

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

# Öl Checker

INSIDER-INFO · PARTNER-FORUM · TECHNIK-FOKUS



## INHALT

- ✓ Acid Number und Base Number – Zwei alte Bekannte mit neuen Namen ..... S. 3
- ✓ Fragestellungen rund um den Kraftstoff ..... S. 4
- ✓ Moderne Energiewirtschaft – Gasturbinen in HKW's ..... S. 5
- ✓ Neu – Analysensets für Turbinenöle ..... S. 6
- ✓ Phenolische Inhibitoren – Entscheidend für den Langzeiteinsatz von Ölen ..... S. 7
- ✓ Nachgefragt: Zusatzadditive für Öle – sinnvoll oder nicht? ..... S. 8
- ✓ Seminartermine Herbst 2006 ..... S. 8

## Kraftstoffanalysen für das Bayerische Dieselross



Der Fendt 936 Vario im Einsatz mit Scheibenegge und Krümmeler

### Fendt Traktoren sind weit über die Grenzen Deutschlands hinaus ein Begriff.

Seit 1997 gehört der ehemalige Familienbetrieb Fendt der AGCO Unternehmensgruppe an. AGCO ist weltweit einer der größten Hersteller von Traktoren und Landmaschinen. Das Unternehmen ist in über 140 Ländern aktiv. Fendt ist die Premium-Marke im AGCO-Konzern. In Deutschland ist Fendt bei Schleppern mit einer Antriebsleistung von über 100 PS mit einem Marktanteil von über 25 % Marktführer. Viele Innovationen im Schlepperbau, wie z. B. der Geräte-

träger oder das stufenlose Vario-Getriebe, haben die Arbeit des Landwirts deutlich erleichtert.

Seit 1930 werden die Fendt Traktoren im Werk Marktoberdorf/Allgäu produziert. Hier sind rund 1.900 Mitarbeiter tätig, die jährlich ca. 12.000 Zugmaschinen montieren. Sämtliche Ackerschlepper mit Antriebsleistungen von 65 bis 360 PS, für die Fendt das Wort „Dieselross“ prägte, werden in Marktoberdorf entwickelt, produziert und vertrieben. Auch der internationale Kundendienst arbeitet von Deutschland aus und wird von Servicetechnikern in allen Ländern unterstützt.

Die Techniker von Fendt setzen WEARCHECK-Ölanalysen für die Klärung von verschiedensten Fragestellungen ein. Informationen aus dem Öl waren wichtig bei der Entwicklung der neuen stufenlosen Getriebe. Im Kundendienst tragen Ölanalysen zur Plausibilitätsprüfung von Schadensursachen während der Garantiezeit oder bei Kulanzdiskussionen bei.

Kraftstoffanalysen werden veranlasst, wenn es bei Reklamationen um Verschleiß von Komponenten des Einspritzsystems geht. Auch, wenn das Durchzugsvermögen oder die Leistung des Schleppers, anders gefärbter Abgasrauch oder ungewöhnliche Verbrennungsgeräusche vom Schlepperfahrer reklamiert werden, schafft eine Analyse des Kraftstoffs rasch und objektiv Klärung. Die Laboruntersuchung deckt dabei in fast allen Fällen auf, dass kein Konstruktions- oder Materialfehler der Grund für die Reklamation ist, sondern dass es sich um einen Bedienungsfehler handelt. Oft wurde ein falscher Kraftstoff eingesetzt, der Diesel wurde vermischt oder es ist zuviel Wasser im Sprit enthalten.

Fendt gibt in den Bedienungsanleitungen ganz klar vor, welche Kraftstoffe eingesetzt werden dürfen. Dies sind schwefelarme bzw. schwefelfreie konventionelle Dieselmotorkraftstoffe nach EN 590 und Fettsäure-Methylester (FAME) nach EN 14214 (Biodiesel). Pflanzenöle oder Beimengungen von Pflanzenölen zum Diesel sind nicht zugelassen, weil unverbrannte Kraftstoffbestandteile ins Motorenöl gelangen können und dann zu Motorschäden führen.

### Wasser und andere Verunreinigungen

Kraftstoffe werden vor der Lieferung in Bezug auf Einhaltung der zugesicherten Eigenschaften geprüft. Probleme mit dem Kraftstoff können aber bei seiner

## »Check-up«

**24** Stunden-Service – oder in der Wartespur? WEARCHECK untersucht alle Proben, die im vorbezahlten Analysenset und mit vollständig ausgefülltem Probenbegleitschein bis 12 Uhr eingehen, innerhalb von 24 Stunden. Sind alle Voraussetzungen erfüllt, halten wir dieses Versprechen ohne Wenn und Aber.

Doch leider gibt es immer wieder einmal Ausreißer im System. Ölproben, die mit einem unvollständigen Begleitschein bei uns ankommen, stören den Betriebsablauf. Sie werden zwangsläufig ausgesondert und zurückgestellt. Denn wie sollen wir sinnvolle Ergebnisse ermitteln und kommentieren, wenn wichtige Daten fehlen? In solchen Fällen müssen wir mit dem Einsender Kontakt aufnehmen. Aus welcher Maschine stammt das Öl? Wer ist der Hersteller? An welcher Stelle wurde die Probe entnommen? Wie lange war es im Einsatz? Ohne solche Angaben ist eine zutreffende Diagnose schwierig! Ob Ihre Probe innerhalb von 24 Stunden untersucht wird, oder sich in die Wartespur einreihen muss, entscheiden Sie selbst. Füllen Sie bitte den Probenbegleitschein so vollständig wie möglich aus!

Ganz bequem geht das übrigens mit unserem Online-Probenbegleitschein! Noch nie benutzt? Dann loggen Sie sich als Gast unter [www.laborberichte.com](http://www.laborberichte.com) einmal in unser System ein. Einfach, schnell und sicher!



Ihre Barbara Weismann



Lagerung entstehen. Gerade in landwirtschaftlichen Betrieben und in Bauhöfen sind die Treibstofftanks oft an ungünstigen Stellen im Freien aufgestellt.

Besonders bei großen Temperaturschwankungen dehnt sich Diesel tagsüber aus und zieht sich in der Nacht zusammen. Auf diese Art „atmet“ der Lagertank, auch wenn er noch so fest verschlossen ist. Bei 1.000 l Tankinhalt und einer Temperaturschwankung von 25 °C sind dies bereits über 15 l Luft. Wird es in der Nacht kühl, bildet sich aus der Luft Kondenswasser. Zuviel Wasser im Diesel (mehr als 200 ppm) aber macht den Kraftstoffpumpen und Einspritzdüsen der Motoren zu schaffen. Damit sich möglichst wenig Kondenswasser bildet, sollten nicht zu groß gewählte Tanks in Räumen mit nur geringen Temperaturunterschieden aufgestellt

oder als Erdtanks angelegt werden.

Wasser ist ca. 30 % schwerer als Diesel und nur in geringem Maße kraftstofflöslich. Es setzt sich daher auch am Boden des Vorrattanks ab und kann zu einer Rostbildung an Metalltanks führen. Oft resultiert daraus ein weiteres Problem. Besonders in der wässrigen Phase zwischen Kraftstoff und Wasser können sich Bakterien und Pilze ansiedeln. Wird ein so verseuchter Kraftstoff verwendet, kann der Kraftstoff-Filter schnell verblocken und zuschleimen. Es kommt zu wenig Kraftstoff zur Einspritzpumpe, die Leistung des Motors sinkt.

Im WEARCHECK-Labor gehört der Nachweis des Wassergehalts und etwaiger anderer Verunreinigungen zum Standard.

Übrigens: Auch als Sabotageakte vermutete Anteile von Zucker, Urin oder Staub wurden im WEARCHECK-Labor bei der Untersuchung von Kraftstoffen noch immer entdeckt.

### Minderwertiger oder falscher Kraftstoff

Fendt schreibt für Dieselmotoren einen Cetanindex von mindestens 51 vor. Der Cetanindex ist ein Maß für die Zündwilligkeit von Dieselmotoren. Je höher der Cetanindex eines Dieselmotors ist, umso besser laufen Zündung und Verbrennung ab und umso besser ist die Leistungsausbeute des Motors. Diesel nach EN 590 und Bio-Diesel nach EN 14214 verfügen über einen Cetanindex von mindestens 51. Wird jedoch ein minderwertiger Kraftstoff mit einem Cetanindex unter 51 getankt, ist mit sinkender Antriebsleistung, starken Verbrennungsgeräuschen oder Zündungsproblemen zu rechnen. WEARCHECK kann über die Bestimmung des Siedeverlaufs und den Cetanindex Hinweise auf die Kraftstoffqualität geben.

Ist der Kraftstoff nicht schwefelarm bzw. –frei, ist Vorsicht geboten. Bei einem Schwefelgehalt über 1 %, wie er in einigen Ländern noch zulässig ist, kann vermehrt Schwefelsäure ins Motorenöl gelangen. Dadurch verkürzt sich nicht nur das Ölwechselintervall. Es tritt auch verstärkt Korrosion auf, die letztendlich die Lebenszeit des Motors verkürzt.

Für den Betrieb mit reinen Pflanzenölen, wie Rapsöl oder Sojaöl, sind die Motoren nicht ausgelegt. Werden sie trotzdem verwendet, können bei zu hohem Pflanzenöleintrag (über 6 %) ins Motorenöl Schäden wegen verstärkter Rückstandsbildung durch solche Produkte auftreten. WEARCHECK kann sowohl den Schwefelgehalt als auch den Anteil von Pflanzenöl im Motorenöl oder im Kraftstoff messen.

### Vermischungen von Kraftstoffen

Bio-Diesel ist mit Dieselmotoren mischbar. Wenn aber mehr als 5 % Bio-Diesel im konventionellen Diesel sind (die 5 % sind heute bereits oft vom Hersteller beigemischt) sollten die speziellen Richtlinien für den Einsatz von Bio-Diesel eingehalten werden. Unter anderem sollte die Wartung häufiger durchgeführt und das Motorenöl in kürzeren Abständen gewechselt werden.

Probleme gibt es dann, wenn der Diesel z. B. mit Rapsöl „verlängert“ wird. Dann können Schäden auftreten, weil das Pflanzenöl im Motor polymerisiert. Wird im Winter ein Sommerdiesel eingesetzt, kann sich Paraffin ausscheiden, das den Filter zusetzt. Deswegen sollte ab November kältestabiler Winterdiesel verwendet werden. Ist noch zuviel Sommerdiesel im Tank, kann dieser gemäß den Richtlinien nur mit entsprechenden Fließverbesserern oder mit Petroleum vermischt werden. Wird statt Petroleum Benzin verwendet, kann dies Kavitationsschäden am Einspritzsystem verursachen.

Auch bei Vermischungen von Kraftstoffen und der Beurteilung, ob es sich um Winterdiesel handelt, verlässt sich Fendt auf die Analysen von WEARCHECK. Welche Aussagen für Kraftstoffe möglich sind, zeigt unsere Tabelle auf Seite 4 dieser Ausgabe.



Fendt Vario 716 TMS mit Düngestreuer vorne und Einzelkornsähergerät hinten

## AN und BN – Zwei alte Bekannte mit neuen Namen!

Die WEARCHECK-Laborberichte enthalten seit Kurzem unter der Rubrik „Zusatzteste“ zwei Werte mit geänderter Bezeichnung:

- **BN (Base Number),**  
anstelle früher: TBN (Total Base Number),  
zu deutsch Basenzahl (BZ)
- **AN (Acid Number),**  
anstelle früher: TAN (Total Acid Number)  
zu deutsch Säurezahl (SZ)

Die Namen wurden dem heutigen internationalen Sprachgebrauch gemäß den Normen nach DIN, ISO, EN und der amerikanischen ASTM angepasst. Da sich mittlerweile die Titrationsverfahren geringfügig änderten, ist eine Unterscheidung zwischen Gesamt (Total)- Säure- oder Basenzahl und der Säure- bzw. Basenzahl nicht mehr nötig. Es handelt sich heute immer um die Gesamtmenge. Die Bestimmung und Bedeutung der Werte und auch die Werte an sich haben sich allerdings nicht geändert.

**Die Säurezahl (AN) und die Neutralisationszahl zeigen,** wie sauer das Öl im Vergleich zum Frischöl geworden ist. Zur Ermittlung werden dem Öl alkalisch wirkende Chemikalien so lange zugegeben, bis es wieder neutral ist. Je saurer das Öl, desto mehr mg KOH werden pro Gramm Öl benötigt.

**Die Säurezahl (AN)** wird besonders für dunkle Industrie- und Gasmotorenöle durch eine Säure-Base Titration ermittelt, die Ermittlung des Endpunktes erfolgt elektrochemisch. Die gleiche Information kann auch als **Neutralisationszahl (NZ)** gewonnen wer-



Max Schuldeis am Mettler Titrator DL 67 zur Bestimmung der AN

den, die allerdings nur bei hellen Ölen wie Turbinen- und Hydraulikölen durchgeführt werden kann, weil hier ein Farbumschlag zeigt, ab welcher Chemikalienzugabe das Öl wieder neutral ist. Im Laufe seiner Verwendung steigt die Säure- bzw. die Neutralisationszahl des Öls üblicherweise an.

Öle altern und oxidieren durch Sauerstoff, der die Molekülstruktur verändert. Erhöhte Öltemperaturen (über 60° C), katalytisch wirkende Verunreinigungen und intensiver Luftzutritt beschleunigen den Prozess. Das Öl wird durch diesen Sauerstoffangriff regelrecht „sauer“. Die Säurezahl (AN) bzw. die Neutralisationszahl (NZ) wird deshalb besonders dann ermittelt, wenn der Alterungszustand des Öls und seine weitere Einsatzfähigkeit beurteilt werden sollen.

Die **Basenzahl (BN)** erlaubt einen Hinweis darauf, wie viele saure Bestandteile, die in erster Linie aus der Verbrennung von schwefelhaltigem Kraftstoff oder durch Stickoxide in Motorenöle gelangen, noch vom Öl neutralisiert und unschädlich gemacht werden können. Das heißt, wie viele der einem Motorenöl zugegebenen alkalischen Additive noch zur Verfügung stehen. Zur Ermittlung werden dem Öl sauer wirkende Chemikalien so lange zugegeben, bis es wieder neutral ist. Je weniger Säuren das Öl noch neutralisieren kann, desto mehr mg Säuren werden pro Gramm Öl benötigt.

Die Basenzahl, deren Ermittlung hauptsächlich für Motorenöle interessant ist, nimmt kontinuierlich ab. Vorsicht ist geboten, wenn die BN um mehr als 40 % im Vergleich zum Ausgangswert gesunken ist. Dann ist die Aufnahmefähigkeit des Öls für weitere saure Komponenten weitgehend erschöpft und der Ölwechsel steht an.

**Der i-pH-Wert** (Initial- oder Anfangs-pH-Wert) ergänzt die BN-Information besonders bei Ölen aus Bio- oder Deponiegasanlagen. Durch unbekannte Gaszusammensetzungen solcher Verbrennungsgase kann ein Säurecocktail ins Öl gelangen, der nicht mehr vollständig durch die auf schwefelige Säuren konzipierte BN erfasst wird. Hier muss auf das komplette chemische Repertoire zurückgegriffen werden, denn nur aus dem Zusammenspiel von AN, BN und i-pH-Wert lässt sich bei solchen Ölen das Gefährdungspotenzial im Hinblick auf eine weitere Ölverweildauer erkennen.

## Das WEARCHECK-Team im Einsatz auf der Wimmeralm

Richtig zünftig ging es beim WEARCHECK-Betriebsausflug im Juli zu. Erstes Ziel war die Wimmeralm in der Nähe von Salzburg. Bei der Trattberg Team Trophy am ersten Tag waren Teamgeist, Einfallsreichtum, Aktivität und Geschicklichkeit gefragt. Mit GPS-Geräten, Karte und Kompass mussten sich die Teilnehmer im Gelände orientieren. An mehreren Stationen waren dann gemeinsam Aufgaben zu lösen. Höhepunkt war die Bergung eines Teammitgliedes mit einem Flaschenzug aus einer senkrechten Höhle. Für soviel Einsatz gab es dann am Abend zur Belohnung ein großes Grillfest.

Am Samstag stand dann eine Rafting-Tour auf dem Programm. Drei Stunden ging es per Schlauchboot über die wilde Salzach. Ein riesengroßer, doch kein ganz trockener Spaß! Alles in allem war es ein gelungenes Wochenende, das wir alle noch lange in bester Erinnerung behalten werden!



Das Team kurz vor dem Aufbruch zur Rafting-Tour.

## Fragestellungen rund um den Kraftstoff

WEARCHECK ist seit 1991 im deutschsprachigen Raum das führende Labor für Schmierstoffanalysen. Neben mehreren hundert Hydraulik- und Getriebeölen, Schmierfetten und Industrieschmierstoffen untersuchen wir Tag für Tag mehr als 100 Proben aus Motoren, wie sie u. a. in Fahrzeugen, Bau- und Landmaschinen oder BHKWs eingesetzt werden. Aus diesem Kreis wenden

sich vermehrt Kunden an uns, die ihre Motorenprobleme mit Kraftstoff in Verbindung bringen.

Obwohl sich WEARCHECK in erster Linie auf Schmierstoffanalysen spezialisiert hat, werden auch Proben von Kraftstoffen im Zusammenhang mit besonderen Fragestellungen untersucht. Allerdings prüfen wir nicht, ob ein Kraftstoff der angegebenen EN oder DIN-Norm ent-

spricht. Wir führen also keine Untersuchungen im Zusammenhang mit der Qualitätssicherung im Zusammenhang mit Liefergarantien auf der Basis solcher Normen durch. Wir sind aber in der Lage, anhand von Veränderungen der typischen Raffinerie-Ausgangswerte in meisten Fällen zu beurteilen, ob die Kraftstoffproben ungewöhnlich stark verunreinigt oder unzulässig hoch vermischt sind.

In der Tabelle haben wir häufig gestellte Fragen den von uns empfohlenen Analysensets, deren Umfang zur Beantwortung dieser Fragen erforderlich ist, gegenübergestellt. Eine Übersicht über die Prüfverfahren für die verschiedenen Set-Nummern finden Sie unter [www.wearcheck.de](http://www.wearcheck.de).

Kraftstoffart	Fragestellung: Klären Sie mit unseren Ingenieuren vor dem Einsenden der Probe den Analysenumfang.	Set Nr.
<b>Diesel nach DIN EN 590</b>	Weshalb raucht mein Motor weiß, bzw. blau? Ich sehe Bodensatz. Ist zu viel Wasser im Kraftstoff? Warum ist der Diesel im Tank schwarz? Ist der Diesel schwefelarm? Entspricht der Schwefelgehalt (vom im Ausland getankten Diesel) der EN 590?	1 D
	Ist Hydrauliköl im Diesel (z. B. bei nebeneinanderliegenden Tanks)? Können die aufgetretenen Einspritzpumpenschäden mit dem Dieseldieselkraftstoff in Zusammenhang stehen?	2 D
	Mein Kraftstofffilter ist ständig verklebt. Enthält mein Diesel Bakterien oder Pilze? Sind mehr als die zulässigen 5% FAME (Biodiesel) im Diesel? Warum ist mein Diesel trüb, dunkel, verfärbt oder einfach anders?	3 D
	Der Motor zieht nicht. Wurde dem Diesel Pflanzenöl oder Biodiesel beigemischt?	4 D
	Der Motor springt bei Kälte schlecht an, handelt es sich um Winterdiesel? Warum ist mein Diesel trüb, dunkel, verfärbt oder einfach anders?	5 D
	Ich habe zu viel Kraftstoff im Motorenöl. Entspricht die über die Destillation sichtbare Zusammensetzung der Norm?	8 D
<b>Biodiesel (FAME) nach DIN EN 14214</b>	Ist mehr Wasser als die zulässigen 500 ppm im Biodiesel?	1 B
	Wurde der Biodiesel mit Benzin "verdünnt"?	2 B
	Sind die ermittelten Werte typisch für Biodiesel? Enthält der Biodiesel Pflanzenöl oder einen hohen Anteil von unveresterten tierischen oder pflanzlichen Fetten? Sind Startschwierigkeiten auf den Stockpunkt des Biodiesels zurückzuführen?	3 B
	Der Biodiesel sieht anders aus. Welche Verunreinigungen sind im Biodiesel?	4 B
	Der Motor springt bei Kälte kaum an. Handelt es sich um winterauglichen Biodiesel?	5 B
<b>Ottokraftstoff nach DIN EN 228</b>	Ist zu viel Wasser oder andere Flüssigkeit im Benzin? Wie ist das Mischungsverhältnis bei meinem Zweitaktgemisch?	1 O
	Wurde falsch getankt? Ist z. B. Diesel im Benzin?	2 O*
	Wurde falsch getankt? Ist z. B. Diesel im Benzin? Liegt eine Sabotage mit Zucker, Salz oder Urin vor? Im Benzin sind Partikel zu sehen. Woraus könnten sie bestehen? Können sie Schäden verursachen?	3 O*
<b>Pflanzenöl nach E DIN 51605</b>	Sind Phosphor und Kalium oder andere Verunreinigungen innerhalb der zulässigen Grenzen	2 P
	Ist das Pflanzenöl mit Dieseldieselkraftstoff oder Biodiesel vermischt?	4 P
	Entspricht das Pflanzenöl dem DIN-Normentwurf bzw. der "Weihenstephaner Norm"?	3 / 5 / 8 P*

\* = abhängig von der Fragestellung und der gewünschten Genauigkeit der Diagnose.

## Simulierte Destillation macht den Kraftstoff transparent.

Seit einem Jahr wird bei WEARCHECK der Kraftstoffanteil in gebrauchten Motorenölen mit einem GC (Gaschromatographen) bestimmt. In der Zwischenzeit

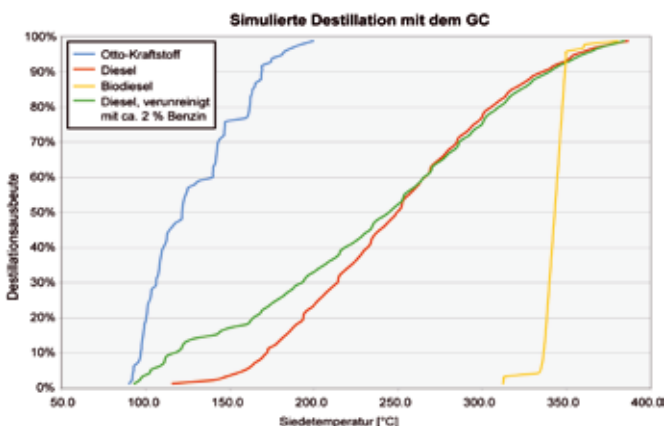
wurde der im ÖChecker Winter 2005 beschriebene GC mit einer zweiten „Säule“ ausgerüstet und mit einer entsprechenden Software für die simulierte Destillation ergänzt.

Kraftstoffe bestehen aus Kohlenwasserstoffen mit unterschiedlicher „Kettenlänge“. Einige dieser Verbindungen verdampfen bei niedrigen Temperaturen, einige erst bei über 200°C. Der Vorgang des Verdampfens kann als Destillation mit dem GC simuliert werden. Dabei wird der Siedeverlauf und ggf. Siedebeginn und Siedende aufgezeigt. In der jeweiligen Norm sind hierzu Kennwerte für die Kraftstoffsorten festgelegt. So ist z. B. für Ottokraftstoff nach DIN EN 228 die bei 70, 100 und 150°C verdampfte Kraftstoffmenge sowie der

Siedepunkt (Final Boiling Point) definiert. Für Dieseldieselkraftstoffe ist die verdampfte Menge bei 250°C und bei 350°C sowie die Temperatur, bei der 95 % der Kraftstoffmenge verdampft sind, von Interesse.

Anhand des Destillationsverlaufs nach der SimDis-Methode lässt sich eindeutig erkennen, ob es sich bei einer Kraftstoffprobe z. B. um Diesel, Biodiesel oder Benzin handelt. Auch Falschbetankung oder Verunreinigungen von Benzin mit Diesel, Diesel mit Biodiesel, Diesel mit Benzin usw. lassen sich deutlich darstellen. Eine Vermischung von konventionellen Kraftstoffen mit Pflanzenöl wird zwar ebenfalls sichtbar, aber diese kann auch mit anderen Prüfverfahren, wie Viskositätsveränderung oder FT-IR-Spektroskopie, festgestellt werden.

Als Kenngröße für die Zündwilligkeit von Diesel nach EN 590 wurde u. a. auch der Cetanindex definiert. Mit den Werten aus der Destillation und der Dichte lässt sich der Cetanindex berechnen. So kann man einen Hinweis bekommen, ob z. B. ein im Ausland getankter Diesel Ursache für nachlassende Motorleistung oder Zündungsprobleme ist.



Der Ottomotor eines PKW's sprang nicht mehr an. Die grün gezeichnete Probe stammt aus dem Tank. Das GC zeigt eine Falschbetankung, denn anstelle von Benzin enthält die Probe ca. 90 % Diesel.

# Moderne Energiewirtschaft – Gasturbinen in HKW's



Montage einer Siemens-Gasturbine

**Was die heutige Energiewirtschaft, die meist über Stadtwerke organisiert wird, auszeichnet, ist die Lieferung von Energie, Trinkwasser und Wärme aus einer Hand.**

Für die Energie- und Wärmeerzeugung sind HKW's (Heizkraftwerke) zuständig. Seit Beginn der 90er Jahre arbeiten die HKW's vermehrt nach dem System der Kraft-Wärme-Kopplung. In Gasturbinen wird häufig nur umweltfreundliches Erdgas, manchmal auch Heizöl verbrannt. Früher, bei der konventionellen Energieerzeugung durch kohlebefeuerte Dampfturbinen, gingen bei der Stromerzeugung bis zu 65 % der eingesetzten Energie verloren. Heute wird auch der Energieinhalt des bereits verbrannten Gases effizient ausgenutzt und Wirkungsgrade weit über 50 % erreicht.

Kombinierte Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerke (GuD) lösten die meisten konventionellen Anlagen ab. In einem GuD werden die Prozesse von Gas- und Dampfturbinen geschickt kombiniert, deswegen heißen sie auch in der Schweiz und in Österreich Kombikraftwerke. In einem GuD wird im Normalfall aus zwei Gasturbinen und einer Dampfturbine Strom erzeugt, wobei jede dieser Turbinen einen eigenen Generator antreibt. Die heißen Abgase der Gasturbinen werden in einem Dampfkessel zur Erzeugung von Wasserdampf eingesetzt, der die herkömmliche Dampfturbine antreibt. Die Gasturbinen selbst sind oft auf der gleichen Welle wie die Stromgeneratoren montiert und treiben diese an. So wird Strom direkt von den Gasturbinen und indirekt über die aus der Turbinenabwärme gespeiste Dampfturbine erzeugt.

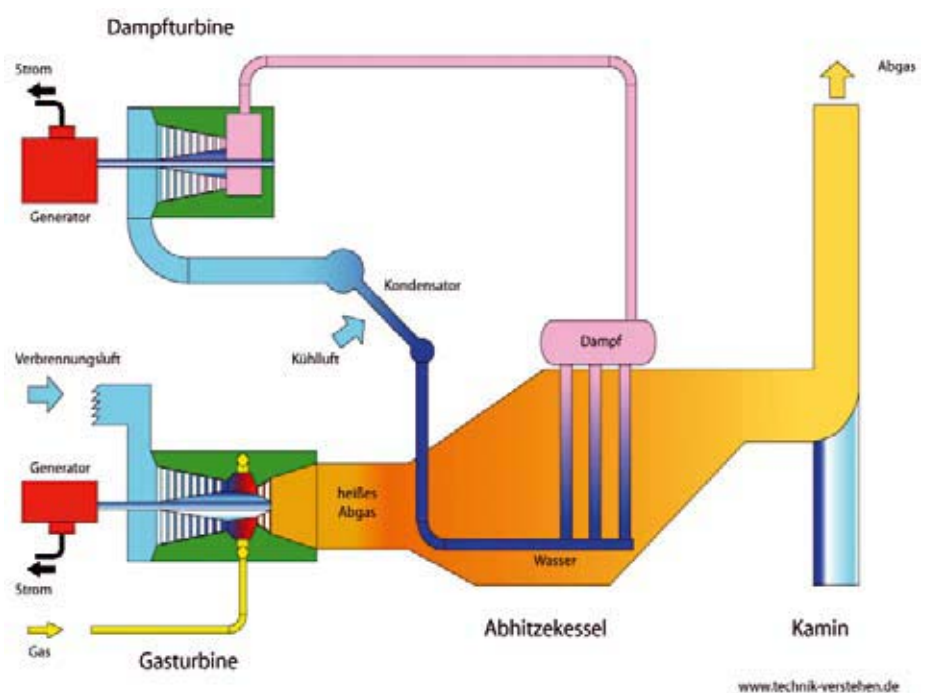
Das aus dem Abdampf der Turbinen und aus dem Kühlwasser der Gasturbinen erzeugte Heißwasser wird in das oft über hunderte von Kilometern lange Fernwärmenetz eingespeist. Ölheizungen, die früher einige Millionen Tonnen Heizöl verbraucht haben, konnten abgeschaltet werden. Der jährliche Ausstoß von CO<sub>2</sub>

wurde durch Ablösung der kohle- oder ölbefeuerten Anlagen um mehrere Millionen Tonnen reduziert.

Die Verbraucher sind allerdings nun von einem einzigen Lieferanten für Strom und Wärme abhängig. Die Stadtwerke stehen also in der Verantwortung. Ein Ausfall der Fernwärmeversorgung im Winter oder ein längerer Stromausfall wären katastrophal. Besonders ausgebildete „Turbinenteams“ warten die GuD-Anlagen mit höchster Sorgfalt. Die Turbinenanlagen sind mit jeweils 10.000 bis 20.000 l Turbinenöl befüllt. Das Öl schmiert nicht nur die Gleitlager der Turbinen, es dient gleichzeitig als Regel- und Steueröl für Gasregler und Schnellschlussventile.

WEARCHECK-Schmierstoffanalysen sind ein fester Bestandteil der Instandhaltungspläne in vielen Stadtwerken. Turbinenölproben werden mindestens alle sechs Monate, bei Verdacht auf eine Veränderung des Öles auch häufiger, entnommen. Die Analysen haben sich für die Instandhalter bereits vielfach bezahlt gemacht. Erst vor einigen Monaten traten bei einer älteren Gasturbine Probleme mit dem Kühlkreislauf auf. Das Turbinenöl erwärmte sich dabei in den Lagerstellen von den üblichen max. 80° C auf deutlich höhere 110° C. Dies stellte eine extreme Belastung für den mineralölbasischen Schmierstoff dar. Das Öl machte einen regelrechten Alterungsschub durch, der voll zu Lasten der Oxidationsinhibitoren ging.

Doch das Team „Turbine“ des betreffenden Betreibers hatte die Situation schnell im Griff. Solange bis die Kühlwasserprobleme behoben waren, wurden regelmäßig Ölproben entnommen und von WEARCHECK untersucht. Das kommentierte Ergebnis kam wie immer innerhalb von 24 Stunden. Die Analysen, die besonders im Hinblick auf phenolische Oxidationsinhibitoren mithilfe des RULER-Tests und der FT-Infrarot-Spektroskopie interpretiert wurden, zeigten eine deutliche Abnahme des Alterungsschutzes. Gleichzeitig stieg die Ölviskosität leicht an. Nach der Beseitigung der Störung war das Öl definitiv stark gealtert. Der Zustand hatte sich den kritischen Warnwerten, die unter anderem in einer VGB-Richtlinie, die unter Mitarbeit von WEARCHECK ausgearbeitet wurde, veröffentlicht sind, bedenklich genähert. Es wurde kurzfristig ein Ölwechsel organisiert und die Turbine vor teuren Lagerschäden bewahrt.



Prinzip eines Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerks (GuD)

# Neu – Analysensets für Turbinenöle

WEARCHECK bietet maßgeschneiderte Analysensets für Turbinenöle an, deren Analysenumfang eine präzisere Diagnose des Ölzustandes und der Turbinenlagerungen erlaubt. Statt bisher fünf unterschiedlicher Sets sind es mittlerweile neun. Da ist für jede Art von Turbine und deren Einsatzgebiet das optimal passende dabei. Auf Schmierstoffe in Kraftwerken und Turbinen wurde auch ein neuer Probenbegleitschein abgestimmt. Da nur die in diesem Bereich zutreffenden Maschinen abgefragt werden, ist das Ausfüllen zielgerichteter möglich.

Alle Analysensets der Gruppe „T“ für Turbinenöle und den Kraftwerksbereich enthalten grundsätzlich die Bestimmung folgender Werte:

- Verschleißmetalle (Eisen, Chrom, Zinn, Aluminium, Nickel, Kupfer, Blei, Mangan, Silber)
- Additive (Kalzium, Magnesium, Zink, Phosphor, Barium, Bor, Molybdän, Schwefel)
- Verunreinigungen (Silizium, Kalium, Natrium, Lithium)
- Eine gründliche visuelle Prüfung
- Den PQ-Index, der magnetisierbares Eisen zeigt
- Die ASTM bzw. ISO Farbzahl, die durch Oxidation dunkler wird
- Die Viskosität bei 40° C und 100° C
- Den Viskositätsindex
- Die Oxidation mit der Infrarot Spektroskopie
- Den Restgehalt an phenolischen Oxidationsinhibitoren (Bitte beachten Sie dazu die ausführliche Erläuterungen auf der Folgeseite)
- Die Neutralisationszahl (NZ) bzw. Säurezahl (AN)

Die einzelnen Analysensets werden jeweils passend zu Fragestellung und Anwendungsfall des Turbinenöls ergänzt (siehe Tabelle).

## Die Referenzprobe – Die erste Analyse für Einsteiger

Die erste Ölprobe aus der Zentralschmieranlage einer Turbine ist die Basis für alle weiteren Untersuchungen. Daher sollte zumindest beim ersten Mal die Ölfüllung so umfassend wie möglich entsprechend den VGB-Richtlinien analysiert werden. Die folgenden Untersuchungen können dann so lange mit einem kostengünstigeren, reduzierten Analysenumfang erfolgen, bis die WEARCHECK-Experten in ihrer Diagnose zusätzliche Werte fordern.

Für den Einstieg empfiehlt sich das Analysenset 10T (Gasturbine: 7T). Der dahinter verborgene Analysenumfang beinhaltet nicht nur die genaue Bestimmung der Menge, sondern auch der Form

von Verschleißmetallen in der Ölprobe. Damit wird die Aussage über den Verschleißzustand der Turbinenlager präziser. Außerdem untersuchen wir gezielt den Alterungszustand des Öles. Wir kontrollieren mit dem IR den Gehalt der Additive und Antioxidantien und schätzen mit dem RULER noch verbleibende Lebensdauer der Ölfüllung ab. Auch das Luftabgabeverhalten und die Schaumneigung geben Hinweise auf Bestandteile im Öl, die den Lagern gefährlich werden können.

## Kostengünstige Folgeanalysen nach jeweils 4.000 Bh – Sie erkennen den Trend

Sind die Basisdaten mit dem Analysenset 10T erst einmal ermittelt, können wir auf der Grundlage dieser Daten auch mit dem preisgünstigeren Analysenset 4T den Trendverlauf wesentlich präziser beurteilen und unsere Aussagen auch über einen weiten Zeitraum sehr detailliert gestalten. Für diese Zwischenuntersuchungen, die halbjährlich bzw. nach

Bestimmung/Test	Einheit	2T	3T	4T	5T	6T	7T	8T	9T	10T
<b>Verschleißmetalle (ICP)</b> Eisen, Chrom, Zinn, Aluminium, Nickel, Kupfer, Blei, Molybdän	mg/kg	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<b>Additive (ICP)</b> Kalzium, Magnesium, Zink, Phosphor, Barium, Bor, Schwefel	mg/kg	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<b>Verunreinigung (ICP)</b> Silizium, Kalium, Natrium, Lithium	mg/kg	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<b>PQ-Index</b>	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<b>Farbe</b>	ASTM	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<b>Wasser (FT-IR)</b>	%	•			•					
<b>Viskosität 40°, 100°C</b>	mm <sup>2</sup> /s	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<b>Viskositätsindex</b>	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<b>Oxidation (FT-IR)</b>	A/cm	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<b>Phen. Inhibitor (FT-IR)</b>	%	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<b>Neutralisationszahl</b>	mgKOH/g	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<b>Wasser nach K. F.</b>	ppm		•	•		•	•	•	•	•
<b>Reinheitsklasse</b>	ISO			•		•	•	•	•	•
<b>LAV</b>	min				•		•	•	•	•
<b>RULER</b>	%					•	•	•	•	•
<b>WAV</b>	s					•		•	•	•
<b>Schaum</b>	ml/ml						•	•	•	•
<b>Dichte</b>	kg/m <sup>3</sup>								•	•
<b>Korrosionsschutz</b>	Grad								•	•
<b>Feste Fremdstoffe</b>	%									•
Probengefäß (benötigte Menge in ml)		100	100	100	500	500	750	750	750	750
<b>WEARCHECK Empfehlung</b>		Getriebe		Steuerkreislauf	Turbinen Zwischencheck	Wasserturbine	Gas-turbine	Dampfturbine	Revision	Neube-füllung

4.000 Bh erfolgen sollen, ist ein Analysenumfang lediglich nach unserem Analysenset 4T erforderlich. Mögliche negative Veränderungen für das Luftabgabeverhalten, die Schaumneigung und den verbleibenden Restgehalt an Oxidationsinhibitoren können wir anhand der übrigen ermittelten Werte und des FT-IR-Spektrums im Vergleich mit der „Urprobe“ beurteilen.

### Der nächste große Check nach 20.000 Bh – denn sicher ist sicher

Auch bei positiven Beurteilungen der regelmäßigen Trendanalysen, die wir mit dem Analysenset 4T im halbjährlichen Abstand erhalten, sollte spätestens nach 3 Jahren bzw. nach 20.000 Bh wieder eine komplette Analyse nach unserem Analysenset 9T erfolgen. Durch die alle 20.000 Bh durchzuführende Analyse können wir z. B. auch eventuelle Nachfüllungen, mit denen der Ölzustand ggf. „aufgebessert“ wird, genau beobachten und beurteilen.

### Speziell für Turbinenöle – Probenbegleitscheine und Probengefäße

Für die Analyse von Turbinenölen haben wir einen speziellen Probenbegleitschein gestaltet. Voraussetzung für eine zutreffende Diagnose ist es, dass dieser Probenbegleitschein, zumindest bei der ersten Analyse, möglichst vollständig ausgefüllt wird.

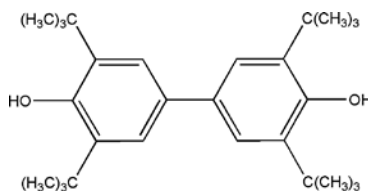
Für die Ölanalysen stellen wir Ihnen im Rahmen von vorbezahlten Analysensets die entsprechenden Probengefäße zur Verfügung. Für das Set 4T sind dies 100 ml Plastikfläschchen, für das Set 10T handelt es sich um 1000 ml Weithals-Gefäße.

## Phenolische Inhibitoren – Entscheidend für den Langzeiteinsatz von Ölen

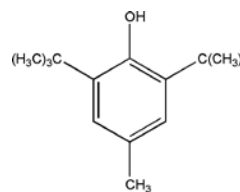
Nahezu allen Ölen werden bei der Herstellung Antioxidantien (Oxidationsinhibitoren) zugesetzt, die das Öl vor Oxidation und zu schneller Alterung schützen sollen. Als Antioxidantien werden meistens phenolische und aminische Additive eingesetzt. Solche Additive fangen oxidative Einflüsse auf das Öl ab und neutralisieren diese. Sie wirken als „Radikalfänger“ und verbrauchen sich dabei. Insbesondere bei Turbinenölen, aber auch bei vielen anderen Langzeit-Anwendungen, ist daher die Kenntnis über den noch vorhandenen Gehalt an Antioxidantien ein wichtiges Kriterium bei der Entscheidung über die Weiterverwendbarkeit des Öles. Dies betrifft auch Umlauf- und Getriebeöle im Industrieinsatz oder biologisch abbaubare Hydrauliköle.

Unter dem Begriff „Phenolischer Inhibitor“ wird eine ganze Gruppe von Verbindungen mit antioxidativen Eigenschaften zusammengefasst. Einige typische Vertreter sind hier dargestellt.

WEARCHECK bestimmt bei allen Turbinenölen den Gehalt an phenolischen Inhibitoren mit Hilfe der Infrarot-Spektroskopie. Phenole weisen dabei eine sehr charakteristische Absorptionsbande im Bereich um die Wellenzahl von  $3650\text{ cm}^{-1}$  auf. Die Intensität ihres Signals wird zunächst vom IR-Gerät bestimmt. Anhand einer bei WEARCHECK mittels eines reinen Additivs durchgeführten Kalibration wird danach der Absolutgehalt des Inhibitors in der Probe aus der Signal-Intensität errechnet. Sofern der Öltyp genau bekannt ist und eine Frischölreferenz vorliegt, kann aus diesen Daten der Gehalt an phenolischem Inhibitor auch prozentual im Vergleich zum Frischöl angegeben werden. Für die Praxis lässt sich daraus ableiten, in welchem Maße das Turbinenöl der Oxidation noch entgegen wirken kann. Bei bekannter Ausgangslage und unter der Voraussetzung, dass die weitere Verwendung unter vergleichbaren Bedingungen erfolgt, kann so abgeschätzt werden, wie lange das Öl noch eingesetzt bleiben kann.

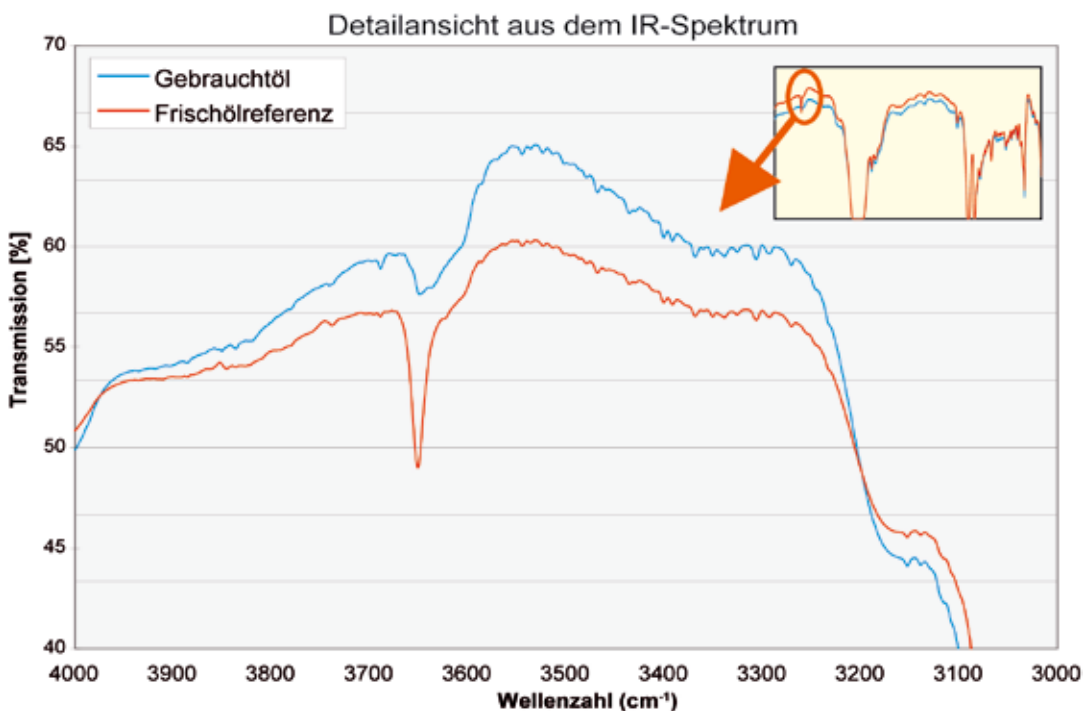


2,2' 4,4' Tetraisobutyl-3,3' Dihydroxybiphenyl



2,6-Ditertiärbutyl-4-Methylphenol

### Typische phenolische Antioxidantien



IR-Spektren eines frischen (rot) und eines gebrauchten (blau) Turbinenöls.

Im Referenzöl ist der typische Peak bei  $3650\text{ cm}^{-1}$  deutlich zu erkennen. In der Gebrauchtölprobe ist der Peak deutlich kleiner und zeigt so einen Gehalt an Antioxidantien von weniger als 10 % des Ausgangswertes an. Da es bei einem Restgehalt von unter 25 % kritisch wird, das Öl weiter im Einsatz zu belassen, sollte hier möglichst schnell ein Ölwechsel durchgeführt werden.

**Öl Checker – eine Zeitschrift der WEARCHECK GmbH**

Kerschelweg 28 · D-83098 Brannenburg  
 Tel.: 0 80 34/90 47 0 · Fax: 0 80 34/90 47 47  
 E-Mail: info@wearcheck.de · www.wearcheck.de

Konzept und Text:  
 Hackländer, Marketing & PR, A-4600 Thalheim

Fotos:  
 AGCO Fendt GmbH · Ingenieurbüro für Technik und Information,  
 Peter Lehmann · Siemens-Pressebild · WEARCHECK GmbH

## NACHGEFRAGT

### Besseres Öl durch Zusatzadditive?

**Hersteller von Zusatzadditiven versprechen positive Auswirkungen, wie Schutz vor Verschleiß, längere Öllebensdauer und geringerer Kraftstoffverbrauch. Sind diese Aussagen realistisch? Was bringen solche Zusatzadditive überhaupt?**

#### WEARCHECK:

Über 50 % der Schmierstoffe, die in Deutschland produziert werden, werden direkt oder indirekt in Kraftfahrzeugen eingesetzt. Deshalb liegt es nahe, dass auch die Additivtypen, mit deren Hilfe eine weitere Verbesserung der Motorenöle erreicht werden soll, hauptsächlich für dieses Marktsegment angepriesen werden. Dabei haben heute, anders als vor 40 Jahren, gerade die modernen, maßgeschneiderten Automotive Öle aber schon eine solch hohe Performance und Leistung, dass sie durch die nachträgliche Zugabe weiterer Additive kaum noch verbessert werden können. Um hochwertige Schmierstoffe zu entwickeln, werden aufwändige Versuche im Labor, auf Prüfständen und in Fahrzeugen durchgeführt, um die Wirkungsmechanismen der Additive zu prüfen und die günstigsten Kombinationen der Grundöle und Additive zu ermitteln.

Die dem Grundöl bei der Ölherstellung zugegebenen Additive haben eine Vielzahl von Aufgaben zu erfüllen.

- Sie verbessern positive Eigenschaften des Grundöls, wie z. B. den Verschleißschutz, die Schmierung und das Lasttragevermögen.
- Sie reduzieren unerwünschte Eigenschaften, wie z. B. die Alterung und das Schäumen.
- Sie halten den Motor sauber und transportieren Verunreinigungen und Verschleißpartikel zum Filter.
- Sie neutralisieren die bei der Verbrennung entstehenden schwefeligen Säuren, Alterungsprodukte und Stickoxide.
- Sie erweitern den Temperatur-Einsatzbereich.
- Sie reduzieren den Kraftstoffverbrauch, in dem sie Reibung und Verschleiß vermindern.

**WEARCHECK beantwortet auch Ihre Fragen zu den Themen Tribologie und Schmierstoff-Analyse. Fragen Sie uns per E-Mail oder Fax.**

Moderne Schmierstoffe enthalten meist mehr als 10 % einer in aufwändigen Versuchen ausgeklügelten Wirkstoffkombination, damit all diese Anforderungen perfekt erfüllt werden. Alle Automobil- und Ölhersteller lehnen daher eine nachträgliche Zugabe von Wirkstoffkombinationen ab. Die Gewährleistungsansprüche entfallen, wenn Additive verwendet werden.

Die meisten der heute angepriesenen Wirkstoffe haben es auf die Reduzierung von Reibung und Verschleiß abgesehen. Gleichzeitig soll durch weniger Reibung auch Kraftstoff eingespart werden. Verspricht ein Hersteller von Zusatzadditiven eine Kraftstoffersparnis von mehr als 10 bis 15 %, ist dies unseriös. Denn eine solche drastische Reduzierung ist bei den heutigen Motoren physikalisch definitiv nicht möglich. Tests, die das beweisen sollen, wurden entweder mit alten Motoren durchgeführt oder beruhen auf Testverfahren, die lediglich einige Parameter des Öls prüfen. Oft sind die Eindrücke, dass soviel Kraftstoff zu sparen ist, rein subjektiv.

Werden trotzdem Zusatzadditive eingesetzt, ist grundsätzlich Vorsicht hinsichtlich möglicher Ablagerungen geboten. Wirksame Verschleißschutzadditive enthalten metallorganische Verbindungen z. B. auf der Basis von Zink, Molybdän, Phosphor oder Wolfram. Diese Metalle bleiben oft als Asche bildende Rückstände beim Verbrennungsprozess übrig. Durch sie entstehen Partikel die das Motorenöl zusätzlich belasten. Oft wird es dann mit der Menge der Schmutzpartikel nicht mehr fertig und es können sich Ablagerungen besonders an den heißen Stellen, wie Kolbenringnuten, Innenseite des Kolbenbodens oder Auslassventilen, bilden. Dadurch werden Toleranzen verändert oder die Wärmeabfuhr beeinträchtigt, weil eine isolierende Schicht aufgebaut wird.

Die bereits im Öl enthaltenen Detergentien halten den Motor sauber. Sie lösen Verschmutzungen, die durch den Alterungsprozess des Öls durch Verbrennung im Motor oder durch Verunreinigungen entstehen, in feine Partikel auf. Dispergentien halten sie in Schwebe und transportieren sie zum Filter. So wirken sie gegen Schlamm und lackartige Ablagerungen, die

sich in Form von Ruß, Oxidationsprodukten, Stickoxiden, unverbrannten Kraftstoffresten und Feuchtigkeit gebildet haben. Auf diese Weise sorgen Detergent/Dispersant Additive für saubere Kolbenringe und Ölwanne, ohne dass die Wirkung der Abgaskatalysatoren darunter leidet.

Bei Motorenölen lässt der Sulfat-Aschegehalt Rückschlüsse auf eine mögliche Bildung von Ablagerungen durch Öladitive an heißen Motorteilen schließen. In einigen Motorenöl-Spezifikationen wird deshalb auch der maximal zulässige Aschegehalt begrenzt. Da reibungsmindernde metallorganische Zusatzadditive meist sehr stark Asche bildend wirken, erfüllt das Öl bereits in diesem Punkt die Spezifikationen nicht mehr. Außerdem sind die Zusätze sehr oft als Katalysatorgift anzusehen, denn auch die Abgasreinigungssysteme sind meist nicht auf eine geänderte Ölzusammensetzung und den hohen Anteil von Ölprodukten im Abgas eingerichtet.

Für Industrieschmierstoffe können Zusatzadditive sinnvoller sein als für Automotive Öle. Ein schwach legiertes Getriebeöl kann durch entsprechende EP-Zusätze einen verbesserten Verschleißschutz erhalten. Doch der Einsatz eines Fertigprodukts mit gleichen Eigenschaften ist wesentlich weniger aufwändig. Auch bleibt die Gewährleistung des Anlagen- oder Maschinenherstellers garantiert. Bei der Zugabe eines Additives haftet weder der Additivlieferant noch der Ölhersteller für das Öl.

Werden einem Metallbearbeitungsöl nachträglich Additive beigegeben, muss vor allem darauf geachtet werden, dass die Gewährleistung für das Originalprodukt nicht verloren geht und die antibakterielle Wirkung des Öles nicht beeinträchtigt wird.

Ob Motorenöl oder Industrieschmierstoff – achten Sie bitte darauf, dass Sie hinsichtlich Gewährleistung immer auf der sicheren Seite sind.

Bevor Sie Zusatzadditive einsetzen, sollten Sie unbedingt die entsprechenden Hinweise im Betriebsstoffhandbuch Ihrer Maschine bzw. in der Bedienungsanleitung Ihres Fahrzeuges berücksichtigen.

## SEMINARE

### Die neuen OilDoc-Seminare – Termine Herbst 2006

Im Oktober starten wir mit unseren neuen OilDoc-Seminaren. Sie wurden speziell konzipiert für Praktiker aus der Instandhaltung und alle technisch Interessierten, die ständig mit Schmierstoffen umgehen. Die Basis-Seminare umfassen jetzt drei Tage. So können alle wichtigen Grundlagen zu Ölanalytik, Auswahl von Schmierstoffen und Bewertung von Analyseergebnissen aus dem Schmierstoff-Labor ausführlich vermittelt werden.

Am Aufbau-tag behandeln wir gezielt die Aussagen und Interpretationen von Ölanalysen. Dazu zählt die Bearbeitung von Reklamationen genauso wie die Auswahl der richtigen chemischen oder physikalischen Testverfahren für spezifische Fragestellungen.

**Veranstaltungsort:** WEARCHECK-Haus, Brannenburg/ Oberbayern

**Unsere Leistungen:** Ausführliche Seminarunterlagen, Teilnahmeurkunde, Getränke, Snacks und Mittagessen während des gesamten Seminars, Unterstützung bei der Auswahl und Reservierung eines Hotels in der Nähe des Veranstaltungsorts.



**Ihre Investition:** 990,- € für ein 3-tägiges Basis-Seminar  
 350,- € für einen Aufbau-tag (Voraussetzung: Besuch eines Basis-Seminars)  
 1200,- € bei gleichzeitiger Buchung vom 3-tägigem Basis-Seminar und dem folgenden Aufbau-tag

Preise verstehen sich zuzüglich MwSt. Bei mindestens 3 Anmeldungen aus derselben Firma gewähren wir einen Nachlass von 10 %.

#### Seminartermine

09.-11.10.06	Maschinenüberwachung durch Ölanalytik im Industriebereich
12.10.06	Aufbau-tag Industrie
23.-25.10.06	Maschinenüberwachung durch Ölanalytik für Motoren
26.10.06	Aufbau-tag Motoren
06.-08.11.06	Optimales Schmierstoff-Management und Maschinenüberwachung durch Ölanalytik *NEU*
13.-15.11.06	Maschinenüberwachung durch Ölanalytik für Hydrauliken
16.11.06	Aufbau-tag Hydrauliken
20.-22.11.06	Maschinenüberwachung durch Ölanalytik im Industriebereich
23.11.06	Aufbau-tag Industrie
27.-29.11.06	Maschinenüberwachung durch Ölanalytik für Motoren
30.11.06	Aufbau-tag Motoren

**Teilnehmerzahl:** bis zu ca. 18 Personen.

**Für eine individuelle Beratung steht Ihnen gern Herr Rüdiger Krethe (Tel. 08034/9047-210, rk@wearcheck.de) zur Verfügung. Die jeweils aktuellen Seminartermine, ausführliche Informationen zu den einzelnen Veranstaltungen und Anmeldeformulare zum Downloaden finden Sie unter dem Button "Seminare" auf unserer Homepage [www.wearcheck.de](http://www.wearcheck.de)**