
2105/23 DE

Ersatz für:
2105/22



Vorschrift für Schmieröl

Gültig für: TCG 2016, TCG 3016, TCG 2020, TCG 3020, TCG 2032, TCG 2032B

Der 23. Austausch erfolgt wegen:

- Aktualisierung der freigegebenen Schmieröle

Impressum:
Caterpillar Energy Solutions GmbH
Servicedokumentation
M.Granson
Carl-Benz-Str. 1
68167 Mannheim
Deutschland
Tel: +49 621 384-8455
Fax: +49 621 384-8841
Ausgabedatum:
2019-06-24

Bemerkung:
Die in dieser Unterlage genannten Teilenummern unterliegen nicht dem Änderungsdienst.
Verbindlich für die Ersatzteilbestimmung ist ausschließlich die Ersatzteildokumentation.

Verteiler:
- TR
- Gemäß SIT 7010



2105/23 DE

Inhaltsverzeichnis:

- Allgemeine Informationen
- Schmierölauswahl
- Schmieröl-Probeentnahme
- Schmierölanalyse
- Schmierölwechsel
- Schmierölfilterwechsel
- Grenzwerte
- Verschleißmetalle
- Schmierölverbrauch
- Interpretation von Kennwerten der Schmierölanalyse
- Interpretation von Elementen der Schmierölanalyse
- Interpretation der optional analysierten Elemente der Schmierölanalyse
- Anlage
 - Freigegebene Schmieröle TCG 2016
 - Freigegebene Schmieröle TCG 3016
 - Freigegebene Schmieröle TCG 2020
 - Freigegebene Schmieröle TCG 3020
 - Freigegebene Schmieröle TCG 2032
 - Freigegebene Schmieröle TCG 2032B

2105/23 DE



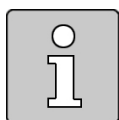
Allgemeine Information



Zerstörungsgefahr von Bauteilen

Durch nicht freigegebene Schmieröle

- Nur freigegebene Schmieröle verwenden



Für die Einhaltung der beschriebenen Schmierölvorschrift ist ausschließlich der Betreiber verantwortlich.

Der Betreiber muss seine Wartungspflicht durch Schmierölanalytik gemäß dieser Schmierölvorschrift nachweisen können.

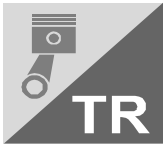
Für Schäden, die durch Verwendung nicht freigegebener Schmieröle oder nicht bestimmungsgemäßen Betrieb entstehen, haftet der Motorenhersteller nicht.

Schmieröle für Verbrennungsmotoren sind mechanisch und thermisch außerordentlich hoch beansprucht. Bei den hohen Temperaturen der Zylinderbuchsen soll das Schmieröl nicht verdampfen, sondern einen genügend zähen, druckstabilen, gut haftenden Schmierfilm bilden. Im kalten Zustand soll es genügend dünnflüssig sein, um das Starten des kalten Motors zu ermöglichen. Beim Stillsetzen des Motors sollen die Gleitflächen der Motorbauteile für den erneuten Motorstart benetzt bleiben.

Generell müssen Schmieröle folgende Eigenschaften erfüllen:

- stabiler Schmierfilm bei allen Betriebstemperaturen
- optimale Viskosität bei allen Betriebstemperaturen
- hohe thermische Stabilität
- hohe Alterungsbeständigkeit
- verschleißschützende Eigenschaften
- neutralisierende Eigenschaften gegen korrosive Stoffe
- ausgewogenes Verhältnis aschebildender Wirkstoffe
- hohe Sicherheitsreserven für lange Schmierölwechselintervalle

Ein wirtschaftlicher Betrieb wird durch möglichst lange Schmierölwechselintervalle der Schmierölfüllung erzielt. Dabei stehen grundsätzlich die Vermeidung von Schäden und das Erreichen der erwarteten Standzeiten wichtiger Motorbauteile im Vordergrund.



2105/23 DE

Schmierölauswahl

Schmieröle (Sulfataschegehalt bis 0,6 Gew. %)

Für den Betrieb von Gasmotoren sind die im Abschnitt **Freigegebene Schmieröle (Sulfataschegehalt bis 0,6 Gew. %)** aufgeführten Schmieröle zu verwenden.

Schmieröle (Sulfataschegehalt 0,6 - 1,0 Gew. %)

Speziell für den Betrieb mit Brenngasen mit einer erhöhten Schadstoffbelastung (siehe auch Technisches Rundschreiben (TR) 3017) sind weitere Schmieröle freigegeben worden. Diese sind im Abschnitt **Freigegebene Schmieröle (Sulfataschegehalt 0,6 - 1,0 Gew. %)** aufgeführt.

Diese Schmieröle sind gemäß Herstellerdatenblatt an ihren hohen TBN- und Sulfataschewerten erkennbar und haben eine höhere Neutralisationsreserve gegenüber Säuren, die bei der Verbrennung von Schadstoffen im Brenngas entstehen. Diese Säuren entstehen z.B. aus Chlor (Cl), Fluor (F) und Schwefel (S). Durch die Neutralisation der Säuren wird der Motor vor Korrosion geschützt.

Um die Neutralisation sicherzustellen, sind größere Mengen an Schmieröladditiven erforderlich. Dies bedeutet allerdings, je höher das Neutralisationspotential eines Schmieröles, desto höher ist die Neigung zur Bildung von Ablagerungen bei der Verbrennung.

Werden solche Schmieröle bei Brenngasen eingesetzt, die keine dauerhaft hohen Schadstoffbelastungen aufweisen (gemäß der im Technischen Rundschreiben (TR) 3017 zugelassenen Werte), werden die Additive nicht verbraucht, da keine oder nur geringe Mengen an Säuren entstehen, die neutralisiert werden müssen.

Hier kehren sich die Vorteile dieser speziellen Schmieröle teilweise in deutliche Nachteile um.

- Die nicht verbrauchten Additive bilden Ablagerungen im Brennraum und in den nachfolgenden Anlagenteilen wie Abgaswärmetauscher, Schalldämpfer usw.
- Im Brennraum können sich diese Ablagerungen mit im Brenngas vorhandenen Elementen wie z. B. Silizium (Si) verbinden. Diese Verbindungen sind sehr hart und führen zu abrasivem Verschleiß an Kolben, Kolbenringen, Zylinderbuchsen, Ventilen und Ventilsitzringen.

Wir empfehlen daher, alle Motoren solange mit Schmierölen gemäß Abschnitt **Freigegebene Schmieröle (Sulfataschegehalt bis 0,6%)** zu betreiben, bis eine stabile Brenngaserzeugung erreicht wurde. Während dieser Zeit müssen durch Schmieröl- und Gasanalysen die Randbedingungen und Auswirkungen des eingesetzten Brenngases auf einen wirtschaftlichen und zuverlässigen Betrieb des Motors ermittelt werden.

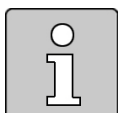
Sollte nach Beendigung des Anfahrprozesses der Anlage die Schadstoffkonzentration im Brenngas dauerhaft hoch bleiben und dadurch keine wirtschaftlichen Schmierölwechselintervalle erreicht werden, kann in Absprache mit dem zuständigen Service Partner auf Schmieröle gemäß Abschnitt **Freigegebene Schmieröle (Sulfataschegehalt 0,6 - 1,0 Gew. %)** umgestellt werden.

2105/23 DE



Schmieröl-Probeentnahme

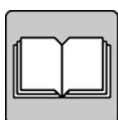
Eine sorgfältige Vorbereitung und Durchführung der Schmieröl-Probeentnahme ist Voraussetzung für verwertbare Analysewerte.



Es ist darauf zu achten, dass die Schmierölprobe nicht durch Schmutz oder Schmierölreste in den Hilfsmitteln verfälscht wird.

Für eine Routineanalyse sind ca. 100 ml Schmieröl ausreichend.

Die Schmierölprobe muss bei laufendem und betriebswarmem Motor aus dem Schmierölkreislauf entnommen werden.



Weitere Informationen zur Schmierölprobe siehe

- Aggregate-Betriebsanleitung ⇒ Arbeitskarten
 - B 8-1-1 Schmieröl-Probenentnahme

Vor der Probeentnahme sind mindestens 100 ml Schmieröl abzulassen und ordnungsgemäß zu entsorgen. Anschließend ist die benötigte Menge Schmieröl für die Schmierölprobe zu entnehmen.

Eine Veränderung des Schmieröles durch die Probeentnahme und den Transport ist zu vermeiden.

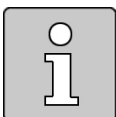
Die Proben müssen eindeutig gekennzeichnet werden und folgende Mindestinformationen enthalten:

- Betreiber
- Motortyp
- Motor Seriennummer
- Hersteller des Schmieröles
- Bezeichnung des Schmieröles
- Datum der Probeentnahme
- Betriebsstunden des Motors
- Betriebsstunden des Schmieröles
- Nachfüllmenge / Schmierölverbrauch
- Gesamtschmierölvolumen



2105/23 DE

Schmierölanalyse



Der Betreiber muss gewährleisten, dass die zur Entscheidung der Schmierölwechselintervalle erforderlichen Analysewerte fristgerecht zur Verfügung stehen.

Die Analysewerte müssen dem Betreiber so schnell wie möglich (maximal halbes Schmierölanalyseintervall) vorliegen.

Die erste Schmierölanalyse ist, unabhängig von der Brenngasqualität, nach 100 Betriebsstunden durchzuführen.

Durch eine lückenlose Schmierölanalyse ist sicherzustellen, dass der Motor mit Schmieröl entsprechend der Vorgabe dieses Technischen Rundschreibens betrieben wird. Schmierölanalysen sind aufzubewahren, damit der Nachweis für diesen ordnungsgemäßen Betrieb des Motors erbracht werden kann.

Bei abnormalen Verschleißwerten innerhalb einer Analysereihe ist bei Motoren innerhalb der Gewährleistung die Analyse dem zuständigen Service Partner zur Verfügung zu stellen.

Um die Analysewerte über einen längeren Zeitraum zu beobachten, eignet sich am besten die Trendanalyse. Hierbei werden die einzelnen Analysewerte in Tabellen oder Grafiken zusammengefasst. So kann eine Beurteilung über den Zustand des Schmieröles bzw. des Motors erfolgen (Trenderkennung).

2105/23 DE



Schmierölwechsel

Schmierölwechsel

Beim Schmierölwechsel ist immer die gesamte Schmierölmenge zu erneuern. Die Restschmierölmenge in Motor und Anbauteilen ist so gering wie möglich zu halten.

Der Schmierölwechsel ist erforderlich, wenn eines der folgenden Kriterien erfüllt ist:

- bei Annäherung an den zulässigen Grenzwert
- nach Kühflüssigkeitseinbruch in das Schmierölsystem
- nach Wartungsarbeiten der Erhaltungsstufe E60 und E70
- nach Instandsetzungsarbeiten eines Umfangs E60 oder E70
- mindestens einmal pro Jahr
 - Ausgenommen davon sind Aggregate mit Schmierölwechselintervall gemäß Schmierölanalyse größer 10000 Bh.

Schmierölwechselintervalle

Die Schmierölwechselintervalle sind, neben der Schmierölqualität, abhängig von:

- der Brenngasqualität
- den Umgebungsbedingungen
- der Betriebsweise des Motors

In der Regel führen diese Einflüsse zu einer Veränderung der Schmierölkennwerte.

Es ist deshalb erforderlich, für jede Anlage die Schmierölwechselintervalle durch Schmierölanalysen zu ermitteln.

Durch geeignete Wahl der Zeitabstände der Schmierölanalysen kann das Schmieröl bis zum Erreichen der Grenzwerte genutzt werden.

Die Schmierölwechselintervalle sind grundsätzlich neu zu ermitteln bei:

- der Inbetriebsetzung der Anlage
- Änderung der Betriebsweise
- nach Wartungsarbeiten der Erhaltungsstufe E60 und E70
- nach Instandsetzungsarbeiten eines Umfangs E60 oder E70

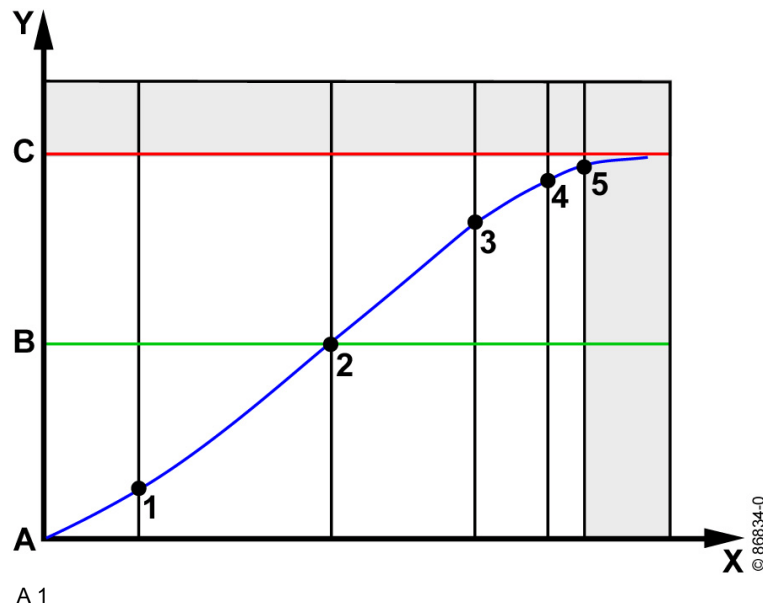
Bei unveränderten Betriebsverhältnissen sind die weiteren Schmierölanalyseintervalle und der erforderliche Schmierölwechsel zwischen dem Betreiber und dem zuständigen Service Partner auf der Grundlage dieses Technischen Rundschreibens abzustimmen.



2105/23 DE

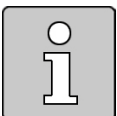
Die Schmierölwechselintervalle sind wie folgt zu ermitteln:

Beispiel 1:



- X-Achse: Zeitintervall
- Y-Achse: Zahlenwert des Analyseergebnisses
- A: Ausgangswert
- B: Halber Grenzwert
- C: Grenzwert
- Position 1-5: Zeitpunkt der Schmierölanalyse
- Position 5: Zeitpunkt des nächsten Schmierölwechsels

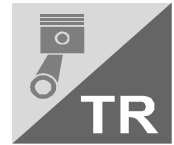
- Erste Schmierölfüllung
 - Liegen die Analysewerte (Position 1) weit unterhalb der halben zulässigen Grenzwerte (B) kann das Zeitintervall bis zur nächsten Schmierölanalyse (Position 2) verdoppelt werden.
 - Erreichen einzelne Analysewerte den halben zulässigen Grenzwert (B), ist das Zeit-intervall bis zur nächsten Analyse (Position 3) zu verkürzen.



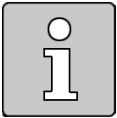
Bei Annäherung an den zulässigen Grenzwert (C) sind die Zeitintervalle von Analyse zu Analyse (Position 4 und 5) jeweils zu halbieren.

- Zweite und folgende Schmierölfüllungen
 - Nach erstmaliger Ermittlung des Schmierölwechselintervalls, kann bei der zweiten Schmierölfüllung die erste Schmierölanalyse nach einem größeren Intervall genommen werden (Position 3).

2105/23 DE

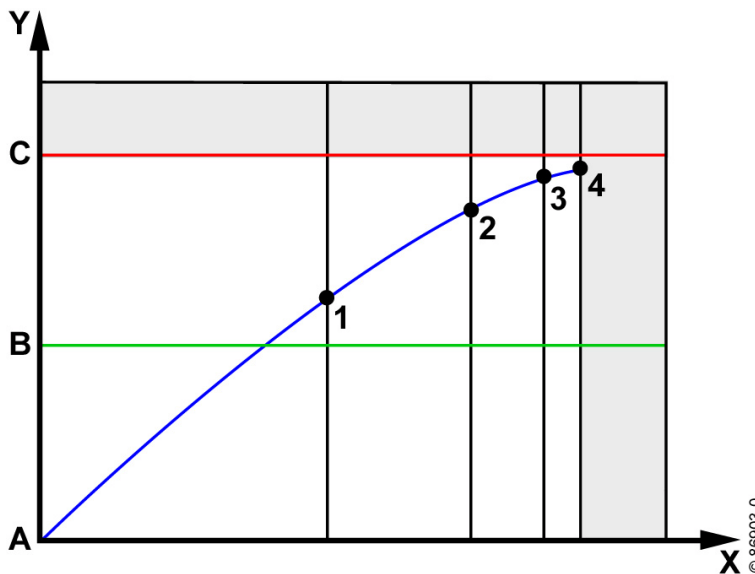


- Ergeben sich vergleichbare Analyseergebnisse zur ersten Schmierölfüllung, wird eine weitere Schmierölanalyse (Position 4) genommen.
- Werden wiederum die gleichen Analysewerte erreicht, kann das gleiche Schmierölwechselintervall festgelegt werden wie bei der ersten Schmierölfüllung ermittelt.
- Bei unveränderten Betriebsbedingungen können die Schmierölanalysen für die folgenden Schmierölfüllungen bei gleichem Zeitintervall (Position 4) genommen werden.



Weichen die Analyseergebnisse von den bisherigen ab, sind die Schmierölwechselintervalle neu zu ermitteln, bis wiederholbare Ergebnisse erzielt werden.

Beispiel 2:



A 2

- | | |
|---------------|------------------------------------------|
| X-Achse: | Zeitintervall |
| Y-Achse: | Zahlenwert des Analyseergebnisses |
| A: | Ausgangswert |
| B: | Halber Grenzwert |
| C: | Grenzwert |
| Position 1-4: | Zeitpunkt der Schmierölanalyse |
| Position 4: | Zeitpunkt des nächsten Schmierölwechsels |

- Liegen die Analysewerte der ersten Schmierölprobe bereits nahe an den zulässigen Grenzwerten (Position 1) muss die Betriebszeit bis zur nächsten Schmierölanalyse stark verkürzt werden (Position 2).
- Bestätigt sich der geringe Abstand zu den Grenzwerten, ist eine Halbierung des letzten Analysezeitraums (Position 3 bis 4) erforderlich.



2105/23 DE

Schmierölwechselintervalle für TCG 2016 ohne vergrößertes Schmierölvolumen

Aufgrund der zeitlichen Verzögerung zwischen Schmieröl-Probenentnahme und Vorliegen des Analyseergebnisses (resultierend aus Postweg und Bearbeitungszeiten) ist die zuvor beschriebene Vorgehensweise für TCG 2016 ohne vergrößertes Schmierölvolumen nur bedingt anwendbar.

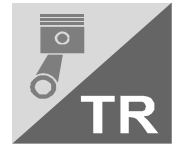
Um ein Überschreiten der Grenzwerte während des Analysezeitraumes in jedem Fall auszuschließen, ist folgende Vorgehensweise anzuwenden:

- Nach 100 Bh
 - Erste Schmieröl-Probenentnahme
- Bei 250 Bh
 - Zweite Schmieröl-Probenentnahme, anschließend Schmierölwechsel durchführen

In Abhängigkeit des Ergebnisses der Schmieröl-Probenentnahme kann der Wechselzeitpunkt nun bei künftigen Intervallen um schrittweise 50 Bh angehoben werden, sofern zum jeweiligen Wechselzeitpunkt noch keine Überschreitung der Grenzwerte vorgelegen hat.

Analog hierzu muss bei Überschreitung der Grenzwerte eine Absenkung des Wechselintervalls erfolgen.

2105/23 DE

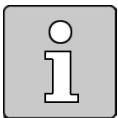


Schmierölfilterwechsel

Beim Schmierölfilterwechsel sind immer alle Schmierölfilter zu erneuern.

Der Schmierölfilterwechsel ist erforderlich:

- nach spätestens 4000 Bh - sofern im Wartungsplan nicht anders angegeben
- mit dem ersten Schmierölwechsel nach Inbetriebnahme
- mit dem ersten Schmierölwechsel nach Wartungsarbeiten der Erhaltungsstufe E60 und E70, bzw. nach Instandsetzungsarbeiten eines Umfanges E60 oder E70
- mindestens einmal pro Jahr
- wenn eine SAN im Schmieröl nachgewiesen wurde - siehe Grenzwerte
- nach Kühlflüssigkeitseinbruch in das Schmierölsystem



Nach einem Kühlflüssigkeitseinbruch im Schmierölsystem müssen alle Filterelemente der Kurbelgehäuseentlüftung und des Nebenstrom-Schmierölfilters (TCG 2032, TCG 2032B) erneuert werden.


2105/23 DE
Grenzwerte

Zerstörungsgefahr von Bauteilen

Durch Nichteinhaltung der Grenzwerte

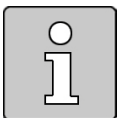
- Wird einer der nachfolgenden Grenzwerte nicht eingehalten, ist ein sofortiger Schmierölwechsel durchzuführen.

Bei Betrieb

| Eigenschaften | Grenzwert | Prüfverfahren |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Viskositätszunahme gegenüber dem Neuzustand bei 100 °C | max. 3 mm ² /s (cSt) | |
| Viskosität bei 100 °C | min. 12 mm ² /s (cSt) max. 18 mm ² /s (cSt) | DIN 51366, ASTM D445, DIN EN ISO 3104 |
| Wassergehalt | max. 0,2 % | DIN 51777, ASTM D1744, DIN ISO 12937 |
| Glykolgehalt | max. 500 ppm | DIN 51375, ASTM D4291 |
| Gesamtbasenzahl TBN | min. 2,0 mg KOH/g | ISO 3771, ASTM D4739 |
| AN | nicht größer als die TBN | DIN EN 12634, ASTM 664 |
| SAN ¹⁾ | max. 0,2 mg KOH/g | ASTM 664 |
| i pH-Wert ²⁾ | min. 4,5 | ASTM D7946 |
| Oxidation ²⁾ | max. 20 A/cm | DIN 51453 |
| Nitration | max. 20 A/cm | DIN 51453 |
| Silizium | max. 300 mg/kg | DIN 51396, ASTM D5185 |

¹⁾ Die Bestimmung der SAN ist nur erforderlich für Brenngase der Gasqualität Low.

²⁾ Kann bei vollsynthetischem Schmieröl auf Ester-Basis nicht zur Gebrauchölbeurteilung herangezogen werden.



Überschreitet ein Verschleißmetall seinen zulässigen Grenzwert, reduziert sich der Grenzwert für Silizium auf max. 15 mg/kg (DIN 51396, ASTM D5185)

2105/23 DE



Bei Außerbetriebnahme

Bei Außerbetriebnahme können durch die Acidität des Schmierstoffes Standschäden an schmierölführenden Teilen entstehen. Die Acidität wird durch die alkalische Reserve (TBN, Total Base Number) und den pH-Wert charakterisiert.

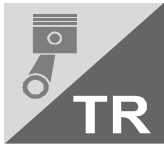
Um Standschäden zu vermeiden dürfen folgende Grenzwerte nicht unterschritten werden.

| Eigenschaften | Grenzwert | Prüfverfahren |
|---------------------|-------------------|----------------------|
| Gesamtbasenzahl TBN | min. 3,5 mg KOH/g | ISO 3771, ASTM D4739 |
| i pH-Wert | min. 5,0 | ASTM D7946 |

Liegen die Analysewerte über den genannten Werten, kann das Schmieröl während der Stillstandsphase im Aggregat verbleiben und bei der anschließenden Inbetriebnahme verwendet werden.

Unterschreiten die Messwerte der Schmierölanalyse die oben genannten Grenzwerte ist das Schmieröl zu erneuern.

Anschließend ist das Aggregat mindestens 12 Stunden zu betreiben.



2105/23 DE

Verschleißmetalle

Die Angaben der Verschleißmetalle sind ein Hilfsmittel zur Motorenbeurteilung. Hierdurch können frühzeitig Veränderungen des Motorzustandes erkannt werden.



Zur Beurteilung ist der zeitliche Konzentrationsverlauf jedes einzelnen Verschleißmetalles über mehrere Schmierölanalysen zu beobachten (Trendanalyse).

Entscheidend hierbei ist nicht dessen Absolutwert, sondern die Verschleißgeschwindigkeit jedes einzelnen Wertes.

Überschreitet ein Verschleißmetall 50% des unten aufgeführten Analysewertes, sind die Zeitintervalle für die Probeentnahme zu halbieren.

Bestätigen sich die erhöhten Verschleißwerte, ist der zuständige Service Partner anzusprechen.

Alle Messungen sind nach DIN 51396 (ICP OES / RFA) durchzuführen.

Beispiel:

Verschleißgeschwindigkeit berechnen

$$v_v = (c_1 - c_2) / (t_1 - t_2)$$

v_v = Verschleißgeschwindigkeit

c_1 = Konzentration neu

c_2 = Konzentration alt

t_1 = Betriebsstunden neu

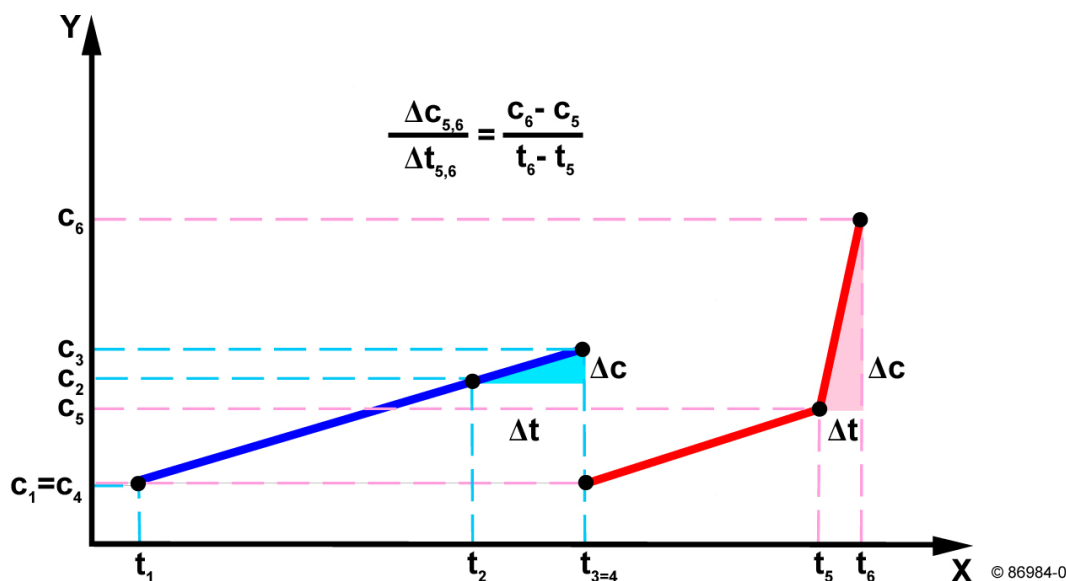
t_2 = Betriebsstunden alt

2105/23 DE



Bei einem Motor wurden sechs Schmierölproben analysiert. Nach der 3. Schmierölanalyse $t_{3=4}$ wurde ein Schmierölwechsel vorgenommen. Von der vorletzten Schmierölanalyse t_5 zur Letzten t_6 steigt die Verschleißmetallkonzentration c_6 deutlich stärker an, als aus den vorhergehenden Schmierölanalysen zu erwarten war.

Da die letzte Anstiegsrate (delta $c_{5,6}$ / delta $t_{5,6}$) oberhalb von 50% des Grenzwertes liegt, muss das Zeitintervall bis zur nächsten Schmierölanalyse halbiert werden.



- X-Achse: Zeitintervall
- Y-Achse: Zahlenwert des Analyseergebnisses
- $t_{3=4}$ Zeitpunkt des Schmierölwechsels
- $c_1=c_4$ Konzentration im neuen Schmieröl



2105/23 DE

Grenzwerte für Verschleißgeschwindigkeit

TCG 2016

| | |
|-----------|---------------------------|
| Aluminium | max. 1,0 mg/kg pro 100 Bh |
| Chrom | max. 0,5 mg/kg pro 100 Bh |
| Kupfer | max. 2,5 mg/kg pro 100 Bh |
| Eisen | max. 3,0 mg/kg pro 100 Bh |
| Blei | max. 2,0 mg/kg pro 100 Bh |
| Zinn | max. 1,0 mg/kg pro 100 Bh |

TCG 3016

| | |
|-----------|---------------------------|
| Aluminium | max. 0,5 mg/kg pro 100 Bh |
| Chrom | max. 0,3 mg/kg pro 100 Bh |
| Kupfer | max. 1,0 mg/kg pro 100 Bh |
| Eisen | max. 1,0 mg/kg pro 100 Bh |
| Blei | max. 1,0 mg/kg pro 100 Bh |
| Zinn | max. 0,5 mg/kg pro 100 Bh |

TCG 2020

| | |
|-----------|---------------------------|
| Aluminium | max. 1,0 mg/kg pro 100 Bh |
| Chrom | max. 0,5 mg/kg pro 100 Bh |
| Kupfer | max. 1,5 mg/kg pro 100 Bh |
| Eisen | max. 2,0 mg/kg pro 100 Bh |
| Blei | max. 2,0 mg/kg pro 100 Bh |
| Zinn | max. 0,5 mg/kg pro 100 Bh |

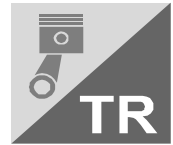
TCG 3020

| | |
|-----------|---------------------------|
| Aluminium | max. 0,5 mg/kg pro 100 Bh |
| Chrom | max. 0,3 mg/kg pro 100 Bh |
| Kupfer | max. 1,0 mg/kg pro 100 Bh |
| Eisen | max. 1,0 mg/kg pro 100 Bh |
| Blei | max. 1,0 mg/kg pro 100 Bh |
| Zinn | max. 0,3 mg/kg pro 100 Bh |

TCG 2032 / TCG 2032B

| | |
|-----------|---------------------------|
| Aluminium | max. 0,5 mg/kg pro 100 Bh |
| Chrom | max. 0,5 mg/kg pro 100 Bh |
| Kupfer | max. 1,0 mg/kg pro 100 Bh |
| Eisen | max. 2,0 mg/kg pro 100 Bh |
| Blei | max. 1,0 mg/kg pro 100 Bh |
| Zinn | max. 0,5 mg/kg pro 100 Bh |

2105/23 DE



| Umrechnungstabelle | | |
|--------------------|-----------|----------|
| 1 mg/kg | 1 ppm | 0,0001 % |
| 10 mg/kg | 10 ppm | 0,001 % |
| 100 mg/kg | 100 ppm | 0,01 % |
| 1000 mg/kg | 1000 ppm | 0,1 % |
| 10000 mg/kg | 10000 ppm | 1,0 % |



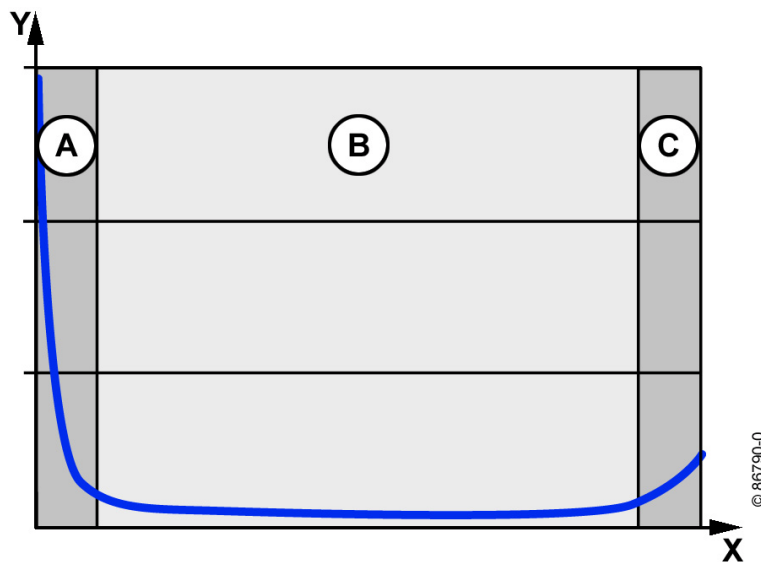
2105/23 DE

Schmierölverbrauch

Unter dem spezifischen Schmierölverbrauch versteht man die Schmierölmenge, die pro Zeiteinheit und bei einer bestimmten Leistung verbraucht wird.

Der Schmierölverbrauch wird über einen größeren Zeitraum bei gleicher Betriebsweise im Dauerbetrieb ermittelt.

Nach den ersten Betriebsstunden (Einlaufzeitraum) sinkt der Schmierölverbrauch. Anschließend sollte er über einen längeren Zeitraum konstant niedrig bleiben. Mit sehr langer Laufzeit steigt der Verschleiß im Motor an und damit auch wieder der Schmierölverbrauch.



A 4

| | |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| X-Achse: | Laufzeit |
| Y-Achse: | Schmierölverbrauch |
| Bereich A: | Einlaufzeitraum |
| Bereich B: | Betriebszeitraum |
| Bereich C: | Zeitraum steigenden Schmierölverbrauchs aufgrund zunehmenden Materialverschleißes |

2105/23 DE



Interpretation von Kennwerten der Schmierölanalyse

Viskosität

Einheit: mm^2/s

Die Viskosität kennzeichnet das Fließvermögen des Schmieröles (Widerstand gegen Verschiebung zweier benachbarter Schichten, innere Reibung). Die Viskosität ist temperaturabhängig.

Ein Anstieg der Viskosität erfolgt durch:

- Alterung/Oxidation
- Ruß/feste Fremdstoffe
- Verdampfung leicht siedender Komponenten

Total Base Number (TBN)

Einheit: mgKOH/g

Die TBN kennzeichnet die alkalische Reserve des Schmieröles und charakterisiert das chemische Neutralisationsvermögen.

Dies ist eine notwendige Eigenschaft des Schmieröles zur Kontrolle des korrosiven Verschleißes.

Mit dem Gebrauch des Schmieröles baut sich die alkalische Reserve durch Reaktion mit Säuren ab. Die Säuren sind letztendlich Reaktionsprodukte des Verbrennungsprozesses sowie der Alterung/Öloxidation und Nitration.

Beim Betrieb mit säurebildenden Brenngasen (insbesondere Deponie-, Klär- und Biogasen) ist mit einem schnellen Abbau der TBN zu rechnen.

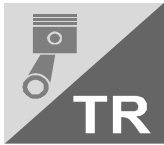
Acid Number (AN, ehemals TAN) bzw. Neutralisationszahl (Nz)

Einheit: mgKOH/g

Die Methode erfasst die starken und schwachen Säuren. Hierbei werden die starken Säuren als Strong Acid Number (SAN) getrennt erfasst. Schmierölwerkstoffe beeinflussen die Größe der AN, die bei neuen Schmierölen zwischen 0,5 und 2 mgKOH/g liegen kann.

Durch Oxidations- und Nitrationsvorgänge können schwache organische Säuren entstehen. Durch die alkalischen Eigenschaften des Schmieröles werden diese nur teilweise neutralisiert. Hat das Schmieröl noch eine ausreichende alkalische Reserve, erfasst die AN nur die schwachen organischen Säuren.

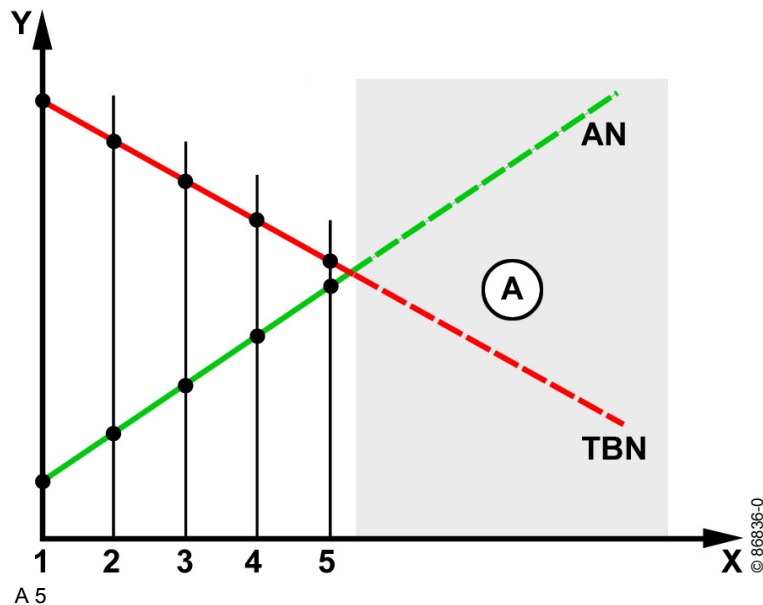
Es gibt eine grobe Korrelation zwischen AN-Anstieg, Schmierölalterung und Schmierölnitration.



2105/23 DE

Erläuterung des Zusammenhanges zwischen TBN und AN.

Während die TBN fällt, steigt die AN an. Da gemäß der Grenzwertliste die AN immer kleiner als die TBN sein muss, ist im Bereich A kein Motorbetrieb mehr zulässig.



| | |
|---------------|------------------------------------------|
| X-Achse: | Laufzeit |
| Y-Achse: | Zahlenwert des Analyseergebnisses |
| Bereich A: | Unzulässiger Betriebszeitraum |
| Position 1-5: | Zeitpunkt der Schmierölanalyse |
| Position 5: | Zeitpunkt des nächsten Schmierölwechsels |

Strong Acid Number (SAN)

Einheit: mgKOH/g

Die Methode erfasst nur starke Säuren (z.B. Schwefelsäure). Wird eine SAN nachgewiesen, besteht Korrosionsgefahr. Die Bestimmung der SAN ist nur erforderlich für Brenngase der Low Gasqualität.

Alterung/Oxidation

Einheit: A/cm

Die Alterung/Oxidation entsteht durch Reaktion der Grundöl- und Wirkstoffmoleküle mit Sauerstoff, welche zum Anstieg der Viskosität und der Acid Number führt. Bauteilverlackung und Schlammablagerung können auftreten. Die Oxidationsprodukte können organische Säuren bilden, die zu Korrosion auch bei noch vorhandener alkalischer Reserve des Schmieröles führen.

Gemessen wird die Extinktion bei der Wellenzahl 1710 cm^{-1} im infraroten Lichtspektrum, wobei hier die bei der Oxidation gebildeten Carbonylverbindungen erfasst werden.

2105/23 DE



Nitration

Einheit: A/cm

Nitration entsteht durch Reaktionen der Grundöl- und Wirkstoffmoleküle mit Stickoxiden. Die Beeinflussungen sind vergleichbar mit denen der Alterung/Oxidation. Sie führen zu Kennwertänderungen des Schmieröles. Im Vergleich ist jedoch die Gefahr der Entstehung korrosiver Reaktionsprodukte höher. Bei starker Nitration tritt in der Regel auch ein starker Abbau der alkalischen Reserve auf.

Gemessen wird die Extinktion bei der Wellenzahl 1630 cm^{-1} im infraroten Lichtspektrum.

i pH

Einheit: keine

Das Verfahren dient zur Ermittlung des pH-Wertes des Schmieröles. Das Messergebnis wird in dimensionslosen pH-Wert Einheiten angegeben. Eine Übersäuerung des Schmieröles führt zu korrosivem Verschleiß.

Wasser

Einheit: Gew.%

Wasser im Schmieröl führt im Allgemeinen zu einer Emulsion, was insgesamt zu erhöhter Verschleiß- und Korrosionsgefahr führt.

Durch Wasser wird die Viskosität des Schmieröles erhöht.

Mögliche Ursachen:

- Undichtigkeiten im Kühlflüssigkeitssystem
- Kondensationsvorgänge im Schmierölsystem durch häufige Starts bzw. Notstopps
- Unsachgemäße Lagerung des Schmieröles
- Unzureichende Entlüftung des Kurbelgehäuses oder Schmieröltanks
- Eindringen von Regenwasser durch das Abgassystem

Glykol

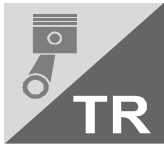
Einheit: ppm

Glykol führt durch Reaktion mit Schmierölwirkstoffen zur Schlamm- und Filterverstopfung.

Glycol ist unverträglich mit Mineralöl.

Mögliche Ursachen:

- Undichtigkeiten im Kühlflüssigkeitssystem
- Kontamination mit einem Schmieröl auf Polyglykolbasis



2105/23 DE

Interpretation von Elementen der Schmierölanalyse

Silizium

Einheit: mg/kg

Mögliche Herkunft:

- Bestandteil in Antischaumwirkstoffen
- Staub aus der Ansaugluft
 - führt bereits in kleinsten Mengen zu abrasivem (schmirgelndem) Verschleiß.
- Verbindungen aus Brenngasen (z.B. Deponie-, Klär- und Biogase)
 - Die Silizium-Belastung im Schmieröl gibt indirekt auch einen Hinweis auf die Silizium-Belastung des Brenngases.

Natrium

Einheit: mg/kg

Typisches Element von Wirkstoffen zum Korrosionsschutz in der Kühlflüssigkeit. Starke Zunahme des Natriumgehaltes im Schmieröl ist ein Zeichen einer Kontamination der Kühlflüssigkeit. Der Motor muss im weiteren Betrieb ständig auf mögliche Kühlflüssigkeitsleckagen kontrolliert werden.

In vielen Fällen ist trotz hoher Natriumwerte und der damit verbundenen Kontamination kein Wasser im Schmieröl nachweisbar, da dies durch die Schmieröltemperatur im Motorbetrieb verdampft.

Aluminium

Einheit: mg/kg

Typisches Verschleißelement von zum Beispiel Kolben und Gleitlagern.

Aluminium kann unter Umständen auch Bestandteil verschmutzter Ansaugluft sein.

Eisen

Einheit: mg/kg

Typisches Verschleißelement von Zylinderbuchsen, Nocken/Stößeln, Wellenzapfen, Kolbenringen und Zahnrädern.

2105/23 DE



Chrom

Einheit: mg/kg

Typisches Verschleißelement von Kolbenringen, Ventilschäften, Nocken/Stößeln, sowie weiterer hochlegierter Motorenbauteile.

Kupfer

Einheit: mg/kg

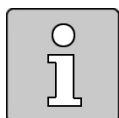
Typisches Verschleißelement von Lagern sowie Korrosionsprodukt aus Schmierölkühlern und Schmierölleitungen.

Kupfer ist auch Bestandteil von verschiedenen Montagepasten.

Blei

Einheit: mg/kg

Typisches Verschleißelement von Gleitlagern sowie Lot aus Schmierölkühlern und Schmierölleitungen.



Die Ursache für eine schnelle Änderung der Verschleißgeschwindigkeit von Blei und Kupfer ist häufig chemisch korrosiver Verschleiß (Grenzwert für i pH-Wert beachten).

Zinn

Einheit: mg/kg

Typisches Verschleißelement von Gleitlagern.

Molybdän

Einheit: mg/kg

Kann Bestandteil von Schmierölwerkstoffen sowie von verschiedenen Montagepasten sein.

Wird auch als Laufflächenbeschichtung bei Gleitlagern verwendet.

Interpretation von optional analysierten Elementen der Schmierölanalyse

Kalium und Bor

Einheit: mg/kg

Typische Elemente von Wirkstoffen zum Korrosionsschutz in der Kühlflüssigkeit. Eine Zunahme im Schmieröl ist ein Zeichen einer Kontamination durch Kühlflüssigkeit.

Bor ist jedoch auch ein typisches Element häufig verwendeter Wirkstoffe im Schmieröl.

Kalzium, Zink, Phosphor, Schwefel

Einheit: mg/kg

Typische Elemente von Wirkstoffen im Schmieröl.

Schwefel ist auch Bestandteil im Schmieröl und von Brenngasen.



2105/23 DE

Service Information

Dieses Dokument wurde digital erstellt und ist ohne Unterschrift gültig.

Dies ist die deutsche Originalversion. Alle Fremdsprachen beziehen sich auf das deutsche Original.