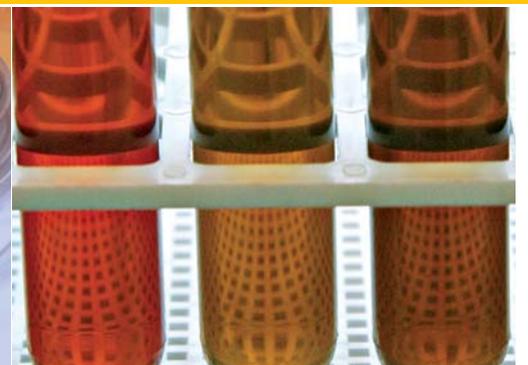




AVESCO ÖLDIAGNOSE

Einsatzbedingungen optimieren • Schäden verhindern • Kosten sparen



www.avesco.ch

 **avesco**

CAT[®]

ÖL KANN VIEL ERZÄHLEN ...



Avesco Öldiagnose: Das Wort Diagnose kommt aus dem medizinischen Bereich. Am Anfang der Entwicklung dieser Untersuchungsmethode stand die bereits erfolgreiche Blutuntersuchungspraxis und die sich aus ihr ergebende Diagnose Pate.

Wie beim Blut, hat auch das Öl Zugang zu allen Stellen des Systems. Durch die funktionellen Abläufe an diesen Stellen

findet eine Beeinflussung des Öles statt. Somit können durch Öluntersuchungen Rückschlüsse auf den Zustand eines technischen Systems gezogen werden. Dieser Gedanke war zuerst im Flugwesen Anstoss einer erfolgreichen Entwicklung.

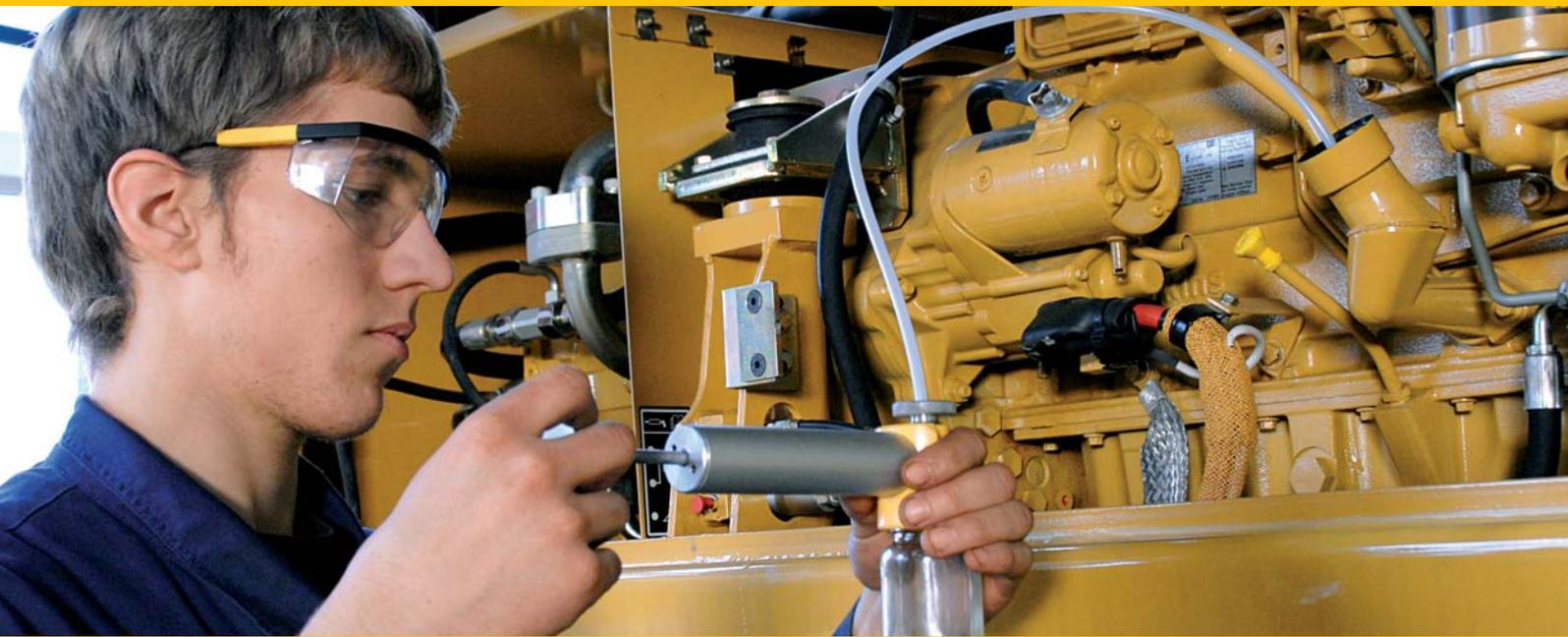
Seit 2012 arbeitet Avesco mit Zeppelin zusammen. In einem umfangreich ausgestatteten Öllabor erstellen speziell ausgebildete Chemiker rund 100 000 Öldiagnosen pro Jahr. Moder-



Avesco Öldiagnosen	4
Ölzustandswerte	8
Abriebselemente	9
Ölreinheit und Kraftstoffnachweis	10
Viskosität, TBN und TAN	12
Wasser- und Kühlmittelnachweis	14
Kühlmittelanalyse	16
Verschleisspartikel – Herkunft und Ursachen	18
Kombinationen von Verschleisspartikeln	20
Schmierfähigkeit des Öls im Verbrennungsmotor	22

ne Labortechnik, eine mächtige Datenbank und jahrzehntelange Erfahrung bilden die Grundlage für praxisorientierte Analysen mit hoher Aussagekraft.

MEHR WISSEN, WEITER KOMMEN: DIE AVESCO ÖL- UND KÜHLMITTELDIAGNOSE



Die Avesco Öl- und Kühlmitteldiagnose liefert wertvolle Informationen über den Zustand von Motor, Achsen, Getriebe, Hydraulik- und Kühlsystem jeder Baumaschine. So verhindern Sie Ausfälle und Sie können sogar Ölwechselintervalle verlängern. Ihre Maschinen arbeiten besser, leben länger und sind somit insgesamt wirtschaftlicher.

Wie in einem offenen Buch „lesen“ die Experten im Labor in Motor-, Getriebe-, Achs- und Hydrauliköl sowie in der Kühlflüssigkeit von Baumaschinen. Bewegt sich der Verschleiss Ihrer Maschine im normalen Rahmen? Wie sauber ist das Hydrauliköl? Wann sind Betriebsflüssigkeiten, Aggregate, Verschleisssteile zu wechseln? Experten wissen oft mehr als alle anderen, weil nicht nur das Aggregat, aus dem die Probe stammt, sondern auch der Maschinentyp berücksichtigt werden. Es ist ein entscheidender Unterschied, ob eine Probe aus einem Mobilbagger oder einem Dozer stammt!

Die Datenbank, die Ihr Öl versteht

Das Labor greift auf eine umfassende Datenbank zurück, die sämtliche Messwerte der letzten Jahre beinhaltet. Jede analysierte Substanz in Motor-, Getriebe- oder Hydrauliköl lässt nämlich detaillierte Aussagen über das entsprechende Aggregat und dessen Verschleisszustand zu. Die Datenbasis dafür wurde über Jahrzehnte hinweg aufgebaut. Bitte beachten Sie jedoch, dass das Erkennen von Verschleisstrends mehrfache Messungen in regelmässigen zeitlichen Abständen voraussetzt!

Öltest statt Ausfall

Ein Beispiel: Erhöhte Siliziumwerte im Motoröl genügen, um Ihnen sagen zu können, dass der Luftfilter und das Ansaugsystem zu überprüfen sind. Staubbedingte Motorschäden können so weitgehend vermieden werden.

Analysen im Labor – modernstes Equipment, ausgebildete Chemiker und kurze Reaktionszeiten



Contamination Control:

schleichende Hydraulik-Killer rechtzeitig stoppen

Cat achtet penibel darauf, dass alle Maschinen und Werkzeuge mit sauberstem Hydrauliköl und gründlich gereinigten Kreisläufen ausgeliefert werden. Doch in der Praxis bleibt das nicht immer so. Bereits sehr kleine Partikel im Hydrauliköl können – wegen der hohen Drücke und minimalen Fertigungstoleranzen in Hydrauliksystemen – auf Dauer grosse Schäden anrichten.

Deshalb können Sie auch die Partikelmenge in Ihrem Hydrauliköl durch das Avesco Öllabor feststellen lassen. Im Bedarfsfall ist eine neue Ölbefüllung oder das Feinfiltrieren Ihres Öls das Mittel der Wahl – und eine der cleversten und besten Investitionen für Ihre Maschine.

Kühlmittelanalyse – schützt innere Werte

Auch eine Kühlmitteldiagnose kann in unserem Labor durchgeführt werden. Mit ihrer Hilfe werden Zustand des Kühlmittels – also dessen Siedepunkt und Frostschutzfähigkeit – und das Kühlsystem überwacht. Zugleich ist die regelmässige Kühlmitteldiagnose wichtig, um sicherzustellen, dass die Motorenteile innen vor Lochfrass und Korrosion geschützt sind.

Aussagekräftige Resultate rasch übermittelt

Das Ergebnis jeder Avesco Öl- und Kühlmitteldiagnose wird – auch für Nicht-Chemiker verständlich – übersichtlich und klar dargestellt und praxisorientiert interpretiert. In kritischen Fällen benachrichtigen wir Sie sofort. Darüber hinaus können Sie Ihre aktuellen Messergebnisse auch per E-Mail erhalten oder via Internet selbst abfragen:

Analysedaten auf der Website herunterladen

www.avesco.ch → Schnellzugriff → Ölanalyse

Dazu benötigen Sie eine Kunden-, Serien- und Labornummer.



Mit rund 100 000 Öl- und Kühlmittelanalysen pro Jahr verfügt das Avesco Öllabor über umfangreiche Erfahrung.



An Ihre Öl- und Kühlmittelproben lassen wir nur unsere eigenen Analysegeräte und speziell ausgebildete Experten.

AVESCO ÖLDIAGNOSE – EINFACHE ANWENDUNG, UMFANGREICHE ANALYSEN, HOHER PRAXISNUTZEN

Für viele Betreiber von Cat Baumaschinen und Motoren ist die Ölanalyse schon regelmässige Praxis. Die Entnahme von Ölproben gehört zur Wartung einfach dazu und sollte nicht erst im Schadensfall erfolgen. Wenn diese in regelmässigen Abständen erfolgt, kann auch eine aussagekräftige Beurteilung vorgenommen werden.

Für alle Kunden, die Ölproben selbst ziehen wollen, stellen wir praktische Entnahmesets zur Verfügung.

Das Starter-Kit beinhaltet alles, was Sie für die Probeentnahme und die Rücksendung ins Avesco Öllabor benötigen. Alle neueren Caterpillar Baumaschinen sind mit definierten

Ölentnahmestellen versehen oder lassen eine entsprechende Nachrüstung zu. Oft ist die Entnahme von Betriebsflüssigkeiten auch bei laufendem Motor möglich. Bitte klären Sie vor der Entnahme, ob Sie die spezielle Absaugpumpe für eine saubere Entnahme benötigen und bestellen Sie sie gegebenenfalls gleich mit.

Die klaren Vorteile einer Ölanalyse Auswertung

- Optimierung der Ölwechselintervalle – bei normalen bzw. guten Einsatzbedingungen können Ölwechselintervalle verlängert werden. Bei schweren Einsatzbedingungen können die Ölwechselintervalle optimal angepasst werden.
- Minimaler Verschleiss der hochwertigen Komponenten bei optimaler Nutzung der Betriebsmittel
- Ständige Kontrolle über den Zustand beispielsweise des Motors, des Getriebes, der Hydraulikanlage, der Achsen etc.
- Termine für den Einsatz der Maschine oder Reparaturen können effektiver geplant werden
- Nahende Schäden können durch regelmässige Laboranalysen rechtzeitig erkannt werden.
- Eine vorzeitige Instandsetzung schützt vor grösseren und unvorhergesehenen Schäden
- Unterstützung bei der aktuellen Fehlersuche

Zweck der Ölanalysen:

- **ICP Emissionsspektroskopie**
Ermittlung der Abriebsmetalle, Verunreinigungen, Additive. Mineralölrestgehalt beim Umölen auf Bioöl
- **FT-IR Spektroskopie**
Ermittlung der Ölzustandswerte
- **Partikelzählung**
Bestimmung der Öltreinheit nach ISO 4406
- **PQ Index**
Messung ferromagnetischer Bestandteile im Öl
- **Viskosimeter/Viskosität**
Bestimmung der Viskosität bei 40 °C, 100 °C und des Viskositätsindex (VI)
- **Wassernachweis/Wassergehalt**
Spratzprobe; Titration nach Karl Fischer
- **Gas-Chromatograph**
Bestimmung Glykol- und Kraftstoffgehalt in Ölen
- **Flammpunkt**
Ermittlung des Flammpunkts von Ölen oder Kraftstoffen
- **TBN**
Bestimmung der Gesamtbasenzahl
- **TAN**
Bestimmung der Gesamtsäurezahl

SOS Öl- und Kühlmitteldiagnosematerial



ÖL ENTNAHMEPUMPE

ET NR. UAS1173



STARTER-KIT (INKL. 12 ÖLPROBEN)

bestehend aus:

- 1 Öl-Entnahmepumpe
- 12 Plastikbehälter
- Entnahmezapfen
- diverses Schlauchmaterial
- Dokumappe (Anleitung, Kleber, Identifikationsblatt)

ET NR. UAS1212



KIT ZU 12 ÖLPROBEN

ET NR. UAS1213



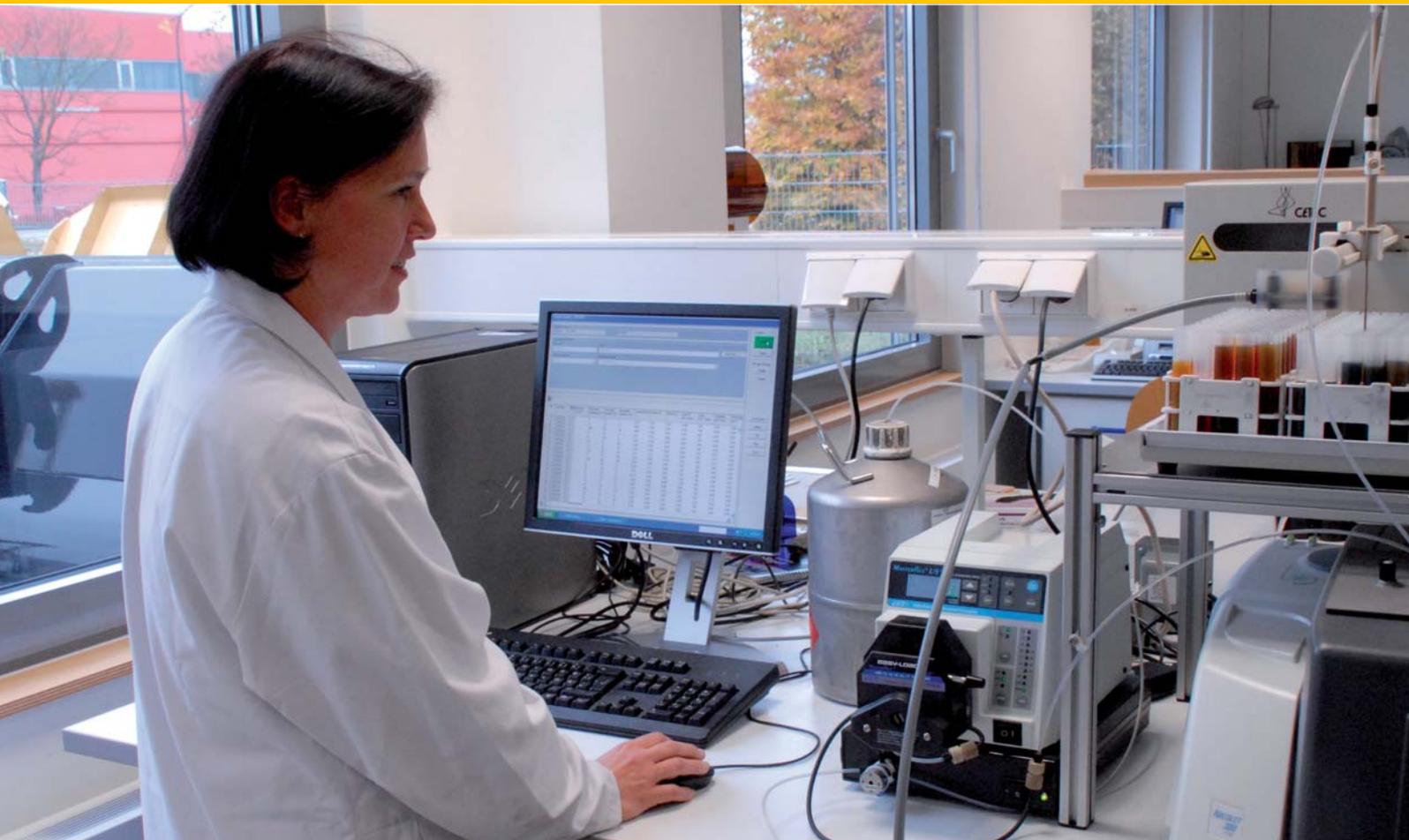
1 ÖLPROBE

bestehend aus:

- Post- und Plastikbehälter
- Entnahmezapfen
- Identifikationsblatt

ET NR. UAS1396

ÖLZUSTANDSWERTE ALTERUNGS-CHECK FÜR IHR ÖL



Bestimmung der Ölzustandswerte mit dem FT-IR Spektrometer

Untersuchung der Ölzustandswerte

Parameter des Ölzustandes sind die Konzentrationen von Russ, Oxidation, Nitration und Sulfation im Öl. Die zu untersuchende Ölprobe wird in eine Küvette gezogen, durch die ein Infrarotstrahl geht. Dabei wird ein Infrarot-Spektrum aufgenommen, bei dem die Absorption der IR Strahlung in Abhängigkeit von der Wellenzahl registriert wird. Die quantitative Auswertung beruht auf dem Spektrenvergleich von Frischölprobe (aus einer angelegten Bibliothek) und Gebrauchtölprobe, daher ist für eine genaue Auswertung die Angabe der Ölmarke sowie der Viskositätsklasse notwendig. Je höher die Konzentration der zu untersuchenden Parameter, um so höher die Absorption der IR-Strahlung insgesamt, als auch der einzelnen Banden bei charakteristischen Wellenzahlen.

Bei den Motorenölen werden Russ, Oxidation, Nitration und Sulfation bestimmt (nähere Informationen finden Sie auf Seite 22), wobei bei den mineralischen Hydraulikölen nur die Oxidation gemessen wird. Biohydrauliköle können wegen des Vorhandenseins von Estern nicht mit dem IR-Spektrometer gemessen werden. Sie sollten deshalb als Set 2 eingeschickt werden, um den Ölzustand über die Viskosität und TAN beurteilen zu können.

Aus den Ölzustandswerten können wir auch Rückschlüsse auf sinnvolle Ölwechselintervalle für besondere Anwendungen ziehen. Je nach Ergebnis kann das bedeuten, dass Sie die Ölwechsel früher oder auch später vornehmen können. Im ersten Fall erhöhen Sie damit die Maschinen-Lebensdauer, im zweiten Fall sparen Sie Kosten und Sie schonen ausserdem die Umwelt.

ABRIEBSELEMENTE VERSCHLEISS MINIMIEREN

Untersuchung der Abriebselemente, Additive, Verunreinigungen und Bestimmung des Mineralölrestgehaltes bei der Umölung auf Biohydrauliköl

Die Abriebselemente, Additive und anorganischen Verunreinigungen werden mit dem ICP-Emissions-Spektrometer ermittelt. Unter Emissionsspektren versteht man Spektren selbstleuchtender bzw. zum Leuchten angeregter Stoffe. Durch ein Argonplasma werden die Atome und Moleküle optisch angeregt und emittieren die aufgenommene Energie wieder.

Die Konzentration oder der Anstieg von Abriebsmetallen im Schmieröl können folgende Hinweise oder Aussagen ergeben:

- Nahende Schäden können wir in vielen Fällen frühzeitig erkennen. Dazu verwenden wir Wear-Element-Tabellen, anhand derer wir übermäßigen Verschleiss oder Schäden erkennen und manchmal sogar orten können.
- Ölfremde Elemente können z.B. Fremdölvermischung oder den Zutritt von sonstigen Verunreinigungen anzeigen. Zur Interpretation wird die Wear-Element-Tabelle herangezogen. Ist z.B. der Siliciumanteil zu hoch, sind Ansaugsystem und Luftfilter zu überprüfen.
- Anstieg von Kupfer, Natrium und Blei weist auf eine Leckage von Wärmetauschern hin. In diesem Fall wird ein Frostschutztest durchgeführt.
- Die Abnahme von Additiv-Elementen kann zusammen mit anderen Prüfungen Auskunft über den Gebrauchtzölzustand geben. Folgende Additive werden untersucht: Molybdän, Natrium, Zink, Phosphor, Barium, Calcium und Magnesium.

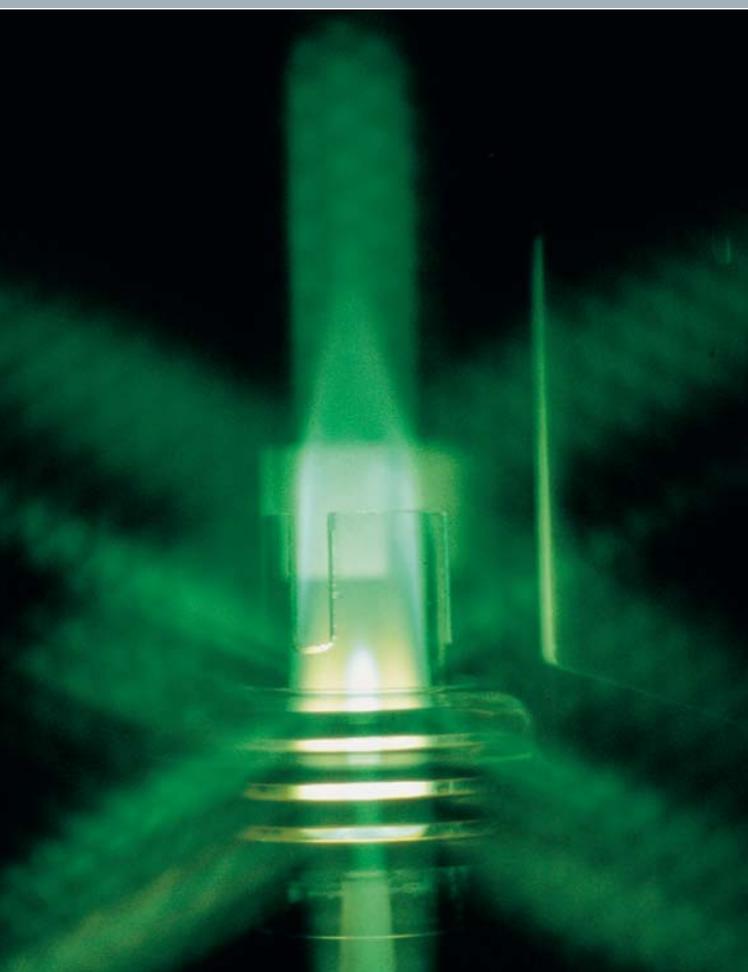
Bestimmung des Mineralölrestgehaltes bei der Umölung auf Biohydrauliköl

Die Mineralölbestimmung beruht auf dem Konzentrationsvergleich der Additive vom Biofrischöl, dem Mineralöl und dem Mischöl. Zur genauen Bestimmung des Mineralölgehaltes sind drei Ölproben notwendig:

1. Mineralöl ist das Öl, welches in der Maschine ist und durch Bioöl ersetzt werden soll
2. Biofrischöl ist das Öl, welches das Mineralöl ersetzen soll
3. Mischöl ist dasjenige Öl, welches nach der Spülung im Gerät verbleibt.

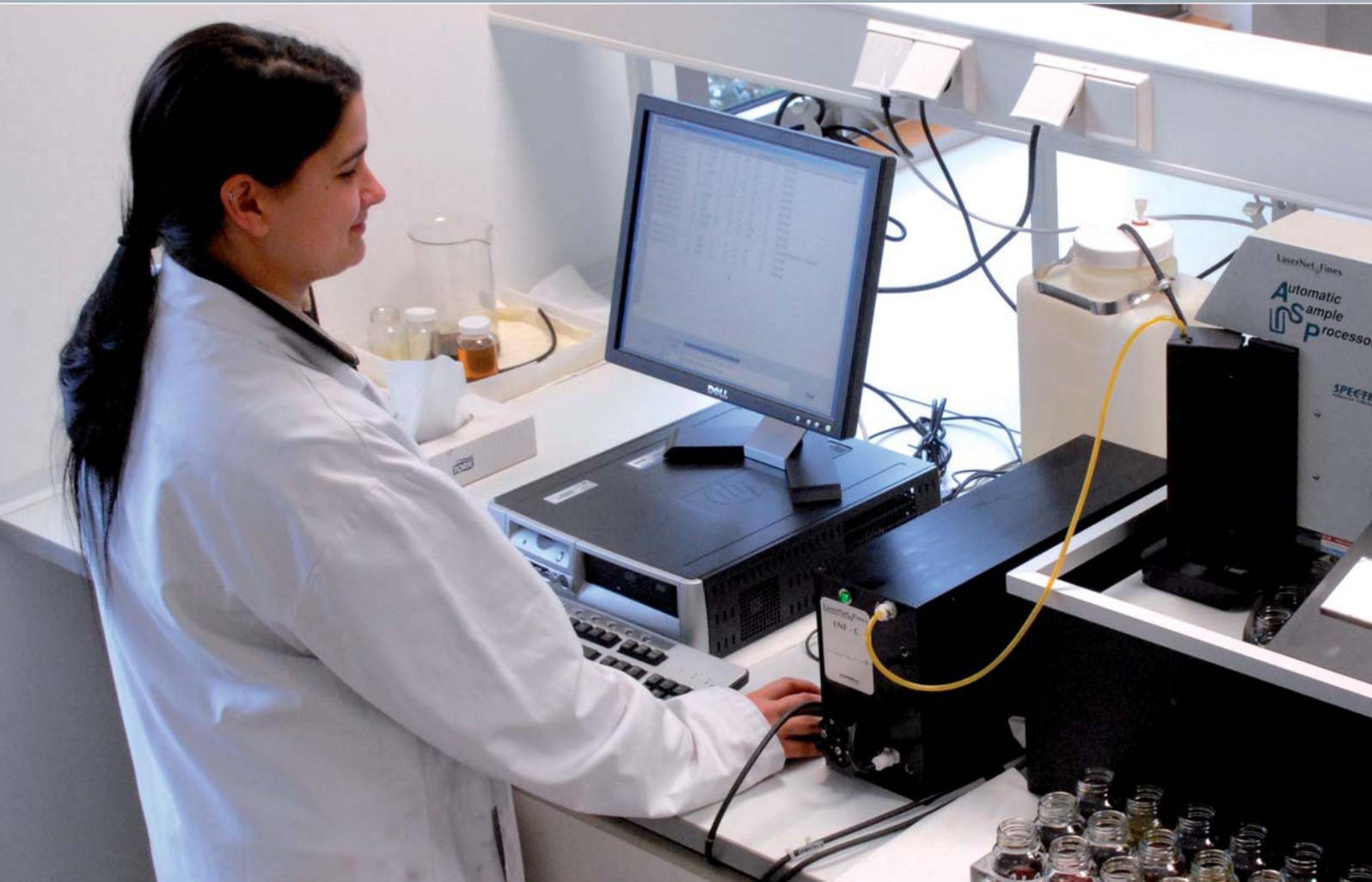


ICP Emissionsspektrometer



Plasmafackel des ICP

ÖLREINHEIT UND KRAFTSTOFFNACHWEIS



Partikelzählung zur Bestimmung der Ölreinheit

Bestimmung der Ölreinheit

Feste Verunreinigungen in Hydraulikölen, wie z.B. Staub, Rostpartikel, feiner Abrieb, führen zu unvorhergesehenen Betriebsstörungen und zu vorzeitigem Verschleiss von Bauelementen.

Sehr feinkörnige Schmutzpartikel, die mit blossem Auge nicht sichtbar sind, können für Initialschäden verantwortlich sein, da diese wie Schmirgelleinen wirken.

Durch die technische Entwicklung sind die Spalttoleranzen immer geringer geworden. Die für den abrasiven Verschleiss und die Oberflächenermüdung verantwortliche Verschmutzung ist dadurch auch kleiner als $5\mu\text{m}$. Bei der Messung der Ölreinheit, wird jedes Partikel der durch den Sensor geführten Probe der Grösse nach gezählt und der entsprechenden Grössenklasse zugeordnet. Die Angabe der

Ölreinheitsklassen erfolgt bei einer Partikelgrösse von $> 4\mu\text{m}$, $> 6\mu\text{m}$, $> 14\mu\text{m}$. Weiterhin werden die Partikel bestimmten Formen zugeordnet.

Optische Untersuchung mittels Mikroskop

Das Mikroskop dient der Betrachtung von sichtbarem Abrieb sowie Verunreinigungen im Öl. Die Bilder können mittels Kamera aufgenommen und archiviert werden.

PQ Index Messung

Der PQ Index gibt die ferromagnetischen Bestandteile, d.h. die Eisenkonzentration im Öl an. Die Probe wird in ein Magnetfeld geführt und die Änderung der Suszeptibilität gemessen.



Gas-Chromatographie

Kraftstoffnachweis im Öl

Durch Undichtigkeiten im Kraftstoffsystem oder durch ungünstige Betriebszustände kann es zur Ölverdünnung durch Kraftstoff kommen.

Mit dem Gas-Chromatographen ist es möglich, den Kraftstoffgehalt im Öl und die Kraftstoffart (Diesel, Biodiesel, Benzin) zu bestimmen. Eine kurze Beschreibung der Untersuchungsmethodik finden Sie auf Seite 14 unten.

VISKOSITÄT, TBN UND TAN ÖLWECHSELINTERVALLE OPTIMIEREN



Viskosimeter

Bestimmung der Viskosität

Viskosität ist die Eigenschaft eines Stoffes seiner Formänderung bei der Einwirkung einer Scherkraft entgegenzuwirken.

Ihre absolute Höhe und ihre Veränderung in Abhängigkeit von Temperatur und Druck wird durch die Struktur der Moleküle bestimmt. Sie bestimmt das Anspringverhalten und den Leichtlauf von Motoren sowie die Schaltbarkeit von Getrieben. Sie ist wesentlich bei der Bildung wirksamer Schmierfilme sowohl nach Festigkeit wie Schmierfilmdicke. Durch die Flüssigkeitsreibung in Schmierspalt werden die mechanischen Verluste und damit die Energieverluste in bewegten Teilen beeinflusst. Um eine zufriedenstellende Schmierung zu erzielen, ist daher die richtige Auswahl und die ständige Kontrolle der Viskosität von Bedeutung.

Die Durchflusszeit durch eine Glaskapillare ist unter kontrollierten Bedingungen ein genaues Mass für den Widerstand der Formänderung beim Fliesen einer Flüssigkeit. Im Labor wird daher aus solchen Durchflusszeiten bei konstanten Temperaturen die Viskosität bestimmt. Es werden die Werte bei 40 °C und 100 °C gemessen und somit wird die kinematische Viskosität in mm²/sec erhalten. Aus den Viskositäten von 40 °C und 100 °C wird der Viskositätsindex (VI) bestimmt. Er ist Masszahl für die Veränderung der Viskosität in Abhängigkeit von der Temperatur.

Bestimmung der TAN / TBN mittels Titrator.

Bestimmung der TBN (Total Base Number)

Während der Verbrennung von schwefelhaltigen Kraftstoffen entstehen Säuren, die durch alkalische Zusätze im Schmieröl neutralisiert werden sollen. Ob ein Öl ein ausreichend hohes Neutralisationsvermögen besitzt, kann durch die Bestimmung der TBN ermittelt werden.

Die TBN wird definiert als die Menge Perchlorsäure, angegeben in äquivalenter Menge Kaliumhydroxid in mg, die erforderlich ist, um alle alkalischen Bestandteile zu neutralisieren, die in 1 g Öl enthalten sind.

Bei Klär- und Deponiegasbetrieb können Reaktionsprodukte der im Brenngas enthaltenen Schwefel-, Chlor- und Fluorverbindungen zur Bildung starker Säuren, verbunden mit einem TBN-Abfall und einem Anstieg der Säurezahl, führen.

Sofern das Neutralisationsvermögen des Gebrauchtöles erschöpft ist, besteht die Gefahr starken korrosiven Verschleisses.

Bestimmung der TAN (Total Acid Number)

Die TAN gibt den Gehalt entstandener saurer Bestandteile im Schmieröl an. Sie wird definiert als die Menge Kaliumhydroxid in mg, die zur Neutralisation der in 1 g Öl enthaltenen Säuren erforderlich ist.

Aus den Werten für Viskosität, TBN und TAN können wir auch Rückschlüsse auf sinnvolle Ölwechselintervalle für besondere Anwendungen ziehen. Je nach Ergebnis kann das bedeuten, dass Sie die Ölwechsel früher oder auch später vornehmen können. Im ersten Fall erhöhen Sie damit die Maschinen-Lebensdauer, im zweiten Fall sparen Sie Kosten und Sie schonen ausserdem die Umwelt.



TAN-Messung

WASSER- UND KÜHLMITTELNACHWEIS

VORBEUGEN IST BESSER ALS REPARIEREN

Wassernachweis im Schmieröl

Im Schmieröl ist Wasser unerwünscht. Bei Verbrennungsmotoren ist Wasser ein Nebenprodukt, das bei der Verbrennung des Kraftstoffes entsteht, normalerweise jedoch in Form von Dampf durch das Auspuffrohr entweicht. Wasser kann bei zu tiefen Temperaturen im Kurbelgehäuse kondensieren. Geringe Mengen Wasser können im Öl gelöst sein, ohne dass dies zur Öltrübung führt. Mit steigender Öltemperatur nimmt das Lösungsvermögen von Wasser in Öl zu. Eine Öl-Wasser-Emulsion beschleunigt die Ölalterung und setzt die Schmierfähigkeit herab, Schaumbildung und Korrosion an Bauteilen werden erheblich gefördert. Bei Hydraulikölen führt die Schaumbildung zu Kavitation in der Hydraulikanlage, was zu schweren Schäden führen kann.

Die Spratzprobe

Bei dieser praxisüblichen Methode werden ca. 0,5 ml Ölprobe auf eine 140 °C erwärmte Herdplatte aufgebracht. Ist in der Probe Wasser enthalten, wird es auf der Platte verdampft, dabei entsteht bei geringen Wasserkonzentrationen ein spratzendes Geräusch, bei höheren Wassergehalten werden kleine Öltröpfchen empor geschleudert. Auf Grund der Intensität des Spratzens kann ein Wassergehalt ab 0,1 % nachgewiesen werden.

Karl Fischer Titration

Eine genau definierte Ölmenge wird in eine Ausheizkammer mit einer Temperatur von 120° C gegeben und das ausgedampfte Wasser wird über einen Gaskreislauf in die Karl Fischer Lösung eingeleitet. Die Wasserkonzentration wird durch coulometrische Titration ermittelt. Mit dieser Titrationsmethode können Wassergehalte ab 0,01 % nachgewiesen werden.

Kühlwassernachweis im Öl

Durch Leckagen wie beispielsweise undichte Zylinderkopfdichtung, Wärmetauscher oder Laufbüchsenabdichtungen kann Kühlwasser in die Schmieröle gelangen.

Ist das Öl mit Kühlmittel verunreinigt, so führt dies zu einer schnellen Verminderung der Ölqualität. Im einzelnen treten folgende Qualitätsminderungen auf:

- Viskositätsanstieg durch Ölverdickung
- Bildung von Schlamm und Ablagerungen
- Anstieg der Nitrationswerte durch Ölversäuerung

Da jedes Kühlwasser Glykol als Frostschutzmittel enthält, ist es möglich über die Gas-Chromatographie Kühlmittel im Öl nachzuweisen. Die Gas-Chromatographie dient der Trennung komplexer Stoffgemische in ihre Komponenten. Dabei wird das zu untersuchende Gemisch in einem Ofen verdampft und über einen Injektor auf eine dünne Kapillarsäule injiziert. Die Trennsäule ist in einem thermisch regelbaren Ofen montiert und wird permanent von

Spratzprobe



Gas-Chromatographie

Wasserstoff als Trägergas durchströmt. Gelangt die Dampfphase des gebrauchten Motorenöls in die Trennsäule, werden die einzelnen Komponenten gasförmig vom Trägergas durch die Säule gespült. In Abhängigkeit von ihrer Struktur und der im Ofenraum herrschenden Temperatur verweilen anschließend die einzelnen Komponenten unterschiedlich lang an der Oberfläche der Säule. Dadurch werden sie ihrer Siedetemperatur entsprechend aufgetrennt. Beim Verlassen der Säule registriert ein Detektor die einzelnen Komponenten und zeichnet sie als Peak in einem Chromatogramm auf.

Wasserbestimmung nach Karl Fischer



AQUA 40.00



ECH
ELEKTROCHEMIE
WÜRZBURG

KÜHLMITTELANALYSE SCHÜTZT DAS KÜHLSYSTEM

Bestimmung der Nitritkonzentration



Auch bei den Kühlmittelanalysen sind regelmässig Probeentnahmen wichtig

Bestimmung des Glykol-Gehalts im Kühlmittel

Messgerät für Leitfähigkeit und Ph-Wert

Kühlmittelanalyse

Die Kühlmittelanalyse wird mit Hilfe von Kühlmittelanalysen ermöglicht. Durch regelmäßige Kühlmittelanalysen ist die Diagnose am aussagekräftigsten und der Zustand des Kühlmittels sowie des Kühlsystems (Lochfrass und Korrosion) werden so am besten überwacht.

Empfohlene Probeentnahmeintervalle

Eine Kühlmittelanalyse der Stufe 1 alle 500 Bh durchführen.

Eine Kühlmittelanalyse der Stufe 2 einmal jährlich durchführen.

Planmäßige Kühlmittelanalyse Stufe 1

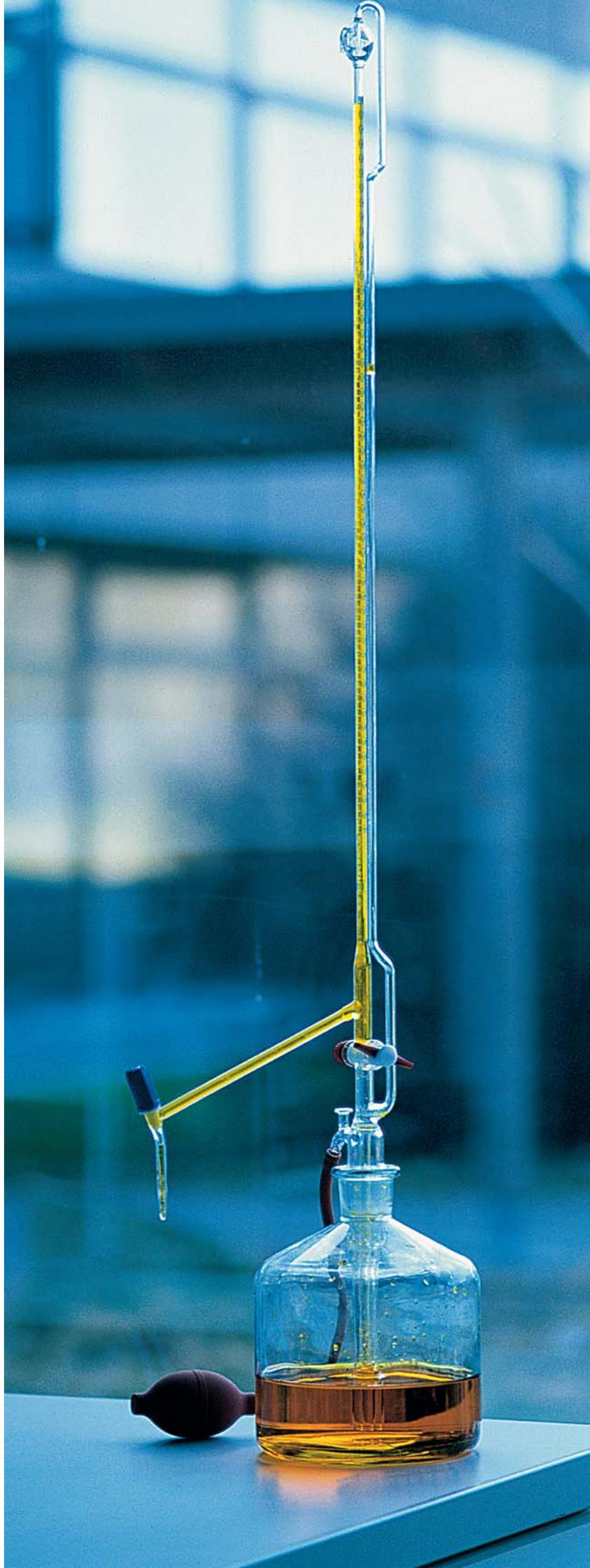
Die Kühlmittelanalyse Stufe 1 überprüft die Eigenschaften des Kühlmittels nach:

- Glykolkonzentration (Frostschutztemperatur)
- Nitritkonzentration (Kavitationsschutz)
- pH-Wert
- Leitfähigkeit
- Sichtkontrolle
- Geruchsanalyse

Planmäßige Kühlmittelanalyse Stufe 2

Die Kühlmittelanalyse Stufe 2 ist eine umfassende chemische Untersuchung des Kühlmittels und gibt neben dem Zustand des Kühlmittels auch Hinweise über den Zustand der Aggregate im Kühlkreislauf. Die Kühlmittelanalyse Stufe 2 beinhaltet:

- alle Analysen der Stufe 1
- Identifikation der Ursache von Metallkorrosion und Verschmutzungen
- Identifikation angesammelter Verunreinigungen, die Korrosion verursachen
- Identifikation angesammelter Verunreinigungen, die Kesselstein verursachen
- Identifikation möglicher Elektrolyse im Kühlsystem des Motors
- Quantitative Bestimmung aller Metalle die durch Korrosion in Erscheinung treten können.
- Quantitative Bestimmung aller Korrosionsschutz-Additive



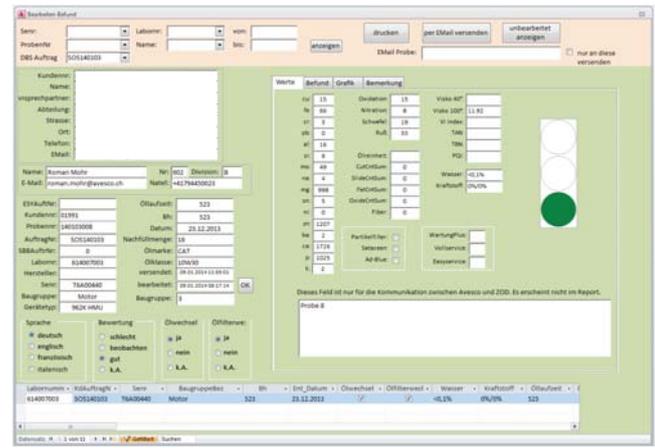
VERSCHLEISSPARTIKEL – HERKUNFT UND URSACHEN

ELEMENT	MOTOR	GETRIEBE
Kupfer (Cu)	<p>Öladditive (keine Schadensursache) Auslaugen von Wärmetauschern Gleitlager:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Turbolader • Ölpumpe • Kipphebel • Kompressor • KW-Anlaufscheibe • Wasserpumpe • Regler • Kolbenbolzen • Rollenstößel • Einspritzpumpe • Steuerräder • Ölpumpenantrieb 	<p>Öladditive (keine Schadensursache) Auslaugen von Wärmetauschern Gleitlager im Drehmomentwandler Reiblamellen der Gang- und Richtungskupplungen Reibscheibe der Wandler-Überbrückungskupplung (nur Sinterbronze) Reiblamellen der Lenkkupplungen und -bremsen (Sinterbronze/gemeinsamer Ölsumpf)</p>
Eisen (Fe)	<p>Zylinderlaufbuchsen Zahnräder Kurbelwelle Nockenwelle Kolbenbolzen Ölpumpe Ventiltrieb Kompressor Ventilstößel</p>	<p>Zahnräder Stahllamellen der Kupplungen Wälzlager Ölpumpengehäuse Kerbverzahnung Wellen Getriebegehäuse Lenkung/Bremsen (gemeinsamer Ölsumpf)</p>
Chrom	<p>Wälzlager (einige) Kompressor Kolbenringe Auslassventile Kurbelwellen (nachgeschliffen)</p>	<p>Wälzlager (einige)</p>
Aluminium (Al)	<p>Kurbelwellenlager Pleuellager Nockenwellenlager Ausgleichswellenlager Kurbelwellen-Drucklager Kipphebel-Träger Ölpumpen-Lager Steuerräder-Buchsen Kompressor Kolben Einspritzpumpen- Rollenstößel Schmutzeintritt (Ton- /Lehmboden)</p>	<p>Wandler-Pumpenrad Ölpumpenlager</p> <p>Schmutzeintritt (Ton- /Lehmboden)</p>
Blei (Pb)	<p>Kurbelwellen-Lager Pleuellager Nockenwellen-Lager Turbolader-Lager</p>	<p>Kupplungsreiblamellen (Bindemittel)</p>
Molybdän (Mo)	<p>Obere Kolbenringe (einige Motoren) Molybdän-Schmierfette</p>	<p>Molybdän-Schmierfette</p>
Silizium (Si)	<p>Schmutzeintritt Silizium-Schmierfette Antischaum-Öladditive</p>	<p>Schmutzeintritt Silizium-Schmierfette Antischaum-Öladditive</p>
Natrium (Na)	<p>Kühlsystem-Leckagen Wassereintritt Kondensation Öladditive (keine Schadensursache)</p>	<p>Kühlsystem-Leckagen Wassereintritt Kondensation Öladditive (keine Schadensursache)</p>

HYDRAULIK	SEITENANTRIEBE ACHSPLANETENGETRIEBE	DIFFERENZIALE
<p>Öladditive (keine Schadensursache) Auslaugen von Wärmetauschern Gleitlager der Pumpe Druckplatten (Zahnradpumpen) Gleitschuhe und Steuerspiegel (Axialkolbenpumpen) Bronze-Anlaufplatten (Flügelzellenpumpen)</p>	<p>Öladditive (keine Schadensursache) Anlaufscheiben (Radgeräte) Bronze-Gleitlager (einige Radgeräte)</p>	<p>Öladditive (keine Schadensursache) Anlaufscheiben Bronze-Gleitlager (einige Radgeräte)</p>
<p>Zylinder Pumpen</p>	<p>Zahnräder Lager Kerbverzahnungen Wellen Planetenträger Gehäuse Anlaufstücke</p>	<p>Zahnräder Lager Kerbverzahnungen Wellen Gehäuse</p>
<p>Wälzlager (einige) Verbogene Kolbenstangen Pumpen-Laufring</p>	<p>Wälzlager (einige)</p>	<p>Wälzlager (einige)</p>
<p>Kolbenstangenbuchse Pumpengehäuse</p>	<p>Gleitringdichtung-Halter Lagerbuchsen aus Bronze-Alulegierung (einige Radgeräte)</p>	<p>Anlaufscheiben Lagerbuchsen aus Bronze-Alulegierung (einige Radgeräte)</p>
<p>Schmutzeintritt (Ton- /Lehmboden)</p>	<p>Schmutzeintritt (Ton- /Lehmboden)</p>	<p>Schmutzeintritt (Ton- /Lehmboden)</p>
<p>—</p>	<p>—</p>	<p>—</p>
<p>Molybdän-Schmierfette</p>	<p>Molybdän-Schmierfette</p>	<p>Molybdän-Schmierfette</p>
<p>Schmutzeintritt Silizium-Schmierfette Antischaum-Öladditive</p>	<p>Schmutzeintritt Silizium-Schmierfette Antischaum-Öladditive</p>	<p>Schmutzeintritt Silizium-Schmierfette Antischaum-Öladditive</p>
<p>Kühlsystem-Leckagen Wassereintritt Kondensation Öladditive (keine Schadensursache)</p>	<p>Kühlsystem-Leckagen Wassereintritt Kondensation Öladditive (keine Schadensursache)</p>	<p>Kühlsystem-Leckagen Wassereintritt Kondensation Öladditive (keine Schadensursache)</p>

KOMBINATIONEN VON VERSCHLEISSPARTIKELN

Hauptelement	Nebenelement	Potentieller Verschleiss	Problembereich Schadensursachen Folgeschäden	
Silizium (Schmutz)	Motor-Oberer Bereich			
	Eisen, Chrom, Aluminium	Zylinderlaufbuchsen, Kolbenringe, Kolben	Ansaugsystem, Luftfilter, Verschmutzung	
	Eisen	Chrom, Aluminium	Zylinderlaufbuchsen, Kolbenringe, Kolben	Abnormale Betriebstemperaturen, Ölzerstörung, Verschmutzung, feststehende/gebrochene Kolbenringe
	Chrom	Molybdän, Aluminium	Kolbenringe, Kolben	Kompressionsdruck-Verlust, Ölverbrauch, Ölzerstörung
Eisen		Zylinderlaufbuchsen, Zahnräder, Ventiltrieb,	Abnormale Betriebs-Kurbelwelle Schmierölmangel, Verschmutzungen, Lagerung	
Silizium	Motor-Unterer Bereich			
	Blei, Chrom	Lagerschalen	Verschmutzungen	
	Blei	Aluminium	Lagerschalen Kühl-und/oder Kraftstoffsystem	Schmierölmangel, Verschmutzungen im
Silizium (Schmutz) Kupfer	Eisen, Chrom Eisen	Hydraulik Zylinder, Kolbenstangen Hydraulikpumpe	Verschmutzungen Ölzerstörung, Verschmutzungen	
Aluminium	Eisen, Kupfer	Getriebe Drehmomentwandler	Ölzerstörung, Verschmutzungen	
Kupfer	Eisen	Kupplungsreiblamellen mit Sinterbronze-Belag	Ölzerstörung, Verschmutzungen	
Silizium (Schmutz)	Seitenantriebe, Achsplanetengetriebe			
	Eisen, Aluminium, Natrium	Zahnräder	Verschmutzungen, Aluminium (Ton- /Lehmböden), Natrium (Wasser)	
Eisen	Chrom	Zahnräder, Lager	Falsche Vorspannung	



Die von Avesco in Zusammenarbeit mit Zeppelin entwickelte Software unterstützt unsere Techniker bei der klaren Interpretation der Ölproben.

Motor

Fe, Cr, Al	Kolben, Kolbenringe, Zylinderlaufbuchsen.
Pb, Al	Lagerschalen
Pb, Al, Fe	Lagerschalen, Kurbelwelle
Na, Cu	Kühlmittel oder Glykol im Öl
Si, Fe, Cr	Verschmutzungen im oberen Motorbereich
Si, Fe, Al, Pb	Verschmutzungen im unteren Motorbereich
Cu, Pb, Russ	Turbolader-Lager
Cr, Sn	Wälzlager: Ventilstößel, Wasserpumpe, Kompressor
Sn	Nachweis für Blei - Lagerschalenverschleiss
Cu, Al, Fe	Pleuelstangenauge und Kolbenbolzen
Fe, Cr	Gebrochene oder festsitzende Kolbenringe, Ätherstart, Betriebstemperaturen zu hoch oder zu niedrig, Ölspritzdüsen schadhaf

Russ

Cr, Fe	Kolbenringe, Zylinderlaufbuchsen
Mo, Cr, Fe	Oberer Kolbenring mit Moly-Plasma Beschichtung, Verdichtungsringe, Ölabbstreifringe und Laufbuchsenverschleiss

Oxidation

Cu	Hohe Spitzenwerte durch Wärmetauscher-Leckagen
Fe	Laufbuchsen, Zahnräder oder Ventiltrieb
Pb, Al	Lager
Al	Eigenoxidation möglich, Kolbenhemd-Verschleiss

Schwefel

Pb	Erfahrungswert: Anstieg um einige ppm für jeweils 20% Erhöhung des Schwefelanteils
----	--

Schwefel und Russ

Angestrebter Wert für befriedigende Motorstandzeiten: 20 – 30% des jeweils anderen Elements (in der Regel erreicht Russ den höheren Prozentsatz).

Getriebe

Fe, Cu	Kupplungslamellen-Verschleiss (nur Reiblamellen mit Sinterbronze). Filtersiebe prüfen – sieht ähnlich aus wie Filtermaterial.
Al	Drehmomentwandler
Al, Cu, Fe	Drehmomentwandler
Cu	Auslaugung des Wärmetauschers
Cu, Na	Wahrscheinlich Kühlsystem-Leckage – auf Glykolgehalt prüfen.
(eventuell Si)	
Fe, Cr	Wälzlager
	Oxidationsanstieg – verlängerte Ölwechselintervalle – Kühlmittelübertritt ins System. Auf eventuellen Ölübertritt achten.
	Pb = EP-Getriebeöl.

Seitenantriebe / Achsplanetengetriebe

Si, Fe	Na bei Wassereintritt, Al in einigen Ton-/Lehmböden - Schmutzeintritt. Überwiegend bei Einsätzen auf Mülldeponien und sumpfigem Untergrund. Schmutz kann auch beim Hochdruckreinigen über die Gleitringdichtungen eindringen. Ölzusätze: Cu und/oder Pb können ansteigen.
Fe, Cr	Zahnräder und Wälzlager (meistens falsche Vorspannung).
Fe	Gleichbleibend hohe Werte weisen auf Zahnradschäden hin. Magnetstopfen auf Metallansammlungen kontrollieren.

Ausserdem prüfen:

- Anzahl der Betriebsstunden. Wurden kürzlich Reparaturen durchgeführt und/oder keine Original-Ersatzteile eingebaut?
- Örtliche Topografie und Geografie berücksichtigen.
- Verschleiss auf der gegenüberliegenden Seite prüfen.
- Mit Verschleisstabellen abgleichen.
- Hat ein Fahrerwechsel stattgefunden?

Al, Cu, Fe	Bronze-Lagerbuchsen in Antriebsachsen (Ausgleichskegelräder, Planetenradachsen).
H ₂ O, Fe, Na	Wassereintritt.
Cu	Ansteigender Trend: Verschleiss der Anlaufscheiben.

Hydraulik

Cu	Kühler-/Wärmetauscher-Leckage.
Fe, Cr	Zylinder (plus Si = Schmutz. Auf geriefte Kolbenstangen und Schmutzansammlungen an den Abstreifringen achten).
Fe, Cr (kein Si)	Möglicher Pumpen- oder Motorverschleiss (Cr von den Pumpenlagern).
Cu, Fe, Si	Schmutzeintritt an Pumpe oder Motor (eventuell auch Cr-Anstieg).
	Flügelzellenpumpe = Cu, Cr, Fe. Axialkolbenpumpe = Cu, Fe (Al bei Schwenkscheiben-Lagerverschleiss). Zahnradpumpe = Cu, Fe oder Al (Gehäuse).
Cu, Si, Na	Eventuell Kühlsystem-Leckage. Auf Glykol prüfen.
Al	Eventuell Verschleiss der Schwenkscheiben-Lager bei Axialkolbenpumpen.

SCHMIERFÄHIGKEIT DES ÖLS IM VERBRENNUNGSMOTOR

Alle Bestandteile des Öles, welche mit dem Verbrennungsvorgang in Berührung kommen, werden chemisch mehr oder weniger verändert. Dies wirkt sich negativ auf seine Schmierfähigkeit und seine Korrosionsschutzeigenschaften aus. Die wichtigsten Veränderungen werden durch die Ölzustandswerte erfasst.

Russ

Die unvollständige Verbrennung von Kraftstoff führt zur Russbildung, welcher dann teilweise ins Öl gelangt. Russ beeinflusst die Öleigenschaften negativ und kann bei größeren Mengen zur Verstopfung von Filtern und Leitungen führen. Daher besitzt jedes Motorenöl Dispergiermittel, die den Russ in Schwebelage halten. Die Russmenge sollte die Kapazität der Dispergiermittel nicht überschreiten.

Ursachen erhöhter Russbildung bei Cat Motoren

- Falsche Einspritzmengeneinstellung
- Schlechte Funktion der Einspritzdüsen
- Schadhafter Turbolader
- Verstopfte Luftfilter
- Erhöhte Blowby-Werte
- Falsche Steuerzeiten
- Ungünstiger Motorbetrieb
(z.B. ständig volle Beschleunigung, starke Überlastung)

Folgen der Russbildung

- Vermindert die Schmierwirkung des Öls
- Vergrößert den Abrieb, wenn die Kapazität des Dispergiermittels erschöpft ist und eine Zusammenlagerung der Russpartikel möglich wird
- Verstopft aus gleichem Grund die Filter
- Ablagerungen an Kolben entstehen
- Erhöhter Verschleiss in Zylinderlaufbuchsen
- Erhöhter Ölverbrauch

Nutzen der Bestimmung des Russgehalts

- Korrekte Festlegung der Ölwechselintervalle.
In Verbindung mit der Verschleisspartikel-Analyse kann der optimale Wechselzeitraum ausgewählt werden.
- Lässt sich zur Leistungsdiagnose einsetzen
- Kann als Indikator für die Maschinenbeanspruchung zur Kostenkontrolle herangezogen werden.

Oxidation

Zur Oxidation von Schmieröl kommt es, wenn dieses der Einwirkung von Verbrennungsbedingungen (Hitze, Wasser, Säure, feste Verunreinigungen) und metallischen Katalysatoren ausgesetzt wird. Ein durch Oxidation geschädigtes Öl verliert mehr oder weniger seine Schmiereigenschaften, wird dickflüssiger und bildet Harze aus. Die Oxidation ist die Haupteigenschaft der sogenannten „Ölalterung“. Sie tritt bei Dieselmotoren, Gasmotoren und Hydraulikanlagen auf.

Ursachen der Oxidation

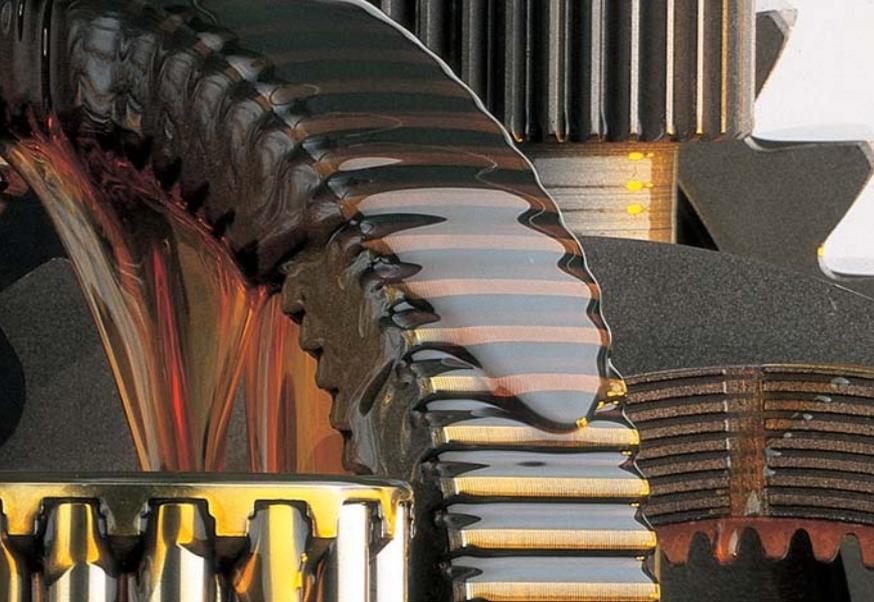
- Betrieb bei hohen Umgebungstemperaturen
- Zu hohe Betriebstemperaturen durch defekte oder falsche Kühlwasserthermostate oder Motorüberlastung
- Überzogene Ölwechselintervalle
- Hohe Abriebswerte
- Verunreinigungen durch Wasser und Glykol

Folgen der Oxidation

- Verminderte Schmierfähigkeit des Öls
- Erhöhung der Ölviskosität
- Verstopfen der Ölfilter
- Bildung von Kolbenablagerungen
- Festbrennen der Kolbenringe

Nutzen der Bestimmung der Oxidation

- Korrekte Festlegung der Ölwechselintervalle in Verbindung mit der Verschleissanalyse
- Mögliche Indikation von überhöhten Betriebstemperaturen, Lufteintritt und/oder überzogene Ölwechselintervalle



Zur Gesamtbeurteilung der Gebrauchsfähigkeit des Öls müssen neben den Ölzustandswerten noch die Ergebnisse der Verschleissanalyse und andere Untersuchungen berücksichtigt werden.

Ausserdem sind bei der Beurteilung noch die Ölaufzeit und die Nachfüllmenge von Bedeutung.

Nitration

Über die bei der Verbrennung entstehenden Stickoxide aus Luftstickstoff entstehen im Öl organische, sauerstoffhaltige Stickstoffverbindungen, die im IR-Spektrum angezeigt werden. Sie haben auf das Öl eine ähnliche Wirkung wie die Oxidationsprodukte und tragen ebenfalls zur Ölalterung bei. Nitration tritt bei Diesel-, Benzin- und Gasmotoren auf.

Ursachen der Nitration

1. Immer dann, wenn beim Betrieb NO_x entsteht:

- Also besonders bei Benzin- und Gasmotoren
- Bei falscher Zündeneinstellung
- Bei kraftstoffarmen Verbrennungsgemischen

2. Erhöhte Blowby-Werte

Folgen der Nitration

- Verminderung der Schmierfähigkeit des Öls
- Erhöhung seiner Viskosität
- Ölfilterverstopfung
- Bildung von Ablagerungen
- Beitrag zur Korrosion

Nutzen der Bestimmung der Nitration

- Aussage über den noch vorhandenen Nitrationsschutz im Öl
- Hinweise über Nieder- oder Hochtemperaturbetrieb des Verbrennungsmotors
- Zusammen mit anderen Analysewerten der IR-Analyse und der Verschleissanalyse lassen sich Ölwechselzeiten genau bestimmen

Sulfation

Sulfation ist die Bildung von Schwefeloxiden aus Schwefelverbindungen beim Verbrennungsprozess im Motor. Mit dem dort ebenfalls entstehenden Wasser bildet das Schwefeltrioxid die starke Schwefelsäure.

Ursachen der Sulfation

- Die wichtigste Schwefelquelle ist der Schwefelgehalt im Kraftstoff
- Tiefe Betriebstemperaturen fördern den Anteil an entstehendem Schwefeltrioxid
- Durch hohe Luftfeuchtigkeit und Wasserkondensat im Kurbelgehäuse wird die Schwefelsäurebildung begünstigt
- Erhöhte Blowby-Werte
- Zu geringer Gehalt an basischem Additiv (TBN) im Öl im Vergleich zu den entstehenden Schwefeloxiden

Folgen der Sulfation

- Die Schwefelsäure greift Metalloberflächen von Ventilen, Kolbenringen und Zylinderlaufbuchsen an
- Die Schwefelsäure reagiert mit verschiedenen Additiven und vernichtet sie. Es erfolgt auch Schlamm- bildung im Öl.

Nutzen der Bestimmung der Sulfation

- Die Bestimmung ist ein direktes Mass für den bereits erfolgtem Verbrauch an Schutzadditiv
- Sie sagt indirekt über den Schwefelgehalt des Kraftstoffs aus
- Sie zeigt indirekt an, dass der Motor mit zu tiefen Temperaturen betrieben wird

Avesco AG
Hasenmattstrasse 2
CH-4901 Langenthal
0848 228 288
www.avesco.ch



© Avesco AG / Zeppelin Baumaschinen GmbH 2014. Alle Rechte vorbehalten. AVESCO, ZEPPELIN, CAT, CATERPILLAR, jeweilige Logos und „Caterpillar Gelb“ sowie die in dieser Publikation verwendeten Unternehmens- und Produktbezeichnungen sind Marken von Avesco, Zeppelin oder der Caterpillar Inc. und dürfen nur mit ausdrücklicher Genehmigung benutzt werden. Irrtum und Änderungen vorbehalten. Fotos zeigen teilweise Sonderausrüstungen.