentliche Grundlagen der modernen Kältetechnik. Dabei ist die Erzeugung von künstlicher Kälte gar nicht so einfach.*

Kältemaschinen beruhen alle auf folgendem Prinzip: Dort wo die natürliche Temperatur gesenkt werden soll, muss die vorhandene Wärme abgeführt werden. Kältemaschinen benutzen Kältemittel mit speziellen Verdampfungseigenschaften, früher oft als Freon bezeichnet. Beim Verdampfen des flüssigen Kältemittels wird die dazu benötigte Energie der Umgebung entzogen, d.h. diese wird dadurch gekühlt. Herzstück einer klassischen Kälteanlage ist ein Kältekompressor, der das gasförmig gewordene Kältemittel nach dem Verdampfen verflüssigt und dem thermodynamischen Kreisprozess wieder zur Verfügung stellt. Daher spielen bei der Erzeugung von Kälte das Verdampfen und das Verflüssigen des Kältemittels eine wesentliche Rolle. Beim Verdampfen wird der Umgebung, beim Kühlschrank etwa dem Schrankinneren, viel Wärme entzogen. Diese wird beim Verflüssigen, beim Kühlschrank z.B. über den auf der Rückseite befestigten radiatorähnlichen Wärmetauscher, wieder abgegeben. Die Zusammensetzung des Kältemittels bestimmt, bei welcher Temperatur die Verdampfung bzw. die Verflüssigung stattfindet und welche Kühlleistung durch diesen Prozess gewonnen werden kann.

## Der Kältekreislauf

Jede Kälteanlage ist als Kreislaufsystem ausgeführt und verfügt über vier wesentliche Komponenten: Kältemittelverdichter, Kondensator (Verflüssiger), Expansionsventil und Verdampfer.

Im Kältekreislauf findet ein wechselndes Verdampfen und Verflüssigen eines Kältemediums statt, das bei Raumtemperatur unter atmosphärischen Druck gasförmig ist. Mit meist mechanischen Verdichtern wird das aus dem Verdampfer austretende gasförmige Kältemittel angesaugt und wieder stark komprimiert. Dabei erhöht sich die Temperatur des

Kältemittels. Vom Verdichter gelangt das Kältemittel zum Verflüssiger oder Kondensator. Dort wird dem Kältemittel soviel Wärme entzogen und durch einen meist großflächigen Wärmeaustauscher oder auch über starke Ventilatoren in einem Kühlturm in die Umgebung abgeführt. Manche Systeme sind sowohl zum Heizen als auch zum Kühlen ausgelegt. Bei den als Wärmepumpe arbeitenden Anlagen wird die Wärme, die dem Kühlmittel zum Verflüssigen entzogen werden muss, an das Heizwasser abgegeben. Durch die bei niedrigerer Temperatur auftretende Kondensation ist das Kältemittel nun flüssig, aber immer noch auf einem hohen Druckniveau. Im Expansionsventil (Entspannungs- oder Drosselventil) entspannt es sich auf einen niedrigeren Verdampfungsdruck, d.h. der vom Kompressor erzeugte Druck wird abgebaut. Nach dem Expansionsventil ist das Kältemittel zwar immer noch flüssig, aber auf einem niedrigen Druckniveau. Dank dieser Druckabsenkung kann es dann, wenn es in den Verdampfer gelangt, seinen Aggregatzustand von flüssig auf gasförmig ändern. Um das zu ermöglichen, entzieht der Verdampfer Wärme aus seiner Umgebung. Das kann in einer Kühlzelle, einer Klimaanlage oder über Wasser geschehen. Alle Teile, denen durch den Verdampfungsprozess Wärme entzogen wird, werden dadurch gekühlt. Nachdem das Kältemittel im Verdampfer vollständig in den gasförmigen Zustand übergegangen ist, wird es zurück zum Verdichter gesaugt, verdichtet und dem Kreislauf aufs Neue zugeführt.

Herzstück jeder Kälteanlage ist der Verdichter. Neben den bekannten mechanischen Verdichtern können auch thermische Verdichter (z.B. Absorptionskälteanlagen) oder thermo-elektrische Verdichter (z.B. Peltier-Elemente) eingesetzt werden. Als Wärmepumpe wird eine Anlage bezeichnet, die das gleiche Arbeitsprinzip ausnutzt wie eine Kälteanlage, jedoch bei höheren Temperaturen betrieben wird. Überwiegend werden Kälteanlagen mit Kompressoren verschiedener Bauarten, wie Schrauben-, Spiral-, Kolben-, oder Turboverdichter betrieben. Sie alle müssen geschmiert werden. Vom Kältekompressorenöl wird dabei aber oft ein Spagat verlangt, denn es kommt, je nach Bauart und Betriebsbedingungen, mehr oder weniger direkt mit dem Kältemittel in Kontakt. Der Schmierstoff, das Kältemittel, der Verdichter und häufig auch noch sein in dem Kältekreislauf gekapselter Elektromotor, müssen miteinander harmonieren.

Gleichzeitig werden an Kältemittel und Schmierstoff weitere individuelle Anforderungen gestellt.

## Kältemittel im Einsatz

Als Kältemittel können je nach Anlagentyp und Anwendungsfall folgende Produkte dienen:

- (H) FKW sind chlorfreie Fluorkohlenwasserstoffe (FKW), wie z.B. R134a
- H-FCKW sind teilhalogenierte Chlorfluorkohlenwasserstoffen wie z.B. R22. Solche Produkte dürfen seit 2001 nicht mehr in neue Anlagen eingefüllt werden. Ab 2010 werden diese Produkte in Europa nicht mehr hergestellt. Damit befüllte ältere Anlagen müssen umgerüstet werden.
- FCKW wie R11 oder R12 sind bereits seit dem Jahre 1992 verboten. Zu dieser Gruppe gehören auch R502 Kältemittel wie Freon (DuPont) oder Frigen (Höchst), die ein Gemisch von R22 mit R115 sind.
- Kältemittel wie Ammoniak (R717), CO<sub>2</sub> (R744), Propan (R290) und Propylen sind halogenfreie Kältemittel, die als umweltverträglich angesehen werden. Allerdings ist hier auf die Brennbarkeit (R290) oder die Reizung der Schleimhäute (R717) zu achten.

## Anforderungen an ein Kältemittel

### Grundforderung

Tief liegender Siedepunkt bei atmosphärischem Druck

Große spezifische Verdampfungsenthalpie

Kein Ozonabbaupotential, kein Treibhauseffekt

Möglichst geringe Umweltgefährdung

Verflüssigungspunkt bei technisch erreichbaren Drücken

### Physikalische Eigenschaften

Übergang vom flüssigen in den gasförmigen Aggregatzustand bei kleinem Druck

Hohe volumetrische Kälteleistung und gute Wärmeleitfähigkeit

Niedrige Viskosität

Chemisch stabil und beständig

Hohe kritische Temperatur

### Chemische Eigenschaften

Mit dem Schmierstoff kompatibel

Weder giftig noch geruchslos

Nicht explosiv oder brennbar

Weder toxisch, ätzend noch korrosiv

Kein Angriff der Materialien der Anlage

## Kältemaschinenöle

Kältemaschinenöle – oder genauer Schmieröle für Kältemittelverdichter – können auf Mineral- oder Syntheseölen basieren. Gemäß DIN 51503 werden sie unter Berücksichtigung der verschiedenen Kältemittel in Gruppen eingeteilt.

### Normung von Kältemaschinenölen

#### Gruppe KA (Ammoniak)

KA: Nicht mischbar mit NH<sub>3</sub>

- ISO VG 15 bis 100
- Mineralöle und synth. KW

KAB: Teilw. o. vollständig mischbar mit NH<sub>3</sub>

- ISO VG 22 bis 150
- Polyglykole

#### Gruppe KC (voll- und teilhalogenisierte FCKW)

ISO VG 15 – 460

Mineral- und Syntheseöle

#### Gruppe KD (voll- und teilhalogenisierte FCKW)

ISO VG 7 – 460

Esteröle und Polyglykole

#### Gruppe KE (Kohlenwasserstoffe, z.B. Propan, Butan)

ISO VG 15 – 460

Mineral- und Syntheseöle

Bei ihrem Einsatz für die Schmierung von Kolben- oder Schraubenverdichtern müssen die Kältemaschinenöle die klassischen Aufgaben eines Schmierstoffs erfüllen. Sie sollen schmieren, die Reibung minimieren, vor Verschleiß und Korrosion schützen, kühlen, reinigen, Ablagerungen verhindern und abdichten bzw. etwaige Leckageströme im Verdichtungsraum verringern. Doch damit nicht genug, während ihrer Arbeit stoßen sie ja auf das Kältemittel und müssen daher zusätzliche Anforderungen erfüllen.

### Anforderungen an Kältemaschinenöle

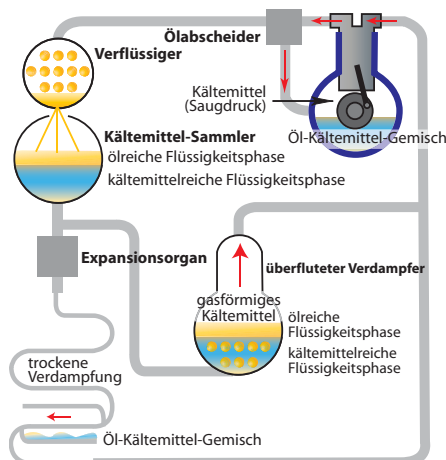
- perfekt abgestimmt auf Kältemittel und Anlagentyp: je nach Anlagentyp mit Kältemittel mischbar oder nicht mischbar
- voll funktionsfähig auf beiden Temperaturniveaus: hohe Temperaturen im Bereich des Verdichters, niedrige Temperaturen im Bereich des Verdampfers
- oxidationsstabil: geringe Ölalterung, lange Ölwechselintervalle

Ist das wegen der Bauart des Verdichters gewählte Öl mit dem Kältemittel mischbar, muss es trotz der Vermischung alle Systemkomponenten schmieren. Aus dem Kältekreislauf ist es aufgrund der Mischbarkeit prinzipiell gut in den Verdichter rückführbar. Allerdings können bei diesem Einsatz folgende typischen Schwierigkeiten auftreten:

- Das Öl wird im Verdichter erhitzt und durch Kältemittel zusätzlich verdünnt. Ein zu „dünn-

Öl kann Zylinder von Kolbenkompressoren nicht mehr optimal schmieren und Schraubenverdichter nicht mehr zuverlässig abdichten.

- Das Öl wird auf der kalten Verdampferseite zu schnell zähflüssig und hochviskos. Dadurch bleibt zuviel Öl an der Innenwandung des Verdampfers „kleben“. Es kommt zu wenig Öl zurück zum Kompressor.



Thermodynamischer Kreisprozess

- Etwaige Ölrückstände im Verdampfer beeinträchtigen eine optimale Wärmeübertragung und verursachen geringere Kälteleistung und Regelprobleme.

Ein Kältekreislauf ist normalerweise hermetisch geschlossen. Steigt der Wassergehalt, verursacht dieses Wasser nicht nur Probleme durch „Ausfrieren“. Die Wassertröpfchen lassen das Öl auch schneller altern und führen besonders in Wälzlagern zu Verschleiß. Beim Betrieb mit chlorhaltigen Kältemitteln können sich korrosive Chloride bilden, durch die Komponenten chemisch angegriffen werden. Weitere Feinde von Kältemaschinenölen sind die bei der Verdichtung des gasförmigen Kältemittels auftretenden Temperaturen, die mehr als 120°C betragen können. Durch die hohen Temperaturen oxidieren und altern die Öle um ein Vielfaches schneller als bei Temperaturen von 50°C. Beim Alterungsprozess entstehen durch die Reaktion mit Sauerstoff und Feuchtigkeit Säuren. Diese verstärken die korrosive Wirkung der Chlorverbindungen aus den Kältemitteln zusätzlich. Im Öl werden diese Säuren als Neutralisationszahl über den Verbrauch von Kalilauge (KOH) bestimmt. In Kälteanlagen, bei denen auch der elektrische Antriebsmotor des Verdichters in den geschlossenen Kreislauf einbezogen ist, können sie die Wicklung des Motors zerstören und damit einen Kurzschluss verursachen, der zum Totalausfall der Anlage und sogar zum Kompressorbrand führen kann.

Ölwechsel für Kältemaschinen erfolgen üblicherweise entweder nach Herstellerangaben in der Bedienungsanleitung oder aufgrund von Erfahrungen einer Wartungsfirma, meist nach einem festge-

legten Intervall, das in jedem Fall auf „der sicheren Seite“ liegen sollte. Mit einer regelmäßigen Überwachung des Kältemaschinenöls durch Ölanalysen können nicht nur drohende Risiken durch zu viel Wasser, zu starke Oxidation oder starke Säurebildung, die bereits Korrosionsschäden verursachen, rechtzeitig erkannt werden. Wenn die Ölanalyse beweist, dass das gebrauchte Kältemaschinenöl nahezu noch Frischölcharakteristik zeigt, muss das meist sehr teure Öl natürlich nicht gewechselt werden. So werden nicht nur Kosten gespart, sondern auch die Umwelt geschont.

Für die Untersuchung von Kältemaschinenölen empfiehlt WEARCHECK das Analysenset 3.

### Grenz- und Warnwerte für Kältemaschinenöle aus Schraubenverdichtern

Verschleißmetalle			
	Zeichen	Einheit	Grenze
Eisen	Fe	mg/kg	4
Chrom	Cr	mg/kg	1
Zinn	Sn	mg/kg	4*
Aluminium	Al	mg/kg	2
Nickel	Ni	mg/kg	1
Kupfer	Cu	mg/kg	3
Blei	Pb	mg/kg	2
Molybdän	Mo	mg/kg	2*
PQ-Index	-	-	35

Verunreinigungen			
	Zeichen	Einheit	Grenze
Silizium/Staub	Si	mg/kg	6*
Kalium	Ka	mg/kg	FÖ + 10
Natrium	Na	mg/kg	FÖ+10
Wasser		ppm	100*

Ölzustand			
		Einheit	Grenze
Viskosität bei 40°C		mm <sup>2</sup> /s	49 – 72 (+5.0)
Viskosität bei 100°C		mm <sup>2</sup> /s	7.5 – 9.2
Viskositätsindex (VI)		-	89 – 115
Oxidation		A/cm	15*

Additive			
	Zeichen	Einheit	Grenze
Kalzium	Ca	mg/kg	2
Magnesium	Mg	mg/kg	2
Bor	B	mg/kg	2
Zink	Zn	mg/kg	6
Phosphor	P	mg/kg	250*
Barium	Ba	mg/kg	2

Zusatztests			
		Einheit	Grenze
NZ (Neutralisationszahl)		mgKOH/g	FÖ+0.25*
Farbzahl		-	max. 5.5

\* Hier auch Frischölwert bzw. Öltyp beachten!

Öl Checker – eine Zeitschrift der WEARCHECK GmbH

Kerschelweg 28 · 83098 Brannenburg · Deutschland  
Tel. 0 80 34/90 47-0 · Fax 0 80 34/9047-47  
info@wearcheck.de · www.wearcheck.de

Konzept und Text:

Astrid Hackländer, Marketing & PR, A-4600 Thalheim

Satz und Gestaltung:

Agentur Segel Setzen, Petra Bots, www.segel-setzen.com

Fotos:

WEARCHECK GmbH · CLIMATECH Kälte GmbH ·

Wikipedia (Christian Holzner)

### NACHGEFRAGT

#### Kein Kalzium im Frischöl – warum wird trotzdem ein steigender Anteil nachgewiesen?

*Wir lassen regelmäßig die Umlaufschmierungen durch Ölanalysen überwachen. Dabei ist uns aufgefallen, dass in einigen Anlagen der Kalziumgehalt stetig ansteigt, obwohl im Frischöl kein kalziumhaltiges Additiv vorhanden ist. Welche Ursache kann das haben? Gibt es einen Warnwert für Kalzium, ab dem ein Öl gereinigt oder gewechselt werden muss?*

#### WEARCHECK:

Umlaufschmieröle und Industriegetriebeöle enthalten, bis auf wenige Ausnahmen, keine oder nur sehr geringe Anteile an Kalzium. In Motorenölen und den meisten zinkhaltigen Hydraulikölen ist dagegen Kalzium als Additiv vorhanden. Es soll Verunreinigungen ablösen und in Schwebelage halten. Da die Schmierstoffhersteller üblicherweise keine Informationen über die Additivkonzentration zur Verfügung stellen, kann im Zweifelsfall der „natürliche“ Kalziumgehalt eines Frischöls ermittelt und mit den Werten des Gebrauchtsöls verglichen werden.

Für einen deutlich erhöhten oder ansteigenden Kalziumgehalt kommen mehrere Ursachen in Frage:

- Eintrag von kalziumhaltigem Staub, wie Kalk- oder Zementstaub
- Rückstände aus mineralienhaltigem bzw. „additiviertem“ Wasser
- Vermischung mit einem hoch-kalziumhaltigen Öl
- Eintrag eines Schmierfettes bzw. einer Montagepaste.

Aus dem Zusammenspiel der außerdem über 20 ermittelten Einzelwerte, kann fast immer auf die genaue Ursache des Kalziumanstiegs in einer Ölprobe geschlossen werden.

Falls eine Ölprobe unzulässig hohe Kalziumwerte aufweist, gehen die WEARCHECK-Ingenieure im Rahmen einer Diagnose selbstverständlich darauf ein und kommentieren einen ungewöhnlichen Trendverlauf. Je nachdem, welche Unregelmäßigkeiten in einer Probe nachgewiesen werden, deuten diese auf bestimmte Ursachen hin. Die typischen Zusammenhänge zeigt untenstehende Checkliste.

Wegen der stark unterschiedlichen Ausgangslagen kann es aber keinen allgemein gültigen Warn- und Grenzwert für Kalzium in einer Gebrauchtsölprobe geben. Auch die Veränderungen lassen sich nicht durch starre Werte oder prozentuale Veränderungen eingrenzen, weil es zu viele verschiedene Ursachen bei einer Vielzahl von unterschiedlichen Anlagen gibt.

Die WEARCHECK-Ingenieure berücksichtigen deshalb bei starker Veränderung des Kalziumanteils auch die Ölsorte, den Maschinen- oder Anlagentyp und den Trendverlauf bei ihrem Kommentar des Laborberichts. Je nach der Ursache bzw. Herkunft des Kalziums schlagen sie dann z.B. eine bessere Filterung oder einen kompletten Ölaustausch vor.

#### Typische Kalziumwerte in mg/kg (ppm) verschiedener Öltypen

Industrieöle	
CLP-Getriebeöle	0 - 5
Spezial-Getriebeöle	50 - 1.200
Umlauf-Schmieröle	0 - 10
Spülöle	0 - 1.500
Hydrauliköle	
HLP-Hydrauliköle, Zn-haltig	15 - 80
HLP-Hydrauliköle Zn-frei	0 - 5
HLP-D Hydrauliköle	100 - 800
SAE Hydrauliköle	600 - 1.000
Bioöle	0 - 5
Motorenöle	
Benzin-Motorenöle	1.200 - 2.000
Diesel-Motorenöle	2.800 - 4.000
Gasmotorenöle	250 - 600
Schiffsmotorenöle	8.000 - 25.000

Grund, Ursache	Begleitumstände
Kalk- bzw. kalziumhaltiger Staub wie Kalk-, Gesteins-, Straßen- oder Zementstaub	Gleichzeitiger Anstieg der typischen „Staubwerte“ wie Bor oder Aluminium beim Zement, Silizium beim Straßen- oder Gesteinsstaub. Verschleiß an allen ölbenetzten Komponenten wegen abrasiv wirkenden Staubpartikeln.
„Hartes“ Wasser wie Leitungs- oder Schmutzwasser. Speisewasser, das speziell mit kalziumhaltigen Zusätzen inhibiert wurde	Erhöhte Werte von Mineralien und Salzen, die als Härtebildner im Wasser vorhanden sind, wie z.B. Kalium, Natrium oder Magnesium. Wassergehalt, aber Wasser kann verdampft sein. Korrosion (kleine Partikel, nicht magnetisierbar) an Metallen.
Vermischung mit einem Öltyp, der einen hohen Kalziumgehalt als dispergierend wirkendes Additiv enthält	Änderung von weiteren Additiven. Viskositätsänderung, anderer Viskositätsindex. Hinweise aus dem FT-IR-Spektrum. Farbunterschied.
Vermischung mit Schmierfett auf Ca-, Li-Ca- bzw. Ca-Complex-Basis	Veränderung weiterer Additivelemente ohne signifikante Viskositätsänderung. Wenig Verschleiß. Hohe Anzahl relativ großer (beim OPA nichtmetallischer) Partikel. Der Ca-haltige Fettverdicker ist optisch in der Elementanalyse oder dem FT-IR-Spektrum sichtbar.

**WEARCHECK beantwortet auch Ihre Fragen zu den Themen Tribologie und Schmierstoff-Analysen. Fragen Sie uns per E-Mail (info@wearcheck.de) oder Fax +49 8034/9047-47.**



03.-06. September 2008, Homberg/Nieder-Ofleiden  
Wir sind dabei: Pavillon P239



Husum  
WindEnergy  
The Leading  
Wind Energy Trade Fair



09.-13. September 2008  
Wir sehen uns in  
Halle 1, Stand 1B02