



research, drive & innovation

# FVA-Richtlinie

## Ölwechsel im Getriebe

Ausgabe 2010



FVA 606	<b>Ölwechsel in Getrieben</b>	 Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V.
---------	-------------------------------	--

## Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	3
2 Anwendungsbereich.....	3
3 Kurze Beschreibung der wichtigsten Schmieröle.....	4
3.1 Umlauf- und Getriebeöle.....	4
3.2 Hydrauliköle.....	4
3.3 Turbinenöle.....	4
3.5 Motorenöle.....	4
3.6 Kfz-Getriebeöle.....	4
4 Durchführung des Ölwechsels.....	5
4.1 Arbeitssicherheit, Umweltschutz und allgemeine Hinweise.....	5
4.2 Vorgehensweise beim Ölwechsel.....	5
4.2.1 Ablassen der gebrauchten Ölfüllung.....	5
4.2.2 Prüfungen und Aktionen vor Neubefüllung.....	6
4.2.3 Einfüllen der neuen Getriebeölfüllung.....	6
4.2.4 Spülprozedur.....	7
4.2.5 Vorgehensweise bei Umölung/Wechsel der Ölsorte.....	8
5 Kurze Beschreibung der wichtigsten Schmieröl-Grundöle.....	8
5.1 Produkte der Mineralölindustrie.....	8
5.2 Produkte der chemischen Industrie.....	8
5.2.1 Polyalphaolefine (PAO).....	8
5.2.2 Alkylate.....	8
5.2.3 Poly(iso)butene (PIB).....	9
5.2.4 Diester/ Polyolester/ Komplexester.....	9
5.2.5 Poly(alkylen)glykole (PG) / Polyether.....	9
5.2.6 Polyphenylether.....	9
5.2.7 Phosphorsäureester / Phosphatester.....	9
5.2.8 Silikonöle.....	9
5.2.9 Halogenierte Kohlenwasserstoffe.....	9
5.3 API-Klassifikation für Grundöle.....	9
5.4 Vergleich wichtiger Eigenschaften verschiedener Grundöle für Getriebeschmierstoffe.....	10

6 Hinweise auf mögliche Unverträglichkeiten und potentielle Problembildner .....	10
6.1 Grundöle .....	10
6.2 Additivtypen .....	11
6.3 Elastomere und Kunststoffe (z. B. Dichtungen).....	11
6.4 Kontamination mit anderen Flüssigkeiten und Stoffen .....	13
6.4.1 Detergierende/dispersierende Schmieröle .....	13
6.4.2 Reinigungsmittel.....	13
6.4.3 Korrosionsschutzmittel .....	13
6.4.4 Kühlschmierstoffe.....	13
6.4.5 Flüssigdichtungen .....	13
6.4.6 Montagehilfsmittel .....	13
6.4.7 Nachträgliche Zugabe von Schmierstoffzusätzen.....	14
6.4.8 Wasser .....	14
6.4.9 Sonstige Verunreinigungen.....	14
7 Hinweise auf sinnvolle Getriebeöl - Analytik .....	14
7.1 Aussehen.....	14
7.2 Viskosität.....	14
7.3 Neutralisations- oder Säurezahl (NZ/AN) .....	15
7.4 IR-Spektrum.....	15
7.5 Elementgehalte .....	15
7.6 Wassergehalt.....	15
7.7 Sonstige Untersuchungen .....	15
Literaturangaben: .....	16
Anhang .....	17
A.1 ISO-Viskositätsklassen für Schmierstoffe.....	17
A.2 SAE-Viskosität-Klassen .....	18
A.3 Ölwechselcheckliste (Muster).....	19
A.4 Dokumentationsblatt zum Ölwechsel (Muster).....	20

## 1 Einleitung

Die Vielzahl der unterschiedlichen Getriebeöle auf dem Markt machen es dem Servicepersonal schwierig, beim Wechsel des Getriebeöles Fehler zu vermeiden. Aus diesem Grunde hat die Forschungsvereinigung Antriebstechnik (FVA) diese Richtlinie erstellt, in der auf beim Ölwechsel in Getrieben zu beachtende Punkte hingewiesen wird.

Die FVA Richtlinie „Ölwechsel in Getrieben“ bietet insbesondere Konstrukteuren, Betreibern und dem Servicepersonal die für einen sachgerechten Schmierstoffwechsel in Getrieben notwendigen Informationen.

Die Richtlinie entspricht dem Stand der Technik zum Zeitpunkt ihrer Erstellung.

An der Erarbeitung dieser Richtlinie waren die folgenden FVA-Mitglieder unter der Leitung von Herrn Eduard Laukotka, Handeloh und Herrn Dirk Arnold, FVA beteiligt:

Addinol Lube Oil GmbH, Leuna  
 Bosch Rexroth AG, Witten  
 Burmah Oil Technology GmbH, Hamburg  
 Cognis GmbH, Düsseldorf  
 Deutsche BP AG, Mönchengladbach  
 ExxonMobil Lubricants & Specialities, Hamburg  
 A. Friedr. Flender AG, Bocholt  
 Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH, Mannheim  
 MAN Turbo AG, Oberhausen  
 Mineralöl-Raffinerie Dollbergen GmbH, Uetze  
 PIV Drives GmbH, Bad Homburg

Reintjes GmbH, Hameln  
 SEW-Eurodrive GmbH & Co. KG, Bruchsal  
 Total Deutschland GmbH, Büro Eschweiler  
 Volkswagen AG, Baunatal  
 Oelcheck GmbH, Brannenburg

Herr Alfred Hollmann  
 Herr Wolfgang Moormann  
 Herr Dr. Martin Stork  
 Herr Dirk Rettemeyer  
 Herr Michael Kaevel  
 Herr Dr. Heinrich Braun  
 Herr Dr. Gerhard Gajewski  
 Herr Henrik Heinemann  
 Herr Ralf Stangel  
 Herr Dr. Hatem Baly  
 Herr Christoph Höhr  
 Herr Norbert Salzmann  
 Herr Wolfgang Rieseberg  
 Herr Udo Vittallowitsch  
 Herr Dr. Manfred Spilker  
 Herr Meinhard Kowalski  
 Herr Carsten Heine  
 Herr Rüdiger Krethe

## 2 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie stellt einen Leitfaden für die beim Ölwechsel in Getrieben zu beachtenden Punkte dar. Sie ist keine Schmierstoff-Empfehlungsliste. Als Schmierstoff-Empfehlung gelten ausschließlich die entsprechenden Vorgaben des Getriebeherstellers in Abstimmung mit dem Hersteller der Betriebsschmierstoffe.

*Fettgeschmierte Getriebe werden in dieser Richtlinie nicht berücksichtigt.*

Die Richtlinie gilt für Ölwechsel in Industriegetrieben aller Art und für Getriebe in Marineanwendungen unabhängig vom eingesetzten Schmieröl. Für den Ölwechsel in Getrieben in Straßenfahrzeugen, Schienenfahrzeugen, Bau- und Landmaschinen sind die Vorschriften der entsprechenden Getriebehersteller maßgebend. Hierfür kann diese Richtlinie jedoch unterstützend hinzugezogen werden.

### 3 Kurze Beschreibung der wichtigsten Schmieröle (Getriebeöle, Hydrauliköle, Turbinenöle, Motorenöle, Kfz-Getriebeöle)

In Getrieben kommen praktisch alle Arten von Schmierstoffen zum Einsatz. Den Schwerpunkt bilden zweifellos die Getriebe- und Umlauföle gefolgt von Hydraulik- und Maschinenölen, Turbinenölen und den verschiedensten Motoren- und Kfz-Getriebeölen.

**3.1 Umlauf- und Getriebeöle** sind mit Abstand die am häufigsten eingesetzten Getriebeschmierstoffe. Die Mindestanforderungen für Umlauf- und Getriebeöle sind in DIN 51517-1 bis -3 in ISO 12925-1 und in AGMA 9005 standardisiert. Umlauföle wie in DIN 51517-1 beschrieben, haben praktisch kaum noch eine Bedeutung als Getriebeschmierstoff. Die große Mehrzahl der Getriebe wird heute mit additivierten Schmierölen, entsprechend den Schmierölen CLP-DIN 51517-3, befüllt. Die Verschleißschutzeigenschaften dieser Öle können sehr unterschiedlich sein.

Als Grundöle kommen überwiegend Mineralöle, synthetische Kohlenwasserstoffe, Ester und Polyalkylenglykole zum Einsatz.

**3.2 Hydrauliköle** sind mengenmäßig die größte Gruppe der Industrieschmierstoffe. Sie sind in den Anforderungsnormen DIN 51524-1 bis -3, ISO 11158, ISO 12922 und ISO 15380 beschrieben. Hydrauliköle sind in der Regel auch Werkzeugmaschinenöle, für die es in DIN-Normen keine eigene Spezifikation gibt. Auf internationaler Ebene sind Werkzeugmaschinenöle in ISO 19378 beschrieben. Hydrauliköle besitzen ein besonders gutes Luftabscheidevermögen und Schaumverhalten. In Getrieben kommen Hydrauliköle nur zum Einsatz, soweit das vom Getriebehersteller zugelassen ist.

Die Grundöle bei Hydraulikölen sind überwiegend Mineralöle. Grundöle auf Basis von synthetischen Kohlenwasserstoffen, Estern und Polyalkylenglykolen sind anzutreffen, haben aber nicht die Bedeutung wie bei den Getriebeölen.

**3.3 Turbinenöle** sind spezielle Schmier- und Reglerflüssigkeiten für Turbinenanlagen. Sie werden auch zur Schmierung von Turbinengetrieben eingesetzt. Spezifiziert sind die Turbinenöle in den Normen DIN 51515-1 und -2 sowie in ISO 8068. Sie zeichnen sich durch ein exzellentes Luftabscheidevermögen, sehr gutes Schaumverhalten und eine besonders gute Oxidationsstabilität aus. Als Grundöle werden überwiegend Mineralöle aber auch synthetische Kohlenwasserstoffe und Ester eingesetzt.

**3.4 Kompressorenöle** sind spezielle Schmierflüssigkeiten für Kompressoren, die gasförmige Medien unter Druck zur Verfügung stellen. Spezifiziert werden diese Öle in der DIN 51506 nach Produkteigenschaften und in der ISO 6743-3 nach Anwendungsfällen. Sie kommen in Getrieben nur nach Zulassung des Getriebeherstellers zum Einsatz. Sinnvoll kann ein solcher Einsatz bei möglichen Kontakt mit aggressiven Gasen sein. Als Grundöle werden hier überwiegend synthetische Kohlenwasserstoffe und synthetische Ester sowie Poly(alkylen)glykole eingesetzt. Mineralöle finden zum Teil auch Verwendung. Neben der Verträglichkeit mit dem zu komprimierenden Medium zeichnen sich diese Öle durch ein exzellentes Luftabscheidevermögen und sehr hohe Oxidationsstabilität aus.

**3.5 Motorenöle** sind als Getriebeschmierstoff speziell als Einbereichsöl insbesondere bei Marineanwendungen anzutreffen. Motorenöle zeigen in vielen Eigenschaften ein anderes Verhalten als die bisher beschriebenen Schmieröle. Das trifft besonders auf Mehrbereichs-Motorenöle zu. Mehrbereichsöle zeigen häufig im Laufe der Betriebszeit einen zum Teil deutlichen Viskositätsabfall. Darum kann der Einsatz dieser Öle in hoch belasteten Industriegetrieben nur in Ausnahmefällen und nur mit der Zustimmung des Getriebeherstellers empfohlen werden. Als Grundöl für Motorenöle kommen überwiegend Mineralöl und synthetische Kohlenwasserstoffe zum Einsatz (siehe auch Abschnitt 6).

**3.6 Kfz-Getriebeöle** sind gelegentlich als Schmieröl in Industriegetrieben anzutreffen. Sie sind heute häufig als Mehrbereichsöl ausgeführt und sollten nur dann in Industriegetrieben eingesetzt werden, wenn die Zustimmung des Getriebeherstellers vorliegt (siehe hierzu auch Abschnitt 3.5).

## 4 Durchführung des Ölwechsels

Ein sorgfältiger Ölwechsel trägt wesentlich zur Erhöhung der Betriebssicherheit und der Standzeit sowohl des Getriebes als auch der neuen Ölfüllung bei.

Es ist sicher zu stellen, dass beim Ölwechsel keine Verunreinigungen wie z. B. Fremdkörper, Wasser oder andere Flüssigkeiten in das Getriebeinnere gelangen.

### 4.1 Arbeitssicherheit, Umweltschutz und allgemeine Hinweise

Alle Wartungsarbeiten sind sorgfältig und nur von geschultem Fachpersonal durchzuführen.

Vor dem Ölwechsel sollte immer eine Ölprobe des noch betriebswarmen Öles aus dem Getriebe sachgerecht gezogen werden, die für spätere Überprüfungen dokumentiert und aufbewahrt wird.

Folgende Vorschriften und Dokumente sind zu berücksichtigen:

- Vorschriften zur Arbeitssicherheit und Umweltschutz einschließlich der Altölentsorgung.  
*Achtung:* Getriebeöle sind wieder verwertbare Stoffe. Bei deren Entsorgung sind die vor Ort geltenden gesetzlichen Regelungen zu beachten.
- Produktdatenblätter der eingesetzten Öle einschließlich des Spülöles
- Sicherheitsdatenblätter der eingesetzten Öle und Hilfsmittel
- Betriebs- und Wartungsanleitungen der zum Ölwechsel vorgesehenen Getriebe einschließlich der Ölversorgungsanlage und die Hinweise der Hersteller zum Ölwechsel
- Dokumentationsblatt zum Ölwechsel (Beispiel siehe *Anlage A4*)

Folgende Vorbereitungen am Getriebe sind zu treffen:

- Geeignete Maßnahmen zum Körperschutz sind vorzubereiten und zu benutzen (Hautpflegemittel, Handschuhe, Arbeitsschuhe, Schutzbrille, ggf. Gehörschutz, usw.)
- Für ausreichende Platzverhältnisse und Sauberkeit am Arbeitsplatz ist zu sorgen
- Bereitstellung von
  - o geeigneten Ölauffang- bzw. Entnahmegeräten ausreichender Größe
  - o geeigneten gereinigten Geräten und Behältern für eine Ölmusterentnahme und – beschriftung
  - o gegebenenfalls genügender Menge an sauberem Spülöl
  - o richtige Sorte und ausreichende Menge an Frischöl zur Neubefüllung des Getriebes
  - o gereinigten Befüllsystem und weiteren Hilfsmitteln einschließlich der Befüllfilter
  - o ggf. neue Dichtungen
  - o Ölbinde- und Reinigungsmittel
  - o Fusselfreie und saubere Putzlappen in ausreichender Menge

### 4.2 Vorgehensweise beim Ölwechsel

#### 4.2.1 Ablassen der gebrauchten Ölfüllung

- Hinweise in der Betriebsanweisung des Getriebeherstellers zum Ablassen des Altöles beachten. Dies gilt besonders auch für Zentralschmieranlagen und andere Ölversorgungseinrichtungen. Wenn keine entsprechenden Hinweise vorhanden sind, ist der tiefstmögliche Punkt zum Ablassen/Absaugen zu wählen.
- Das Ablassen des Öls sollte möglichst bei warmem Öl erfolgen. Allerdings sind Öltemperaturen des ablaufenden Öles von deutlich mehr als 50°C aufgrund eventueller Verbrühungsgefahr zu vermeiden.
- Vor dem Ablassen des Öles ist das Getriebe nochmals kurzzeitig in Betrieb zu nehmen.  
*Achtung:* Der Ölwechsel sollte möglichst schnell nach dem Abschalten des Getriebes erfolgen, um das Absetzen eventueller Feststoffe zu vermeiden.
- Getriebe stillsetzen und gegen unbefugte Inbetriebnahme schützen
- Ölstand kontrollieren und dokumentieren.  
*Achtung:* Ein Ölstand oberhalb der Max-Markierung kann ein Anzeichen für eingedrungene Fremdflüssigkeit sein (z.B. Hydrauliköl, Wasser o.ä.). Ein Ölstand unterhalb der Min-Markierung kann ein Anzeichen für eine Undichtigkeit sein. Beide Zustände sind untypisch und können zu einem Getriebebeschaden führen. Vor Neubefüllung muss die Ursache geklärt und gegebenenfalls abgestellt werden!
- Sichtkontrolle auf mögliche Leckagen. Bei Leckagen ist die Ursache zu suchen und vor Neubefüllung zu beheben.
- Vor dem Ablassen bzw. Absaugen des Öles vorhandene Entlüftungsdeckel o.ä. öffnen.

- Das Auffanggefäß ist unter den Ölabblass zu positionieren.
- Öl ablassen bzw. absaugen, ggf. vorhandene Öltaschen ebenfalls entleeren;
- Der Abblass ist vorsichtig zu öffnen (Achtung: Verbrühungsgefahr!). Das ablaufende Öl ist vorschriftsmäßig aufzufangen. Gegebenenfalls sind Nebenaggregate (Ölversorgungsanlagen, Filter etc.) und Verrohrungen ebenfalls zu leeren.
- Bei Getrieben mit Ölumlaufschmierung und Ölversorgungsanlagen ist das ölführende System nach den Herstellervorschriften in der Betriebs- und Wartungsanleitung zu entleeren.
- Eventuell vorbeifließendes Öl ist sofort mit geeignetem Material zu binden und vorschriftsmäßig zu entsorgen!

#### 4.2.2 Prüfungen und Aktionen vor Neubefüllung

- Die abgelassene Ölmenge ist mit der Nennfüllmenge des Herstellers zu vergleichen. Weicht diese trotz korrektem Ölstand erheblich nach unten ab, ist von deutlichen Restmengen Altöl im Getriebe bzw. in Nebenaggregaten auszugehen. In diesem Fall ist die unter *Punkt 4.2.4* beschriebene Spülprozedur notwendig.
- Das abgelassene Öl ist visuell zu prüfen. (Aussehen, Farbe, Verschmutzung usw.).
- Sind starke Verunreinigungen vorhanden (z.B. Wasser, metallische Partikel, Schlamm), ist eine Fachkraft zur Ursachenfindung hinzuzuziehen.
- Das Schmierölsystem muss dann vor der Neubefüllung gründlich gespült werden (*siehe Punkt. 4.2.4*).
- Ölabblassschrauben mit Magnet bzw. vorhandene Magnetabscheider sind auf metallischen Abrieb zu prüfen und zu reinigen. Bei Verdacht auf erhöhten Abrieb ist eine Fachkraft zur Ursachenfindung hinzuzuziehen.
- Bei Getrieben mit Inspektionsöffnungen sind der Getriebeinnenraum auf Ablagerungen und die Verzahnung sowie die Lager auf Schäden zu prüfen. Eventuelle Beschädigungen sind zu beseitigen. Bei starken Ablagerungen oder sonstigen Verunreinigungen ist die unter *Punkt 4.2.4* beschriebene Spülprozedur nötig. Ist offensichtlich, dass die Verunreinigungen durch eine Spülung allein nicht zu beseitigen sind, sind diese mechanisch zu entfernen. Vorratsbehälter können z.B. mit Gummischaber restentleert werden.  
*Achtung:* Vor dem Öffnen von Inspektionsdeckeln an Getrieben ist die Umgebung der Inspektionsöffnung gründlich zu säubern, damit beim Öffnen des Deckels keine Verschmutzung von außen in den Getriebeinnenraum gelangen kann.
- Vorhandene Ölfilter und Dichtungen sind gemäß Vorschrift zu säubern bzw. zu wechseln.
- Das Altöl ist vorschriftsmäßig zu entsorgen.  
*Achtung:* Bei bestimmten synthetischen Ölen oder Verunreinigungen können andere Entsorgungsmaßnahmen notwendig werden als bei normalen Gebrauchölen.

#### 4.2.3 Einfüllen der neuen Getriebeölfüllung

Das Getriebe ist grundsätzlich nur mit Frischöl des vorher verwendeten Produktes zu befüllen. Gegebenenfalls sind die Angaben zur geforderten Reinheitsklasse in der Betriebsanleitung zu beachten. Für einen Wechsel der Ölsorte oder gar des Öltyps müssen wichtige Gründe vorliegen. Bei Unverträglichkeiten der vorher und nachher verwendeten Ölsorten ist eine Spülprozedur notwendig (*siehe Pkt. 4.2.4*).

Es ist empfehlenswert für spätere Vergleiche eine Ölprobe des Frischöles vor der Befüllung als Rückstellprobe aufzubewahren.

Folgende Schritte sind durchzuführen:

- Sitze der Entlüftungsdeckel, Ablassschrauben usw. reinigen.
- Vorher geöffnete Entlüftungsdeckel, Ablassschrauben usw. bei Bedarf mit neuen Dichtungen versehen und schließen.
- Eine eventuell notwendige Spülprozedur ist an dieser Stelle zu integrieren. Soweit dazu keine Vorschriften vom Getriebe- bzw. Ölhersteller bestehen, wird die Vorgehensweise wie unter *Punkt 4.2.4* beschrieben empfohlen.
- Frischöl visuell auf folgende Parameter prüfen:
  - Homogenität
  - Freiheit von festen Verunreinigungen und Wasser
  - Farbe und Aussehen nach den produktspezifischen Daten des Ölherstellers

- Frischöl bis zum vorgeschriebenen Füllstand einfüllen.  
*Achtung:* Die Angabe des Ölvolumens auf den Typenschildern ist nur ein Richtwert!
- Frischöl kann verunreinigt sein. Die Ölbefüllung sollte deshalb über einen Filter gemäß Betriebs- und Wartungsanleitung erfolgen. Sind keine Angaben hierzu vorhanden, haben sich Einfüllfilter mit einer Filterfeinheit von 10 µm bewährt. Hierbei empfiehlt es sich, das Öl auf 35 °C bis 40 °C vorzuwärmen. Manchmal genügt es auch das zum Befüllen des Getriebes vorgesehene Öl ca. 2 – 3 Tage in einem ca. 25 °C warmen Raum zu lagern und dann einzufüllen.
- Gegebenenfalls Nebenaggregate (Ölanlagen, Filter etc.) und Verrohrungen ebenfalls befüllen.
- Nach kurzer Betriebszeit (ca. 10 Minuten) und einer Ruhezeit von mindestens 15 Minuten ist der Ölstand erneut zu prüfen und wenn notwendig Öl nachzufüllen oder abzulassen.
- Es wird empfohlen, ca. 5 Betriebsstunden nach dem Ölwechsel eine Ölprobe aus dem Getriebe zu entnehmen, die für spätere Überprüfungen dokumentiert und aufbewahrt wird.  
*Achtung:* Ölhersteller geben in der Regel maximal zulässige Fremddölgehalte im Betriebsöl an. Diese können anhand einer Ölanalyse (Umölungskontrolle) ermittelt werden.
- Dokumentationsblatt zum Ölwechsel (Beispiel siehe *Anlage A4*) ausfüllen und aufbewahren.
- Nach spätestens 1 Woche Ölfilter auf Ablagerungen kontrollieren und ggf. reinigen oder ersetzen. Es können sich im System verbliebene Verschmutzungen gelöst haben und die Filter blockieren.

#### 4.2.4 Spülprozedur

Bei einem Wechsel der Ölsorte, speziell des Grundöltyps, bei größeren Verschmutzungen der Getriebeölbefüllung oder nach größeren Reparaturen an der Getriebeanlage wird eine Spülprozedur vor der endgültigen Befüllung des Systems mit dem Betriebsöl dringend empfohlen.

Sind weder vom Getriebehersteller noch vom Ölhersteller Richtlinien zur Spülung gegeben, kann die nachfolgende Vorgehensweise als Beispiel dienen. Diese ist an die örtlichen Gegebenheiten anzupassen.

Der geschilderte Ablauf ist zusätzlich zu den für einen Ölwechsel beschriebenen Tätigkeiten vorzusehen und an der entsprechenden Stelle des Ablaufplanes zu integrieren.

- Getriebe gegen unbefugte Inbetriebnahme schützen
- Zur Spülung sollte die später zu verwendende Schmierölsorte verwendet werden, um Unverträglichkeiten zu vermeiden. Zur besseren Spül- und Lösewirkung kann ggf. eine niedrigere Viskositätsstufe derselben Ölsorte gewählt werden. Dabei sind die Schmieranforderungen aller Komponenten einschl. der Pumpen zu berücksichtigen.
- Die Verwendung spezieller Reinigungs- oder Spülöle ist möglich und manchmal nicht zu umgehen. Dabei ist auf die notwendige Abstimmung mit dem Öllieferanten und den Getriebehersteller zu achten.
- Das Spülöl ist, wie beim Ölwechsel für das Frischöl unter *Punkt 4.2.3* beschrieben, vor der Verwendung visuell zu prüfen.
- Das System ist mit dem für die Spülung vorgesehenen Öl soweit zu befüllen, dass ein kurzzeitiger Betrieb im Leerlauf oder Teillastbereich ohne Störungen möglich ist.
- Erwärmtes Spülöl verbessert die Spülwirkung und verkürzt die notwendige Spülzeit. Wegen der Verbrühungsgefahr sollten 50°C nicht überschritten werden.
- Eventuell vorhandene Nebenaggregate sind bei der Befüllung mit Spülöl zu berücksichtigen. Bei Bedarf sollten diese separat befüllt und nach dem Spüllauf wieder entleert werden.
- Das Getriebe ist mit der Spülölfüllung kurzzeitig zu betreiben, um eine intensive Vermischung mit dem im System verbliebenen Restöl zu erreichen und Verunreinigungen soweit möglich zu lösen. Wenn in den Betriebs- und Wartungsanleitungen keine Spülzeit angegeben wird, werden ca. 10 bis 60 Minuten empfohlen. Je größer die Betriebsölmenge und je stärker die Verschmutzung, um so länger sollte gespült werden.  
*Anmerkung:* Es wird empfohlen, während des Spülvorganges das Spülöl im Nebenstrom zu reinigen.
- Anschließend wird die Spülölfüllung abgelassen. Die Vorgehensweise ist mit dem Ablassen des Gebrauchtöles identisch (wie unter *Punkt 4.2.1* beschrieben).
- Das Spülöl ist visuell zu kontrollieren. Bei nach wie vor im Öl bzw. im Getriebe vorhandenen nicht zu tolerierenden Verunreinigungen o.ä. ist diese Spülprozedur zu wiederholen, bis das gewünschte Ergebnis erreicht wird.

Das Spülöl kann, je nach Zustand, gereinigt und wieder verwendet oder muss entsorgt werden. Ein Einsatz als Betriebsöl ist nicht zulässig.



#### 4.2.5 Vorgehensweise bei Umölung/Wechsel der Ölsorte

Ein Wechsel der Ölsorte sollte nur aus wichtigen Gründen im Ausnahmefall erfolgen. Insbesondere beim Wechsel auf einen anderen Grundöltyp oder auf ein Öl mit stark unterschiedlicher Additivtechnologie kann es zu Unverträglichkeiten kommen. Die wesentlichen Eigenschaften der unterschiedlichen Basisöle sind unter *Punkt 5* beschrieben.

Die Verträglichkeit unterschiedlicher Schmieröle können letztendlich nur die Ölhersteller beurteilen. Deshalb ist es dringend ratsam, diese in den Entscheidungsprozess mit einzubeziehen.

Bei einem Ölwechsel auf ein Schmieröl mit einem anderen Grundöltyp oder unterschiedlicher Additivtechnologie muss die gesamte Anlage unbedingt nach dem Ablass des Gebrauchtsöls gründlich gesäubert und gespült werden, wie unter *Punkt 4.2.4* beschrieben. Das Spülöl kann in diesem Fall maximal noch ein zweites Mal zum Spülen des gleichen Getriebes eingesetzt werden. Danach steht es zur Entsorgung an.

Bei Umölung auf eine neue Ölsorte ähnlicher Zusammensetzung ist ebenfalls eine Spülprozedur entsprechend *Punkt 4.2.4* zu empfehlen.

Grundsätzliche Hinweise auf mögliche Problemfelder sind in *Abschnitt 6* beschrieben.

Die folgenden Punkte müssen bei einem Wechsel des Grundöltyps zusätzlich beachtet werden:

- Die Verträglichkeit mit anderen Getriebekomponenten, z. B. Dichtungsmaterialien oder Lacken/Anstrichen, mit dem neuen Öl muss geprüft werden. Gegebenenfalls sind die Hersteller des Getriebes und des neuen Öls zu kontaktieren.
- Die Funktionalität von Öl/Wasser-Abscheidern ist zu überprüfen, einige Schmierstoffe, z. B. Poly(alkylen)glykole (PG), haben eine höhere Dichte als Wasser, andere können mit Wasser Emulsionen bilden.
- Bei Ölen höherer Dichte können Kavitationsprobleme auftreten, evtl. sind höhere Saugleitungsquerschnitte notwendig

## 5 Kurze Beschreibung der wichtigsten Schmieröl-Grundöle (PAO, PG, Ester), im Vergleich zu Mineralöl

### 5.1 Produkte der Mineralölindustrie

seit Mitte des 19. Jh. werden Mineralöle zu Schmierstoffzwecken eingesetzt. Noch immer haben aus Mineralöl gewonnene Grundöle den größten Anteil an Automobil- und Industrieschmierstoffen. Während die Grundöle lange Zeit mit Hilfe chemisch-physikalischer Prozesse aus dem Rohöl extrahiert wurden (Destillation und Solventraffination), treten in letzter Zeit Konversionsprozesse, in denen Rohölkomponenten durch chemische Reaktion gezielt zu schmierstofffähigen Molekülen umgesetzt werden (Hydrorafination), mehr und mehr in den Vordergrund.

### 5.2 Produkte der chemischen Industrie

seit über 100 Jahren hat die chemische Industrie eine Vielzahl von Substanzen entwickelt, die Mineralöle in Schmierstoffen teilweise oder ganz ersetzen können. Einige dieser Stoffe sind aufgrund ihrer vom Mineralöl abweichenden Eigenschaften für spezielle Anwendungen besonders geeignet. Sie werden oft auch im Gemisch mit Mineralöl oder als Additive eingesetzt, um Eigenschaften des Schmierstoffes gezielt zu beeinflussen.

#### 5.2.1 Polyalphaolefine (PAO)

am weitesten verbreitete Gruppe der synthetischen Kohlenwasserstoffe, mit besserem Viskosität-Temperatur-Verhalten, Tieftemperatureigenschaften sowie bei entsprechender Additivierung thermischer und oxidativer Stabilität als Mineralöle.

#### 5.2.2 Alkylate

synthetische Kohlenwasserstoffe mit exzellenten Tieftemperatureigenschaften, kompatibel mit allen anderen Kohlenwasserstoffen, können Ablagerungen lösen oder Elastomereigenschaften beeinflussen.

### 5.2.3 Poly(iso)butene (PIB)

synthetische Kohlenwasserstoffe mit sehr guten dielektrischen Eigenschaften. Hochmolekulare Vertreter werden zur Erhöhung der Viskosität eingesetzt. Kompatibel mit allen anderen Kohlenwasserstoffen.

### 5.2.4 Diester/ Polyolester/ Komplexester

gute Schmierfähigkeit, hohe Temperatur- und Oxidationsstabilität, können Ablagerungen lösen oder Elastomereigenschaften beeinflussen.

### 5.2.5 Poly(alkylen)glykole (PG) / Polyether

Polymerisationsprodukte von Ethylen- und/oder Propylenglykol.

Je höher der Ethylenglykolanteil, desto besser ist die Mischbarkeit mit Wasser. Nur eingeschränkt mit Kohlenwasserstoffen mischbar, können Elastomereigenschaften und Lacke beeinflussen.

### 5.2.6 Polyphenylether

exzellente Stabilität gegen sehr hohe Temperaturen und Oxidation sowie ionisierende Strahlung. Aufgrund hoher Viskositäten bei Normaltemperaturen nur bedingt einsetzbar.

### 5.2.7 Phosphorsäureester / Phosphatester

besondere Eigenschaft ist die Schwerentflammbarkeit. Einige Typen auch als Verschleißschutzadditiv und Reibwertverminderer eingesetzt.

### 5.2.8 Silikonöle

im Wesentlichen chemisch inert, schwer entflammbar und wasserabweisend, häufig mit schlechter Benetzbarkeit von Metalloberflächen, speziell Stählen. Oft als Entschäumer zugesetzt. Nicht mischbar mit Kohlenwasserstoffen.

### 5.2.9 Halogenierte Kohlenwasserstoffe

chemisch inert, daher eingesetzt bei Anwendungen mit aggressiven Medien.

## 5.3 API-Klassifikation für Grundöle

Kohlenwasserstoffe, ob Mineralöle oder synthetische, sind die wichtigsten Basisöle für Industrie und Automobilbau und decken weit über 90 % der Anwendungen ab. API (American Petroleum Institute, USA) hat ein Klassifikationssystem erstellt, das Mineralöle entsprechend ihren Raffinationsgrad in drei Gruppen einteilt (Gruppen 1 - 3). Synthetische Kohlenwasserstoffe fallen in die beiden übrigen Kategorien, wobei für PAO eine eigene Klasse reserviert ist (Gruppe 4).

Alle anderen Stoffe, die für Schmierstoffzwecke eingesetzt werden, fallen unter die API-Gruppe 5.

API Gruppe	Gesättigter Kohlenstoff, %	Schwefelgehalt, Masse-%	Viskositätsindex	Hersteller
1	< 90	> 0,03	$80 \leq VI < 120$	Mineralöl-industrie
2	$\geq 90$	> 0,03	$80 \leq VI < 120$	
3	$\geq 90$	$\leq 0,03$	$\geq 120$	
4	Polyalphaolefine			Chemische Industrie
5	alle anderen Substanzen, die nicht unter 1 - 4 fallen			

**Tabelle 5.1:** Klassifizierung der Schmierstoff-Grundöle nach API

## 5.4 Vergleich wichtiger Eigenschaften verschiedener Grundöle für Getriebeschmierstoffe

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick der wichtigsten Syntheseöle und ihrer Eigenschaften im Vergleich zu Mineralöl

	Mineral- Öl	PAO	Di- ester	Polyol- ester	Poly- glykol
Viskositäts-Temperatur-Verhalten	4	2	1	2	1
Fließfähigkeit bei tiefen Temperaturen	4	2	1	2	3
Schmierfähigkeit & Lastaufnahme	3	3	2	2	1
Wasserabscheidevermögen	4	2	2	2	5
Luftabscheidevermögen	3	2	2	2	4
Verträglichkeit mit Lacken & Anstrichen	1	1	3	4	4
Dichtungsverträglichkeit	2	2	4	4	3
Wasserbeständigkeit	1	1	4	4	2
Flüchtigkeit & Verdampfungsverlust	4	2	1	1	2
Thermische Stabilität	4	2	2	2	2
Oxidationsstabilität (mit Inhibitor)	4	2	2	3	2
Korrosionsschutz (mit Inhibitor)	1	1	2	3	2
Verträglichkeit mit Mineralölen		1	2	4	5
Löslichkeit von Additiven	1	3	1	2	4

1 hervorragend, 2 sehr gut, 3 gut, 4 mäßig, 5 bedarf sorgfältiger Abstimmung

Bitte beachten: Dies ist nur eine grobe Abschätzung. Die produktspezifischen Eigenschaften können je nach Hersteller in weiten Grenzen variieren.

**Tabelle 5.2:** Eigenschaften von Getriebeöl-Grundölen im Vergleich

## 6 Hinweise auf mögliche Unverträglichkeiten und potentielle Problembildner

### 6.1 Grundöle

Die typischen Grundöle für Industriegetriebeöle sind Mineralöle, die synthetischen Kohlenwasserstoffe Polyalphaolefin (PAO) und Polyisobutylen (PIB), verschiedene Typen von Estern und Polyalkylenglykole, auch Polyglykole genannt (PG).

*Mineralöle* sind mit den üblichen im Getriebebau vorkommenden Werkstoffen grundsätzlich verträglich.

*Synthetische Kohlenwasserstoffe* und *Ester* sind mit den meisten im Getriebebau vorkommenden Werkstoffen verträglich. Dichtungsmaterialien, Anstrich- und Beschichtungsstoffen gegenüber kann das Verhalten dieser Grundöle jedoch anders sein, als das von Mineralölen. Hierfür wird eine Verträglichkeitsprüfung bzw. Rücksprache mit den jeweiligen Herstellern empfohlen. Der Einsatz von *Ester*-Schmierstoffen in Kontakt mit verzinkten Oberflächen sollte vermieden werden. Ebenso ist ein erhöhter Zutritt von Feuchtigkeit bei diesen Schmierstoffen zu vermeiden, da diese zu einer Aufspaltung der Ester und somit erhöhter Korrosion im System führen kann. *Poly(alkylen)glykole* haben gegenüber Dichtungsmaterialien, Farben- und Anstrichstoffen ebenfalls ein anderes Verhalten, das vor Einsatz abgeklärt werden sollte. Zusätzlich sind Polyglykole mit Aluminiumlegierungen als Tribokomponente, unabhängig von der Al-Konzentration in der Legierung, unverträglich. Gehäuse aus Aluminiumlegierungen ohne tribologische Funktion (geschmierter Reibkontakt) sind jedoch einsetzbar. Beim Einsatz von Polyglykolschmierstoffen in salzhaltiger Atmosphäre (z.B. in Seeluft) ist Vorsicht geboten. Abhängig von den Betriebsbedingungen besteht hier die Möglichkeit unerwartet starker Korrosion im System. Insbesondere sind PG-Öle in der Regel mit anderen Ölen nicht verträglich. Starke Schaumbildung, Ausfällungen und andere negative Folgen können daraus resultieren. Prinzipiell sollte sowohl der entsprechende Part der Betriebsanleitung des Getriebeherstellers als auch die Stellungnahme des Ölherstellers des einzufüllenden Öls berücksichtigt werden.

## 6.2 Additivtypen

Hochleistungsgetriebeöle nutzen als EP/AW-Additive überwiegend verschiedene Schwefel-Phosphor (S/P)-Technologien. Andere Typen, wie Borate, Carbamate und Dithiophosphate sind jedoch auch anzutreffen.

Eine Vermischung von Getriebeölen unterschiedlicher EP/AW-Additivierung sollte vermieden werden, da es zu Unverträglichkeiten kommen kann. Manchmal genügen Spuren einer anderen Additivtechnologie im Öl, um z.B. starkes Schäumen, Eintrübungen oder sogar die Bildung von Ablagerungen im Öl zu fördern. In einigen Fällen kann Korrosion auftreten, da es zu einer Säurebildung im Öl infolge einer Reaktion unterschiedlicher Additivtypen miteinander kommt.

Viskositäts-Index-Verbesserer (VI-Verbesserer) sind wichtige Additivkomponenten in Motorenölen aller Art, Kfz-Getriebeölen und zum Teil in Hydraulikölen. In Hochleistungsgetriebeölen sollten VI-Verbesserer nach Möglichkeit nicht zum Einsatz kommen. Der Scherverlust dieser meist langkettigen Additivtypen kann im Betrieb zu einer deutlichen Viskositätsabsenkung des Getriebeöles und damit zu schwerwiegenden Schäden wie Fressen, vorzeitiger Graufleckigkeit oder Grübchenbildung führen.

Lässt sich die Vermischung unterschiedlicher Getriebeöle nicht vermeiden, sollte man auf jeden Fall die Schmierstoffhersteller auf mögliche Unverträglichkeiten ansprechen.

## 6.3 Elastomere und Kunststoffe (z. B. Dichtungen)

In Getrieben wird eine große Anzahl verschiedener Elastomere und Kunststoffe eingesetzt (z.B. Dichtungen, Ritzel, Zahnräder, Gehäuseteile, Lagerkäfige, Kabelummantelungen). In Abhängigkeit von den Einsatzbedingungen und den zu verwendenden Schmierstoffen werden vom Konstrukteur die Materialien ausgewählt. Daher spielt die richtige Abstimmung und Verträglichkeit zwischen Werkstoff und Schmierstoff oft eine zentrale Rolle für die störungsfreie Funktion des Getriebes. Veränderungen können zu erheblichen Störungen bis zum Ausfall der Anlage führen und sollten daher im Vorfeld geprüft und mit den jeweiligen Herstellern abgestimmt werden. Für Mineralöle liegen die umfangreichsten Praxiserfahrungen vor. Synthetische Schmieröle beeinflussen die Eigenschaften der Elastomere und Kunststoffe anders als Mineralöle. Hinweise zur Materialverträglichkeit von Schmieröl-Grundölen sind in *Tabelle 6.1* aufgeführt.

Grundöl		Mineralöl	Synth. KW (PAO)	synth. Esteröl	Polyglykol	Silikonöl	Perfluoriertepoly-ether	Polyphenylether	HFC	Alkylate
<b>Elastomere / Kunststoffe</b>										
Kürzel	Chemische Bezeichnung									
ABS	Acrylnitril-Butadien-Styrol-Cop.	A	B	B	B	A	A	D	?	?
ACM / PMMA	Polyacrylat-Kautschuke	A	A	B*	B	A	A	A	D	?
PU / AU	Polyester-Urethan-Kautschuke	A	B	B	D	A	A	B	D	?
CA	Celluloseacetat	A	A	?	D	?	?	?	?	?
CR	Chloropren- /Polychlorbutadien-Kautschuke	C	B	C	B	?	?	?	B	B
ECO	Epichlorhydrin-Kautschuke	A	B	?	?	?	?	?	?	?
EPDM	Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuke	D	D	D**	A	A	A	D	A	D
PU / EU	Polyether-Urethan-Kautschuke	A	A	B*	D	B	A	A	D	?
FPM / FKM	Fluorkarbon-Elastomere / Fluor-Kautschuke	A	B	A	B	A	A	A	C	A
HNBR	Hydrierte Acrylnitril-Butadien-Kautschuke (hochvernetzt)	A	A	B	B	A	A	A	A	A
IIR	Isobuten-Isopren-Kautschuke / Butyl-Kautschuke	D	D	D	A	A	A	A	A	?
NBR	Acrylnitril-Butadien-Kautschuke	A	A	B	B	A	A	A	A	A
NR	Natur-Kautschuke	D	D	D	A	?	?	?	B	?
PA	Polyamid	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC	Polycarbonat	A	B	C	A	A	A	D	?	?
PE	Polyethylen	A	B	C	A	A	A	B	?	?
PETP	Polyethylen (thermoplastisch)	A	B	B	C	?	?	?	?	?
POM	Polyoxymethylen	A	B	A	A	B	A	A	?	?
PP	Polypropylen	A	B	B	A	?	?	?	A	?
PS	Polystyrol	B	B	B	A	?	?	?	A	?
PTFE	Polytetrafluorethylen	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PVC-P	Polyvinylchlorid (weich)	B	B	B	C	?	?	?	?	?
PVC-U	Polyvinylchlorid (hart)	A	A	C	A	?	?	?	?	?
SBR	Styrol-Butadien-Kautschuke	D	D	D	A	?	?	?	B	?
SI / VMQ	Silikonkautschuk (Polysiloxane)	B	B	B	B	?	?	?	B	?
UP	Polyesterharze	B	B	B	A	B	B	B	B	?

\* bei Wassergehalt > 0,8% Probleme

\*\* bestimmte Estertypen (KMÖ) bedingt verträglich

A - sehr gut beständig

B – beständig (ggf. mit geringen Einschränkungen)

C – bedingt beständig ( sollte im Einzelfall geprüft werden)

D – unbeständig

? – keine Daten vorhanden

Die Angaben gelten für Frischöle im Bereich der vorgegebenen Einsatztemperaturen. Diese Aufstellung stellt lediglich eine grobe Orientierung dar. Im konkreten Einzelfall ist in jedem Fall die Empfehlung des Dichtungsherstellers hinzuzuziehen.

**Tabelle 6.1:** Verträglichkeit von Schmierstoffen mit verschiedenen Elastomeren/Kunststoffen

## **6.4 Kontamination mit anderen Flüssigkeiten und Stoffen**

Getriebeöle können im Betrieb einer Kontamination mit verschiedenen Substanzen ausgesetzt sein. Das sind Betriebsstoffe, die direkt an der Maschine benötigt werden, aber auch Verunreinigungen aus der Umwelt. Weitere Quellen der Verunreinigung sind die Verwechslung von Schmierstoffsorten und Unsauberkeit beim Nachfüllen von Schmierstoff. Verunreinigungen können bereits in sehr geringen Mengen Getriebeölfüllungen unbrauchbar machen.

### **6.4.1 Detergierende/dispergierende Schmieröle**

Detergierende/dispergierende Schmieröle sind als Motorenöle und Hydrauliköle HLPD weit verbreitet. Eine Kontamination von Getriebeölen mit solchen Produkten kann z. B. durch nicht gereinigte Ölnachfüllkannen, Schmierstoff-Verwechslung beim Nachfüllen oder Wechsel der Ölsorte erfolgen. Mit derartigen Ölen verunreinigte Getriebeölfüllungen neigen in der Regel stark zum Schäumen. Bei stärkerer Kontamination wird das ins Getriebeöl eingedrungene Wasser nicht mehr abgeschieden, sondern einemulgiert. So verunreinigte Ölfüllungen sollten unbedingt erneuert werden. Durch Filtration oder Zentrifugieren sind diese nicht zu regenerieren.

### **6.4.2 Reinigungsmittel**

Getriebeölverunreinigungen durch Kaltreiniger oder andere Reinigungsmittel kommen meistens bei Getrieben vor, bei denen auf besondere Sauberkeit im Aussehen oder in der Umgebung geachtet wird. Beim Saubersprühen der Getriebegehäuse mit dem Hochdruckreiniger dringt Reinigungsflüssigkeit in das Getriebeöl ein und führt zu einer starken Schaumbildung. So verunreinigte Ölfüllungen lassen sich nicht regenerieren und müssen ausgetauscht werden.

### **6.4.3 Korrosionsschutzmittel**

Korrosionsschutzmittel müssen mit dem Betriebsöl kompatibel sein. Die ggf. vorhandenen Vorschriften des Getriebeherstellers sind zu beachten. Eine Kontamination durch ungeeignete Korrosionsschutzmittel kann zu einer verstärkten Schaumbildung, Filterblockaden und verringerten Verschleißschutzeigenschaften des Getriebeöles führen. Derartig kontaminierte Ölfüllungen kann man nicht regenerieren und müssen verworfen werden.

### **6.4.4 Kühlschmierstoffe**

Verunreinigungen durch Kühlschmierstoffe (Metallbearbeitungsflüssigkeiten) sind typisch für Getriebe, die in Metallbearbeitungszentren eingesetzt sind. Da Kühlschmierstoffe sehr unterschiedliche Zusammensetzungen haben können, ist das Erscheinungsbild solcher Kontaminationen sehr vielfältig. Typisch sind starkes Schäumen, plötzliche Blockade von Filtern, Ablagerungen, Verklebungen und Korrosion. Mit Kühlschmierstoffen verunreinigte Ölfüllungen müssen ausgetauscht werden. Ein gründliches Spülen des Systems vor Neubefüllung ist besonders wichtig.

### **6.4.5 Flüssigdichtungen**

Flüssigdichtungen kommen heute in allen Bereichen des Getriebebaus verstärkt zum Einsatz. Sie können auf unterschiedlicher Basis aufgebaut sein. Kritisch für Getriebeölfüllungen sind vor allem Dichtmittel auf Silikonbasis. Eine Kontamination von Getriebeölfüllungen mit silikonhaltigen Dichtstoffen kann zu einer deutlichen Verschlechterung des Luftabscheidevermögens des Öles führen. Durch Verunreinigung mit Flüssigdichtungen kann es auch zu einem verstärkten Schäumen der Ölfüllung kommen. Eine Regeneration so verschmutzter Ölfüllungen ist nicht möglich.

Bei Reparaturarbeiten sind ausschließlich die von dem Getriebehersteller zugelassenen Flüssigdichtmittel einzusetzen.

### **6.4.6 Montagehilfsmittel**

Montagehilfsmittel im Getriebebau können silikonhaltige oder silikonfreie Produkte mit oder ohne Anteile von Festschmierstoffen sein. Kontaminationen mit Silikonöl können zu einer Verschlechterung des Luftabscheidevermögens führen, die, je nach Höhe der Kontamination, einen Austausch der Ölfüllung notwendig macht.

#### 6.4.7 Nachträgliche Zugabe von Schmierstoffzusätzen

Moderne Getriebeöle werden vom Ölhersteller mit einer abgestimmten Kombination ausgewählter Additive versehen. Die nachträgliche Zugabe von Schmierstoffzusätzen kann dieses Gleichgewicht empfindlich stören und die Leistungsfähigkeit des Getriebeöles herabsetzen. In Anwesenheit von Feuchtigkeit kann z. B. die Zugabe von Molybdändisulfid enthaltenden Produkten das Korrosionsschutzvermögen des Getriebeöles negativ beeinflussen. Solche veränderten Öfüllungen müssen ausgetauscht werden. Ein gründliches Spülen des Systems vor Neubefüllung ist wichtig.

Bei stark schäumenden Öfüllungen wird gelegentlich eine nachträgliche Zugabe eines Schaumdämpfers empfohlen. Ist das der Fall, sollte der entsprechende Schaumdämpfer in einer geeigneten Vorlösung, einschließlich der Beschreibung der notwendigen Vorgehensweise, vom Schmierstofflieferanten zur Verfügung gestellt werden.

#### 6.4.8 Wasser

Wasser (Feuchtigkeit) ist eine der häufigsten Verunreinigungen in Getriebeöfüllungen. Die Ursachen des Wasseranteils im Öl können sehr vielfältig sein. In der Regel handelt es sich um Kondenswasser aus der Atmung des Getriebes. Es kann aber auch eingedrungenes Wasser z.B. von der Reinigung des Getriebes oder aus einem defekten Kühlsystem sein. In einigen Arbeitsbereichen kann es auch zu einer Kontamination durch eingedrungene wassergemischte Kühlschmierstoffe kommen (siehe 6.4.4).

Eingedrungenes Wasser ist in der Regel an einer Eintrübung der Öfüllung zu erkennen. Detergierende Öle, wie z.B. Hydrauliköle HPLD oder Motorenöle, können allerdings geringe Mengen Wasser so fein verteilt enthalten, dass diese Öle dennoch blank erscheinen. In Polyglykolen können auch höhere Mengen Wasser ohne sichtbare Eintrübung enthalten sein.

#### 6.4.9 Sonstige Verunreinigungen

Die Zahl der möglichen sonstigen Verunreinigungen für Getriebeöle hängt stark von den Umgebungsbedingungen ab und ist sehr groß. Besonders erwähnenswert ist hierbei Staub, der z.B. typisch für Steinbrüche und Zementfabriken ist. Eine Kontamination dieser Art kann bei vielen Getriebeölen zu extrem starker Schaumbildung bzw. erhöhtem Verschleiß führen.

### 7 Hinweise auf sinnvolle Getriebeöl-Analytik

Notwendige Ölanalysen müssen in dafür geeigneten Schmierstofflabors durchgeführt werden. Dass kann entweder das Servicelabor des Schmierstoffherstellers oder ein auf Ölanalysen spezialisiertes unabhängiges Labor sein.

Regelmäßige Untersuchungen des Schmierstoffes im Betrieb erlauben nicht nur eine Beurteilung seiner weiteren Gebrauchsfähigkeit, sondern mittelbar auch Rückschlüsse auf den Zustand des geschmierten Systems. Dazu gibt es eine Reihe von Standardmethoden und -analysen, die in ihrer Kombination die normalen Schmierstoffeinflüsse im Betrieb abdecken. Die Interpretation und Beurteilung der Prüfergebnisse erfordert jedoch genaue Kenntnisse über den Schmierstoff und das System, die der Anwender in der Regel nicht besitzt. Festlegung von Grenzwerten und abschließende Beurteilung der Ergebnisse sollten daher immer in Absprache mit den Schmierstoff- und Systemherstellern erfolgen. Darüber hinaus empfiehlt es sich, bei extremen Einsatzbedingungen weitere Prüfungen in Absprache mit diesen festzulegen.

#### 7.1 Aussehen

Eine visuelle Kontrolle des Schmierstoffes kann bereits erste Hinweise auf seine weitere Verwendbarkeit geben:

- Dunkelfärbung durch Ölalterung oder Verunreinigungen
- Trübung oder Schlierenbildung durch Wasser oder andere Verunreinigungen
- Sedimentation von Verschleißpartikeln oder Verunreinigungen

#### 7.2 Viskosität

Die Viskosität beschreibt die Zähigkeit eines Schmierstoffes und ist die wichtigste Kenngröße für Schmieröle. Größere Abweichungen von der empfohlenen Viskosität führen in der Regel zu Schäden am Getriebe. Während des Betriebs können verschiedenste Ursachen eine Veränderung der Viskosität bewirken, so dass diese regelmäßig kontrolliert werden muss.

### 7.3 Neutralisations- oder Säurezahl (NZ/AN)

Durch Oxidation entstehen saure Bestandteile. Ein Vergleich der Neutralisations- oder Säurezahl des Gebrauchtöles im Vergleich zum Frischölwert gibt daher Auskunft über die verbleibenden Leistungsreserven des Schmierstoffes. Diese Werte können allerdings durch Verunreinigungen bzw. Vermischungen verfälscht werden.

Für Motorenöle besitzen Änderungen der NZ/AN nur eingeschränkte Aussagekraft.

### 7.4 IR-Spektrum

Die IR-Spektroskopie dient zur Identitätsprüfung und gibt auch Hinweise auf Veränderungen eines Schmierstoffes im Betrieb im Vergleich zum verwendeten Frischöl:

- Alterungszustand des Schmieröles
- Erkennung von diversen Verunreinigungen
- Konzentration und Zustand der Additive

### 7.5 Elementgehalte

Verschiedene Verfahren zur Bestimmung der Elementgehalte erlauben nicht nur unmittelbare Rückschlüsse auf den Zustand des Schmierstoffes, sondern mittelbar auch auf den Zustand des geschmierten Aggregates:

- Gehalt an Metallen als Folge von Verschleiß und Korrosion
- Gehalt an Additivelementen, der durch Verdünnungs- oder Austragungseffekte während des Betriebes geringer werden kann
- Gehalt an Verunreinigungen und Vermischungen

*Achtung:* Wenn eine Vergleichbarkeit der Elementgehalte von zu verschiedenen Zeitpunkten oder an verschiedenen Getrieben gezogenen Proben notwendig ist, wird empfohlen, das gleiche Labor mit der Durchführung der Untersuchungen zu beauftragen.

### 7.6 Wassergehalt

Geringe Gehalte an Wasser aufgrund natürlicher Atmung sind in Schmierstoffen unvermeidbar. Zu hohe Wassergehalte können zum Versagen des Schmierstoffes führen, z. B. durch Reaktion mit Additiven, Korrosion der metallischen Komponenten und Bildung stabiler Emulsionen.

### 7.7 Sonstige Untersuchungen

Neben den in 7.1 bis 7.6 genannten Untersuchungen gibt es weitere Methoden, die je nach Anwendung und Einsatzbedingungen sowie bei bestimmten Verdachtsmomenten zur Beurteilung des Gebrauchszustandes des Schmierstoffes herangezogen werden können. Dazu gehören u. a.:

- Gehalt an festen Fremdstoffen infolge Verunreinigungen oder Verschleiß
- Partikelzählung und -analyse
- Flammpunkt bei leicht entflammaren Verunreinigungen
- Demulgierverhalten
- Luftaufnahme- und Luftabscheidevermögen
- Schaumneigung und -stabilität



**Literaturangaben:**

- DIN 51502**, Schmierstoffe und verwandte Stoffe; Kurzbezeichnung der Schmierstoffe und Kennzeichnung der Schmierstoffbehälter, Schmiergeräte und Schmierstellen
- DIN 51506**, Schmierstoffe; Schmieröle VB und VC ohne Wirkstoffe und mit Wirkstoffen und Schmieröle VDL; Einteilung und Anforderungen
- DIN 51509-1**, Auswahl von Schmierstoffen für Zahnradgetriebe; Schmieröle
- DIN 51515-1**, Schmierstoffe und Reglerflüssigkeiten für Turbinen – Anforderungen – Teil 1: L-TD für normale thermische Beanspruchungen
- DIN 51515-2**, Schmierstoffe und Reglerflüssigkeiten für Turbinen– Teil 2: L-TG für erhöhte thermische Beanspruchungen – Anforderungen
- DIN 51517-1**, Schmierstoffe - Schmieröle – Teil 1: Schmieröle C; Anforderungen
- DIN 51517-2**, Schmierstoffe - Schmieröle – Teil 2: Schmieröle CL; Anforderungen
- DIN 51517-3**, Schmierstoffe - Schmieröle – Teil 3: Schmieröle CLP; Anforderungen
- DIN 51519**, Schmierstoffe – ISO-Viskositätsklassifikation für flüssige Industrie-Schmierstoffe
- DIN 51524-1**, Druckflüssigkeiten – Hydrauliköle – Teil 1: Hydrauliköle HL; Mindestanforderungen
- DIN 51524-2**, Druckflüssigkeiten – Hydrauliköle – Teil 2: Hydrauliköle HLP; Mindestanforderungen
- DIN 51524-3**, Druckflüssigkeiten – Hydrauliköle – Teil 3: Hydrauliköle HVLP; Mindestanforderungen
- ISO 3448**, Industrial liquid lubricants – ISO viscosity classification
- ISO 6743-3**, Lubricants, industrial oils and related products (class L) – Classification – Part 3: Family D (Compressors)
- ISO 6743-4**, Lubricants, industrial oils and related products (class L) – Classification – Part 4: Family H (Hydraulic systems)
- ISO 6743-5**, Lubricants, industrial oils and related products (class L) – Classification – Part 5: Family T (Turbines)
- ISO 6743-6**, Lubricants, industrial oils and related products (class L) – Classification – Part 6: Family C (Gears)
- ISO 6743-99**, Lubricants, industrial oils and related products (class L) – Classification – Part 99: General
- ISO 8068**, Petroleum products and lubricants – Petroleum lubricating oils for turbines (categories ISO-L-TSA and ISO-L-TGA) – Specifications
- ISO 11158**, Lubricants, industrial oils and related products (Class L) –Family H (hydraulic systems) – Specifications for categories HH, HL, HM, HV and HG
- ISO 12922**, Lubricants, industrial oils and related products (Class L) –Family H (hydraulic systems) – Specifications for categories HFAE, HFAS, HFB, HFC, HFDR and HFDU
- ISO 12925-1**, Lubricants, industrial oils and related products (Class L) – Family C (Gears) – Part 1: Lubricants for enclosed gear systems
- ISO 15380**, Lubricants, industrial oils and related products (Class L) –Family H (hydraulic systems) – Specifications for categories HETG, HEPG, HEES, and HEPR
- ISO 19378**, Lubricants, industrial oils and related products (Class L) – Machine-tool lubricants – Categories and specifications
- AGMA 9005**, Industrial Gear Lubrication
- GfT-Arbeitsblatt 2.4.2**, Zahnradgetriebebeschmiierung
- SAE J 300**, Engine Oil Viscosity Classification
- SAE J 306**, Automotive Gear Lubricant Viscosity Classification
- Brüser, P. und Smolong, M.:** Verschleißuntersuchungen von Aluminium- und Bronzelegierungen mit Polyglykolen, antriebstechnik 27 (1988) Nr. 2, S.53 – 56

## Anhang

### A.1 ISO-Viskositätsklassen für Schmierstoffe

ISO Viskositätsklasse (ISO 3448)	Mittelpunktsviskosität bei 40 °C [mm <sup>2</sup> /s]	Grenzen der kinematischen Viskosität bei 40 °C [mm <sup>2</sup> /s] min / max
ISO VG 2	2,2	1,98 / 2,42
ISO VG 3	3,2	2,88 / 3,52
ISO VG 5	4,6	4,14 / 5,06
ISO VG 7	6,8	6,12 / 7,48
ISO VG 10	10	9,00 / 11,0
ISO VG 15	15	13,5 / 16,5
ISO VG 22	22	19,8 / 24,2
ISO VG 32	32	28,8 / 35,2
ISO VG 46	46	41,4 / 50,6
ISO VG 68	68	61,2 / 74,8
ISO VG 100	100	90,0 / 110
ISO VG 150	150	135 / 165
ISO VG 220	220	198 / 242
ISO VG 320	320	288 / 352
ISO VG 460	460	414 / 506
ISO VG 680	680	612 / 748
ISO VG 1000	1000	900 / 1100
ISO VG 1500	1500	1350 / 1650

## Anhang

## A.2 SAE-Viskosität-Klassen

Kfz - Motorenöle (SAE J 300)			Kfz - Getriebeöle (SAE J 306)		
SAE-Klasse	kin. Viskosität bei 100 °C [mm <sup>2</sup> /s]		SAE-Klasse	kin. Viskosität bei 100 °C [mm <sup>2</sup> /s]	
	min	max		min	max
0W	3,8	--			
5W	3,8	--			
10W	4,1	--	70W	4,1	--
			75W	4,1	--
15W	5,6	--			
20W	5,6	--			
			80W	7,0	--
25W	9,3	--			
20	5,6	9,3			
30	9,3	12,5			
			85W	11,0	--
			80	7,0	<11,0
			85	11,0	<13,5
40	12,5	16,3			
			90	13,5	<18,5
50	16,3	21,9			
			110	18,5	<24,0
60	21,9	26,1			
			140	24	<32,5
			190	32,5	<41,0
			250	41	--

## Anhang

### A.3 Ölwechselcheckliste (Muster)

1. Ölwechselprotokoll zum Ausfüllen bereit?	<input type="checkbox"/>	27. für ggf. vorh. Undichtigkeiten Ursache(n) beseitigen (vgl Pkt. 10)	<input type="checkbox"/>
2. ausreichend Frischöl vorhanden?	<input type="checkbox"/>	28. Frischöl visuell prüfen	<input type="checkbox"/>
3. ausreichend großes Auffanggefäß und Gebrauchölgefäß(e) vorhanden?	<input type="checkbox"/>	29. Öleinfüllöffnung(en) öffnen	<input type="checkbox"/>
4. Ölbinde- und Reinigungsmittel ausreichend vorhanden?	<input type="checkbox"/>	30. Frischöl über Filter bis Markierung an der Ölstandskontrollstelle einfüllen	<input type="checkbox"/>
5. genügend Platz für Ölwechsel vorhanden?	<input type="checkbox"/>	31. Öleinfüllöffnung schließen	<input type="checkbox"/>
6. Ölproben Gebraucht- und Frischöl entnommen und eingelagert ?	<input type="checkbox"/>	32. Antrieb kurzzeitig (ca. 10 min.) in Betrieb nehmen	<input type="checkbox"/>
7. Schutzbekleidung (Brille, Handschuhe etc.) vorhanden und eingesetzt?	<input type="checkbox"/>	33. nach mind. 15 Minuten Ruhezeit Ölstand prüfen	<input type="checkbox"/>
8. Ölwechsel durch Fachpersonal?	<input type="checkbox"/>	34. ggf. Öl ergänzen oder ablassen, bis der Ölstand in Ordnung ist	<input type="checkbox"/>
9. Wartungsanleitungen der Getriebe- und ggf. Ölversorgungsanlagenhersteller gelesen?	<input type="checkbox"/>	35. Ölwechselprotokoll fertig ausfüllen	<input type="checkbox"/>
10. Sichtkontrolle des Antriebs/Abtriebs – ggf. vorh. Undichtigkeiten protokollieren	<input type="checkbox"/>	36. Ölprobe des Gebrauchtöls ggf. prüfen bzw. einlagern	<input type="checkbox"/>
11. Gebrauchtöl zwischen 30 und 50 °C warm und Antrieb eingeschaltet?	<input type="checkbox"/>	37. Gebrauchtöl sachgerecht entsorgen	<input type="checkbox"/>
12. Antrieb stillsetzen und gegen Wiederinbetriebnahme sichern	<input type="checkbox"/>	38. Ölprobe des neuen Betriebsöles nach ca. 5 Stunden entnehmen und einlagern zur Umölungskontrolle	<input type="checkbox"/>
13. Entlüftungsdeckel o.ä. öffnen	<input type="checkbox"/>	39. Bindemittel / Putzlappen sachgerecht entsorgen	<input type="checkbox"/>
14. Auffanggefäß unter den Ölablass stellen	<input type="checkbox"/>	40. Antrieb wieder in Betrieb nehmen	<input type="checkbox"/>
15. Ablass vorsichtig öffnen – Verbrühungsgefahr!	<input type="checkbox"/>	41. bei vorhandenem Filter diesen nach spätestens einer Woche Betrieb prüfen und ggf. säubern bzw. ersetzen	<input type="checkbox"/>
16. Gebrauchtöl komplett ablassen	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
17. auch ggf. vorhandene Nebenaggregate, Öltaschen und Verrohrungen leeren	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
18. ggf. vorbeifließendes Öl sofort mit geeignetem Material binden	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
19. Gebrauchtöl begutachten - protokollieren	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
20. Getriebe und sonstige Aggregate gründlich säubern	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
21. Getriebeinnenteile auf Schäden überprüfen; ggf. reparieren bzw. ersetzen	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
22. bei Notwendigkeit Getriebe und Ölversorgungsanlage mit Verrohrung spülen	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
23. Getriebe und sonstige Aggregate gründlich säubern	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
24. Ölfilter ggf. säubern bzw. ersetzen	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
25. Dichtungen wechseln	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
26. vorher geöffnete Entlüftungen, Ablassschrauben etc. wieder schließen	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

## Anhang

### A.4 Dokumentationsblatt zum Ölwechsel (Muster)

# Ölwechselprotokoll

Anlage: ..... Getriebe: .....

Datum: ..... Betriebsstunden..... letzter Ölwechsel: .....

zu verwend. Öl lt. Typenschild : ..... Menge lt. Typenschild ..... l

#### **Zustand vor dem Ölwechsel**

Benennung des Öls: ..... Ölfüllstand: .....

Getriebe/Ölversorgungsanlage dicht ? ja  nein  Filter verschmutzt ? ja  nein

Betriebstemperatur : ..... °C ...

sonstige Auffälligkeiten: .....

#### **Gebrauchtöl**

Bezeichnung der Gebrauchtölprobe: ..... Labornummer.....

Menge: ..... l visuelle Beschreibung: .....

#### **Getriebe / Ölversorgungsanlage**

Ablagerungen ? ja  nein

visuelle Beschreibung: .....

#### **Frischöl**

Benennung des Öls: .....

Bezeichnung der Frischölprobe: ..... Labornummer.....

beim Einfüllen gefiltert ? ja  nein  Filterfeinheit: ... ..µm eingefüllte Menge: .....

visuelle Beschreibung des Öls : .....

vor der Frischölbefüllung Getriebe / Ölversorgungsanlage gespült ?

ja  mit .....

nein

ggf. Auffälligkeiten: .....

Bezeichnung der 5 Stunden Betriebsölprobe. .... Labornummer.....

Name des Protokollanten: ..... Abt.: .....

Datum: .....

Unterschrift:



Forschungsvereinigung  
Antriebstechnik e.V.

Postfach 71 08 64  
60498 Frankfurt  
Lyoner Straße 18  
60528 Frankfurt  
Tel 069.66 03-15 15  
Fax 069.66 03-14 59  
info@fva-net.de  
www.fva-net.de

research, drive & innovation

Titelbild: ExxonMobil,  
Mobil Industrial Lubricants

