

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

# Öl Checker

INSIDER-INFO · PARTNER-FORUM · TECHNIK-FOKUS



## INHALT

- ✓ Die wichtigsten Prüfverfahren – als Video im Web ..... S. 3
- ✓ Probenstatus – jetzt online abfragen ..... S.3
- ✓ Luftabscheidevermögen – erweiterte Testverfahren ..... S. 3-4
- ✓ Aktuell aus dem WEARCHECK-Labor
- ✓ Viskositäts-Temperatur und Dichte-Temperatur-Profil ..... S. 5
- ✓ Nachgefragt – Neue SAE-Klassen für Automotive Getriebeöle .... S. 8
- ✓ Seminare – Kommende Termine 2007 ..... S. 8

## Der Liebherr Raupen-Schutzbrief – Ölanalysen sind Pflichtprogramm



Liebherr Planierraupe PR 744 Litronic mit hydrostatischem Fahrtrieb

Das Familienunternehmen Liebherr wurde im Jahr 1949 von Hans Liebherr gegründet. Der große Erfolg des ersten mobilen, leicht montierbaren und preisgünstigen Turmdrehkrans bildete das Fundament des Unternehmens. Heute zählt Liebherr nicht nur zu den größten Baumaschinenherstellern der Welt, sondern ist auch auf vielen anderen Gebieten als Anbieter technisch anspruchsvoller Produkte und Dienstleistungen anerkannt. Inzwischen ist Liebherr zu einer Firmengruppe mit mehr als 24.000 Beschäftigten in über 100 Gesellschaften auf allen Kontinenten angewachsen.

Auf der BAUMA 2007 in München, der weltweit bedeutendsten Baumaschinenmesse, zählt Liebherr wieder einmal zu den größten Ausstellern. Auf die Besucher wartet gleich eine ganze Serie von Innovationen. Neben den neuen Maschinen und Produktverbesserungen sind auch die umfangreichen Liebherr-Serviceleistungen, die zur besseren Verfügbarkeit der Baumaschinen beitragen, immer ein Thema.

Die übliche Gewährleistungsfrist läuft für Baumaschinen nach einem Jahr ab. Für Planier- und Laderaupen bietet Liebherr aber auf der Basis eines „Raupen-Schutzbriefs“

verlängerte Gewährleistungszeiten von bis zu 5 Jahren an. Die Gerätetypen „PR“ und „LR“, d.h. die Planier- und Laderaupen, werden im Werk Telfs im Tiroler Inntal hergestellt.

Ihre Fortbewegung erfolgt auf der Basis von hydrostatischen Antrieben. Die vom Dieselmotor erzeugte Leistung wird durch am Motor angeflanschte Hydraulikpumpen in hydraulische Energie umgewandelt. Neben der Aufgabe, die Arbeitsausrüstung zu heben und zu senken oder Anbaugeräte zu betätigen, treibt das Hydrauliköl bei Drücken von bis zu 420 bar mittels Hydromotoren auch die in den Umlenk-Kettenrädern der Antriebsketten sitzenden Planetengetriebe an. Durch diesen hydraulischen Direktantrieb wird eine außerordentliche Leistungsentfaltung bei allen Fahrgeschwindigkeiten möglich.

**bauma**  
2007  
THE NUMBER ONE

**MIT MINING**

**Besuchen Sie uns in  
Halle A5, WEAR ✓ CHECK<sup>®</sup>  
Stand 129**

**23. – 29. April 2007, München**

## »Check-up«

Das Frühjahr ist da und damit werden viele gute Vorsätze wieder wach! Doch oft bleibt es nur dabei und nichts geschieht. Die „Verhinderer“ sind Schuld daran. „Eigentlich“ und „aber“ heißen sie. Wir alle kennen sie. „Eigentlich will ich schon lange ein Seminar besuchen, aber irgendwie ist immer etwas anderes; eigentlich will ich schon lange ein Passwort für einen Internetzugang anfordern, aber irgendwie habe ich noch keine Zeit gefunden mich mit dem Webportal zu beschäftigen; eigentlich will ich schon lange die Probeneingabe über das Internet machen, aber irgendwie habe ich es immer wieder verschoben...“ Gute Vorsätze, werden so nicht umgesetzt und zurück bleibt leichter Frust. Sagen Sie den Verhinderern doch Mal den Kampf an und werfen Sie sie einfach über Bord!



Ohne sie kommen wir schneller zu den vielen Zielen, die wir uns für dieses Jahr vorgenommen haben: Optimierung des Probendurchlaufs bei WEARCHECK durch Anschaffung von zusätzlichen Zweiteräten (ICP, Optische Partikelanalyse, Titratoren, GC), weiteren Probenwechslern, zeitsparenden vollautomatischen Geräten (Viskosimeter) und weitere EDV-basierende Unterstützung für das Probenhandling (Probeneingabe, Auswertung, Dokumentation). Mitarbeit bei der Online-Sensor-Entwicklung. Kontinuierliche Weiterbildung und Schulung der Mitarbeiter. Einstellung von 3 neuen Azubis im September (Kaufmann Bürokommunikation, Mediengestalter für Digital und Print, Chemielaborant). Kauf von weiteren 3000 qm Grund zur räumlichen Expansion. Die Liste ist lang und es kommen noch weitere Ziele hinzu. Wir sind sicher, dass wir sie alle erreichen werden, denn „eigentlich“ und „aber“ haben wir von WEARCHECK schon lange über Bord geworfen.

Ihre Barbara Weismann

Der „Renner“, die Planierraupe vom Typ PR 744 Litronic, verfügt über eine Motorleistung von 184 kW/250 PS und kommt ohne Schaltvorgänge auf eine Höchstgeschwindigkeit von ca. 11 km/h. Bei einem Einsatzgewicht von bis zu 30 t kann Schüttgut mit einem Schild mit einer Kapazität von über 7,2 m<sup>3</sup>. bewegt werden. Auch bei Kurvenfahrten erfolgt der Antrieb ihrer beiden Ketten stets kraftschlüssig und erlaubt so selbst bei höchster Schubleistung auch ein Drehen auf der Stelle (eine Kette bewegt sich vorwärts, die andere rückwärts) bei beengten Platzverhältnissen. Durch den über einen weiten Betriebsbereich konstanten hohen Wirkungsgrad und eine elektronische Grenzlastregelung (Litronic) bleibt der Kraftstoffverbrauch auch unter Volllast besonders niedrig. Alle Wartungspunkte sind zentral zusammengefasst. Eine einzigartige leichte Zugänglichkeit für die Wartungsarbeiten inklusive einer kippbaren Fahrerkabine tragen ebenfalls zur Verbesserung der Verfügbarkeit und optimaler Wirtschaftlichkeit bei.

Alle wichtigen Schlüsselkomponenten, wie Dieselmotoren, Verteilergetriebe, Hydraulikzylinder und Endantriebe werden von Liebherr selber gefertigt. Abgestimmt auf diese Komponenten bietet Liebherr seit 2007 auch ein komplettes Sortiment von Schmierstoffen an. Sie gewährleisten die verschleißarme Funktion der damit geschmierten Komponenten über eine lange Zeit. Seit vielen Jahren schon nutzt Liebherr Ölanalysen zur

Empfehlung von zulässigen verlängerten Ölwechselintervallen. Die vorbezahlten WEARCHECK-Analysensets gehören wie Filter und Dichtungen zum Servicepaket. Für die Planier- und Laderaupen sind im „Liebherr Raupenschutzbrief“ die Voraussetzungen für die Gewährleistung für die mit Ölanalysen überwachten Komponenten eindeutig geregelt.



Planierraupe PR 744 L im „Dreck“

Eine der Spielregeln lautet: „Verwendung von Original Liebherr Servicepaketen, Durchführung von Ölanalysen an den Komponenten Dieselmotor, Hydraulikanlage und beiden Endantrieben alle 1.000 Bh“.

WEARCHECK Schmierstoffanalysen können auch bei Liebherr unter einer eigenen Ersatzteilnummer direkt bestellt werden. Mit ihnen werden die Ölwechselintervalle, meist von Hydraulikölen, zustandsabhängig gesteuert. Im Rahmen des Schutzbriefes und einer verlängerten

Gewährleistung dienen sie aber auch der frühzeitigen Entdeckung von Verschleiß. Verschleißbedingte Störungen treten zwar sehr selten auf, doch auf der Basis der kommentierten Analysenwerte kann Liebherr so rechtzeitig reagieren, dass eine komplette Zerstörung der Komponenten und ein totaler Ausfall vermieden werden können. Durch eine kostengünstige Reparatur vor Ort oder durch einen Austausch eines Aggregates, bevor es komplett zerstört wurde, verbessert sich die Nutzbarkeit der Maschine.

Planier- und Laderaupen bewegen sich häufig im „Dreck“. Schlamm, Wasser und Staub sind demzufolge auch die größten Feinde für die Getriebe- und Hydromotoren. Trotz dem kontinuierlichen Vorwärts- und Rückwärtsfahren mit Drehen und Wenden ist bei derartigen Einsätzen aber eine höchste Zuverlässigkeit der Antriebskomponenten selbstverständlich.

Liebherr hat sich vor allem gegen das Eindringen von Staub und Schmutz in das Fahrgetriebe etwas ganz Besonderes einfallen lassen – den „Gleitringdichtungs-Raum“. Zwei Gleitringdichtungen, die eine „Kammer“ bilden, sichern das Getriebe gegen das Eindringen der gefährlichen Verunreinigungen ab. An der Getriebe-Abtriebswelle ist zwischen Getriebe und Kettenrad der mit bis zu einem Liter Öl befüllte Gleitringdichtungs-Raum angeordnet. In dem Öl, mit dem dieser Gleitringdichtungs-Raum gefüllt ist, lagern sich etwaige Verunreinigungen ab, die durch die erste Dichtung vom Kettenrad her ohne einen solchen Raum direkt ins Getriebe gewandert wären. So wird verhindert, dass Staub direkt ins Getriebeöl kommt und dort Abrieb an allen geschmierten Komponenten verursacht. Alle 1.000 Bh wird das Öl aus dieser Kammer ausgetauscht und analysiert. Das System funktioniert perfekt. Zeigen Ölanalysen, dass sich im Gleitringdichtungs-Raum hohe Anteile von Silizium befinden, muss lediglich die defekte äußere Dichtung getauscht werden. Das Getriebe selbst bleibt unangetastet.

Bei Wasser im Öl des Gleitringdichtungs-Raums handelt es sich meistens um Kondenswasser. Die Ölanalysen können aber anhand der Elemente wie Kalzium, Magnesium, Natrium und Kalium auch angeben, ob es sich um „hartes“ Leitungs-, Hochdruckstrahl- oder Schmutzwasser handelt. Komplexer kann es werden, wenn die Analysenwerte zeigen, dass eine Ölvermischung vorliegt. Dann wird z.B. ermittelt, dass ein falscher Öltyp eingesetzt oder ein Mineralöl mit einem biologisch schneller abbaubaren Hydrauliköl vertauscht wurde. Doch manchmal kann Hydrauliköl auch aufgrund einer fehlerhaften Dichtung zwischen Hydromotor und Getriebe ins Getriebeöl gelangt sein. In einem solchen Fall muss vor Ort beim Betreiber nach den Ursachen recherchiert werden.

WEARCHECK-Schmierstoffanalysen sind das beste Kontrollinstrument im Zusammenhang mit verlängerten Gewährleistungsfristen. Sie gehören nicht nur für verlängerte Ölwechselintervalle von Hydrauliken sondern auch für die Getriebe und den Motor zum Pflichtprogramm des „Raupen-Schutzbriefes“. Liebherr und die Betreiber der Raupen wollen WEARCHECK-Schmierstoffanalysen nicht mehr missen.

## Aktuelles von unserer Website

### Film ab – die wichtigsten Prüfverfahren als Video

Unter [www.wearcheck.de](http://www.wearcheck.de) finden Sie seit März 2007 im Bereich „Wissen von A-Z“ einen neuen Unterpunkt „Prüfverfahren als Videofilm“. Hier bieten wir Ihnen ausführliche Filmbeiträge über die wichtigsten Prüfverfahren zum Betrachten über das Internet an. Nach einem kurzen Klick auf den ausgewählten Test startet der jeweilige 3-5 minütige Beitrag. In den Filmen werden Testvorbereitung, Testprinzip und Aussagekraft der ermittelten Werte detailliert erläutert.

Zu den folgenden Prüfverfahren sind Videos für Sie bereit gestellt: Visuelle Beurteilung, Eisenabrieb mit dem PQ-Index, Viskositätsbestimmung, FT-Infrarot-Spektroskopie und Elementanalyse mit ICP und AES.

Gefallen Ihnen die Beiträge, sind sie zu langatmig oder zu kurz? Ihr Kommentar, den Sie uns auf der gleichen Seite zusenden können, unterstützt uns bei der Entscheidung, weitere Prüfverfahren in ähnlicher Form zu präsentieren. Ihnen gefallen die Videos so gut, dass sie diese zu Schulungszwecken nutzen möchten? Fordern Sie von uns eine Prüfverfahren-DVD an! Tel. 08034/9047-0 oder [info@wearcheck.de](mailto:info@wearcheck.de).

### Probenstatus – jetzt online abfragen!

Unmittelbar nach dem Probeneingang wird Ihre Probe ausgepackt und in unserem Labormanagement-System erfasst. Sie möchten wissen, ob Ihre Probe bereits bei uns eingegangen ist, denn: wenn die Probe bei uns im Labor ist, können Sie spätestens am nächsten Arbeitstag mit dem Ergebnis rechnen. Auch ob und wann der Laborbericht bereits erstellt wurde, können Sie mit einem Klick sehen. Bisher konnten Ihnen unsere Mitarbeiter telefonisch dazu während der üblichen Bürozeiten sofort Auskunft geben. Ab



jetzt finden Sie den aktuellen Status Ihrer Proben jederzeit online.

Klicken Sie auf unserer Website [www.wearcheck.de](http://www.wearcheck.de) den neuen Button „Probenstatus“ an.



Geben Sie die gesuchte Labornummer, die sie auf Ihrem Probenbeleg finden, ein und klicken Sie auf „Status anzeigen“. Sofort meldet unser System: Die Probe ist noch nicht angekommen, die Analysen werden gerade durchgeführt oder der Laborbericht wurde bereits am ... erstellt.

Noch komfortabler geht es übrigens über unser Kundenportal [www.laborberichte.com](http://www.laborberichte.com). Hier müssen Sie keine Labornummer zur Hand haben. Nachdem Sie sich mit Ihren persönlichen Zugangsdaten eingeloggt

und auf die Schaltfläche „Probenstatus“ geklickt haben, erhalten Sie sofort eine nach Datum geordnete Übersicht, welche Ihrer Proben aktuell analysiert werden oder früher bereits untersucht wurden.

Durch Eingabe von Filterkriterien wie z.B. der Probenbezeichnung können Sie auch den Status von mehreren Proben gleichzeitig überprüfen.

Wurde der Laborbericht für die angefragte Probe bereits erstellt, können Sie diesen ohne Umwege als pdf-file direkt an Sie oder einen anderen Adressaten senden lassen. Sie können sich aber auch die Daten, den Bericht oder ergänzende Grafiken gleich anzeigen lassen.

**Sie haben keine Zugangsdaten zum Kundenportal? Gleich anfordern per E-Mail an [ts@wearcheck.de](mailto:ts@wearcheck.de)!**

## Neu im WEARCHECK-Labor

### Bestimmung des Luftgehaltes und des Luftabscheidungsvermögens auch bei 80° C

„Wie viel Luft ist bitte in meinem Öl?“ Besonders bei der Untersuchung von Hydraulik- und Turbinenölen, aber auch zunehmend bei der beabsichtigten Verwendung von Online-Sensoren, wird uns immer wieder diese Frage gestellt.

Doch darauf gibt es leider keine direkte Antwort, denn Luft ist in jedem Öl enthalten. Selbst in völlig transparentem Öl, in dem Luft nicht in Form von Luftbläschen zu erkennen ist, können ca. 8 bis 11 % in Form von „gelöster Luft“ vorhanden sein. Wie viel

Luft ein frisches Öl aufnehmen kann, hängt von seinem Sättigungsverhalten ab. Dieses wird maßgeblich beeinflusst durch die Öltemperatur, den Öltyp, die Viskosität, den Druck im System, der Additivierung und weiteren Faktoren.

Luft, die im Öl nicht mehr gelöst bleibt, weil z.B. das Luftaufnahmevermögen mit zunehmender Temperatur nachlässt, bildet Bläschen. Diese wirken sich u.a. negativ auf die Schmiereigenschaften aus. Setzen sich Luftbläschen zwischen zwei Reibpartner, kann

sich an dieser Stelle kein Schmierfilm bilden. Druckschwankungen können zu einem so genannten Die-seleffekt oder zu Kavitation führen. Besonders in hydraulischen Anwendungen und bei der Schmierung von Gleitlagern wird dadurch Verschleiß in Form von Erosionspartikeln erzeugt.

Die Menge der im Öl gelösten Luft kann nicht ohne weiteres bestimmt werden. Haben sich erst einmal sichtbare Luftbläschen im betriebswarmen Öl gebildet, hilft die exakte Bestimmung des Luftgehaltes

bei der Lösung des Problems nicht viel weiter. Durch Verweil- und Lagerzeiten auf dem Weg einer Probe ins Labor kann sich der Luftgehalt so stark verändern, dass eine sinnvolle Beurteilung des Wertes nicht mehr möglich ist.

### Bestimmung des LAV bei 50° C

Um trotzdem eine Aussage über das Verhalten von Luft im Öl treffen zu können, wird ein Umweg eingeschlagen. Es wird das Luftabschidevermögen oder kurz LAV bestimmt. Das LAV informiert über die Fähigkeit des Öles, eingeblasene oder dispergierte Luft wieder abzuscheiden.

Zur Messung werden 200 ml des Prüflöses in eine Impingerflasche, d.h. eine spezielle Gaswaschflasche aus Glas, die zum Sammeln von Luftschadstoffen- und Partikeln in Flüssigkeiten konzipiert wurde, eingefüllt. Nach der Bestimmung der Dichte des Öles im Ruhezustand wird bei einer Öltemperatur von 50° C über 7 Minuten bei konstantem Druck vorgewärmte Luft eingeblasen. Die Luft blubbert durch das Öl im Impinger und bringt es in Kontakt mit der Luft. Weil sich dabei viele feinstverteilte Luftblasen bilden, wird das Öl dabei immer trüber. Nach Beendigung der Luftzufuhr wird eine kontinuierliche Dichtemessung gestartet, die nach der normgerechten Wartezeit von 60 s alle 10 s die Dichte des Öl-Luftgemisches an-

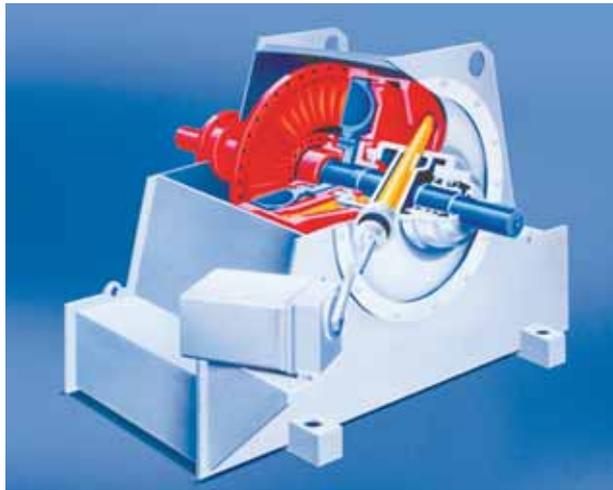
gibt. Die Wartezeit zwischen Beendigung des Lufteinleitens und dem Start der Messung wird benötigt, um den Impinger so umzubauen, dass sich die Dichte über ein an einer Waage hängendes Aeräometer mit Hilfe des Auftriebsprinzips überhaupt bestimmen lässt. Durch die Luftblasen ist das Öl „fluffig“ oder schaumig geworden. Das Volumen hat sich vergrößert. Deswegen hat sich auch das spezifische Gewicht, also die Dichte, verringert.

Nach dem Abstellen der Luftzufuhr gast die Luft langsam aus dem Öl aus. Die leichten Luftblasen steigen im Öl dabei nach oben. Dadurch wird das Öl „schwerer“ und der Dichtewert steigt an. Wenn die Dichte sich dem Ausgangswert zu 99,8 % angenähert hat, ist die Messung beendet. Die Zeitdauer in Minuten, die nötig ist, um diesen Punkt zu erreichen, wird als Luftabschidevermögen angegeben.

### Luftgehalt und LAV bei 80° C

Das LAV bei 50° C, der Betriebstemperatur von Turbinen- und Hydraulikölen, ist ein wichtiger Indikator, um wie viel schlechter das Öl durch den praktischen Einsatz geworden ist. Doch bei Ölen, die in Turbokupplungen oder Automatikgetrieben verwendet werden, reicht die Temperatur nicht aus. Ein typischer Fall sind Turbogetriebe, die z.B. ein „weiches“ Anfahren von Lokomotiven ermöglichen. Sie müssen die Kraft, die durch die Diesel- oder Elektroaggregate erzeugt wird, auf die Schiene bringen. Die

zum Teil mehrstufigen Strömungsgetriebe bestehen aus hydrodynamischen Drehmomentwandlern und Retardern. Echte Alleskönner, die kuppeln, schalten und bremsen. Befüllt sind sie mit bis zu 350 Liter dünnflüssigem, meist speziell additiviertem Öl. Es ist nahezu pausenlos im Einsatz und höchsten Beanspruchungen ausgesetzt. Erhöhte Öloxidation und verschlechterte Antriebsleistung wegen zuviel Luft im Öl können problematisch werden. Sie können auch die Ursache für Verschleiß in diesen Getrieben werden, die daher oft kontinuierlich durch Ölanalysen überwacht werden.



Hydrodynamische Turboregelkupplung zur stufenlosen Drehzahlregelung.

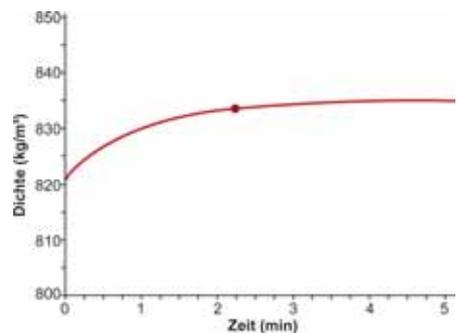
Für einige Einsatzbereiche ist es also wichtiger zu wissen, wie schnell und vollständig die Luft aus dem Öl ausgast und nicht wie lange dies insgesamt dauert:

- Öle in Flüssigkeitskupplungen oder Automatikgetrieben haben sehr hohe Umwälzraten. Die Antriebsleistung wird nur über das Öl übertragen. Lufthaltiges Öl hat eine schlechtere Kraftübertragung zur Folge.
- Für die Sensorentwicklung ist Beurteilung des Luftgehaltes, des „Verschäumungsgrades“, von Interesse. Durch Luft im Öl ändern sich die meisten der Ölparameter, die mit Sensoren bestimmt werden können. Die Kenntnis über das im Öl zusätzlich vorhandene Luftvolumen ermöglicht die Kalkulation eines Korrekturfaktors für Sensoren.
- Die Volumenänderung durch Luft im Öl kann bei der Konzeption von Tanks und Behältern berücksichtigt werden.

Um den Luftgehalt im Öl bestimmen zu können, hat WEARCHECK den Umbau des Impinger-Kolbens so beschleunigt, dass bereits nach wenigen Sekunden nach dem Abstellen der Luftzufuhr und nicht erst nach einer Minute die Dichte bestimmt werden kann. So ist es möglich, neben der normgerechten Angabe des LAV auch eine Dichtekurve zu plotten, die nach 25 s startet. Die nach 25 s ermittelte Dichte dient im Verhältnis zur Ausgangsdichte des Öles dazu, die prozentuale Menge an Luft zu berechnen, die im Öl verblieben ist. Zur Realisation praxistgerechter Betriebstemperaturen, werden Öl- und Lufttemperatur von üblichen 50 auf 80° C angehoben.

Neben der Temperatur von 50 oder 80° C und der Angabe des LAV-Wertes in Minuten wird im Laborbericht zusätzlich der Luftgehalt angegeben und der zeitliche Verlauf in einem Diagramm dargestellt. Bei der Auswahl der erhöhten Öltemperatur wurden die speziellen Anforderungen an Turbogetriebe berücksichtigt. Es hat sich gezeigt, dass ein zu hoher Anfangs-Luftgehalt nach 25 s das Ende der Öllebensdauer ankündigt.

Das Diagramm, das von WEARCHECK mit jedem LAV-Laborbericht ausdrückt wird, zeigt, dass sich ein Großteil der Luft bereits innerhalb der ersten Minute wieder abscheidet.



Typisches LAV-Diagramm aus einem WEARCHECK-Laborbericht

**bauma**  
2007  
THE NUMBER ONE

MIT  
MINING

Besuchen Sie uns in  
Halle A5, Stand 129

**WEAR**  
**CHECK**  
SCHMIERSTOFF-ANALYSEN

23. – 29. April 2007, München

# Neu im WEARCHECK-Labor – Viskositäts-Temperatur- und Dichte-Temperatur-Profil

Die Viskosität ist der wichtigste physikalische Kennwert eines Schmierstoffs oder einer Hydraulikflüssigkeit überhaupt. Sie ist verantwortlich für die Fähigkeit des Öles, Oberflächen durch den Aufbau eines hydrodynamischen Schmierfilms vor Verschleiß zu schützen. Außerdem beschreibt sie die Fließeigenschaften eines Öles, das als Kraft- oder Wärmeübertragungsflüssigkeit in Hydrauliksystemen oder Wärmeübertragungsanlagen eingesetzt wird.

Für den Konstrukteur ist es notwendig, die Viskosität bei den kritischen Betriebsbedingungen ganz genau zu kennen:

- Beim Start einer Maschine darf das Öl nicht zu zähflüssig sein, weil es sonst die zu schmierenden Stellen nicht rechtzeitig erreicht.
- Bei Betriebstemperatur verhindert ein zu dünnflüssiges Öl den Verschleiß nicht mehr zuverlässig.

Im Gegensatz zu Wasser, das zwischen 0° C und 100° C nahezu die gleiche Viskosität hat, ist die Viskosität eines Öles keine konstante Größe. Sie ändert sich massiv mit der Temperatur. Daneben beeinflussen auch ein hoher Betriebsdruck oder andere betriebsbedingte Einflüsse wie Oxidation oder Verunreinigungen die Viskosität. Leider wird es noch komplizierter, denn Viskosität ändert sich nicht gleichmäßig d.h. linear mit der Temperatur oder mit dem Druck.

## Betriebsbedingte Viskositätsänderungen

Fester Bestandteil des Analysenumfangs für jedes WEARCHECK-Analysenset ist die Messung der Viskosität bei 40° C und 100° C sowie die Berechnung des Viskositätsindex. Folgende Ursachen können dafür verantwortlich sein, wenn die Viskosität einer Probe von der des Frischöls oder der vorherigen Analyse abweicht:

- Die Ölviskosität ist angestiegen durch Öloxidation, Ruß- oder Staubeintrag, Wasser, Schlamm- bildung, durch oxidierte Additive, Rückstände von alternativen Kraftstoffen.
- Die Viskosität hat sich verändert, weil ein anderer Öltyp verwendet wurde oder, weil mit einem anderen Öl nachgefüllt wurde.
- Die Ölviskosität wurde niedriger aufgrund einer Vermischung mit einem dünneren Öl (Spülöl), durch Kraftstoffeintrag oder den Abbau von VI-verbessernden Mehrbereichsadditiven.

Ändert sich die Viskosität zu stark, ist ein Ölwechsel unumgänglich. Je nach Öltyp, Anwendung und

Einsatzzeit des Öles liegen die Grenzen für Viskositätsänderungen zwischen 5 und 15 %, bei extremen Anforderungen auch darunter.

## Das Viskositäts-Temperatur-Verhalten

Mit sinkenden Temperaturen wird das Öl immer dickflüssiger, d.h. höher viskos. Schließlich, bei Erreichen des Stockpunktes (Pourpoint), ist es so eingedickt, dass es gar nicht mehr fließt. Steigende Temperaturen hingegen führen zu einer erheblichen Abnahme der Viskosität. Das Öl kann extrem dünn werden. Diese temperaturabhängigen Veränderungen sind bei der Schmierstoffauswahl zu berücksichtigen. In der Regel wird vom Hersteller einer Maschine oder eines Motors die optimale Viskositätslage des einzusetzenden Öles berechnet oder spezifiziert.

Da sich die temperaturbedingte Viskositätsänderung nicht linear verhält, führen gleiche Temperaturdifferenzen von beispielsweise 20° C nicht zu gleichen Viskositätsänderungen.

Dies verdeutlicht die nachstehende Tabelle:

Temperatur [°C]	kin. Viskosität [mm <sup>2</sup> /s]
0	595
20	135
40	46
60	20.5
80	11.0
100	6.7
120	4.5

Die Viskositätsdifferenz für ein HLP 46-Öl zwischen 0 und 20° C beträgt 460 mm<sup>2</sup>/s, zwischen 100 und 120° C dagegen nur 2.2 mm<sup>2</sup>/s, d.h. sie ist bei tiefen Temperaturen erheblich größer als bei hohen Temperaturen.

Durch den nichtlinearen Verlauf des Viskositäts-Temperatur-Verhaltens eines Öles ist die Bestimmung von Viskositäten bei der jeweils gewünschten Temperatur auf der Basis einer Viskositäts-Temperatur-Kurve kompliziert. Üblicherweise erfolgt daher die Darstellung der Viskositätsänderung über die Temperatur daher in Form eines Ubbelohde-Diagramms, in dem der Viskositätsverlauf auf der Basis einer doppel-logarithmischen Teilung der Viskositätsachse und der einfach-logarithmischen Teilung

der Temperaturachse linearisiert wird. Die bei 40° C und 100° C gemessene Viskosität wird in das spezielle Diagramm eingetragen und durch eine Gerade verbunden. Auf dieser Gerade lässt sich nun für jeden beliebigen Temperaturwert die Viskosität ablesen. Für Werte über 100° C und unter 40° C wird diese Gerade einfach verlängert, was jedoch zu großen Ungenauigkeiten führen kann.

Für den groben Vergleich von unterschiedlichen Ölen reicht dieses Hilfsmittel aus. Insbesondere wenn es sich um nicht-newtonsche, d.h. stark polymerhaltige Öle handelt oder die Viskosität bei tiefen Temperaturen genau bekannt sein muss, ist die graphische oder numerische Näherungsrechnung zu ungenau. Für komplexe Anlagen, die im Ausland oft unter extremen Temperaturbedingungen betrieben werden, ist daher die Messung der tatsächlichen dynamischen Viskosität besonders bei tiefen Temperaturen unumgänglich. WEARCHECK verfügt über ein Rheometer, mit dem die dynamische Viskosität eines Öles selbst bei extrem niedrigen Temperaturen von -30° C bis zu hohen +110° C gemessen wird.

## Der Viskositätsindex (VI)

Der Viskositätsindex VI ist eine mit Hilfe der bei 40° C und 100° C gemessenen kinematischen Viskosität berechnete Kenngröße. Das in der ISO 2909 beschriebene Rechenverfahren wurde vor mehr als 50 Jahren entwickelt.

Paraffinbasierten Mineralölen, die damals das beste Viskositäts-Temperatur-Verhalten zeigten, d.h. die sich wenig mit der Temperatur änderten, wurde ein Viskositätsindex von 100 zugewiesen. Öle, die mit steigenden Temperaturen deutlich dünner wurden, erhielten den VI von 0. Heute verfügbare Syntheseöle oder Mehrbereichsöle, d.h. Öle mit viskositätsverändernden Zusätzen (VI-Verbesserer), weisen einen Viskositätsindex deutlich oberhalb von 100 auf.

Öle mit polymerhaltigen Zusätzen folgen den Newtonschen Fließgesetzen nicht oder nur ungenau. Doch selbst „normale“ Schmieröle werden spätestens unterhalb des Pourpoints, bei dem durch Paraffinausscheidung die Trübung beginnt, zu nicht-newtonschen Flüssigkeiten.

Jedes Öl hat ein individuelles Viskositäts-Temperatur-Verhalten. Mit Hilfe des Viskositätsindex lässt sich das Verhalten unterschiedlicher Öle einfach miteinander vergleichen. Je höher der Viskositätsindex eines Öles ist, desto geringer verändert sich seine Viskosität bei unterschiedlichen Temperaturen. Das VT-Diagramm 1 nach Ubbelohde zeigt, dass Öle mit einem höheren VI trotz gleicher Viskosität bei 40° C bei 100° C deutlich „dicker“ sind, während

sie bei tiefen Temperaturen als weitaus „dünnere“ Öle einen leichteren Maschinenstart ermöglichen und dadurch Energieverluste reduzieren.

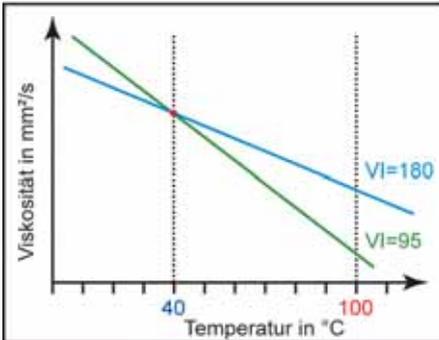


Diagramm 1: Vergleich der Viskosität von zwei Ölen im VT-Diagramm

Werden im gleichen Diagramm nicht nur die 2 Messpunkte bei 40° C und 100° C, sondern die tatsächlich bei der jeweiligen Temperatur mit dem Rheometer gemessenen Viskositätswerte aufgetragen, zeigt sich ein von der idealisierten Geraden abweichender Viskositätsverlauf.

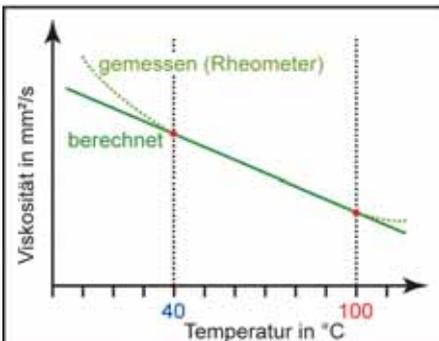


Diagramm 2: Abweichender Viskositätsverlauf bei Messung mit dem Rheometer

Wenn der Viskositäts-Temperatur-Verlauf in einem Diagramm mit einer metrischen, d.h. gleichmäßigen Teilung für Viskosität und Temperatur dargestellt wird, zeigt sich ein stark gekrümmter Verlauf. Erst die Einführung eines logarithmischen Maßstabes führt zu einem annähernd linearen Verlauf (Diagramm 3).

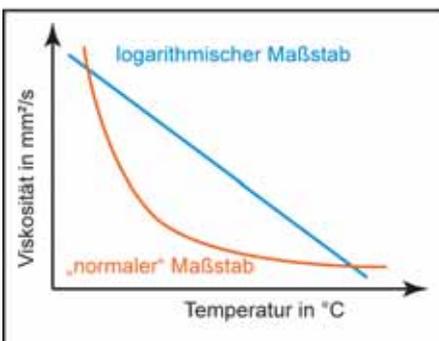
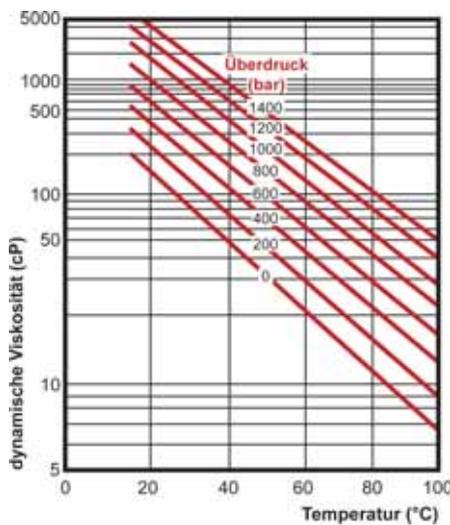


Diagramm 3: Vergleich des VT-Verlaufs bei logarithmischem und metrischem Maßstab.

## Das Viskositäts-Druck-Verhalten

Mit steigendem Druck nimmt die Viskosität des Öles zu, das Öl wird „dicker“. Allerdings verändert sich die Viskosität durch Druckerhöhung ungleich weniger als durch einen Temperaturanstieg. Da die meisten der ausgeführten Hydraulikanlagen bei Betriebsdrücken unterhalb von 500 bar arbeiten, wird die geringe druckbedingte Viskositätszunahme bei der Auslegung dieser Anlagen meist nicht berücksichtigt. Messtechnisch ist die durch hohe Drücke veränderte Viskosität eines Schmieröles nur aufwändig zu erfassen. Nur wenige Institute, wie z.B. die RWTH in Aachen, können solche Messungen auch tatsächlich durchführen. In der Regel zieht man Diagramme heran, wie sie in der Literatur zu finden sind.



Viskositäts-Druckverhalten

## Viskositätsmessung – kinematisch oder dynamisch?

Der Begriff „Viskosität“ wurde durch Isaak Newton definiert. Werden zwei durch einen Ölfilm voneinander getrennte Körper gegeneinander linear verschoben, ergibt sich ein Widerstand. Dieser Widerstand, bezogen auf die Schmierfilmdicke und die Verschiebestrecke resultiert aus der inneren Reibung, der Viskosität, des Öles.

Diese newtonsche Definition der Viskosität bezieht sich auf die tatsächliche Viskosität. Sie wird auch **dynamische Viskosität** genannt. Die internationale Einheit ist die Milli-Pascal-Sekunde „mPas“.

Dieser Wert entspricht der früheren Einheit „Zenti-Poise“ (cP).

Das Messen der dynamischen Viskosität erfolgt relativ aufwändig in Rheometern. Vergleichsweise einfach ist dagegen das Messen der kinematischen Viskosität.

Aus der Durchflusszeit des Öles durch eine genormte Kapillare lässt sich die kinematische Viskosität bestimmen. Bei dem Ergebnis handelt es sich aus physikalischer Sicht um das Viskositäts-Dichte-Verhältnis.

Die Einheit für die kinematische Viskosität wird in „mm<sup>2</sup>/s“ angegeben. Früher wurde die einem mm<sup>2</sup>/s entsprechende Einheit „Centistoke“ (cSt) verwendet.

Bei WEARCHECK wird für alle Öle die kinematische Viskosität bei 40°C und 100°C bestimmt und aus den beiden Messwerten der VI berechnet. Wenn das Öl sehr dickflüssig (hochviskos), wasserhaltig oder stark verschmutzt ist, fließt das Öl nicht mehr reproduzierbar durch die Kapillare. Deshalb bestimmt WEARCHECK bei sehr dickflüssigen Ölen die dynamische Viskosität und rechnet das Ergebnis mit Hilfe der Dichte um in die kinematische Viskosität um. Da bei tiefen Temperaturen die kinematische Viskosität oft ohnehin nicht bestimmt werden kann, weil die Öle für die Auslauf-Kapillaren zu zähflüssig sind, werden die für Getriebe- und Motorenöle gültigen SAE-Klassen für tiefe Temperaturen anhand der dynamischen Viskosität spezifiziert.

Beide Viskositätsarten können umgerechnet werden. Wird der Wert für die dynamische Viskosität mit dem Wert der Dichte dividiert, ergibt sich die kinematische Viskosität. Aus der Multiplikation der Dichte mit der kinematischen Viskosität errechnet sich die dynamische Viskosität. So wird z.B. für eine Ermittlung der Schmierfilmdicke in einem Gleitlager, die nur mit der dynamischen Viskosität erfolgen kann, diese aus der meist vorhandenen kinematischen Viskosität und der Dichte errechnet. Zu beachten ist, dass auch die meist bei 15° C bestimmte Dichte temperaturabhängig ist. Die zur Umrechnung benutzte Dichte muss also so korrigiert werden (Faktor ca. 0.0007/°C), dass sie sich auf dieselbe Temperatur bezieht wie die gewünschte Viskosität.

## Das Viskositäts-Temperatur-Profil (VTP)

Für eine Gleitlager- oder Getriebeauslegung ist die Angabe der Viskosität bei 40° C und 100° C bzw. das Berechnen von Viskositäten bei anderen Temperaturen auf der Basis des VI meist nicht aussagekräftig genug. Oft werden Anlagen bei stark unterschiedlichen klimatischen Bedingungen oder bei verschiedenen Temperaturen betrieben. Beim Kaltstart ist das Öl dickflüssig. Später, beim Erreichen der Betriebstemperatur ist es dünnflüssig. Zur Auslegung von Lagern, Schmierbohrungen, Pumpendrücker, Zahnbreiten etc. braucht ein Konstrukteur dann die tatsächliche, dynamische Viskosität bei genau diesen Grenztemperaturen. Häufig sind die anhand der Berechnungsverfahren auf der Basis der Waltherschen Geraden ermittelten Näherungswerte zu ungenau.

Zur Erstellung des Viskositäts-Temperatur-Profiles werden Messungen im Abstand von 10° C im Temperaturbereich von -30° C bis +110° C durchgeführt. Die Messwerte stehen sowohl in tabellarischer als auch graphischer Form sowohl auf dem WEARCHECK-Laborbericht als auch unter [www.wearcheck.de](http://www.wearcheck.de) zur Verfügung.

## Die Bestimmung des Viskositäts-Temperatur-Profiles

Bei dem WEARCHECK eingesetzten Physica-Rheometer wird eine kleine Schmierstoffmenge (2 ml) in einen genau definierten und temperierten Messspalt zwischen Rotor und Stator eingebracht. Der Rotor wird durch einen luftgelagerten Motor angetrieben. Die in dem Messspalt befindliche Ölprobe setzt dieser Drehbewegung einen Widerstand entgegen. Dieser Widerstand ist proportional zur Viskosität, wird über die daraus resultierende Kraftwirkung erfasst und in die dynamische Viskosität umgerechnet.

### „Viskosität“ auch für Schmierfette!



Messprinzip für die Bestimmung der Viskosität bei Schmierfetten

Mit der gleichen Prüfgeometrie lässt sich auch die „scheinbare“ dynamische Viskosität von Schmierfetten bestimmen. Diese ist bei der Fettauswahl in Bezug auf die Steifheit des Fettes und für die Berechnung des Anfahrmomentes und des Wirkungsgrades eines Lagers wichtig. Je höher die scheinbare Viskosität, desto mehr Energie geht beim Bewegen eines Lagers verloren und desto höher wird die durch diese Reibungsenergie erzeugte Erwärmung der Lagerstelle.



Anton Paar Rheometer zur Bestimmung der dynamischen Viskosität

Auch ob ein Gebrauchtfett z.B. durch Ausbluten und Ölverluste trockener und dadurch steifer geworden ist, lässt sich mit Hilfe des Rheometers einfach und schnell beurteilen. WEARCHECK ist das einzige europäische Dienstleistungslabor, das solche Messungen routinemäßig durchführen kann.

## Das Dichte Temperatur-Profil (DTP)

Im Gegensatz zu Wasser verändert sich das Ölvolumen mit der Temperatur. Werden z.B. 200 Liter Öl um 50° C erwärmt, so dehnt sich das Öl um ca. 7 Liter aus. Dieses „mehr“ an Ölvolumen ist natürlich bei den Ölstandsanzeigen und bei Öltanks zu berücksichtigen. Zur Abschätzung und Berechnung, um welche Menge sich das Ölvolumen aufgrund von Temperaturschwankungen wirklich ändert, ist es notwendig, die Dichte nicht nur bei den meist genannten 15° C zu kennen. Vielmehr ist es wichtig, den Ausdehnungskoeffizienten, der aus einem Dichte-Temperatur-Profil ermittelt werden kann, oder die Dichte bei den geforderten Temperaturen zu kennen.

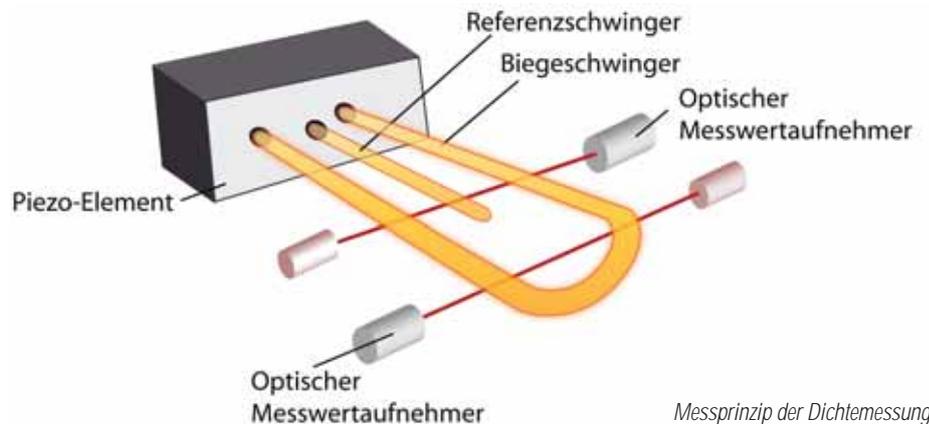
Auch zur Umrechnung der anhand des Viskositäts-Temperatur-Profiles gemessenen dynamischen Viskositäten in kinematische ist die Dichte bei den korrespondierenden Temperaturen notwendig.

WEARCHECK erstellt ein aussagekräftiges Dichte-Temperatur-Profil und errechnet auf der Basis der bei 10° C und 90° C ermittelten Dichte den Ausdehnungskoeffizienten, mit dem sich errechnen lässt, um welches Volumen sich pro °C das Ölvolumen mit der Temperatur ändert.

## Die Bestimmung des Dichte-Temperatur-Profiles

Zur Bestimmung der Dichte werden ca. 3 ml Öl in ein temperiertes U-Rohr aus Glas gesaugt. Nach dem Befüllen wird mit einem Hämmerchen auf das Glasröhrchen geklopft und so eine Schwingung angeregt. Die Änderung der Schwingungsfrequenz eines leeren und eines ölgefüllten U-Rohrs ist proportional zur Dichte. Auf diesem Wege kann die Dichte bei jeder Temperatur bestimmt und errechnet werden (vgl. Prinzipskizze).

Das Dichte-Temperatur-Profil wird standardmäßig über einen Temperaturbereich von +10° C und 90° C in 10° C-Schritten gemessen. Im Laborbericht erfolgt eine tabellarische und grafische Darstellung. Auch der errechnete Ausdehnungskoeffizient wird ergänzend aufgeführt.



Messprinzip der Dichtemessung



Anton Paar Dichtemessgerät mit Probenwechsler zur Bestimmung des Dichte-Temperatur-Profiles

**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:  
 Liebherr-Werk Telfs GmbH • Lubrigard Ltd • Voith Turbo  
 WEARCHECK GmbH, Brannenburg

**NACHGEFRAGT**
**Neue SAE-Klassen 110 und 190 für Automotive Getriebeöle**

Zusätzlich zu den bisherigen Viskositätsklassen wurden für Automotive Getriebeöle die SAE-Klassen 110 und 190 eingeführt. Was war die Ursache für die Erweiterung?

**WEARCHECK:**

Die SAE (Society of Automotive Engineers) ist sowohl für die SAE-Klassen der Motorenöle (SAE J 300), als auch für die Viskositäts-einteilung von Automotive-Getriebeölen verantwortlich. Die Ende 2005 von diesem Gremium überarbeitete SAE J 306 findet langsam in der Praxis Anwendung. Es gibt erste Anforderungen für SAE 110 bzw. SAE 190-Öle, die ersten Ölhersteller führen diese Schmierstoffe im Programm.

Es ist zu beachten, dass die SAE für Getriebeöle nicht eine Fortführung oder Ergänzung der SAE für Motorenöle ist. Trotz des höheren Zahlenwertes für die SAE-Klasse ist ein SAE 80 nicht doppelt so „dick“ wie ein SAE 40. Die Viskositätswerte der beiden Tabellen haben keine gemeinsame Logik. Die eine Tabelle ist gültig für Motorenöle, die andere für Getriebeöle. In beiden Tabellen sind gleichermaßen hoch- und niedrigviskose Öle vertreten.

Die Notwendigkeit für eine Überarbeitung der SAE-Klassen für Getriebeöle ergab sich aus dem weiten Viskositätsbereich der „alten“ SAE 90 (18.5 cSt bis <24 cSt bei 100° C) und der ehemaligen SAE 140 (24 cSt bis < 41 cSt bei 100° C). Dadurch konnte die tatsächliche Viskosität von Ölen stark von einander abweichen, obwohl diese in die gleiche SAE-Klasse fielen. Die beiden neuen Viskositätsklassen SAE 110 und

**Automotive Getriebeölviskositäten gem. SAE J 306 Ausgabe Juni 2005**

SAE Viskositätsklasse	Max. Temperatur für Viskosität bei 150.000 cP (°C)	Kinematische Viskosität bei 100° C (mm²/s) Minimum	Kinematische Viskosität bei 100° C (mm²/s) Maximum
70W	-55	4.1	–
75W	-40	4.1	–
80W	-26	7	–
85W	-12	11	–
80	–	7	< 11.0
85	–	11	<13.5
90	–	13.5	<18.5
110	–	18.5	<24.0
140	–	24	<32.5
190	–	32.5	<41
250	–	41	–

190 wurden eingeführt, um die jeweils oberen Bereiche dieser alten Klassen abzugrenzen. Die damit enger definierten SAE-Klassen, die sich nun auch leichter den für Industrieöle gebräuchlichen ISO-VG zuordnen lassen, erlauben den Getriebeherstellern eine höhere Flexibilität bei der Spezifizierung der Viskosität. So wird es einfacher, Getriebe so zu optimieren, dass die Balance zwischen Kraftstoffverbrauch und Haltbarkeit der Getriebe gefunden wird.

Der Einsatz eines zu „dünnen“ Öles wirkt sich oft negativ auf das Verschleißverhalten und damit die Lebensdauer eines Getriebes aus. Ein zu „dickes“ Öl hat einen erhöhten Kraftstoffverbrauch zur Folge oder es kann beim Schalten Schwergängigkeit verursachen.

Bei einer Getriebeöl-auswahl nach der Vorgänger-SAE konnte es passieren, dass eine Achse mit einem SAE 90-Öl befüllt wurde, das eine deutlich niedrigere Viskosität (z.B. 13.5 mm²/s) hatte, als das Getriebeöl (z.B. 22 mm²/s), mit dem ursprünglich die Erprobung erfolgte. Um zu verhindern, dass eine Achse mit einem zu dünnen SAE 90-Öl befüllt wurde, sah sich der Getriebehersteller häufig gezwungen, eine höhere Viskosität (z.B. SAE 85W-140 mit einer Viskosität von meist ca. 26 mm²/s) vorzuschreiben, als eigentlich notwendig gewesen wäre. Heute kann in solchen Fällen z.B. SAE 110 eingesetzt werden.

**Typische Werte einiger SAE-Klassen im Vergleich zu ISO-VG**

SAE-Klasse	Kin. Visk. 40°C	Kin. Visk. 100°C	angenäherte ISO Viskositätsgruppe
80, 80W-80	60 – 80	7.0 – 11.0	68 100
90, 85W-90	135 – 190	13.5 – 18.5	150 220
80W-90	90 – 125	13.5 – 18.5	100 150
75W-90	65 – 115	13.5 – 18.5	68 150
110	190 – 270	18.5 – 24.0	220 320
140, 85W-140	280 – 420	24.0 – 32.5	320 460
190	440 – 600	32.5 – 41.0	460 680
250	600 - 1200	>41	680 1500

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

**SEMINARE**
**Die neuen OilDoc-Seminare – Positive Resonanz der Teilnehmer**

Seit Herbst 2006 führen wir unsere neuen OilDoc-Seminare durch. Das praxisnahe Konzept ist ein voller Erfolg.

Die vielen positiven Kommentare der bisherigen Teilnehmer sprechen für sich:

sehr genaue Erklärungen und Beschreibungen • es sind keine Fragen offen geblieben • hat das Wissen vertieft und neue Erkenntnisse gebracht • absolut praxisnah • Beispiele von allen Herstellern und aus allen wichtigen Bereichen • hohe Kompetenz der Vortragenden • angenehme Informationsvermittlung, guter Service • perfekte Organisation und gutes Skript • eines der besten Seminare, die ich bisher besucht habe ...

**Die jeweils aktuellen Seminartermine, ausführliche Informationen zu den einzelnen Veranstaltungen und Anmeldeformulare zum Download finden Sie unter dem Button „Seminare“ auf unserer Homepage [www.wearcheck.de](http://www.wearcheck.de).**

**Die nächste Seminarreihe startet im Herbst 2007 im WEARCHECK-Haus in Brannenburg:**

08.-10. Oktober	Maschinenüberwachung durch Ölanalysen im Industriebereich
11. Oktober	Aufbautag Industrie
22.-24. Oktober	Maschinenüberwachung durch Ölanalytik für Motoren
25. Oktober	Aufbautag Motoren
29.-31.10. Oktober	Optimales Schmierstoffmanagement
05.-07. November	Maschinenüberwachung durch Ölanalytik für Hydrauliken
08. November	Aufbautag Hydrauliken



Für eine individuelle Beratung steht Ihnen Herr Rüdiger Krethe (Tel. 08034/9047-210, [rk@wearcheck.de](mailto:rk@wearcheck.de)) zur Verfügung.