

Schmierstoffzusammensetzung und deren Verwendung

Die vorliegende Erfindung betrifft bioabbaubare Schmierstoffzusammensetzungen und deren Verwendung als Getriebe-, Wälzlager-, Hydraulik- und Gleitlageröl im marinen Bereich und im Bereich der Binnengewässer, sowie in Maschinen und Maschinenelementen an Land, die mit Wasser und/oder wässrigen Medien in Kontakt kommen können.

Bei Anwendungen von Schmierstoffen beziehungsweise Schmierstoffzusammensetzungen als Getriebe-, Wälzlager-, Hydraulik- und Gleitlageröl im marinen Bereich und im Bereich der Binnengewässer, das heißt, Anwendungen, bei denen die Schmierstoffe beziehungsweise Schmierstoffzusammensetzungen üblicherweise unterhalb der Wasserlinien in Öl-zu-Wasser-Schnittstellen eingesetzt werden, besteht das Risiko, dass die Meeres- bzw. Gewässerumwelt durch Austritt des Schmierstoffs, verursacht beispielsweise durch Leckagen, kontaminiert wird. Obwohl versucht wird, bei diesen Anwendungen die Wasserseite bestmöglich abzudichten, sind Schmierstoffverluste alltäglich. Auch Schmierstoffe, die in Maschinen und Maschinenelementen an Land verwendet werden, insbesondere in der Bergbauindustrie, bei Windkraftanlagen sowie bei Landmaschinen, können zum Beispiel durch Regen in Kontakt mit Wasser kommen. Zudem treten auch hier häufig Leckagen auf, so dass es zu einer Kontamination der Umwelt und einer Belastung der Böden durch Chemikalien kommen kann.

In den letzten Jahren gewann der Schutz der Umwelt immer mehr an Bedeutung, insbesondere auch der Schutz der Meere. Beleg hierfür sind diverse neue Gesetzgebungen zum Schutz vor Verschmutzung der Meeresumwelt, die die Verwendung von Schmierstoffen, die für das marine Klima unbedenklich sind, fordern. So fordert beispielsweise das *Vessel General Permit* (VGP) der *United States Environmental Protection Agency* für Schmierstoffe, welche unterhalb der Wasserlinien eingesetzt werden, die Verwendung sogenannter Environmentally Acceptable Lubricants (EALs), die hohe Anforderungen hinsichtlich Bioabbaubarkeit und Aquatoxizität erfüllen müssen.

Die Auswahl und einsetzbare Menge der Grundölkomponenten sowie der Additive für einen Schmierstoff ist deshalb begrenzt. Gängige EALs werden deshalb auf Basis natürlicher und synthetischer Ester hergestellt, anstatt wie herkömmlich auf

Mineralölbasis. Im Vergleich zu mineralölbasierten Schmierstoffen kommt es bei der Verwendung von EALs jedoch häufig zu Schäden an Dichtungsmaterialien.

Im marinen Bereich und im Bereich der Binnengewässer, sowie in Maschinen und Maschinenelementen an Land, kommen in der Regel Radialwellendichtringe, die
5 üblicherweise aus Elastomermaterialien wie FKM (Fluorkautschuk), NBR (*nitrile butadien rubber*), HNBR (*hydrogenated nitrile butadien rubber*), ACM/AEM (*acrylate elastomers/ethylene acrylic elastomers*) und Polyurethanen gefertigt sind, zum Einsatz, um Gleitlager wie das Stevenrohr, Getriebe wie Azipods und Linearführungen, z.B. bei Seitenruderstabilisatoren, abzudichten. Schäden an Abdichtungen, aus denen letztlich
10 Leckagen resultieren, werden insbesondere durch Inkompatibilität von Schmierstoff und Dichtungsmaterial verursacht. Daher ist die Auswahl der Grundölkomponente(n) für den Schmierstoff sowie die sorgfältig abgestimmte Additivauswahl essentiell, um neben einer guten Bioverträglichkeit auch die Materialkompatibilität des Schmierstoffs zu gewährleisten und somit Schäden an Dichtungsmaterialien zu verhindern.

15 WO 2012/173878 A1 beschreibt Schmierstoffzusammensetzungen auf Ester-Basis, die wasserlösliche Polyalkylenglycole auf Basis von Ethylenoxid und Propylenoxid enthalten.

WO 2015/139209 A1 beschreibt ein Schmiermittel, das ein alkoholinitiiertes Propylenoxidhomopolymer und ein öllösliches Polyalkylenglykol enthält und das kein Ester-basiertes Grundöl benötigt.

20 EP 2 837 674 A1 beschreibt eine Schmierölzusammensetzung, die ein Grundölgemisch aus synthetischen Ölen auf Polyglykolbasis und einem synthetischen Öl auf Esterbasis enthalten kann und zudem einen asymmetrischen Amin-basierten Antioxidanten enthält.

Es besteht jedoch nach wie vor Bedarf an ökologisch unbedenklichen Schmierstoffen, die die Belastung der Meere, Binnengewässer und Böden durch Chemikalien verringern und
25 die eine hohe Verträglichkeit gegenüber Dichtungsmaterialien, insbesondere Elastomermaterialien, aufweisen, und die zudem die üblichen Anforderung an die Schmierung von z.B. Gleitlagern, Getrieben, Linearführungen, Pneumatikkomponenten, Armaturen, Wälzlagern, Ketten, Seilen, Federn sowie Schrauben usw. erfüllen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es daher, Schmierstoffe beziehungsweise
30 Schmierstoffzusammensetzungen bereitzustellen, die eine verbesserte Verträglichkeit gegenüber Dichtungsmaterialien, insbesondere Elastomeren, aufweisen, die gute

Schmiereigenschaften und eine gute Gleitfähigkeit aufweisen, die bioverträglich, das heißt gut biologisch abbaubar und minimal aquatotoxisch, sind und die zur Verwendung als Getriebe-, Wälzlager-, Hydraulik-, und Gleitlageröl im marinen Bereich und im Bereich der Binnengewässer, sowie in Maschinen und Maschinenelementen an Land, die mit Wasser und/oder wässrigen Medien in Kontakt kommen können, geeignet sind.

Im Sinne der Erfindung werden die Begriffe Schmierstoffzusammensetzung, Schmierstoff, Schmieröl und Formulierung synonym verwendet.

Eine oder mehrere der vorstehend genannten Aufgaben können gelöst werden durch eine Schmierstoffzusammensetzung, die ein öllösliches Polyalkylenglykol, eine Ester-Verbindung, ausgewählt aus der Gruppe aus natürlichen Estern und synthetischen Estern, sowie Kombinationen daraus, und ein Additivgemisch, umfassend ein Antioxidationsmittel und ein Korrosionsschutzmittel, enthält, wobei das Korrosionsschutzmittel ausgewählt ist aus neutralen alkali- und erdalkali-Salzen von Sulfonsäuren, Carbonsäuren, Naphthoesäuren, Naphthensäuren, Benzoesäuren und Phosphorsäuren, sowie deren Derivate und Kombinationen daraus.

Überraschend wurde gefunden, dass bei der erfindungsgemäßen Schmierstoffzusammensetzung, die wie nachstehend definiert als Komponenten ein öllösliches Polyalkylenglykol, eine Ester-Verbindung und ein Additivgemisch enthält, wobei das Additivgemisch ein Antioxidationsmittel und ein neutrales Korrosionsschutzmittel umfasst, die Komponenten synergistisch zusammenwirken. Die erfindungsgemäße Schmierstoffzusammensetzung zeigt deshalb überraschenderweise den Vorteil einer verbesserten Verträglichkeit gegenüber Dichtungsmaterialien, insbesondere Elastomermaterialien wie FKM, NBR, HNBR, ACM/AEM, oder Polyurethanen. Zudem weist die erfindungsgemäße Schmierstoffzusammensetzung gute Schmiereigenschaften auf und zeichnet sich zudem generell durch eine gute Bioabbaubarkeit und/oder Aquatotoxizität aus, so dass sie sich ausgezeichnet für die Verwendung als Getriebe-, Wälzlager-, Hydraulik- oder Gleitlageröl im marinen Bereich und im Bereich der Binnengewässer, sowie in Maschinen und Maschinenelementen an Land, die mit Wasser und/oder wässrigen Medien in Kontakt kommen können, eignet.

Erfindungsgemäß enthält die Schmierstoffzusammensetzung als Grundölkomponente ein öllösliches Polyalkylenglykol (*oil soluble polyalkylene glycol*, OSP), wobei im Rahmen der

Erfindung auch Gemische aus zwei oder mehr verschiedenen öllöslichen Polyalkylenglykolen miteingeschlossen sind.

Im Rahmen der Erfindung ist ein Polyalkylenglykol „öllöslich“, wenn nach dessen Vermischen mit Polyalphaolefin 6 (z.B. käuflich erhältlich als Synfluid® PAO 6 cSt oder
5 Durasyn® 166 Polyalphaolefins) jeweils in den Gewichtsverhältnissen 10:90, 50:50 sowie 90:10 und anschließendem Stehenlassen der Gemische für 24 Stunden bei Raumtemperatur bei mindestens zwei der drei Gemische keine Phasentrennung auftritt.

In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist das öllösliche Polyalkylenglykol ein Copolymer, das ausgewählt ist aus Polybutylenoxid-
10 Polypropylenoxid-Copolymeren, Polybutylenoxid-Polyethylenoxid-Copolymeren, und Polybutylenoxid-Polypropylenoxid-Polyethylenoxid-Copolymeren, sowie Kombinationen daraus, wobei Polybutylenoxid-Polypropylenoxid-Copolymere besonders bevorzugt sind. Weiterhin ist es bevorzugt, wenn das Copolymer alkoholinitiiert ist, das heißt, wenn bei dessen Herstellung ein Alkohol als Initiator der Polymerisationsreaktion eingesetzt wurde,
15 wie nachstehend genauer beschrieben ist.

Besonders bevorzugt ist das öllösliche Polyalkylenglykol ein Copolymer, das ausgewählt ist aus Polyisobutylenoxid-Polyisopropylenoxid-Copolymeren, Polyisobutylenoxid-Polyethylenoxid-Copolymeren und Polyisobutylenoxid-Polyisopropylenoxid-Polyethylenoxid-Copolymeren, sowie Kombinationen daraus, wobei Polyisobutylenoxid-
20 Polyisopropylenoxid-Copolymere ganz besonders bevorzugt sind.

Hierbei ist es insbesondere bevorzugt, wenn in den vorstehend genannten Copolymeren der Anteil der von Butylenoxid bzw. Isobutylenoxid abgeleiteten (polymerisierten) Monomereinheiten (d.h., Polybutylenoxid (BO)- bzw. Polyisobutylenoxid (iBO)-Einheiten)
40 Gewichtsprozent (Gew.%) oder mehr, mehr bevorzugt 50 Gew.% oder mehr, 25 beispielsweise 60 Gew.% oder mehr, oder 65 Gew.% oder mehr, und vorzugsweise 80 Gew.% oder weniger, mehr bevorzugt 70 Gew.% oder weniger, bezogen auf das Gesamtgewicht aller Monomer-Einheiten in dem Copolymer, beträgt. Ganz besonders bevorzugt ist ein Polyalkylenglykol-Copolymer mit 50 Gew.% von Butylenoxid bzw. von Isobutylenoxid abgeleiteten (polymerisierten) Monomereinheiten (d.h., BO- bzw. iBO-
30 Einheiten) und 50 Gew.% von Propylenoxid abgeleiteten (polymerisierten) Monomereinheiten (d.h., Polypropylenoxid (PO)- bzw. Polyisopropylenoxid (iPO)-Einheiten), bezogen auf das Gesamtgewicht von BO- (bzw. iBO-) und PO- (bzw. iPO-)

Einheiten in dem Copolymer. Das bedeutet, BO- (bzw. iBO-) und PO- (bzw. iPO-) Einheiten sind ganz besonders bevorzugt mit einem Gewichtsverhältnis von 50:50 copolymerisiert.

Das öllösliche Polyalkylenglykol-Copolymer kann erfindungsgemäß ein statistisches Copolymer, ein Gradientcopolymer, ein alternierendes Copolymer, ein Pfropfcopolymer oder ein Blockcopolymer sein, wobei statistische Copolymere und Blockcopolymere bevorzugt sind, und insbesondere statistische Copolymere.

Des Weiteren ist es bevorzugt, wenn das öllösliche Polyalkylenglykol ein alkoholinitiiertes Polyalkylenglykol ist. Das heißt, das erfindungsgemäß eingesetzte öllösliche Polyalkylenglykol ist vorzugsweise ein Polyalkylenglykol, das hergestellt wird unter Verwendung eines Alkohols als Initiator der Polymerisationsreaktion, wobei der Alkohol bevorzugt 10-20 Kohlenstoffatome, besonders bevorzugt 12-20 Kohlenstoffatome umfasst, so dass das Polyalkylenglykol an mindestens einem terminalen Ende hiervon einen C10-C20-Alkylrest (bevorzugt) oder C12-C20-Alkylrest (besonders bevorzugt) gebunden aufweist, der aus der Startreaktion des Alkohols mit einem Alkylenoxid resultiert. Weiterhin bevorzugt ist der Alkohol-Initiator ein linearer Alkohol, und insbesondere ein primärer linearer Alkohol. Zudem kann der Alkohol-Initiator ein Mono-, Di- oder Trialkohol sein, wobei ein Monoalkohol bevorzugt ist.

Wenn der als Polymerisationsinitiator verwendete Alkohol 10-20 Kohlenstoffatome umfasst, beziehungsweise wenn das alkoholinitiierte Polyalkylenglykol an mindestens einem terminalen Ende einen C10-C20-Alkylrest gebunden aufweist, können die als Additive zugegebenen Verbindungen, insbesondere Antioxidanten und Korrosionsschutzmittel (siehe unten), darin besser gelöst werden. Ein ganz besonders bevorzugter Alkohol-Initiator in dieser Hinsicht ist n-Dodecanol.

Erfindungsgemäß ist es deshalb insbesondere bevorzugt, wenn das öllösliche Polyalkylenglykol ein dodecanolinitiiertes Polyalkylenglykol-Copolymer ist, wobei dodecanolinitiierte Polybutylenoxid-Polypropylenoxid-Copolymere besonders bevorzugt sind, und Polyisobutylenoxid-Polyisopropylenoxid-Copolymere ganz besonders bevorzugt sind.

Des Weiteren ist es bevorzugt, dass das öllösliche Polyalkylenglykol ein Zahlenmittel des Molekulargewichts (M_n) von 500 g/mol (Gramm pro Mol) oder mehr, besonders bevorzugt

von 750 g/mol oder mehr aufweist, beispielsweise 1000 g/mol oder mehr, oder 1250 g/mol oder mehr. Zudem ist es bevorzugt, dass das Molekulargewicht des öllöslichen Polyalkylenglykols 1400 g/mol oder weniger beträgt, und besonders bevorzugt ist M_n kleiner als 1400 g/mol.

- 5 Falls es nicht explizit anders angegeben ist, bezieht sich „Molekulargewicht“ im Rahmen dieser Erfindung auf das „Zahlenmittel des Molekulargewichts (M_n)“.

Die Bestimmung des Molekulargewichts erfolgt mittels GPC (Gel-Permeations-Chromatographie) gegen einen Polystyrol-Standard.

- 10 Öllösliche Polyalkylenglykole mit einem Molekulargewicht M_n von 500 g/mol oder mehr bis 1400 g/mol oder weniger sind vorteilhaft im Hinblick auf ihre Bioabbaubarkeit. Zudem wurde gefunden, dass sich die Verwendung derartiger öllöslicher Polyalkylenglykol-Copolymer vorteilhaft auf die Verträglichkeit der Schmierstoffzusammensetzung gegenüber Elastomermaterialien auswirkt.

- 15 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist das öllösliche Polyalkylenglykole gemäß Norm OECD 301 A - F oder OECD 306 biologisch abbaubar, um eine verbesserte Bioabbaubarkeit und Ökoverträglichkeit der erfindungsgemäßen Schmierstoffzusammensetzung zu erreichen.

- 20 Des Weiteren weist das öllösliche Polyalkylenglykol bevorzugt eine kinematische Viskosität bei 40°C von 15 mm²/s oder höher, mehr bevorzugt 18 mm²/s oder höher, besonders bevorzugt 32 mm²/s oder höher auf, beispielsweise 68 mm²/s cSt oder höher, und von 130 mm²/s oder weniger, mehr bevorzugt 100 mm²/s oder weniger, auf. Die Bestimmung der Viskosität erfolgt gemäß ASTM D 7042.

- 25 Erfindungsgemäß geeignete öllösliche Polyalkylenglykole sind kommerziell erhältlich, zum Beispiel unter den Markennamen UCON™ OSP-18, UCON™ OSP-32, UCON™ OSP-68 und UCON™ OSP-680.

- 30 Die Menge des öllöslichen Polyalkylenglykols in der Schmierstoffzusammensetzung bestimmt sich in der Regel anhand der Mengen der weiteren in der Zusammensetzung enthaltenen Bestandteile/Komponenten, das heißt, die Schmierstoffzusammensetzung wird mit dem öllöslichen Polyalkylenglykol auf 100 Gew.% aufgefüllt. Bevorzugt beträgt die Menge des öllöslichen Polyalkylenglykols jedoch 0,1-70 Gew.%, besonders bevorzugt

5-70 Gew.%, und ganz besonders bevorzugt 10-70 Gew.%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Schmierstoffzusammensetzung.

Die erfindungsgemäße Schmierstoffzusammensetzung enthält zudem als weitere Grundölkompone

5 natürliche Estern und synthetischen Estern, sowie Kombinationen daraus, wobei auch Gemische aus zwei oder mehr verschiedenen natürlichen Estern bzw. Gemische aus zwei oder mehr verschiedenen synthetischen Estern erfindungsgemäß miteingeschlossen sind.

In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die Ester-Verbindung ausgewählt aus natürlichen Glyceridestern, insbesondere aus der Gruppe aus

10 Sonnenblumenöl, Rapsöl oder Rüböl, Leinöl, Maisöl, Diestelöl, Sojabohnenöl, Leinsamenöl, Erdnussöl, „Lesqueralle“-Öl, Palmöl, Olivenöl, die jeweils in ihrer monomeren, oligomeren und/oder polymerisierten Form vorliegen können; und synthetischen Estern aus der Gruppe aus Polyolestern, Polyol-Komplexestern, Komplexestern aus Dimersäuren, Dimersäureestern, aliphatischen Carbonsäure- und

15 Dicarbonsäureestern, Phosphateestern und Trimellith- und Pyromellithsäureestern; sowie Kombinationen daraus.

Besonders bevorzugt ist die Ester-Verbindung ausgewählt aus Polyolestern, insbesondere solchen, die durch Reaktion von mehrwertigen Alkoholen (das heißt, Polyolen bzw. Alkoholen mit mehr als einer Hydroxygruppe) mit Monocarbonsäuren (das

20 heißt, einwertige Carbonsäuren) erhalten werden, und Polyol-Komplexestern, insbesondere solchen, die durch Reaktion von mehrwertigen Alkoholen mit Monocarbonsäuren und Dicarbonsäuren (das heißt, zweiwertigen Carbonsäuren) in beliebiger Mischung erhalten werden, sowie Kombinationen hiervon.

Besonders bevorzugt werden die erfindungsgemäß eingesetzten Polyolester hergestellt

25 durch Reaktion/Veresterung von einem oder mehreren mehrwertigen Alkoholen, ausgewählt aus Neopentylglycol (NPG), Trimethylolpropan (TMP) und Pentaerythrit (PE), oder Dimere oder Trimere hiervon, mit einer oder mehrerer linearer und/oder verzweigter Monocarbonsäuren der Kettenlänge C4-C36 (das heißt, 4 bis 36 Kohlenstoffatome), bevorzugt C10-36, besonders bevorzugt C14-C36, und ganz besonders bevorzugt C18-

30 C36, die gesättigt und/oder einfach oder mehrfach ungesättigt sein können, und vorzugsweise gesättigt sind.

Gleichfalls besonders bevorzugt werden die erfindungsgemäß eingesetzten Polyol-Komplexester hergestellt durch Reaktion/Veresterung von einem oder mehreren mehrwertigen Alkoholen, ausgewählt aus Neopentylglycol (NPG), Trimethylolpropan (TMP) und Pentaerythrit (PE), oder Dimere oder Trimere hiervon, in beliebiger Mischung
5 mit einer oder mehrerer linearer und/oder verzweigter Monocarbonsäuren der Kettenlänge C4-C36, bevorzugt C10-36, besonders bevorzugt C14-C36, und ganz besonders bevorzugt C18-C36, die gesättigt und/oder einfach oder mehrfach ungesättigt sein können, und vorzugsweise gesättigt sind, und einer oder mehrerer linearer und/oder verzweigter Dicarbonsäuren der Kettenlänge C4-C36, bevorzugt C4-C18, besonders
10 bevorzugt C4-C12, die gesättigt und/oder einfach oder mehrfach ungesättigt sein können, und vorzugsweise gesättigt sind.

Die hierbei erhaltenen Polyol-Komplexester können vollständig verestert oder teilverestert (d.h., es liegen noch freie, nicht veresterte Hydroxylgruppen vor) vorliegen.

In einer ganz besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Ester-Verbindung deshalb ausgewählt aus Neopentylglycolestern, Trimethylolpropanestern, und
15 Pentaerythritestern, die insbesondere mit gesättigten und/oder einfach oder mehrfach ungesättigten, linearen und/oder verzweigten Monocarbonsäuren der Kettenlänge C4-C36, bevorzugt C10-36, besonders bevorzugt C14-C36, und ganz besonders bevorzugt C18-C36 verestert sind; und Neopentylglycol-Komplexestern, Trimethylolpropan-
20 Komplexestern, und Pentaerythrit-Komplexestern, die insbesondere mit gesättigten und/oder einfach oder mehrfach ungesättigten, linearen und/oder verzweigten Monocarbonsäuren der Kettenlänge C4-C36, bevorzugt C10-36, besonders bevorzugt C14-C36, und ganz besonders bevorzugt C18-C36, und mit gesättigten und/oder einfach oder mehrfach ungesättigten, linearen und/oder verzweigten Dicarbonsäuren der
25 Kettenlänge C4-C36 bevorzugt C4-C18, besonders bevorzugt C4-C12, in beliebiger Mischung vollständig verestert oder teilverestert sind; sowie Kombinationen daraus.

Beispiele besonders bevorzugter Ester-Verbindungen sind Pentaerythrit-Tetraisostearat, Pentaerythrit-Tetraoleat, Pentaerythrit-Isostearat-Sebacat-Komplexester, Trimethylolpropan-Triisostearat, Trimethylolpropan-Trioleat, Trimethylolpropan-Tricaprylat,
30 Trimethylolpropan-Isostearat-Stearat-Sebacat-Komplexester, Neopentylglycol-Diisostearat, ohne hierauf beschränkt zu sein.

Geeignete Ester-Verbindungen sind auch kommerziell erhältlich, zum Beispiel unter den Markennamen Priolube 3987, Radialube 7257, Synative ES 1200, Priolube 1973, Synative ES TMP 05/140, Palub 8433, Nycobase 8397, Estilube P 688, Rümanox 804.

5 Es hat sich gezeigt, dass sich die Anwesenheit/Zugabe derartiger Ester-Verbindungen, und insbesondere solcher, die den Rest einer Monocarbonsäure der Kettenlänge C18-C36 enthalten, vorteilhaft auf die Verträglichkeit gegenüber Elastomermaterialien auswirkt. Die vorstehend definierten Ester-Verbindungen zeichnen sich zudem generell durch eine gute Bioabbaubarkeit aus.

10 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden Ester-Verbindungen eingesetzt, die gemäß Norm OECD 301 A - F oder OECD 306 biologisch abbaubar sind, um eine verbesserte Bioabbaubarkeit und Ökoverträglichkeit der erfindungsgemäßen Schmierstoffzusammensetzung zu erreichen.

15 Die Ester-Verbindung ist in der erfindungsgemäßen Schmierstoffzusammensetzung bevorzugt in einer Menge von 0,1 – 85 Gew.-%, mehr bevorzugt von 5 – 85 Gew.-%, besonders bevorzugt von 10 – 85 Gew.%, und ganz besonders bevorzugt von 15 – 85 Gew.%, bezogen auf die gesamte Schmierstoffzusammensetzung, enthalten.

20 Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind das öllösliche Polyalkylenglycol und die Ester-Verbindung die einzigen Grundölkomponten in der Schmierstoffzusammensetzung, das heißt, die erfindungsgemäße Schmierstoffzusammensetzung enthält als Grundölkomponten nur öllösliches Polyalkylenglycol – eine Einzelverbindung oder ein Gemisch verschiedener OSPs – und Ester-Verbindung – eine Einzelverbindung oder ein Gemisch verschiedener Ester-Verbindungen – aber keine weiteren Grundölkomponten, insbesondere kein Mineralöl.

25 Das Gewichtsverhältnis „öllösliches Polyalkylenglycol“ zu „Ester-Verbindung“ bezogen auf das Gesamtgewicht dieser beiden Komponten in der Schmierstoffzusammensetzung ist bevorzugt im Bereich von 5:95 bis 95:5, mehr bevorzugt von 10:90 bis 80:20, und besonders bevorzugt von 15:85 bis 70:30.

30 Die erfindungsgemäße Schmierstoffzusammensetzung enthält des Weiteren ein Additivgemisch, das ein Antioxidationsmittel und ein Korrosionsschutzmittel umfasst. Das Antioxidationsmittel und das Korrosionsschutzmittel können jeweils als Einzelsubstanz oder als Gemisch verschiedener Antioxidationsmittel beziehungsweise

Korrosionsschutzmittel in der Schmierstoffzusammensetzung vorliegen. Das gleiche gilt auch für jedes andere in der Schmierstoffzusammensetzung gegebenenfalls enthaltene Additiv.

5 Durch die gezielte Zugabe von Additiven kann erreicht werden, dass bestimmte Eigenschaften des Schmierstoffs verbessert und/oder dem Schmierstoff bestimmte Eigenschaften verliehen werden.

Die Zugabe von Korrosionsschutzmitteln verleiht der Schmierstoffzusammensetzung eine korrosions- und rosthemmende Wirkung.

10 Das Korrosionsschutzmittel ist erfindungsgemäß ausgewählt aus neutralen alkali- und erdalkali-Salzen von Sulfonsäuren, Carbonsäuren, Naphthensäuren, Naphthoesäuren, Benzoessäuren und Phosphorsäuren, sowie Kombinationen daraus. Dies schließt im Rahmen der vorliegenden Erfindung auch Derivate der genannten Säuren/Säuresalzen mit ein, einschließlich linearer und verzweigter aliphatischer und aromatischer Derivate dieser Säuren/Säuresalze, die noch dazu mit einem oder mehreren Resten, ausgewählt
15 aus linearen und/oder verzweigten Alkyl-Resten und Aryl-Resten, substituiert sein können. Unter den alkali- und erdalkali-Salzen dieser Säuren sind die Na-, Ca-, K- und Mg-Salze bevorzugt, und Ca-Salze sind besonders bevorzugt, insbesondere aus Gründen der Umweltverträglichkeit.

20 Unter „neutralen“ Säuresalzen werden im Sinne der vorliegenden Erfindung Säuresalze verstanden, die eine Säurezahl (TAN) von 30 mg KOH/g oder kleiner aufweisen.

Es ist deshalb bevorzugt im Rahmen der vorliegenden Erfindung, dass das Korrosionsschutzmittel, beziehungsweise das verwendete neutrale Sulfonsäure-, Carbonsäure-, Naphthensäure-, Naphthoesäure-, Benzoessäure- oder Phosphorsäuresalz, oder Gemische hiervon, eine TAN von 30 mg KOH/g oder kleiner, mehr bevorzugt 20 mg
25 KOH/g oder kleiner, besonders bevorzugt 15 mg KOH/g oder kleiner, und ganz besonders bevorzugt von 10 mg KOH/g oder kleiner aufweist.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist das Korrosionsschutzmittel ausgewählt aus neutralen Calciumsulfonaten. Diese haben sich im Hinblick auf die Verträglichkeit der Schmierstoffzusammensetzung gegenüber Elastomermaterialien als
30 besonders vorteilhaft herausgestellt. Ein Beispiel eines erfindungsgemäß besonders

geeigneten Korrosionsschutzmitteln stellen neutrale Alkylnaphthalinsulfonsäure-Calciumsalze dar, ohne hierauf beschränkt zu sein.

Geeignete neutrale Korrosionsschutzmittel sind kommerziell erhältlich, z.B. unter den Markennamen NA-SUL® CA-770 FG oder NA SUL® CA 1089.

- 5 Es wurde überraschend gefunden, dass durch die gezielte Zugabe der wie vorstehend definierten neutralen Säuresalze zu der Schmierstoffzusammensetzung zusätzlich zu der korrosions- und rosthemmenden Wirkung eine Verbesserung der Verträglichkeit der Schmierstoffzusammensetzung gegenüber Dichtungsmaterialien, insbesondere Elastomermaterialien, erreicht wird, die sich insbesondere aus einem synergistischen
10 Zusammenwirken mit den übrigen Komponenten der Schmierstoffzusammensetzung ergibt.

Durch die Zugabe von Antioxidationsmitteln kann die Oxidationsstabilität der Schmierstoffzusammensetzung erhöht werden.

- In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist das
15 Antioxidationsmittel ausgewählt aus phenolischen Antioxidationsmitteln (Phenol-Verbindungen), aminischen Antioxidationsmitteln (Amin-Verbindungen), Phosphiten und schwefelhaltigen Verbindungen, insbesondere Alkyl- und Aryl-Sulfide, schwefelhaltige Phenolverbindungen und schwefelhaltige Carbonsäuren, Phosphorthionate, Thiocarbamate und Dithiocarbamaten, Thiophosphate und Thiopropionate, sowie
20 Kombinationen daraus, wobei phenolische Antioxidationsmittel, aminische Antioxidationsmittel, Thiocarbamate und Dithiocarbamaten besonders bevorzugt sind. Ganz besonders bevorzugt ist das Antioxidationsmittel aus aminischen Antioxidationsmitteln ausgewählt, und insbesondere aus linearen oder verzweigten aliphatischen Amin-Verbindungen und aromatischen Amin-Verbindungen sowie deren
25 Salzen, wobei die aliphatischen und aromatischen Amin-Verbindungen mit einem oder mehreren Resten, ausgewählt aus linearen und/oder verzweigten Alkyl-Resten und Aryl-Resten, substituiert sein können.

- Bevorzugt Antioxidationsmittel sind ausgewählt aus aromatischen Diaminen und sekundären aromatischen Aminen, Phenolharzen, Thiophenolharzen, Zinkthiocarbat,
30 Zinkthiophosphat, organischen Thiocarbamaten und Dithiocarbamaten, butyliertem Hydroxytoluol, butyliertem Hydroxyanisol, Phenyl-alpha-naphthylaminen, Phenyl-beta-

naphthylaminen, Diphenylamin und Diphenylamin-Derivaten, insbesondere octylierten Diphenylaminen, butylierten Diphenylaminen und styrolisierten Diphenylaminen, Chinolin und Chinolin-Derivate, Naphtylamin und Naphtylamin-Derivate, Di-alpha-Tocopherol, Di-*tert*-butyl-Phenylpropansäure und deren Estern, sowie Mischungen hiervon, ohne hierauf
5 beschränkt zu sein.

Beispiele erfindungsgemäß besonders bevorzugter Antioxidationsmittel sind Benzolamin-, N-Phenyl-, Reaktionsprodukte mit 2,4,4-Trimethylpenten, Octadecyl-3-(3,5-di-*tert*-butyl-4-hydroxyphenyl)propionat, Bis(4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)phenyl)amin, N-[(1,1,3,3-Tetramethylbutyl)phenyl]naphthalen-1-amin 4,4'-Methylenbis(dibutyldithiocarbamat), ohne
10 hierauf beschränkt zu sein.

Geeignete Antioxidationsmittel sind kommerziell erhältlich, z.B. unter den Markennamen Vanlube® 81, Irganox® L 57, Vanlube® 1202 oder Irganox® L 107 ADDITIN RC 6340.

Es wurde überraschend gefunden, dass durch die gezielte Auswahl des Antioxidationsmittels, insbesondere die gezielte Verwendung von Amin-Verbindungen, Phenol-Verbindungen und/oder Thiocarbamaten und Dithiocarbamaten als
15 Antioxidationsmitteln, zusätzlich zu der Erhöhung der Oxidationsstabilität eine Verbesserung der Verträglichkeit der Schmierstoffzusammensetzung gegenüber Dichtungsmaterialien, insbesondere Elastormaterialien, erreicht werden kann, die sich insbesondere aus einem synergistischen Zusammenwirken mit den übrigen Komponenten
20 der Schmierstoffzusammensetzung ergibt.

Die Menge des Additivgemischs in der Schmierstoffzusammensetzung, das bedeutet, die Gesamtmenge aller Additive in der Schmierstoffzusammensetzung, beträgt bevorzugt 0,1-20 Gew.-%, mehr bevorzugt 0,1-10 Gew.-%, und besonders bevorzugt von 0,1-5 Gew.-%, bezogen auf die gesamte Schmierstoffzusammensetzung. Dabei liegt die Menge des
25 Antioxidationsmittels bevorzugt im Bereich von 0,05-3,5 Gew.% und die Menge des Korrosionsschutzmittels liegt bevorzugt im Bereich von 0,05-3,5 Gew.%, jeweils bezogen auf die gesamte Schmierstoffzusammensetzung, wobei die vorstehend definierte Gesamtmenge aller Additive nicht überschritten wird.

In einer bevorzugten Ausführungsform betrifft die vorliegende Erfindung deshalb eine
30 Schmierstoffzusammensetzung, enthaltend

- ein öllösliches Polyalkylenglykol;

- in einer Menge von 0,1-85 Gew.-%, bezogen auf die gesamte Schmierstoffzusammensetzung, eine Ester-Verbindung, ausgewählt aus der Gruppe aus natürlichen Estern und synthetischen Estern, sowie Kombinationen daraus; und
- 5 - in einer Menge von 0,1-20 Gew.-%, bezogen auf die gesamte Schmierstoffzusammensetzung, ein Additivgemisch umfassend ein Antioxidationsmittel und ein Korrosionsschutzmittel,

wobei das Korrosionsschutzmittel ausgewählt ist aus neutralen alkali- und erdalkali-Salzen von Sulfonsäuren, Carbonsäuren, Naphthensäuren, Naphthoesäuren, Benzoessäuren und Phosphorsäuren, und deren Derivate und Kombinationen daraus, und
10 wobei sich die enthaltenen Komponenten zu insgesamt 100 Gew.-% ergänzen und wie vorstehend definiert sind.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfasst das Additivgemisch zusätzlich zu Antioxidationsmittel(n) und Korrosionsschutzmittel(n) einen
15 Buntmetalldesaktivator, wobei im Rahmen der Erfindung sowohl Einzelverbindungen als auch Gemische aus zwei oder mehr verschiedenen Buntmetalldesaktivatoren miteingeschlossen sind.

Durch die Zugabe von Buntmetalldesaktivatoren können Nichteisenmetallen, wie beispielsweise Cadmium (Cd), Cobalt (Co), Kupfer (Cu), Nickel (Ni), Blei (Pb), Zinn (Sn),
20 und Zink (Zn), die zu den sogenannten Buntmetallen zählen, sowie deren Legierungen, vor Korrosion durch Aktivschwefel geschützt werden.

Der Buntmetalldesaktivator ist bevorzugt ausgewählt aus Triazolen, Mercaptothiadiazolen und Salicylaten, sowie Kombinationen daraus, wobei Triazole und insbesondere Benzotriazole, besonders bevorzugt sind. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung
25 umfassen die Begriffe „Triazole“ und „Benzotriazole“ auch Triazol-Derivate bzw. Benzotriazol-Derivate sowie Reaktionsgemische und Reaktionsmassen, in denen diese als Einzelverbindung oder in einer Vielzahl enthalten sind.

Beispiele erfindungsgemäß besonders geeigneter Buntmetalldesaktivatoren sind Benzotriazol und Tolyltriazol sowie Derivate hiervon, N,N-bis(2-ethylhexyl)-ar-methyl-1H-Benzotriazol-1-methanamin, und eine Reaktionsmasse aus N,N-bis(2-ethylhexyl)-6-
30 methyl-1H-Benzotriazol-1-methanamin, N,N-bis(2-ethylhexyl)-4-methyl-2H-Benzotriazol-2-

methanamin, N,N-bis(2-ethylhexyl)-5-methyl-2H-Benzotriazol-2-methanamin, N,N-Bis(2-ethylhexyl)-4-methyl-1H-benzotriazol-1-methylamin und N,N-Bis(2-ethylhexyl)-5-methyl-1H-benzotriazol-1-methylamin, ohne hierauf beschränkt zu sein.

5 Geeignete Buntmetalldesaktivatoren sind kommerziell erhältlich, z.B. unter den Markennamen Irgamet® 39 oder Irgamet® BTZ.

Durch die gezielte Auswahl des Buntmetalldesaktivators, insbesondere die gezielte Verwendung von Triazolen beziehungsweise Benzotriazolen, kann zusätzlich zu dem Schutz vor Korrosion durch Aktivschwefel eine weitere Verbesserung der Verträglichkeit der Schmierstoffzusammensetzung gegenüber Dichtungsmaterialien, insbesondere
10 Elastomermaterialien, erreicht werden, die insbesondere aus einem synergistischen Zusammenwirken mit den übrigen Komponenten der Schmierstoffzusammensetzung resultiert.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform betrifft die vorliegende Erfindung deshalb eine Schmierstoffzusammensetzung, enthaltend

- 15 - ein öllösliches Polyalkylenglykol;
- in einer Menge von 0,1-85 Gew.-%, bezogen auf die gesamte Schmierstoffzusammensetzung, eine Ester-Verbindung, ausgewählt aus der Gruppe aus natürlichen Estern und synthetischen Estern, sowie Kombinationen daraus; und
- 20 - in einer Menge von 0,1-20 Gew.-%, bezogen auf die gesamte Schmierstoffzusammensetzung, ein Additivgemisch umfassend ein Antioxidationsmittel, ein Korrosionsschutzmittel und einen Buntmetalldesaktivator,

wobei das Korrosionsschutzmittel ausgewählt ist aus neutralen alkali- und erdalkali-Salzen von Sulfonsäuren, Carbonsäuren, Naphthensäuren, Naphthoesäuren, Benzoessäuren und Phosphorsäuren, und Kombinationen daraus, und wobei sich die
25 enthaltenen Komponenten zu insgesamt 100 Gew.-% ergänzen und wie vorstehend definiert sind.

Die erfindungsgemäße Schmierstoffzusammensetzung, beziehungsweise das verwendete Additivgemisch, kann zusätzlich zu Antioxidationsmittel(n), Korrosionsschutzmittel(n) und

- optional Buntmetalldeaktivator(en) ein oder mehrere weitere Additive umfassen, die insbesondere ausgewählt sind aus Verschleißschutzmitteln, Reibungsverminderern, Hochdruckadditiven, Ionen-Komplexbildnern, Festschmierstoffen, Dispergiermitteln, Pourpoint- und Viskositätsverbesserern, UV-Stabilisatoren, Emulgatoren, Farbindikatoren, 5 Gleitverbesserern und Entschäumern, ohne hierauf beschränkt zu sein.

- Erfindungsgemäß geeignete Verschleißschutzmittel, Reibungsverminderer und Hochdruckadditive sind vorzugsweise ausgewählt aus Aminen, Aminphosphaten, verzweigten und/oder linearen alkylierten Phosphaten, Phosphiten, Thiophosphaten, und Phosphothionaten, Arylphosphaten, Arylthiophosphaten, alkylierten Polysulfiden, 10 geschwefelten Aminverbindungen, geschwefelten Fettsäuremethylestern, Naphthensäuren, Nanopartikeln ausgewählt aus Al_2O_3 , SiO_2 , TiO_2 , ZrO_2 , WO_3 , Ta_2O_5 , V_2O_5 , CeO_2 , Aluminiumtitanat, BN, MoSi_2 , SiC , Si_3N_4 , TiC , TiN , ZrB_2 , Tonmineralen und deren Gemische, Sulfonsäuresalzen, und thermisch stabilen Carbonaten und Sulfaten, sowie Mischungen von zwei oder mehr hiervon, ohne hierauf beschränkt zu sein.
- 15 Geeignete kommerziell erhältliche Additive sind beispielsweise nachfolgend genannte Produkte: IRGALUBE® TPPT, IRGALUBE® 232, IRGALUBE® 349, IRGALUBE® 353, IRGALUBE® 211 und ADDITIN® RC3760 Liq 3960, FIRC-SHUN® FG 1505 und FG 1506, NA-LUBE® KR-015FG, LUBEBOND®, FLUORO® FG, SYNALOX® 40-D, ACHESON® FGA 1820 und ACHESON® FGA 1810.

- 20 Geeignete Viskositätsverbesserer sind vorzugsweise ausgewählt aus linearen und verzweigten alkylierten, acylierten und aliphatischen Polymeren und Copolymeren sowie polymerisierten Fettsäureestern, sowie Mischungen aus zwei oder mehr hiervon. Beispiele geeigneter Viskositätsverbesserer sind Polymethacrylat, Ethylen-Propylen-Copolymer, Polyisobutylen, Polyalkylstyrol, hydriertes Styrol-Isopren-Copolymer, ohne 25 hierauf beschränkt zu sein. Geeignete Viskositätsverbesserer sind käuflich zu erwerben.

Geeignete UV-Stabilisatoren sind vorzugsweise ausgewählt aus Stickstoffheterocyclen und substituierten Stickstoffheterocyclen, sowie Mischungen aus zwei oder mehr hiervon, ohne hierauf beschränkt zu sein. Geeignete UV-Stabilisatoren sind käuflich zu erwerben.

- Geeignete Festschmierstoffe sind vorzugsweise ausgewählt aus PTFE, Bornitrid, 30 Zinkoxid, Magnesiumoxid, Pyrophosphaten, Thiosulfaten, Magnesiumcarbonat, Calciumcarbonat, Calciumstearat, Zinksulfid, Molybdänsulfid, Wolframsulfid, Zinnsulfid, Graphit, Graphen, Nano-Röhren, SiO_2 -Modifikationen, sowie Mischungen aus zwei oder

mehr hiervon, ohne hierauf beschränkt zu sein. Geeignete Festschmierstoffe sind käuflich zu erwerben.

Geeignete Emulgatoren sind vorzugsweise ausgewählt aus verzweigten und/oder linearen ethoxylierten und/oder propoxylierten Alkoholen und deren Salzen, insbesondere
5 Alkoholen mit Kettenlängen von 14-18 C-Atomen, ethoxylierten und/oder propoxylierten Alkylethern, Fettsäureestern, und ionischen Tensiden wie z. B. Natriumsalzen von Alkylsulfonsäuren, sowie Mischungen aus zwei oder mehr hiervon, ohne hierauf beschränkt zu sein. Geeignete Emulgatoren sind käuflich zu erwerben.

Durch die Zugabe von Entschäumern wird die Schaumbildung unterbunden. Geeignete
10 Entschäumer sind vorzugsweise ausgewählt aus ethoxylierten und/oder propoxylierten Alkoholen mit Kettenlängen von 10-18 C-Atomen, Mono- und Diglyceriden von Speisefetten, Acrylaten, propoxylierten und/oder ethoxylierten Alkylethern, Polyolen inklusive Diolen, und Polysiloxanen wie Silikonöle oder Polydimethylsiloxane, sowie Mischungen aus zwei oder mehr hiervon, ohne hierauf beschränkt zu sein. Geeignete
15 Entschäumer sind käuflich zu erwerben.

Ein Beispiel eines geeigneten Farbindikators ist 2,5-thiophenediylbis(5-ter-butyl-1,3-benzoxazole), ohne hierauf beschränkt zu sein. Geeignete Farbindikatoren sind käuflich zu erwerben.

Ein Gleitverbesserer im Sinne der vorliegenden Erfindung ist eine organische Verbindung,
20 die sowohl einen polaren als auch einen unpolaren Teil umfasst. Der Begriff „organische Verbindung“ umfasst sowohl Einzelverbindungen (das heißt, Moleküle) und Gemische von Einzelverbindungen als auch Oligomere und Polymere einschließlich Homopolymere, Copolymere und Polymerblends, sowie Mischung hiervon.

Durch die Zugabe des Gleitverbesserers zu der Schmierstoffzusammensetzung kann eine
25 Verbesserung der Gleiteigenschaften der Schmierstoffzusammensetzung, insbesondere auch bei niedrigen Getriebe- und Lagergeschwindigkeiten und hoher Belastung, erreicht werden.

Bevorzugte Beispiele organischer Verbindungen, die vorteilhaft als Gleitverbesserer in der erfindungsgemäßen Schmierstoffzusammensetzung eingesetzt werden können, sind die
30 folgenden Verbindungen, ohne hierauf beschränkt zu sein: Maleinsäure-Olefin-Copolymere (kommerziell erhältlich z.B. als Ketjenlube® 135, Ketjenlube® 2700,

Ketjenlube® 23000); modifizierte Polyester (kommerziell erhältlich z.B. als Perfad™ 3000, Perfad™ 3050); Polymethylmethacrylat (PMMA), lineare Polymere sowie Sternpolymere (kommerziell erhältlich z.B. als Lubrizol 87725); Ölsäure, insbesondere Gemische aus C16-C18-Fettsäuren und C18-ungesättigten Fettsäuren (kommerziell erhältlich z.B. als Herwemag OA); Glycerinmonooleate (GMO), insbesondere solche mit Monogehalt min. 40%, freies Glycerin max. 6% (kommerziell erhältlich z.B. als Ilco Lube 2316); Polymethacrylat (PMA), lineare Polymere sowie Kammpolymere (kommerziell erhältlich z.B. als Viscoplex® 3-200); Kammpolymere aus 1-Decen und 9-Dodecylsäuremethylester (kommerziell erhältlich z.B. als Elevance Aria® WTP 40); Pentaerythrit-tetraisostearat (kommerziell erhältlich z.B. als Priolube™ 3987-LQ).

Da die Additive dazu dienen, bestimmte Eigenschaften des Schmierstoffs zu verbessern und/oder diesem bestimmte Eigenschaften zu verleihen, können sie je nach Bedarf bzw. Anforderung an den Schmierstoff diesem als Einzelsubstanz oder als Gemisch von zwei oder mehr Additiven zugegeben werden, wobei die Menge der Additive in dem Additivgemisch nicht beschränkt ist, solange die vorstehend definierte Gesamtmenge aller Additive, bezogen auf die gesamte Schmierstoffzusammensetzung, nicht über- bzw. unterschritten wird.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Säurezahl der gesamten Schmierstoffzusammensetzung 30 mg KOH/g oder kleiner, mehr bevorzugt 20 mg KOH/g oder kleiner, besonders bevorzugt 15 mg KOH/g oder kleiner, und ganz besonders bevorzugt 10 mg KOH/g oder kleiner.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die Schmierstoffzusammensetzung eine kinematische Viskosität bei 40 °C von 20 mm²/s bis 680 mm²/s, besonders bevorzugt von 30 mm²/s bis 480 mm²/s und ganz besonders bevorzugt von 60 mm²/s bis 150 mm²/s, auf. Viskositätsmessung erfolgen gemäß ASTM D 7042.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die Schmierstoffzusammensetzung gemäß Norm OECD 301 A - F oder OECD 306 biologisch abbaubar und/oder weist nach Norm OECD 201, 202, 203 oder 236 eine geringe Aquatoxizität auf.

Es wurde überraschend gefunden, dass die hierin beschriebene erfindungsgemäße Schmierstoffzusammensetzung, die wie vorstehend definiert als Komponenten ein öllösliches Polyalkylenglykol, eine Ester-Verbindung und ein Additivgemisch, das ein

Antioxidationsmittel und ein neutrales Korrosionsschutzmittel umfasst, enthält, den Vorteil einer verbesserten Verträglichkeit gegenüber Dichtungsmaterialien, insbesondere Elastomeren, zeigt, die sich insbesondere aus einem synergistischen Zusammenwirken der Komponenten ergibt. Die erfindungsgemäße Schmierstoffzusammensetzung weist
5 zudem gute Schmier- bzw. Gleiteigenschaft und eine gute biologische Abbaubarkeit bzw. Ökoverträglichkeit auf.

Die erfindungsgemäße Schmierstoffzusammensetzung eignet sich deshalb hervorragend für die Verwendung als Getriebe-, Wälzlager-, Hydraulik- oder Gleitlageröl im marinen Bereich und im Bereich der Binnengewässer, sowie in Maschinen und
10 Maschinenelementen an Land, die mit Wasser und/oder wässrigen Medien in Kontakt kommen können.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung betrifft deshalb die Verwendung der hierin beschriebenen erfindungsgemäßen Schmierstoffzusammensetzung als Getriebe-, Wälzlager-, Hydraulik- und Gleitlageröl im marinen Bereich und im Bereich der
15 Binnengewässer, sowie in Maschinen und Maschinenelementen an Land, die mit Wasser und/oder wässrigen Medien in Kontakt kommen können.

Anwendungsgebiete im marinen Bereich und im Bereich der Binnengewässer schließen insbesondere die Schmierung von Getrieben, Hydrauliken, Lagern, wie Gleit-, Wälz- oder Stevenrohrlager, Propellerrudern, Propellerwellen, Pneumatikkomponenten
20 Linearführungen, Ketten und Seilen in Maschinen, Maschinenbauteilen und Anlagen, die im marinen Bereich mit Salzwasser, beispielsweise Offshore-Anlagen, bzw. in Binnengewässern mit (Süß-)Wasser und/oder wässrigen Medien in Berührung kommen, mit ein, ohne hierauf beschränkt zu sein.

Im marinen Bereich werden Getriebe beispielsweise in Thrustern und Azipods verwendet.
25 Diese Anwendung dient der Kraftübertragung und Kraftwandlung, welche zwischen Antrieb und Propeller von staten geht. Hier ist sowohl mit einem Eintrag von Wasser ins Innere als auch mit Austritt von Schmierstoff in die Meeresumwelt zu rechnen.

Eine weitere Anwendung im marinen Bereich sind Jack-up-Systeme, die Plattformen, Installationsschiffe für Windräder oder Bohrinself anheben. Diese Bewegung wird durch
30 offene Getriebe bewerkstelligt.

Hydrauliken im Marinesektor dienen zum Antrieb verstellbarer Propellerruder, sowie in Flossenstabilisatoren und Ruderlagern. In letzteren kommen auch Linearführungen zum Einsatz, die zumeist mit dem gleichen Schmierstoff geschmiert werden. Auch hier findet die Schmierung unterhalb der Wasserlinie statt. Dem entsprechend ist auch in diesen Fall mit Wassereintrag in die Maschinenteile sowie Austritt des Schmierstoffs in die Meeresumwelt zu rechnen.

Bei der Gleitlageranwendung im Marinebereich handelt es sich in erster Linie um ein Propellerwellenlager, welches sich im Stevenrohr befindet, das sogenannte Stevenrohrlager. Primäre Aufgabe der Propellerwelle ist die Übertragung der Antriebsbewegung durch den Schiffsrumpf zur Schraube. Das Lager sorgt dabei für reibungsarme Bewegung.

Des Weiteren werden Maschinen und Maschinenbauteile in Offshore Windkraftanlagen, Öl- und Gasförderplattformen, in Hafenanlagen, Werften und dergleichen geschmiert, die mit Meerwasser, Wasser und wässrigen Medien in Berührung kommen.

Dazu gehören auch Ketten, die beispielsweise in Schleusentoren verwendet werden, Seile, wie der Schiffstau oder Seile die an Netzen Anwendung finden, sowie Armaturen zur Regelung von Feststoff-, Flüssig- und Gasströmen. Ebenso müssen Schrauben, Federn, Ventile in den verschiedensten Apparaturen und Maschinen geschmiert werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform betrifft die vorliegende Erfindung deshalb die Verwendung der hierin beschriebenen, erfindungsgemäßen Schmierstoffzusammensetzung als Getriebeöl, Wälzlageröl, Hydrauliköl oder Gleitlageröl im marinen Bereich und im Bereich der Binnengewässer, insbesondere zur Schmierung von Getrieben, Hydrauliken, Propellerrudern, Propellerwellen, Linearführungen, Pneumatikkomponenten, Armaturen, Lagern, wie Gleit-, Wälz- oder Stevenrohrlager, Ketten, Seilen, Federn, Ventilen und Schrauben in Maschinen, Maschinenbauteilen und Anlagen, die mit Wasser (Salz- und/oder Süßwasser) in Kontakt kommen, sowie in Maschinen und Maschinenelementen an Land, die mit Wasser und/oder wässrigen Medien in Kontakt kommen, wobei die Schmierstoffzusammensetzung bevorzugt enthält:

- ein öllösliches Polyalkylenglykol;
- in einer Menge von 0,1 – 85 Gew.-%, bezogen auf die gesamte Schmierstoffzusammensetzung, eine Ester-Verbindung, ausgewählt aus der

Gruppe aus natürlichen Estern und synthetischen Estern, sowie Kombinationen daraus; und

- 5 - in einer Menge von 0,1 – 20 Gew.-%, bezogen auf die gesamte Schmierstoffzusammensetzung, ein Additivgemisch umfassend ein Antioxidationsmittel, ein Korrosionsschutzmittel und optional einen Buntmetalldesaktivator,

10 wobei das Korrosionsschutzmittel ausgewählt ist aus neutralen alkali- und erdalkali-Salzen von Sulfonsäuren, Carbonsäuren, Naphthensäuren, Naphthoesäuren, Benzoessäuren und Phosphorsäuren, sowie Derivate und Kombinationen daraus, und wobei sich die enthaltenen Komponenten zu insgesamt 100 Gew.-% ergänzen und wie vorstehend definiert sind.

15 Die Herstellung der Schmierstoffzusammensetzungen erfolgt nach einem dem Fachmann bekannten Vorgehen, indem die Grundölkomponenten (öllösliche(s) Polyalkylenglykol(e), Ester-Verbindung(en)) und die Additive in einem geeigneten Gefäß, z.B. einem Mischkessel, unter Verwendung eines geeigneten Rührers vermischt werden. Feste Additive bzw. Komponenten werden durch Temperaturerhöhung in Lösung gebracht und untergerührt. Die Herstellung kann auch mittels kontinuierlicher Verfahren erfolgen.

Die vorliegende Erfindung wird durch die nachfolgenden nicht einschränkenden Beispiele detaillierter beschrieben.

20 Beispiele

Verwendete allgemeine Prüfmethoden:

Die Eigenschaften der Schmierstoffzusammensetzung sowie der darin enthaltenen Komponenten werden, sofern nicht von Herstellerseite bekannt, mittels der folgenden Methoden bestimmt:

- 25 - Bestimmung der Viskosität: Viskositätsmessung erfolgen gemäß ASTM D 7042 mittels eines Stabinger Viskosimeters SVM 3000 (Anton Paar).
- Bestimmung Säurezahl (TAN, total acid number [mg KOH/g]):

Zur Bestimmung der Säurezahl wird die Probe in einem Lösemittelgemisch gelöst und anschließend gemäß ASTM D664-18E02 mit einer alkoholischen Kaliumhydroxid-Lösung titriert. Die Titration wird potentiometrisch mit Hilfe einer Solvotrode an einer Metrohm 905 Titrandotitriereinheit durchgeführt.

5 - Bestimmung Molekulargewicht (M_n):

Die Bestimmung des Molekulargewichts erfolgt mittels GPC (Gel-Permeations-Chromatographie) gegen einen Polystyrol-Standard gemäß DIN 55672-1:2016-03 „Gelpermeationschromatographie (GPC) - Teil 1: Tetrahydrofuran (THF) als Elutionsmittel“ unter Verwendung eines SECcure GPC Systems.

10 **Herstellung der Schmierstoffzusammensetzungen:**

Die Herstellung der Schmierstoffzusammensetzungen erfolgt nach einem dem Fachmann bekannten Vorgehen, indem die Grundölkomponten (öllösliche(s) Polyalkylenglykol(e), Ester-Verbindung(en)) und die Additive in einem geeigneten Gefäß, z.B. einem Mischkessel, unter Verwendung eines geeigneten Rührers vermischt werden. Feste Additive bzw. Komponenten werden durch Temperaturerhöhung in Lösung gebracht und untergerührt. Die Herstellung kann auch mittels kontinuierlicher Verfahren erfolgen.

Folgende erfindungsgemäße (Beispiele 1-5) und nicht erfindungsgemäße (Vergleichsbeispiele 1-11) Formulierungen werden wie vorstehend beschrieben hergestellt:

20 Beispiel 1

	Chemie 1	Chemie 2	Anteil (Gew.%)
Grundöl 1	Öllösliches Polyalkylenglykol	Polyisobutylendioxid (iBO)- Polyisopropylendioxid (iPO)- Copolymer; iBO:iPO 50:50, dodecanolinitiiert	19,0
Grundöl 2	Pentaerythritester	Pentaerythrit-Tetraisoostearat	76,305
Additivgemisch	Korrosionsschutzmittel	Neutrales Calciumsulfonat ¹ (TAN < 10 mg KOH/g)	4,695

	Antioxidationsmittel	Phenolischer Antioxidant ²	
	Buntmetalldesaktivator	Benzotriazolderivat	
	Gleitverbesserer	Maleinsäure-Olefin Copolymer	
	Entschäumer	Silikonhaltiger Entschäumer	

Beispiel 2

	Chemie 1	Chemie 2	Anteil (Gew.%)
Grundöl 1	Öllösliches Polyalkylenglykol	iBO- iPO-Copolymer; iBO:iPO 50:50, dodecanolinitiiert	19,5
Grundöl 2	Pentaerythritester	Pentaerythrit-Tetraisostearat	76,305
Additivgemisch	Korrosionsschutzmittel	Neutrales Calciumsulfonat ¹ (TAN < 10 mg KOH/g)	4,195
	Antioxidationsmittel	Aminischer Antioxidant ³	
	Buntmetalldesaktivator	Benzotriazolderivat	
	Gleitverbesserer	Maleinsäure-Olefin Copolymer	
	Entschäumer	Silikonhaltiger Entschäumer	

Beispiel 3

	Chemie 1	Chemie 2	Anteil (Gew.%)
Grundöl 1	Öllösliches Polyalkylenglykol	iBO- iPO-Copolymer; iBO:iPO 50:50, dodecanolinitiiert	19,9
Grundöl 2	Pentaerythritester	Pentaerythrit-Tetraisostearat	76,305
Additivgemisch	Korrosionsschutzmittel	Neutrales Calciumsulfonat ¹ (TAN < 10 mg KOH/g)	3,795
	Antioxidationsmittel	Aminischer Antioxidant ⁴	
	Buntmetalldesaktivator	Benzotriazolderivat	
	Gleitverbesserer	Maleinsäure-Olefin Copolymer	
	Entschäumer	Silikonhaltiger Entschäumer	

Beispiel 4

	Chemie 1	Chemie 2	Anteil (Gew.%)
Grundöl 1	Öllösliches Polyalkylenglykol	iBO- iPO-Copolymer; iBO:iPO 50:50, dodecanolinitiiert	60,0
Grundöl 2	Pentaerythrit- Komplexester	Pentaerythrit-Isostearat- Sebacat-Komplexester	35,305
Additivgemisch	Korrosionsschutzmittel	Neutrales Calciumsulfonat ¹ (TAN < 10 mg KOH/g)	4,695
	Antioxidationsmittel	Phenolischer Antioxidant ²	
	Buntmetalldesaktivator	Benzotriazolderivat	
	Gleitverbesserer	Maleinsäure-Olefin Copolymer	
	Entschäumer	Silikonhaltiger Entschäumer	

Beispiel 5

	Chemie 1	Chemie 2	Anteil (Gew.%)
Grundöl 1	Öllösliches Polyalkylenglykol	iBO- iPO-Copolymer; iBO:iPO 50:50, dodecanolinitiiert	19,0
Grundöl 2	Pentaerythritester	Pentaerythrit-Tetraisostearat	75,805
Additivgemisch	Korrosionsschutzmittel	Neutrales Calciumsulfonat ¹ (TAN < 10 mg KOH/g)	5,195
	Antioxidationsmittel	Thiocarbamat ¹⁰	
	Buntmetalldesaktivator	Benzotriazolderivat	
	Gleitverbesserer	Maleinsäure-Olefin Copolymer	
	Entschäumer	Silikonhaltiger Entschäumer	

5 Vergleichsbeispiel 1

	Chemie 1	Chemie 2	Anteil (Gew.%)
Grundöl 1	Öllösliches	iBO-iPO-Copolymer; iBO:iPO	19,5

	Polyalkylenglykol	50:50, dodecanolinitiiert	
Grundöl 2	Pentaerythritester	Pentaerythrit-Tetraisostearat	76,805
Additivgemisch	Korrosionsschutzmittel	Neutrales Calciumsulfonat ¹ (TAN < 10 mg KOH/g)	3,695
	Antioxidationsmittel	--	
	Buntmetalldesaktivator	Benzotriazolderivat	
	Gleitverbesserer	Maleinsäure-Olefin Copolymer	
	Entschäumer	Silikonhaltiger Entschäumer	

Vergleichsbeispiel 2

	Chemie 1	Chemie 2	Anteil (Gew.%)
Grundöl 1	Öllösliches Polyalkylenglykol	iBO- iPO-Copolymer; iBO:iPO 50:50, dodecanolinitiiert	21
Grundöl 2	Pentaerythritester	Pentaerythrit-Tetraisostearat	74,705
Additivgemisch	Korrosionsschutzmittel	Aminneutralisiertes Phosphat ⁵ ; Sarcosinderivat ⁶ (TAN > 100 mg KOH/g)	4,295
	Antioxidationsmittel	Phenolischer Antioxidant ²	
	Buntmetalldesaktivator	Benzotriazolderivat	
	Gleitverbesserer	Maleinsäure-Olefin Copolymer	
	Entschäumer	Silikonhaltiger Entschäumer	

Vergleichsbeispiel 3

	Chemie 1	Chemie 2	Anteil (Gew.%)
Grundöl 1	Öllösliches Polyalkylenglykol	iBO- iPO-Copolymer; iBO:iPO 50:50, dodecanolinitiiert	19,0
Grundöl 2	Pentaerythritester	Pentaerythrit-Tetraisostearat	76,705
Additivgemisch	Korrosionsschutzmittel	Carbonsäurehalbester ⁷ ; Sarcosinderivat ⁶	4,295

		(TAN > 100 mg KOH/g)	
	Antioxidationsmittel	Phenolischer Antioxidant ²	
	Buntmetalldesaktivator	Benzotriazolderivat	
	Gleitverbesserer	Maleinsäure-Olefin Copolymer	
	Entschäumer	Silikonhaltiger Entschäumer	

Vergleichsbeispiel 4

	Chemie 1	Chemie 2	Anteil (Gew. %)
Grundöl 1	Öllösliches Polyalkylenglykol	iBO- iPO-Copolymer; iBO:iPO 50:50, dodecanolinitiiert	19,0
Grundöl 2	Pentaerythritester	Pentaerythrit-Tetraisostearat	76,71
Additivgemisch	Korrosionsschutzmittel	Carbonsäurehalbester ⁷ (TAN > 100 mg KOH/g)	4,29
	Antioxidationsmittel	Phenolischer Antioxidant	
	Buntmetalldesaktivator	Benzotriazolderivat	
	Gleitverbesserer	Maleinsäure-Olefin Copolymer	
	Entschäumer	Silikonhaltiger Entschäumer	

Vergleichsbeispiel 5

	Chemie 1	Chemie 2	Anteil (Gew. %)
Grundöl 1	Öllösliches Polyalkylenglykol	iBO- iPO-Copolymer; iBO:iPO 50:50, dodecanolinitiiert	19,71
Grundöl 2	Pentaerythritester	Pentaerythrit-Tetraisostearat	76,0
Additivgemisch	Korrosionsschutzmittel	Carbonsäurediester ⁸ , Carbonsäurehalbester ⁷ (TAN > 100 mg KOH/g)	4,29
	Antioxidationsmittel	Phenolischer Antioxidant ²	
	Buntmetalldesaktivator	Benzotriazolderivat	
	Gleitverbesserer	Maleinsäure-Olefin Copolymer	

	Entschäumer	Silikonhaltiger Entschäumer	
--	-------------	-----------------------------	--

Vergleichsbeispiel 6

	Chemie 1	Chemie 2	Anteil (Gew.%)
Grundöl 1	Öllösliches Polyalkylenglykol	iBO- iPO-Copolymer; iBO:iPO 50:50, dodecanolinitiiert	19,71
Grundöl 2	Pentaerythritester	Pentaerythrit-Tetraisostearat	76,0
Additivgemisch	Korrosionsschutzmittel	Carbonsäurehalbester ⁹ (TAN > 100 mg KOH/g)	4,29
	Antioxidationsmittel	Phenolischer Antioxidant ²	
	Buntmetalldesaktivator	Benzotriazolderivat	
	Gleitverbesserer	Maleinsäure-Olefin Copolymer	
	Entschäumer	Silikonhaltiger Entschäumer	

Vergleichsbeispiel 7

	Chemie 1	Chemie 2	Anteil (Gew.%)
Grundöl 1	Pentaerythrit-Ester	Pentaerythrit-Tetraisostearat	51,764
Grundöl 2	Pentaerythrit-Ester	Pentaerythrit-Tetraoleat	43,041
Additivgemisch	Korrosionsschutzmittel	Neutrales Calciumsulfonat ¹ (TAN < 10 mg KOH/g)	5,195
	Antioxidationsmittel	Thiocarbamat ¹⁰	
	Buntmetalldesaktivator	Benzotriazolderivat	
	Gleitverbesserer	Maleinsäure-Olefin Copolymer	
	Entschäumer	Silikonhaltiger Entschäumer	

5

Vergleichsbeispiel 8

	Chemie 1	Chemie 2	Anteil (Gew.%)
--	----------	----------	-------------------

Grundöl 1	Pentaerythrit-Ester	Pentaerythrit-Tetraoleat	43,041
Grundöl 2	Pentaerythrit-Ester	Pentaerythrit-Tetraisostearat	52,264
Additivgemisch	Korrosionsschutzmittel	Neutrales Calciumsulfonat ¹ (TAN < 10 mg KOH/g)	4,695
	Antioxidationsmittel	Phenolischer Antioxidant ²	
	Buntmetalldesaktivator	Benzotriazolderivat	
	Gleitverbesserer	Maleinsäure-Olefin Copolymer	
	Entschäumer	Silikonhaltiger Entschäumer	

Vergleichsbeispiel 9

	Chemie 1	Chemie 2	Anteil (Gew. %)
Grundöl 1	Pentaerythrit-Ester	Pentaerythrit-Tetraoleat	44,541
Grundöl 2	Pentaerythrit-Ester	Pentaerythrit-Tetraisostearat	51,664
Additivgemisch	Korrosionsschutzmittel	Neutrales Calciumsulfonat ¹ (TAN < 10 mg KOH/g)	3,795
	Antioxidationsmittel	Aminischer Antioxidant ⁴	
	Buntmetalldesaktivator	Benzotriazolderivat	
	Gleitverbesserer	Maleinsäure-Olefin Copolymer	
	Entschäumer	Silikonhaltiger Entschäumer	

Vergleichsbeispiel 10

	Chemie 1	Chemie 2	Anteil (Gew. %)
Grundöl 1	Polyalkylenglykol	Polypropylenglycol ¹¹	68,48
Grundöl 2	Pentaerythrit-Ester	Pentaerythrit-Tetraisostearat	29,32
Additivgemisch	Korrosionsschutzmittel	Basisches Bariumsulfonat ¹²	2,20
	Antioxidationsmittel	Aminischer Antioxidant ⁴	
	Buntmetalldesaktivator	Benzotriazol (CAS-Nr. 95-14-7)	

5

Vergleichsbeispiel 11

	Chemie 1	Chemie 2	Anteil
--	----------	----------	--------

			(Gew.%)
Grundöl 1	Polyalkylenglykol	Polypropylenglycol ¹¹	68,48
Grundöl 2	Trimethylolpropan-Ester	Trimethylolpropan-Fettsäureester (überwiegend C18-subst.)	29,32
Additivgemisch	Korrosionsschutzmittel	Basisches Bariumsulfonat ¹²	2,20
	Antioxidationsmittel	Aminischer Antioxidant ⁴	
	Buntmetalldeaktivator	Benzotriazol (CAS-Nr. 95-14-7)	

¹neutrales Alkylnaphthalinsulfonsäure-Caliciumsalz (NA-SUL® CA-770 FG);

²Octadecyl-3-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)propionat (CAS-Nr. 2082-79-3);

³Benzolamin, N-Phenyl-, Reaktionsprodukte mit 2,4,4-Trimethylpenten, (CAS-Nr. 68411-46-1);

5 ⁴Bis(4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)phenyl)amin (CAS-Nr. 15721-78-5);

⁵Amine, C11-14-verzweigte Alkyl-, Monohexyl und Dihexylphosphate (CAS-Nr. 80939-62-4);

⁶N-Oleoylsarcosin;

⁷2-(Tetrapropenyl)bernsteinsäure, Monoester mit Propan-1,2-diol (CAS-Nr. 52305-09-6);

10 ⁸(Tetrapropenyl)bernsteinsäure (CAS-Nr. 27859-58-1);

⁹Reaktionsprodukte von Dihydro-3-(tetrapropenyl)furan-2,5-dion mit Propan-1,2-diol (EC-Nr. 947-696-0);

¹⁰4,4'-Methylenbis(dibutyldithiocarbamat) (CAS-Nr. 10254-57-6);

15 ¹¹ Polypropylenglykolmonobutylether, n-butanolinitiiert (Synalox™ 100-40B DOW, M_n 1100 g/mol);

¹² Bariumbis(dinonylnaphthalinsulfonat) in Mineralöl (CAS-Nr. 25619-56-1; King Industries Na-Sul ® BSN, pH 10)

Beispiel 6 – Bestimmung Elastomerverträglichkeit:

20 Bei der Auswahl eines geeigneten Elastomermaterials ist neben dem Temperatureinsatzbereich auch häufig die Berücksichtigung der chemischen und physikalischen Beständigkeit des Elastomers ausschlaggebend. Die Elastomere unterliegen Alterungs- bzw. Verschleißeinflüssen, die wiederum entscheidend für die Lebensdauer in der Anwendung sind.

Zur Ermittlung der Elastomerverträglichkeit gegenüber Schmierstoffen werden Elastomerprüfkörper (NBR- sowie FKM-Prüfkörper) in Formulierungen der Beispiele 1-5 sowie der Vergleichsbeispiele 1-7 eingelagert und die Einwirkung der jeweiligen Formulierung auf das Elastomermaterial untersucht. Als Maß für die Elastomerverträglichkeit wird die Veränderung der Werkstoffeigenschaften wie Härte, Gewicht, Volumen, Zugfestigkeit oder Reißdehnung nach Einlagerung im Schmierstoff im Vergleich zum Anlieferungszustand bestimmt.

Einlagerungsversuche werden sowohl in reinem Schmieröl als auch in einer Öl-Wasser Emulsion unter Verwendung handelsüblicher Geräte durchgeführt.

- 10 Die Einlagerungsversuche in reinem Schmieröl werden gemäß Norm DIN ISO 1817 (DIN ISO 1817:2016-11) durchgeführt. Folgende Elastomerprüfkörper werden bei folgenden Messbedingungen dem reinen Schmieröl ausgesetzt:

	FKM: 80 FKM 10061:	168 h / 150 °C;
	85 FKM 245601:	168 h / 150 °C
15	NBR: ISO 6072 NBR 1:	1000 h / 100 °C

- Die Einlagerungsversuche in Öl-Wasser Emulsionen werden in Anlehnung an DIN ISO 1817 (DIN ISO 1817:2016-11) durchgeführt. Das Prüföl wird in einem geeigneten Prüfgefäß (z.B. Planflanschbecher mit Nut 2000 ml DN 120, mit Planschliffdeckel DN 120) mit 5% dest. Wasser versetzt (bei 1600ml Öl: 85 ml Wasser, bei 1800 ml Öl: 95 ml Wasser) und gerührt, bis ein homogener Zustand erreicht wird. Die Prüfkörper werden komplett in das Prüföl eingetaucht und so angeordnet, dass der Abstand zu den seitlichen Wänden des Prüfgefäßes mindestens 5 mm, zum Boden des Gefäßes und zur Oberfläche des Prüföls mindestens 10 mm beträgt. Nach Anbringen eines Kontaktthermometers und eines Rückflusskühlers wird das Prüfgefäß verschlossen, um Wasserverlust zu verhindern, und das Medium unter ständigem Rühren erwärmt. Folgende Elastomerprüfkörper werden bei folgenden Messbedingungen einer Öl-Wasser Emulsion ausgesetzt:

FKM: 80 FKM 10061:	336 h / 80 °C
--------------------	---------------

- Nach Ablauf der Einwirkzeit in dem reinem Schmieröl bzw. der Öl-Wasser Emulsion werden die Probenkörper Erkalten gelassen und gereinigt. Anschließend werden nach den jeweils geltenden Normen Veränderungen der Härte, des Gewichts, des Volumens,

der Zugfestigkeit und/oder der Reißdehnung der Elastomere nach Einlagerung im Schmierstoff im Vergleich zum Anlieferungszustand bestimmt:

- Volumenänderung, Gewichtsänderung: Bestimmung erfolgt jeweils nach DIN ISO 1817 (DIN ISO 1817:2016-11) Elastomere – Bestimmung des Verhaltens gegenüber Flüssigkeiten

Die Änderung des Volumens bzw. Gewichts der Prüfkörper gibt Rückschluss auf die Migration der Prüfflüssigkeit ins Materialinnere oder das Herauslösen bzw. ggf. auch Auflösen des Materials.

- Änderung der Shore A Härte: Bestimmung erfolgt nach DIN ISO 7619-1 (DIN ISO 7619-1:2012-02) Elastomere oder thermoplastische Elastomere – Bestimmung der Eindringtiefe – Teil 1: Durometer-Verfahren (Shore-Härte)

Als Härte wird allgemein der mechanische Widerstand des Werkstoffes beim Eindringen eines härteren Prüfkörpers bezeichnet.

- Änderung der Zugfestigkeit sowie Reißdehnung: Bestimmung erfolgt jeweils nach DIN 53504 (DIN 53504:2017-03) – Prüfung von Kautschuk und Elastomeren – Bestimmung von Zugfestigkeit, Reißdehnung und Spannungswerten im Zugversuch

Die Messergebnisse der statischen Elastomereinlagerung in reinem Schmieröl sind in den nachfolgenden Tabellen 1 bis 3 angegeben:

- 20 Tabelle 1a (80 FKM 10061/150 °C/168 h):

Parameter	Beispiel 1	Beispiel 2	Beispiel 3	Vergleichsbeispiel 1
Gewichtsänderung, %	0,3	0,4	0,4	Nicht messbar
Volumenänderung, %	0,9	0,5	0,5	Nicht messbar
Änderung Shore A Härte	0	0	0	Nicht messbar
Änderung Zugfestigkeit, %	-2	6	9	Nicht messbar
Änderung Reißdehnung, %	-16	17	21	Nicht messbar

- Tabelle 1b (85 FKM 245601/150 °C/168 h):

Parameter	Beispiel 1	Beispiel 2	Beispiel 3	Vergleichsbeispiel 1
-----------	------------	------------	------------	----------------------

Gewichtsänderung, %	0,1	0,1	0,1	Nicht messbar
Volumenänderung, %	0,2	0,3	0,2	Nicht messbar
Änderung Shore A Härte	0	-1	-1	Nicht messbar
Änderung Zugfestigkeit, %	-8	-8	-11	Nicht messbar
Änderung Reißdehnung, %	-6	-5	-9	Nicht messbar

Wie den Tabellen 1a und 1b zu entnehmen ist, zeigen die Prüfkörper nach Einlagerung in den erfindungsgemäßen Schmierstoffzusammensetzungen der Beispiele 1, 2 und 3, die jeweils ein OSP, einen Antioxidanten und ein neutrales Korrosionsschutzmittel enthalten, nur geringe Änderungen des Volumens, des Gewichts, der Shore A Härte, der Zugfestigkeit und der Reißdehnung, was eine gute Elastomerverträglichkeit der Schmierstoffzusammensetzungen bedeutet. Dagegen führt die Schmierstoffzusammensetzung gemäß Vergleichsbeispiel 1, die zwar ein OSP und ein neutrales Korrosionsschutzmittel, aber keinen Antioxidanten enthält, zu keinen messbaren Ergebnissen, da sich die Schmierstoffzusammensetzung unter den gewählten Bedingungen bereits vor Versuchsende zu zersetzen beginnt. Die Ergebnisse zeigen einen synergistischen Effekt zwischen den Komponenten der erfindungsgemäßen Schmierstoffe.

Tabelle 2 (80 FKM 10061/150 °C/168 h):

Parameter	Bsp. 1	Vgl.- Bsp. 2	Vgl.-Bsp. 3	Vgl.-Bsp. 4	Vgl.-Bsp. 5	Vgl.-Bsp. 6
Änderung Zugfestigkeit, %	-2	-25	-21	-24	-9	-12
Änderung Reißdehnung, %	-16	-46	-40	-52	-42	-44

Wie Tabelle 2 zu entnehmen ist, zeigt der Prüfkörper nach Einlagerung in der erfindungsgemäßen Schmierstoffzusammensetzung aus Beispiel 1, die ein OSP, einen Antioxidanten und ein neutrales Korrosionsschutzmittel enthält (TAN < 10 mg KOH/g), deutlich geringere Veränderungen der Zugfestigkeit und der Reißdehnung im Vergleich zur Einlagerung in den Schmierstoffzusammensetzungen der Vergleichsbeispiele, die neben OSP und Antioxidanten saure Korrosionsschutzmittel enthalten (TAN > 100 mg KOH/g). Die Ergebnisse zeigen einen synergistischen Effekt zwischen den Komponenten

des erfindungsgemäßen Schmierstoffs dahingehend, dass bei Auswahl eines geeigneten Korrosionsschutzmittels die Elastomerverträglichkeit verbessert werden kann.

Tabelle 3 (ISO 6072 NBR 1 / 100 °C/1000 h):

Parameter	Beispiel 1	Beispiel 4
Gewichtsänderung, %	4,8	5,8
Volumenänderung, %	5,6	6,5
Änderung Shore A Härte,	1	-2
Änderung Zugfestigkeit, %	-28	-18
Änderung Reißdehnung, %	-54	-40

- 5 Wie Tabelle 3 zu entnehmen ist, zeigen die Prüfkörper nach Einlagerung in den erfindungsgemäßen Schmierstoffzusammensetzungen aus den Beispielen 1 und 4 vergleichbare Änderungen hinsichtlich Gewicht, Volumen und Shore A Härte, wohingegen die Einlagerung in der Schmierstoffzusammensetzungen aus Beispiel 4 zu einer geringeren Änderung der Zugfestigkeit und Reißdehnung am Prüfkörper führt. Die
- 10 Ergebnisse zeigen, dass die Vergrößerung des Anteils an OSP in der Schmierstoffzusammensetzung gemäß Beispiel 4 zu einer weiteren Erhöhung der Verträglichkeit der Schmierstoffzusammensetzung gegenüber NBR führt.

Die Messergebnisse der statischen Elastomereinlagerung in Öl-Wasser Emulsionen sind in nachfolgender Tabelle 4 angegeben:

- 15 Tabelle 4 (80 FKM 10061 / Öl+5% Wasser; 80 °C; 336 h)

Parameter	Bsp. 1	Bsp. 3	Bsp. 5	Vgl.- Bsp. 7	Vgl.- Bsp. 8	Vgl.- Bsp. 9	Vgl.- Bsp. 10	Vgl.- Bsp. 11
Gewichts- änderung, %	2,2	2,3	2,7	7,9	6,1	11,6	4,3	8,2
Volumen- änderung, %	3,1	2,8	3,8	13,9	10,6	20,5	6,6	14,2

Wie Tabelle 4 zu entnehmen ist, werden bei den erfindungsgemäßen Schmierstoffzusammensetzungen der Beispiele 1, 3 und 5, die sowohl einen Ester als auch ein OSP als Grundölkomponenten enthalten, im Unterschied zu den

Vergleichsbeispielen 7-11 nur geringe Änderungen des Gewichts sowie Volumens des Prüfkörpers beobachtet, was eine erhöhte Elastomerverträglichkeit bedeutet. Insbesondere ein Vergleich der Messergebnisse mit den Formulierungen aus den Vergleichsbeispielen 7, 8 und 9, die nur Ester als Grundölkompone

5 ansonsten gleichen Additiven (siehe insbesondere Beispiel 1/Vergleichsbeispiel 8, Beispiel 3/Vergleichsbeispiel 9, Beispiel 5/Vergleichsbeispiel 7), zeigt, dass das Nichtvorhandensein eines OSPs zu schlechteren Werten im Hinblick auf die Gewichtsänderung und insbesondere Volumenänderung des Prüfkörpers, und somit zu einer verringerten Elastomerverträglichkeit, führt. Die Formulierungen der

10 Vergleichsbeispiele 10 und 11 enthalten ein basisches Korrosionsschutzmittel.