(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2020 004 857 T5** 2022.07.21

(12) # Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2021/070433**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2020 004 857.8**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2020/026147**
(86) PCT-Anmeldetag: **03.07.2020**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **15.04.2021**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung in deutscher Übersetzung: **21.07.2022**

(51) Int Cl.: ***C10M 129/74*** (2006.01)
C10M 137/10 (2006.01)
F16F 9/32 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2019-187393 **11.10.2019** **JP**

(71) Anmelder:
KYB Corporation, Tokyo, JP

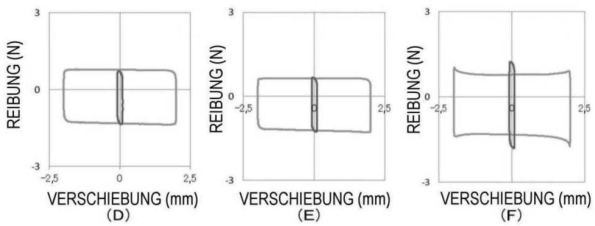
(74) Vertreter:
TBK, 80336 München, DE

(72) Erfinder:
Kato, Shinji, Tokyo, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **SCHMIERMITTELZUSAMMENSETZUNGEN FÜR STOSSDÄMPFER, STOSSDÄMPFER UND VERFAHREN ZUR EINSTELLUNG DER REIBUNG VON SCHMIERMITTELN FÜR STOSSDÄMPFER**

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Schmiermittelzusammensetzung für Stoßdämpfer, ein Stoßdämpfer und ein Verfahren zur Einstellung der Reibung einer Schmiermittelzusammensetzung für Stoßdämpfer bereitgestellt, die jeweils in der Lage sind, sowohl der Betriebsstabilität als auch dem Fahrkomfort zu genügen, insbesondere zum Zeitpunkt einer geringen Amplitude. Die Schmiermittelzusammensetzung für Stoßdämpfer ein Grundöl und ein Reibungseinstellmittel enthält, wobei das Reibungseinstellmittel einen Pentaerythritolester enthält, der Pentaerythritolester zum größten Teil oder in einer Menge von 50 Masse-% oder mehr einen Pentaerythritoltetraester enthält, und der Gehalt des Pentaerythritolesters 0,5 Masse-% oder mehr ist.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Schmiermittelzusammensetzung für Stoßdämpfer, einen Stoßdämpfer und ein Verfahren zur Einstellung der Reibung von Schmiermitteln für Stoßdämpfer.

STAND DER TECHNIK

[0002] Herkömmlicherweise ist bekannt, dass die Dämpfungskraft eines Stoßdämpfers die Summe aus der hydraulischen Dämpfungskraft, die an einem Ventil erzeugt wird, und der Reibungskraft ist, die an dem gleitenden Teil der Kolbenstange und dem Wellendichtring oder zwischen einem Kolben und einem Zylinder erzeugt wird. Es ist auch bekannt, dass bei einer großen Vibrations-Dämpfungskraft eines Stoßdämpfers die Betriebsstabilität zunimmt, aber der Fahrkomfort abnimmt; und dass umgekehrt bei einer kleinen Vibrations-Dämpfungskraft eines Stoßdämpfers die Betriebsstabilität abnimmt, aber der Fahrkomfort besser wird. Daher wurden in den letzten Jahren unter dem Aspekt des Fahrkomforts Studien durchgeführt, um die Reibungskraft des Schmiermittels für den Stoßdämpfer und die Vibrations-Dämpfungskraft eines Stoßdämpfers zu verringern, indem ein dem Schmiermittel für den Stoßdämpfer zugesetztes Reibungseinstellungsmittel angepasst wurde (z.B. Nicht-Patentdokument 1).

Dokument zum Stand der Technik

Nicht-Patentdokument

[0003] Nicht-Patentdokument 1: Technical Trends and Tribology of Shock Absorber (Hiroshi Nakanishi, Tribologist, 2009 (Bd. 54) Nr. 9, Seite 598).

ZUSAMMENFASSUNG

Technisches Problem

[0004] Stoßdämpfer üben ihre Dämpfungskraft durch eine Hin- und Herbewegung aus. Es dauert jedoch eine gewisse Zeit, bis sich die hydraulische Dämpfungskraft aufbaut, während die Reibungskraft sehr schnell reagiert, so dass die Reibungskraft ein wichtiger Faktor für die Dämpfungskraft eines Stoßdämpfers zu dem Zeitpunkt ist, wenn er von einem stationären Zustand in einen gleitenden Zustand übergeht oder wenn eine geringe Amplitude vorliegt. Wird jedoch, wie in der Vergangenheit, die Reibungskraft des Schmiermittels für den Stoßdämpfer unter Priorisierung des Fahrkomforts reduziert, verringert sich auch die Vibrations-Dämpfungskraft, was zu einer Verschlechterung der Betriebsstabilität führt. Insbesondere in den letzten Jahren gibt es viele gut gepflegte Straßen, auf denen häufiger Vibrationen mit einer geringen Amplitude als mit einer normalen Amplitude auftreten, und es wurde eine Schmiermittelzusammensetzung für Stoßdämpfer gewünscht, die sowohl Betriebsstabilität als auch Fahrkomfort zum Zeitpunkt einer geringen Amplitude erreichen kann.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Schmiermittelzusammensetzung für Stoßdämpfer, einen Stoßdämpfer und ein Verfahren zur Einstellung der Reibung eines Schmiermittels für Stoßdämpfer bereitzustellen, mit dem sowohl Betriebsstabilität als auch Fahrkomfort, insbesondere bei geringen Amplituden, erreicht werden können.

Lösung des Problems

[0006] Die Erfindung ist eine Schmiermittelzusammensetzung für Stoßdämpfer gemäß den nachstehenden (1) bis (8).

(1) Schmiermittelzusammensetzung für Stoßdämpfer, die ein Grundöl und ein Reibungseinstellmittel enthält, wobei das Reibungseinstellmittel einen Pentaerythritolester enthält, der Pentaerythritolester zum größten Teil oder in einer Menge von 50 Masse-% oder mehr einen Pentaerythritoltetraester enthält, und der Gehalt des Pentaerythritolesters 0,5 Masse-% oder mehr ist.

(2) Schmiermittelzusammensetzung für Stoßdämpfer, die ein Grundöl und ein Reibungseinstellungsmittel enthält, wobei das Reibungseinstellungsmittel einen Pentaerythritolester enthält, der Pentaerythritolester eine durchschnittliche Anzahl von Estergruppen von mehr als 3 aufweist und der Gehalt des Pentaerythritolesters 0,5 Masse-% oder mehr ist.

(3) Schmiermittelzusammensetzung für Stoßdämpfer, die ein Grundöl und ein Reibungseinstellungsmittel enthält, wobei das Reibungseinstellungsmittel einen Pentaerythritolester enthält, der Pentaerythritolester eine durchschnittliche Anzahl von Hydroxylgruppen kleiner als 1 aufweist und der Gehalt des Pentaerythritolesters 0,5 Masse-% oder mehr ist.

(4) Schmiermittelzusammensetzung für Stoßdämpfer, die ein Grundöl und ein Reibungseinstellungsmittel enthält, wobei das Reibungseinstellungsmittel einen Pentaerythritolester enthält, und ein Verhältnis des Reibungskoeffizienten μ2 zum Zeitpunkt einer geringen Amplitude zum Reibungskoeffizienten μ1 zum Zeitpunkt einer normalen Amplitude (μ2/μ1) 0,8 oder mehr ist.

(5) Schmiermittelzusammensetzung für Stoßdämpfer, die ein Grundöl und ein Reibungseinstellungsmittel enthält, wobei das Reibungseinstellungsmittel einen Pentaerythritolester enthält und ein Reibungskoeffizient μ3 eines Schmiermittels unmittelbar vor dem Beenden des Gleitens oder unmittelbar nach dem Beginn des Gleitens größer ist als ein Reibungskoeffizient μ4 des Schmiermittels in einem gleitenden Zustand.

(6) Schmiermittelzusammensetzung für Stoßdämpfer wie in einem von (1) bis (5) beschrieben, wobei ein Hydroxylgruppenwert 0,5 mgKOH/g oder mehr ist.

(7) Schmiermittelzusammensetzung für Stoßdämpfer wie in einem von (1) bis (6) beschrieben, wobei der Gehalt des Pentaerythritolesters 5 Masse-% oder mehr ist.

(8) Schmiermittelzusammensetzung für Stoßdämpfer wie in einem von (1) bis (6) beschrieben, wobei das Reibungseinstellungsmittel ferner Zinkdithiophosphat enthält.

Lösung des Problems

[0007] Ein weiterer Gesichtspunkt der Erfindung ist ein Stoßdämpfer gemäß dem folgenden (9).

(9) Stoßdämpfer, der die Schmiermittelzusammensetzung für Stoßdämpfer gemäß einem der obigen (1) bis (8) verwendet.

[0008] Ein weiterer Gesichtspunkt der Erfindung ist ein Verfahren zur Einstellung der Reibung eines Schmiermittels für Stoßdämpfer gemäß den folgenden (10) bis (13).

(10) Verfahren zur Einstellung der Reibung eines Schmiermittels für Stoßdämpfer, das ein Grundöl und einen Pentaerythritolester enthält, das das Einstellen der durchschnittlichen Anzahl von Estergruppen in dem Pentaerythritolester beinhaltet, um die Reibungseigenschaften des Schmiermittels für Stoßdämpfer zum Zeitpunkt einer geringen Amplitude zu steuern.

(11) Verfahren zur Einstellung der Reibung eines Schmiermittels für Stoßdämpfer, das ein Grundöl und einen Pentaerythritolester enthält, das das Einstellen der durchschnittlichen Anzahl von Hydroxylgruppen in dem Pentaerythritolester beinhaltet, um die Reibungseigenschaften des Schmiermittels für Stoßdämpfer zum Zeitpunkt einer geringen Amplitude zu steuern.

(12) Verfahren zur Einstellung der Reibung eines Schmiermittels für Stoßdämpfer, das ein Grundöl und einen Pentaerythritolester enthält, das das Einstellen des Hydroxylwerts des Schmiermittels für Stoßdämpfer beinhaltet, um die Abnahme des Pentaerythritolesters zu unterdrücken.

(13) Verfahren zur Einstellung der Reibung eines Schmiermittels für Stoßdämpfer, das ein Grundöl und Pentaerythritolester enthält, das das Einstellen der Kohlenstoffzahl des Fettsäurerests des Pentaerythritolesters beinhaltet, um den Reibungskoeffizienten des Schmiermittels für Stoßdämpfer einzustellen.

Vorteilhafte Wirkungen der Erfindung

[0009] Die Erfindung stellt eine Schmiermittelzusammensetzung für Stoßdämpfer, einen Stoßdämpfer und ein Verfahren zur Einstellung der Reibung des Schmiermittels für Stoßdämpfer zur Verfügung, mit dem sowohl Betriebsstabilität als auch Fahrkomfort, insbesondere bei geringen Amplituden, erreicht werden können.

Figurenliste

Die **Fig. 1** ist eine Grafik, die den Zusammenhang zwischen dem Hydroxylwert eines Schmiermittels für Stoßdämpfer und dem Grad der Zersetzung des Schmiermittels für Stoßdämpfer zeigt.

Die **Fig. 2** ist eine Grafik, die die Beziehung zwischen dem Reibungskoeffizienten eines Schmiermittels für Stoßdämpfer mit zugesetztem ZnDTP und der Menge des zugesetzten Pentaerythritols zeigt.

Die **Fig. 3** ist eine Grafik, die die Beziehung zwischen der Abnahme von ZnDTP und der Menge des zugesetzten Pentaerythritols zeigt.

Die **Fig. 4** zeigt ein Beispiel für ein in dem Beispiel verwendeten Reibungsprüfgerät.

Die **Fig. 5** ist eine Grafik, die die Beziehung zwischen dem Reibungskoeffizienten des Schmiermittels für Stoßdämpfer ohne ZnDTP und der Menge der verschiedenen zugesetzten Reibungseinstellungsmitteln zeigt.

Die **Fig. 6** ist eine Grafik, die die Beziehung zwischen dem Reibungskoeffizienten des Schmiermittels für Stoßdämpfer mit zugesetztem ZnDTP und der Menge der verschiedenen zugesetzten Reibungseinstellungsmitteln zeigt.

Die **Fig. 7** zeigt die Ergebnisse eines Reibungstests unter Verwendung einer Schmiermittelzusammensetzung für Stoßdämpfer, die hauptsächlich einen Pentaerythritolmonoester, einen Pentaerythritoldiester oder einen Pentaerythritoltriester enthält (Vergleichsbeispiele).

Die **Fig. 8** zeigt die Ergebnisse eines Reibungstests unter Verwendung einer Schmiermittelzusammensetzung für Stoßdämpfer, die hauptsächlich einen Pentaerythritoltetraester enthält (Beispiel).

Die **Fig. 9** ist eine konventionelle Grafik, die die Veränderung eines Reibungskoeffizienten des Schmiermittels für Stoßdämpfer in einem Reibungstest zeigt.

Die **Fig. 10** ist ein Diagramm für die Erläuterung eines amplitudenabhängigen Index.

Die **Fig. 11** ist ein Diagramm für die Erläuterung eines Spike-Index. Die **Fig. 12** ist eine Grafik, die die Reibungseigenschaften des Schmiermittels für Stoßdämpfer in Abhängigkeit von der Art des ZnDTP zeigt.

BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0010] Die Schmiermittelzusammensetzungen für Stoßdämpfer, ein Stoßdämpfer und ein Verfahren zur Einstellung der Reibung für Schmiermittel für Stoßdämpfer gemäß der Erfindung werden im Folgenden auf der Grundlage einiger Zeichnungen beschrieben. Es ist zu beachten, dass in der folgenden Ausführungsform die vorliegende Erfindung am Beispiel einer Schmiermittelzusammensetzung für Stoßdämpfer beschrieben wird. Im Folgenden werden zusätzlich die Ausdrücke „zum Zeitpunkt einer geringen Amplitude“ und „zum Zeitpunkt einer normalen Amplitude“ verwendet. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung bezieht sich der Begriff „zum Zeitpunkt einer geringen Amplitude“ auf eine Amplitude von ±1,0 mm oder weniger, und „zum Zeitpunkt einer normalen Amplitude“ bedeutet eine Amplitude von mehr als ±1,0 mm.

[0011] Das Schmiermittel für Stoßdämpfer gemäß dieser Ausführungsform enthält (A) ein Grundöl und (B) ein Reibungseinstellungsmittel, und das (B) Reibungseinstellungsmittel enthält (B1) Zinkdithiophosphat (welches hiernach auch als „ZnDTP“ bezeichnet werden kann), und (B2) Pentaerythritol.

(A) Grundöl

[0012] Das Grundöl in dieser Ausführungsform des Schmiermittels für Stoßdämpfer ist ein Mineralöl und/oder ein synthetisches Öl. Es gibt keine Beschränkung hinsichtlich der Art des Mineralöls oder des synthetischen Öls. Beispiele für Mineralöle sind Mineralöle auf Paraffinbasis, Mineralöle auf Intermediärbasis oder Mineralöle auf Naphthenbasis, die durch normale Raffinationsverfahren wie Lösungsmittelraffination und hydrierte Raffination gewonnen werden. Beispiele der synthetischen Öle beinhalten Polybutene, Polyolefine [α-Olefin(co)polymere], verschiedene Ester (z. B. Polyolester, zweibasige Säureester, Phosphatester usw.), verschiedene Ether (z.B. Polyphenylether usw.), verschiedene Alkylbenzole und Alkylnaphthaline. In der vorliegenden Erfindung kann als Grundöl eines der oben genannten Mineralöle oder eine Kombination aus zwei oder mehr verwendet werden; es kann auch eines der oben genannten synthetischen Öle oder eine Kombination aus zwei oder mehr verwendet werden; außerdem können ein oder mehr Mineralöle und ein oder mehr synthetische Öle in Kombination verwendet werden.

(B) Reibungseinstellungsmittel

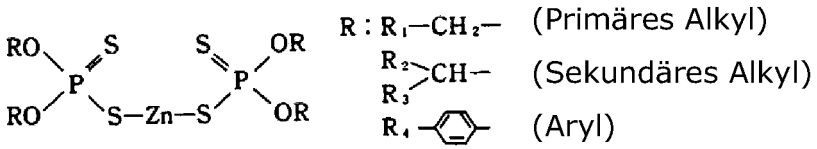
[0013] Das Schmiermittel für Stoßdämpfer enthält einen Reibungseinstellungsmittel. Obwohl das Reibungseinstellungsmittel nicht besonders beschränkt ist, kann es verschiedene Antifriktionsmittel wie etwa Phos-

phor-, Amin- oder Ester-basierte Antifriktionsmittel enthalten. Durch Anpassung der zugegebenen Menge an Antifriktionsmittel kann der Reibungskoeffizient des Schmiermittels für den Stoßdämpfer eingestellt werden. Der Reibungseinstellungsmittel enthält mindestens (B1) Zinkdithiophosphat und (B2) einen Pentaerythritolester, wie unten beschrieben.

(B1) Zinkdithiophosphat (ZnDTP).

[0014] ZnDTP ist im Allgemeinen eine Verbindung, die durch die folgende chemische Verbindung 1 dargestellt wird und die Funktion hat, bei der Einstellung des Reibungskoeffizienten durch Reibungseinstellungsmittelen zu helfen.

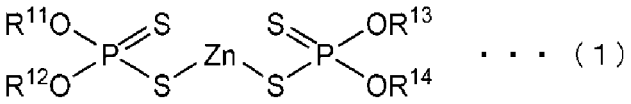
[Chemische Formel 1]



[in der obigen chemischen Formel 1 bezeichnen die R jeweils unabhängig eine Kohlenwasserstoffgruppe und Beispiele beinhalten lineare primäre Alkylgruppen, verzweigte sekundäre Alkylgruppen und Arylgruppen].

[0015] Verschiedene Arten (Strukturen) von ZnDTP sind bekannt, wie etwa solche mit einer primären Alkylgruppe, solche mit einer sekundären Alkylgruppe und solche mit einer Arylgruppe, wobei das Schmiermittel für Stoßdämpfer gemäß der vorliegenden Ausführungsform zwei Arten von ZnDTPs, wie im Folgenden beschrieben, enthält.

[0016] Konkret beschrieben enthält das Schmiermittel für Stoßdämpfer dieser Ausführungsform ein in der folgenden Formel 1 dargestelltes ZnDTP als erstes ZnDTP.
[Chemische Formel 2]



· · · (1)

[in der Formel 1 sind R^{11} - R^{14} Alkylgruppen und diese Alkylgruppen weisen primäre und sekundäre Alkylgruppen auf. Das heißt, zwischen einem oder mehr und drei oder weniger von R^{11} - R^{14} ist/sind primäre Alkylgruppen und der Rest von R^{11} - R^{14} ist/sind sekundäre Alkylgruppen].

[0017] Die primäre Alkylgruppe des ersten ZnDTP ist nicht besonders beschränkt, und Beispiele beinhalten Methyl-, Ethyl-, n -Propyl-, n-Butyl-, n-Pentyl-, n-Hexyl-, n-Heptyl-, n-Octyl-, n-Nonyl-, n-Decyl-, Isoamyl-, Isobutyl-, 2-Methylbutyl-, 2-Ethylhexyl-, 2,3-Dimethylbutyl- und 2-Methylpentylgruppen. Die primäre Alkylgruppe ist bevorzugt eine primäre Alkylgruppe mit 4 bis 12 Kohlenstoffatomen (wie etwa eine Isobutylgruppe (mit 4 Kohlenstoffatomen) und eine 2-Ethylhexylgruppe (mit 8 Kohlenstoffatomen).

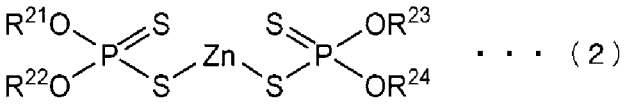
[0018] Die sekundäre Alkylgruppe des ersten ZnDTP ist nicht besonders beschränkt, und Beispiele beinhalten Isopropyl-, sec-Butyl-, 1-Ethylpropyl-, und 4-Methylgruppen. Die sekundäre Alkylgruppe ist bevorzugt eine sekundäre Alkylgruppe mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen (wie etwa eine Isopropylgruppe (mit 3 Kohlenstoffatomen)) verwendet wird.

[0019] Obwohl der Anteil der primären Alkylgruppe und der sekundären Alkylgruppe im ersten ZnDTP nicht besonders beschränkt ist, ist der Anteil der primären Alkylgruppen bevorzugt höher als der Anteil der sekundären Alkylgruppen.

[0020] Obwohl der Gehalt des ersten ZnDTP nicht besonders beschränkt ist, ist der Anteil an ZnDTP im Schmiermittel für Stoßdämpfer bevorzugt 0,1 Masse-% oder mehr, bevorzugter 0,4 Masse-% oder mehr. Zusätzlich ist der Gehalt des ersten ZnDTP im Schmiermittel für Stoßdämpfer bevorzugt 4,0 Masse-% oder weniger, bevorzugter 2,0 Masse-% oder weniger.

[0021] Folglich kann das erfindungsgemäße Schmiermittel für Stoßdämpfer, das den ersten ZnDTP mit sowohl primären als auch sekundären Alkylgruppen aufweist, leicht einen für den Fahrkomfort und die Fahrstabilität geeigneten Reibungskoeffizient einstellen, und zusätzlich kann es, wie unten beschrieben (siehe Reibungsprüfung 3 und **Fig. 12**, welche später beschrieben werden), im Vergleich zu Schmiermitteln für Stoßdämpfer, die ein ZnDTP mit nur primären Alkylgruppen und/oder mit nur sekundären Alkylgruppen enthalten, die Schwankungen des Reibungskoeffizienten verringern und den Fahrkomfort weiter verbessern.

[0022] Das Schmiermittel für Stoßdämpfer in dieser Ausführungsform weist, als ein Reibungseinstellungsmittel, eine andere Struktur als das erste ZnDTP auf. Das zweite ZnDTP wird durch die nachstehende Formel 2 dargestellt.
[Chemische Formel 3]



・・・（2）

[in der Formel 2 sind R^{21} - R^{24} jeweils sekundäre Alkylgruppen. Das heißt, das zweite ZnDTP weist keine primäre Alkylgruppe auf, sondern nur eine sekundäre Alkylgruppe].

[0023] Die Anzahl der Kohlenstoffatome in der sekundären Alkylgruppe, die das zweite ZnDTP aufweist, ist nicht besonders beschränkt, und Beispiele der sekundären Alkylgruppe beinhalten Isopropyl-, sec-Butyl-, 1-Ethylpropyl-, 2-Ethylhexyl- und 4-Methyl-2-pentylgruppen. Die sekundäre Alkylgruppe ist bevorzugt eine sekundäre Alkylgruppe mit 3 bis 8 Kohlenstoffatomen, (z.B. eine Isopropylgruppe (mit 3 Kohlenstoffatomen), 2-Ethylhexylgruppe (mit 8 Kohlenstoffatomen) oder eine Isobutylgruppe (mit 4 Kohlenstoffatomen)).

[0024] Obwohl der Gehalt des zweiten ZnDTP nicht besonders beschränkt ist, ist er bevorzugt kleiner als der des ersten ZnDTP. Sie ist bevorzugt 20 Gew-% oder weniger der Menge an zugesetzten ZnDTP (einer Gesamtmenge an dem ersten ZnDTP und dem zweiten ZnDTP).

[0025] Die Art der Alkylgruppe, die das ZnDTP enthält, kann durch ein bekanntes Messverfahren bestimmt werden. Zum Beispiel kann die Struktur des ZnDTP unter Verwendung von C^{13}-NMR bestimmt werden, oder die Struktur des ZnDTP kann durch Analyse, ob es sich bei der Alkylgruppe um eine primäre oder sekundäre Alkylgruppe handelt, basierend auf den Charakteristiken der P-O-C-Absorptionsbanden oder der P=S und P-S-Absorptionsbanden im FT-IR-Fingerabdruckbereich, bestimmt werden.

[0026] Darüber kann, wenn das Schmiermittel das zweite ZnDTP mit nur sekundären Alkylgruppen als das Dithiophosphat enthält, es die Fahrqualität stärker verbessern als ein Schmiermittel, das nur das erste ZnDTP enthält. Spezifischer kann das resultierende Schmiermittel, verglichen mit dem Schmiermittel das nur das erste ZnDTP enthält, Mikrovibrationen während der Fahrt reduzieren. Außerdem kann durch Verwendung eines ZnDTP mit einer sekundären Alkylgruppe mit 3 bis 8 Kohlenstoffatomen als das zweite ZnDTP, der Unterschied im Reibungskoeffizienten zum Zeitpunkt einer geringen Amplitude (niedrige Geschwindigkeit) und zum Zeitpunkt einer normalen Amplitude (hohe Geschwindigkeit) verringert werden, was den Fahrkomfort verbessert.

(B2) Pentaerythritolester

[0027] Ein Pentaerythritolester ist ein vierwertiger Zuckeralkohol und ist eine Verbindung, bei der eine Hydroxylgruppe, die ein terminaler Substituent von Pentaerythritol ist, mit einem Fettsäurerest verestert ist. Der Pentaerythritolester beinhaltet einen Pentaerythritoltetraester, bei denen alle vier endständigen Substituenten mit Fettsäureresten verestert sind, und Teilester, d.h. einen Pentaerythritolmonoester, einen Pentaerythritoldiester und einen Pentaerythritoltriester, in denen terminale Substituenten mit einem Fettsäurerest verestert sind.

[0028] In den Pentaerythritolestern der vorliegenden Erfindung ist der Fettsäurerest nicht besonders beschränkt, und Beispiele beinhalten Fettsäurereste mit 6 bis 22 Kohlenstoffatomen, wie einen Stearinsäurerest und einen Ölsäurerest. Beispiele für Fettsäurereste sind Caprylsäure, Caprinsäure, Ölsäure, Stearinsäure, Myristinsäure, Palmitinsäure, Linolsäure, Adipinsäure, Pelargonsäure, Tallfettsäure, Palmfettsäure, Kokosnussfettsäure und Rinderfettsäure.

[0029] Der Reibungskoeffizient des Schmiermittels für Stoßdämpfers kann durch Einstellung der Anzahl der Kohlenstoffatome des Fettsäurerests des Pentaerythritolesters angepasst werden. Spezifischer ist, je größer Anzahl der Kohlenstoffatome des Fettsäurerests des Pentaerythritolesters, desto kleiner ist tendenziell der Reibungskoeffizient des Schmiermittels für Stoßdämpfer, während je kleiner die Anzahl der Kohlenstoffatome des Fettsäurerests ist, desto größer ist der Reibungskoeffizient des Stoßdämpferschmiermittels. Daher ist es möglich, um ein Schmiermittel für Stoßdämpfer mit einem gewünschten Reibungskoeffizienten zu erhalten, einen geeigneten Pentaerythritolester auszuwählen, indem man sich auf die Anzahl der Kohlenstoffatome der Fettsäurereste konzentriert, die der Pentaerythritolester aufweist. Es ist ebenfalls möglich, den Reibungskoeffizienten des Schmiermittels für den Stoßdämpfer durch kombinierte Verwendung mehrerer Pentaerythritolester mit Fettsäureresten unterschiedlicher Kohlenstoffzahl einzustellen. Beispielsweise kann der Reibungskoeffizient des Schmiermittels für Stoßdämpfer durch Anpassung der Mischungsmenge eines Pentaerythritolesters mit einem Fettsäurerest mit einer kleinen Kohlenstoffanzahl und eines Pentaerythritoltetraesters mit einem Fettsäurerest mit einer großen Kohlenstoffanzahl eingestellt werden.

[0030] In dem erfindungsgemäßen Schmiermittel für Stoßdämpfer ist der Pentaerythritolester dadurch gekennzeichnet, dass er „hauptsächlich aus einem Pentaerythritoltetraester besteht“. Der Begriff „hauptsächlich aus einem Pentaerythritoltetraester besteht“ wie hierin verwendet bedeutet einen Pentaerythritolester, der von einem Pentaerythritolmonoester, einem Pentaerythritoldiester, einem Pentaerythritoltriester und einem Pentaerythritoltetraester, den Pentaerythritoltetraester in der größten Menge oder in einer Menge von 50% oder mehr enthält.

[0031] Bei der Herstellung von Pentaerythritoltetraester ist es technisch schwierig, reinen Pentaerythritoltetraester herzustellen, und er kann unweigerlich einen Pentaerythritolmonoester, einen Pentaerythritoldiester und einen Pentaerythritoltriester enthalten. Ein unter dem Namen „Pentaerythritoltetraester“ kommerziell erhältliches Produkt besteht nicht ausschließlich aus einem Pentaerythritoltetraester, sondern enthält hauptsächlich Pentaerythritoltetraester, aber enthält zusätzlich dazu auch einen Pentaerythritoltriester, einen Pentaerythritoldiester und/oder einen Pentaerythritolmonoester. Daher kann in der vorliegenden Erfindung ein Pentaerythritolester, der als „Pentaerythritoltetraester“ kommerziell erhältlich ist, auch als Pentaerythritolester definiert werden, der „hauptsächlich aus einem Pentaerythritoltetraester besteht“.

[0032] Der Pentaerythritolester, der „hauptsächlich aus einem Pentaerythritoltetraester besteht“, kann auch wie folgt definiert werden. Ein Pentaerythritolester, der einen Pentaerythritoltriester, einen Pentaerythritoldiester und/oder einen Pentaerythritolmonoester als auch einen Pentaerythritoltetraester enthält, und als Ergebnis der Analyse der Estergruppen eine durchschnittliche Anzahl der Estergruppen von mehr als 3 aufweist, kann auch als Pentaerythritolester bezeichnet werden, der „hauptsächlich aus einem Pentaerythritoltetraester besteht“. Ein Pentaerythritolester mit einer durchschnittlichen Anzahl von Hydroxylgruppen von weniger als 1 kann als der Pentaerythritolester identifiziert werden, der „hauptsächlich aus einem Pentaerythritoltetraester besteht“. Die durchschnittliche Anzahl der Ester- oder Hydroxylgruppen in einem Pentaerythritolester kann, z.B., durch Gaschromatographie-Massenspektrometrie oder Flüssigchromatographie-Massenspektrometrie bestimmt werden.

[0033] Das Schmiermittel für Stoßdämpfer enthält hauptsächlich einen Pentaerythritoltetraester ohne Hydroxylgruppen als den Pentaerythritolester, aber er enthält auch teilweise Pentaerythritoltriester, Pentaerythritoldiester und/oder Pentaerythritolmonoester mit Hydroxylgruppen. Der Hydroxylwert des Schmiermittels das dieses Hydroxylgruppen-haltige Pentaerythritol beinhaltet, ist bevorzugt 0,5 mg KOH/g oder mehr, bevorzugter 1,0 mg KOH/g oder mehr und noch bevorzugter 1,5 mg KOH/g oder mehr.

[0034] Das Schmiermittel für Stoßdämpfer mit einem auf 0,5 mgKOH/g oder mehr eingestellten Hydroxylwert verursacht weniger Zersetzung von Pentaerythritol (Verschlechterung des Schmiermittels für den Stoßdämpfer durch die Zersetzung von Pentaerythritol) und weist daher eine verbesserte Verschleißfestigkeit auf. Die **Fig. 1** ist eine Grafik, die den Zusammenhang zwischen dem Hydroxylwert des Schmiermittels für Stoßdämpfers und dem Grad der Zersetzung des Schmiermittels für Stoßdämpfers zeigt. In dem in der **Fig. 1** gezeigten Beispiel wurde die Menge an zugesetztem Pentaerythritolester eingestellt und der Grad der Verschlechterung von Schmiermitteln für Stoßdämpfer, d.h. ein Schmiermittel für Stoßdämpfer mit einem Hydroxylwert von 0 mgKOH/g (Probe 1), ein Schmiermittel für Stoßdämpfer mit einem Hydroxylwert von 0.58 mgKOH/g (Probe 2), ein Schmiermittel für Stoßdämpfer mit einem Hydroxylwert von 1,16 mgKOH/g (Probe 3) und ein Schmiermittel für Stoßdämpfer mit einem Hydroxylwert von 1,74 mgKOH/g (Probe 4), wurde, wie unten in Tabelle 1 gezeigt, bestimmt. Der Grad der Verschlechterung jedes der vorgenannten Schmiermittel für Stoßdämpfer wurde mit einem FALEX-LFW1-Prüfgerät, einem Reibungs- und Verschleißprüfgerät vom Typ „Block on Ring“, bestimmt, wobei 250 ml des Schmiermittels für Stoßdämpfer auf das Gleitteil gegeben wurden, die-

ses mit einer Geschwindigkeit von 0,6 m/s unter einer Last von 6581 N glitt, um den Betrieb des Stoßdämpfers entsprechend 2 Millionen Mal durchzuführen, und dann der resultierende Schlamm durch einen Zentrifugalseparator entfernt wurde.

[Tabelle 1]

	Hydroxylwert (mgKOH/g)	Grad der Verschlechterung (%)
Probe 1	0	100
Probe 2	0,58	55
Probe 3	1,16	25,2
Probe 4	1,74	9,1

[0035] Wie in der **Fig. 1** und der Tabelle 1 gezeigt, wurde der Grad der Verschlechterung des Schmiermittels für Stoßdämpfer auf 55% unterdrückt, sogar bei Betrieb des Stoßdämpfers, der 2 Millionen Mal entspricht, indem die Menge eines Pentaerythritolesters erhöht wurde, der hinzugefügt wurde, um den Hydroxylwert des Schmiermittels für Stoßdämpfer auf 0,58 mgKOH/g einzustellen. Der Grad der Verschlechterung des Schmiermittels für Stoßdämpfer wurde auf weniger als 10%, genauer gesagt 9,1%, selbst bei einem Betrieb des Stoßdämpfers, der 2 Millionen Mal entspricht, unterdrückt, indem die Menge eines Pentaerythritolesters, der zur Einstellung des Hydroxylwerts des Schmiermittels für Stoßdämpfer hinzugefügt wurde, auf 1,74 mgKOH/g erhöht wurde. Die Ergebnisse haben also gezeigt, dass das Schmiermittel für Stoßdämpfer mit einem höheren Hydroxylwert tendenziell einen geringeren Grad an Verschlechterung aufweist. Insbesondere unter dem Gesichtspunkt der Unterdrückung der Verschlechterung des Schmiermittels für Stoßdämpfer ist der Hydroxylwert des Schmiermittels für Stoßdämpfer bevorzugt 0,5 mgKOH/g oder mehr, bevorzugter 1,0 mgKOH/g oder mehr, noch bevorzugter 1,5 mgKOH/g oder mehr.

[0036] Nachfolgend wird der Gehalt des Pentaerythritolesters beschrieben. Das Schmiermitel für Stoßdämpfer gemäß der vorliegenden Ausführungsform enthält 0,5 Masse-% oder mehr des Pentaerythritolesters, bevorzugter 1,0 Masse-% oder mehr. Die **Fig. 2** ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen dem Reibungskoeffizienten des ZnDTP-zugesetzten Schmiermittels für Stoßdämpfer und dem Gehalt an Pentaerythritolester zeigt. Wie in der **Fig. 2** gezeigt, bleibt, wenn der Pentaerythritolestergehalt auf 0,2 Masse-% oder mehr eingestellt wird, der Reibungskoeffizient des mit ZnDTP versetzten Schmiermittels für Stoßdämpfer unverändert und kann auf einen Bereich von 0,02 bis 0,05 beschränkt werden. Durch die Einstellung des Pentaerythritolester-Gehaltes auf 0,2 Masse-% oder mehr kann also die Veränderung des Reibungskoeffizienten des ZnDTP-haltigen Schmiermittels für Stoßdämpfer unterdrückt werden. In Anbetracht der Zersetzung des Pentaerythritolesters wird der Pentaerythritolester-Gehalt des Schmiermittels für Stoßdämpfer gemäß der vorliegenden Ausführungsform daher auf 0,5 Masse-% oder mehr, bevorzugt 1,0 Masse-% oder mehr, eingestellt.

[0037] Ferner enthält das Schmiermittel für Stoßdämpfer bevorzugter 2,0 Masse-% oder mehr Pentaerythritolester, da wenn es den Pentaerythritolester nicht enthält, nimmt das ZnDTP aufgrund von Zersetzung oder ähnlichem ab, und der Reibungskoeffizient des Schmiermittels für Stoßdämpfer steigt an, was zu Verschleiß führt. Die **Fig. 3** ist ein Diagramm, das den Zusammenhang zwischen der Abnahme des ZnDTP und der Menge des zugesetzten Pentaerythritols zeigt. In dem in der **Fig. 3** gezeigten Beispiel wurde der ZnDTP-Gehalt wie in der **Fig. 1** bestimmt, indem ein FALEX-LFW1-Prüfgerät, d. h., ein Reibungs- und Verschleißprüfgerät vom Typ „Block on Ring“, verwendet wurde, 250 ml eines Schmiermittelzusatzes auf das Gleitteil gegeben wurden, dieses mit einer Geschwindigkeit von 0,6 m/s unter einer Last von 6581 N verschoben wurde, um den Betrieb des Stoßdämpfers entsprechend 2 Millionen Mal durchzuführen, der resultierende Schlamm durch einen Zentrifugalseparator entfernt wurde und anschließend FT-IR angewendet wurde. Wie in der **Fig. 3** gezeigt, sank der ZnDTP-Wert ohne Zugabe von Pentaerythritol um etwa 80%, wenn der Stoßdämpfer 2 Millionen Mal in Betrieb war. Andererseits wurde bei Zugabe von 0,5 Masse-% Pentaerythritol ein Rückgang des ZnDTP auf etwa 55% im Betrieb des Stoßdämpfers, der 2 Millionen Mal entspricht, unterdrückt; wenn 1,0 Masse-% Pentaerythritol zugesetzt wurde, wurde eine Abnahme von ZnDTP sogar auf etwa 25% im Betrieb des Stoßdämpfers, der 2 Millionen Mal entspricht, unterdrückt; und wenn 2,0 Masse-% Pentaerythritol zugesetzt wurde, wurde eine Abnahme von ZnDTP sogar auf etwa 9% im Betrieb des Stoßdämpfers, der 2 Millionen Mal entspricht, unterdrückt. Somit wird ein Schmiermittel für Stoßdämpfer, das 2,0 Masse-% oder mehr eines Pentaerythritolesters enthält, weniger verschlechtert, weil eine Abnahme von ZnDTP wirksam unterdrückt werden kann.

[0038] Ferner enthält das Schmiermittel für Stoßdämpfer gemäß der vorliegenden Ausführungsform bevorzugt 5,0 Masse-% oder mehr eines Pentaerythritolesters. Der Grund dafür ist, dass, wie in der **Fig. 1** gezeigt, das Schmiermittel für Stoßdämpfer bevorzugt einen Hydroxylwert von 0,5 mgKOH/g oder mehr aufweist, um die Verschlechterung des Schmiermittels für Stoßdämpfer zu unterdrücken, aber der Pentaerythritolester, der in dem Schmiermittel für Stoßdämpfer gemäß der vorliegenden Ausführungsform enthalten ist, hauptsächlich einen hydroxylfreien Pentaerythritoltetraester enthält, und, um ein Schmiermittel für Stoßdämpfer mit einem Hydroxylwert von 0,5 mgKOH/g oder mehr bereitzustellen, wird der Pentaerythritolestergehalt bevorzugt auf 5 Masse-% oder mehr eingestellt.

Beispiele

[0039] Als Nächstes werden Beispiele für das Schmiermittel für Stoßdämpfer gemäß der vorliegenden Ausführungsform beschrieben.

[Reibungsprüfgerät 10]

[0040] Die **Fig. 4** ist ein Blockdiagramm eines Reibungsprüfgeräts 10, das bei der Reibungsprüfung im vorliegenden Beispiel verwendet wird. Das Reibungsprüfgerät 10 ist ein Stift-Scheibe-Reibungsprüfgerät, das eine auf einem Gleitlager 1 durch einen elektromagnetischen Erreger 3 befestigte Scheibenprobe 2 hin- und herbewegt und die Reibungskraft misst, die durch das Gleiten der Scheibenprobe 2 erzeugt wird, während eine Stiftprobe 4 dagegen gedrückt wird, indem ein Dehnungsmessstreifen 6 verwendet wird, der an einer Befestigungswelle 5 der Stiftprobe 4 befestigt ist. Da eine Kombination aus einem Schmiermittel für Stoßdämpfer und einer Öldichtung als Faktor dient, der die Reibungseigenschaften von Stoßdämpfern beeinflusst, wird ein Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR), der als Öldichtung in einem Stoßdämpfer verwendet wird, als Stiftprobe 4 verwendet, und die Stiftprobe 4 wird an ihrer Spitze so geschnitten, dass sie einen Winkel von 140° aufweist, um einer Öllippe in dem in der **Fig. 4** gezeigten Reibungsprüfgerät 10 zu ähneln. Die Scheibenprobe 2 ist mit einer Hartchromschicht überzogen, die auch auf der Oberfläche einer Kolbenstange aufgebracht ist. Im vorliegenden Beispiel wird die Reibungskraft (Reibungskoeffizient) zwischen der NBR-Stiftprobe 4 und der verchromten Scheibenprobe 2 gemessen, doch kann die Reibungskraft (Reibungskoeffizient) auch zwischen einer Kupferkugel und der verchromten Scheibenprobe 2 gemessen werden.

[Reibungstest 1]

[0041] Zunächst wurde im Reibungstest 1 ein durchschnittlicher Reibungskoeffizient gemessen, indem die Stiftprobe 4 und die Scheibenprobe 2 mit dem oben genannten Reibungstester 10 bei einer Amplitude von ±0,2 mm, einer Frequenz von 1,5 Hz, einer Last von 20 N und einer Temperatur von 30°C hin und her bewegt wurden. Darüber hinaus wurde im Reibungstest 1 der Reibungskoeffizient von Schmiermitteln für Stoßdämpfer gemessen, die ein Reibungseinstellmittel auf Phosphorbasis, Aminbasis oder Esterbasis enthalten, wenn 1% ZnDTP zugesetzt wurde bzw. wenn kein ZnDTP zugesetzt wurde. Die **Fig. 5** zeigt den Reibungskoeffizienten der ZnDTPfreien Schmiermittel für Stoßdämpfer und die **Fig. 6** zeigt den Reibungskoeffizienten der Schmiermittel mit ZnDTP-Zusatz für Stoßdämpfer. Wenn der Reibungskoeffizient des Schmiermittels für Stoßdämpfer zu klein ist, verschlechtert sich die Betriebsstabilität, und wenn er zu groß ist, verschlechtert sich der Fahrkomfort. Es ist daher bevorzugt, den Reibungskoeffizienten so einzustellen, dass er in einem Bereich von 0,02 bis 0,05 liegt. Der Reibungskoeffizient wird üblicherweise durch die Zugabe eines Reibungseinstellungsmittels eingestellt, aber wenn kein ZnDTP zugesetzt wurde, wie in der **Fig. 5** gezeigt, war es schwierig, den Reibungskoeffizienten nur durch das Reibungseinstellungsmittel einzustellen. Bei Zugabe von ZnDTP, wie in der **Fig. 6** gezeigt, war es dagegen einfacher, den Reibungskoeffizienten in Abhängigkeit von der Menge des zugegebenen Reibungseinstellungsmittels einzustellen, und der Reibungskoeffizient wurde so eingestellt, dass er in den vorgesehenen Bereich von 0,02 bis 0,05 fiel.

[0042] Somit kann das Schmiermittel für Stoßdämpfer gemäß der vorliegenden Erfindung den Reibungskoeffizienten des Schmiermittels für Stoßdämpfer in einem Bereich von 0,02 bis 0,05 einstellen, in dem sowohl die Betriebsstabilität als auch der Fahrkomfort erfüllt werden können, indem ein ZnDTP im Reibungseinstellmittel enthalten ist. Dies ermöglicht es, sowohl die Betriebsstabilität als auch den Fahrkomfort zu erreichen.

[Reibungstest 2]

[0043] Im Reibungstest 2 wurde der Reibungskoeffizient eines Schmiermittels für Stoßdämpfer in jedem der folgenden Testfelder unter Verwendung des oben erwähnten Reibungstesters 10 gemessen und der bei zwei

Amplituden, d.h. einer geringen Amplitude (Amplitude: ±0,2 mm) und einer normalen Amplitude (Amplitude: ±2,0 mm), bei einer Frequenz von 1,5 Hz, einer Last von 20 N und einer Temperatur von 30°C gleitet. Außerdem wurde der Reibungstest 2 durchgeführt, indem nur die Art des Pentaerythritolesters, der dem Schmiermittel für die Stoßdämpfer zugesetzt wurde, geändert wurde. Die **Fig. 7** und die **Fig. 8** zeigen die Testergebnisse. Die **Fig. 7(A)** bis **Fig. 7(C)** zeigen die Testergebnisse des Schmiermittels für Stoßdämpfer, dem Pentaerythritol zugesetzt wurde, das hauptsächlich einen Pentaerythritolmonoester, einen Pentaerythritoldiester oder einen Pentaerythritoltriester enthält (Vergleichsbeispiel). Die **Fig. 8(D)** bis **Fig. 8(F)** zeigen die Testergebnisse des Schmiermittels für Stoßdämpfer gemäß der vorliegenden Ausführungsform, dem ein Pentaerythritolester zugesetzt wurde, der hauptsächlich einen Pentaerythritoltetraester enthält (Beispiel). In den **Fig. 7** und **Fig. 8** werden die Reibungseigenschaften des Schmiermittels für Stoßdämpfer als umlaufende Grafik dargestellt, indem der Reibungskraft des Schmiermittels für Stoßdämpfer und der Amplitude des Stoßdämpfers in der Vorwärtsgleitrichtung des Stoßdämpfers ein positiver Wert zugewiesen wird und der Reibungskraft des Schmiermittels für Stoßdämpfer und der Amplitude des Stoßdämpfers in der Rückwärtsgleitrichtung ein negativer Wert zugewiesen wird, obwohl die Reibungseigenschaften üblicherweise wie in der **Fig. 9** dargestellt werden.

[0044] Wie in den **Fig. 7(A)** bis **Fig. 7(C)** gezeigt, ist der Reibungskoeffizient bei Verwendung von Schmiermitteln für Stoßdämpfer, die nicht hauptsächlich einen Pentaerythritoltetraester enthalten (Vergleichsbeispiele), zum Zeitpunkt einer geringen Amplitude relativ klein und zum Zeitpunkt einer normalen Amplitude relativ groß. Mit anderen Worten, die Schmiermittel für Stoßdämpfer, die nicht hauptsächlich einen Pentaerythritoltetraester enthalten (Vergleichsbeispiele), weisen je nach Amplitude einen größeren Reibungskoeffizienten auf. Dies deutet darauf hin, dass zum Zeitpunkt einer geringen Amplitude die Betriebsstabilität aufgrund einer geringen Reibungskraft nicht ausreichend sein kann, während zum Zeitpunkt einer normalen Amplitude die Reibungskraft zu groß werden kann und den Fahrkomfort beeinträchtigt.

[0045] Im Gegensatz dazu wurde, wie in den **Fig. 8(D)** bis **Fig. 8(F)** gezeigt, festgestellt, dass in den Schmiermitteln für Stoßdämpfer, die hauptsächlich einen Pentaerythritoltetraester gemäß der vorliegenden Ausführungsform enthalten, der Reibungskoeffizient zum Zeitpunkt einer geringen Amplitude und der Reibungskoeffizient zum Zeitpunkt einer normalen Amplitude fast gleich sind. Somit bietet das Schmiermittel für Stoßdämpfer gemäß der vorliegenden Ausführungsform, das hauptsächlich einen Pentaerythritoltetraester (Beispiel) enthält, selbst bei einer geringen Amplitude eine Reibungskraft, die mit derjenigen bei einer normalen Amplitude vergleichbar ist, so dass die Betriebsstabilität bei einer geringen Amplitude verbessert werden kann. Die in die Stoßdämpfer eingeleitete Vibration selbst ist zum Zeitpunkt einer geringen Amplitude gering, so dass ein guter Fahrkomfort beibehalten werden kann, selbst wenn die Reibungskraft größer wird als die der Vergleichsbeispiele. Dies bedeutet, dass das Schmiermittel für Stoßdämpfer, das hauptsächlich einen Pentaerythritoltetraester gemäß der vorliegenden Ausführungsform (Beispiel) enthält, sowohl die Betriebsstabilität als auch den Fahrkomfort zum Zeitpunkt einer geringen Amplitude erfüllen kann.

[0046] Der Reibungskoeffizient des Schmiermittels für Stoßdämpfer, das hauptsächlich einen Pentaerythritoltetraester gemäß der vorliegenden Ausführungsform (Beispiel) enthält, wird zum Zeitpunkt einer normalen Amplitude kleiner, verglichen mit dem der in **Fig. 7** gezeigten Schmiermittel für Stoßdämpfer (Vergleichsbeispiele). Dies deutet darauf hin, dass die Reibungskraft des Schmiermittels für Stoßdämpfer, das hauptsächlich einen Pentaerythritoltetraester enthält (Beispiel), kleiner wird als die der Vergleichsbeispiele, wenn eine Vibration mit einer großen Amplitude während einer rauen Straßenfahrt auftritt, so dass die Vibrationsdämpfungskraft reduziert und der Fahrkomfort verbessert werden kann.

[0047] Ferner nähert sich in dem Schmiermittel für Stoßdämpfer gemäß der vorliegenden Ausführungsform, das hauptsächlich einen Pentaerythritoltetraester enthält, unter der Annahme, dass ein Reibungskoeffizient zum Zeitpunkt einer geringen Amplitude μ2 und ein Reibungskoeffizient zum Zeitpunkt einer normalen Amplitude μ1 ist, wie in der **Fig. 10** gezeigt, ein Verhältnis des Reibungskoeffizienten μ1 zum Zeitpunkt einer normalen Amplitude und des Reibungskoeffizienten μ2 zum Zeitpunkt einer geringen Amplitude (μ2/μ1) dem Wert 1 an. In der vorliegenden Erfindung wird dieses Verhältnis (μ2/μ1) als „amplitudenabhängiger Index“ bezeichnet. Berechnungsergebnisse des amplitudenabhängigen Index (μ2/μ1) einer Vielzahl von Schmiermitteln für Stoßdämpfer, die hauptsächlich einen Pentaerythritoltetraester enthalten, haben ergeben, dass die Schmiermittel für Stoßdämpfer, die hauptsächlich einen Pentaerythritoltetraester enthalten, einen amplitudenabhängigen Index von 0,8 oder mehr, bevorzugt von 0,8 bis 1,2, aufweisen. Infolgedessen wurde festgestellt, dass ein Schmiermittel für Stoßdämpfer, das Pentaerythritol enthält und einen amplitudenabhängigen Index von 0,8 oder mehr, bevorzugt 0,8 bis 1,2, aufweist, eine verbesserte Betriebsstabilität bei einer geringen Amplitude und gleichzeitig einen verbesserten Fahrkomfort bei einer normalen Amplitude bieten kann.

[0048] Aus dem Reibungstest 2 geht hervor, dass das Schmiermittel für Stoßdämpfer gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Bodenhaftung des Reifens verbessert und damit die Betriebsstabilität erhöht. Dies bedeutet, dass in den Schmiermitteln für Stoßdämpfer, die hauptsächlich Pentaerythritoltetraester enthalten, gemäß der vorliegenden Ausführungsform (Beispiel), die in der **Fig. 8** gezeigt ist, im Vergleich zu den Schmiermitteln für Stoßdämpfer (Vergleichsbeispiele), die in der **Fig. 7** gezeigt sind, wie bei P1 bis P4 in der **Fig. 11** gezeigt ist, die Reibungskraft bei P1 und P3 unmittelbar vor dem Übergang vom gleitenden Zustand in den stationären Zustand und bei P2 und P4 unmittelbar nach dem Übergang vom stationären Zustand in den gleitenden Zustand höher wird als die im gleitenden Zustand, zum Zeitpunkt einer normalen Amplitude. Durch Einstellen des amplitudenabhängigen Index auf 0,8 oder mehr, bevorzugter 1 oder mehr, kann die Reibungskraft an P1 und P3 unmittelbar vor dem Übergang vom gleitenden Zustand in den stationären Zustand und an P2 und P4 unmittelbar nach dem Übergang vom stationären Zustand in den gleitenden Zustand vergrößert werden, wodurch die Schwingungsdämpfungskraft zum Zeitpunkt des Zustandsübergangs vergrößert werden kann. Da die Reibungskraft eines Schmiermittels für Stoßdämpfer unmittelbar vor dem Stoppen des Gleitens oder unmittelbar nach dem Starten des Gleitens größer wird und die Schwingungsdämpfungskraft stark wirkt, obwohl sich die Gleitrichtung ändert, wirkt eine Reifenbodenhaftungskraft zur Verbesserung der Reifenbodenhaftungsleistung.

[Reibungstest 3]

[0049] Im Reibungstest 3 wurde der Reibungskoeffizient eines Schmiermittels für Stoßdämpfer durch Hin- und Herbewegen einer Stiftprobe 4 und einer Scheibenprobe 2 bei einer Amplitude von ±0,1 mm, einer Frequenz von 5 Hz, 20 N und 30°C bestimmt. Darüber hinaus wurde im Reibungstest 3, wie in der **Fig. 12** gezeigt, der Reibungskoeffizient der Schmiermittel für Stoßdämpfer der Vergleichsbeispiele 1 bis 4 sowie der des Schmiermittels für Stoßdämpfer von Beispiel 1 gemäß der vorliegenden Ausführungsform (Schmiermittel für Stoßdämpfer, das ein erstes ZnDTP mit einer primären Alkylgruppe und einer sekundären Alkylgruppe enthält) bestimmt. Vergleichsbeispiel 1 ist ein Beispiel für ein Schmiermittel für Stoßdämpfer, das ein ZnDTP mit nur einer primären Alkylgruppe mit 3, 5 Kohlenstoffatomen enthält; Vergleichsbeispiel 2 ist ein Beispiel für ein Schmiermittel für Stoßdämpfer, das ein ZnDTP mit nur einer sekundären Alkylgruppe mit 3, 5 Kohlenstoffatomen enthält; Vergleichsbeispiel 3 ist ein Beispiel für ein Schmiermittel für Stoßdämpfer, das ein ZnDTP mit nur einer sekundären Alkylgruppe mit 6, 8 Kohlenstoffatomen enthält; Vergleichsbeispiel 4 ist ein Beispiel für ein Schmiermittel für Stoßdämpfer, das ein ZnDTP mit nur einer primären Alkylgruppe mit 8 Kohlenstoffatomen enthält; und Vergleichsbeispiel 5 ist ein Beispiel für ein Schmiermittel für Stoßdämpfer, das eine 1:1-Mischung aus einem ZnDTP, das nur eine sekundäre Alkylgruppe mit 3, 6 Kohlenstoffatomen aufweist, und einem ZnDTP, das nur eine primäre Alkylgruppe mit 8 Kohlenstoffatomen aufweist.

[0050] Im Reibungstest 3 wurden der maximale Reibungskoeffizient und der durchschnittliche Reibungskoeffizient in Beispiel 1 und den Vergleichsbeispielen 1 bis 5 bei unterschiedlichen Mengen an zugesetztem ZnDTP (Gew.-%) bestimmt. Ferner wurde das Verhältnis (maximaler Reibungskoeffizient)/(durchschnittlicher Reibungskoeffizient) berechnet und das so erhaltene Verhältnis (maximaler Reibungskoeffizient)/(durchschnittlicher Reibungskoeffizient) für jede Menge an zugesetztem ZnDTP (Gew.-%) aufgetragen.

[0051] Die **Fig. 12** zeigt die Ergebnisse des Reibungstests 3. Das Schmiermittel für Stoßdämpfer, dessen Verhältnis (maximaler Reibungskoeffizient)/(durchschnittlicher Reibungskoeffizient) näher bei 1 liegt, kann als weniger schwankend im Reibungskoeffizienten bewertet werden und bietet guten Fahrkomfort. Die Ergebnisse von **Fig. 12** zeigen, dass in den Vergleichsbeispielen 1 bis 5 das Verhältnis (maximaler Reibungskoeffizient)/(durchschnittlicher Reibungskoeffizient) wesentlich höher ist als in Beispiel 1, wenn die zugesetzte Menge an ZnDTP 1,0 Gew.-% oder weniger ist, und dass das Verhältnis (maximaler Reibungskoeffizient)/(durchschnittlicher Reibungskoeffizient) auch höher ist als in Beispiel 1, wenn die zugesetzte Menge an ZnDTP 1,0 Gew.-% oder mehr ist. Andererseits war das Gesamtverhältnis (maximaler Reibungskoeffizient)/(durchschnittlicher Reibungskoeffizient) in Beispiel 1 tendenziell niedriger als in den Vergleichsbeispielen 1 bis 5. Insbesondere war das Verhältnis (maximaler Reibungskoeffizient)/(durchschnittlicher Reibungskoeffizient) deutlich niedriger als in den Vergleichsbeispielen 1 bis 5, wenn die Menge des zugesetzten ZnDTP 0,5 bis 1,0 Gew.-% betrug.

[0052] In Beispiel 1 betrug ferner, wenn die Menge 0,25 bis 2,0 Gew.-% war, das Verhältnis (maximaler Reibungskoeffizient)/(durchschnittlicher Reibungskoeffizient) 1,3 oder weniger, wenn die Menge an zugesetztem ZnDTP 0,1 bis 4,0 Gew.-% betrug, während das Verhältnis (maximaler Reibungskoeffizient)/(durchschnittlicher Reibungskoeffizient) 1,22 oder weniger betrug. Dies hat gezeigt, dass das Schmiermittel für Stoßdämpfer, das das erste ZnDTP mit einer primären Alkylgruppe und einer sekundären Alkylgruppe gemäß der vor-

liegenden Ausführungsform enthält, einen verbesserten Fahrkomfort bietet, wenn die Menge des vorgenannten zugesetzten ZnDTP auf 0,25 bis 2,0 Gew.-% eingestellt wird.

[0053] Darüber hinaus hat der Reibungstest 3 gezeigt, dass das Verhältnis (maximaler Reibungskoeffizient)/(durchschnittlicher Reibungskoeffizient) in den Vergleichsbeispielen 1 bis 5 mit größerer Wahrscheinlichkeit von einer Änderung der zugesetzten ZnDTP-Menge abhängt als in Beispiel 1, während sich das Verhältnis (maximaler Reibungskoeffizient)/(durchschnittlicher Reibungskoeffizient) in Beispiel 1 selbst bei einer Änderung der zugesetzten ZnDTP-Menge wahrscheinlich nicht ändert. Wenn beispielsweise in Beispiel 1 die Menge an zugesetztem ZnDTP in einem Bereich von 0,2 bis 4,0 Gew.-% lag, blieb das Verhältnis (maximaler Reibungskoeffizient)/(durchschnittlicher Reibungskoeffizient) bei 1,24 oder weniger. Dies hat gezeigt, dass das Schmiermittel für Stoßdämpfer, das das erste ZnDTP mit einer primären Alkylgruppe und einer sekundären Alkylgruppe gemäß der vorliegenden Ausführungsform enthält, wirksamer ist, um eine Änderung des Fahrkomforts zu verhindern, als die Schmiermittel der Vergleichsbeispiele 1 bis 5, selbst wenn die Verschlechterung (Zersetzung) des ZnDTP fortschreitet und der Gehalt des ZnDTP nach einer langen Gebrauchsdauer abnimmt.

[0054] Um herauszufinden, ob ein Schmiermittel für Stoßdämpfer, das in der Lage ist, verbesserten Fahrkomfort zu bieten, ein Schmiermittel für Stoßdämpfer sein sollte, das ein ZnDTP (erstes ZnDTP) enthält, das sowohl eine primäre Alkylgruppe als auch eine sekundäre Alkylgruppe aufweist, wie das Schmiermittel für Stoßdämpfer gemäß der vorliegenden Erfindung (Beispiel 1), oder es ein Schmiermittel für Stoßdämpfer sein kann, das eine Mischung aus einem ZnDTP mit einer primären Alkylgruppe und einem ZnDTP mit einer sekundären Alkylgruppe enthält, wurde ein Reibungstest auch unter Verwendung eines Schmiermittels für Stoßdämpfer als Vergleichsbeispiel 5 durchgeführt, das eine Mischung aus einem ZnDTP mit einer primären Alkylgruppe und einem ZnDTP mit einer sekundären Alkylgruppe enthält. Das Ergebnis war, dass das Verhältnis (maximaler Reibungskoeffizient)/(durchschnittlicher Reibungskoeffizient) des in Vergleichsbeispiel 5 erhaltenen Schmiermittels sich nicht wie in Beispiel 1 verringerte und der Fahrkomfort nicht verbessert wurde. Dies deutet darauf hin, dass das Schmiermittel für Stoßdämpfer, das eine einfache Mischung aus einem ZnDTP mit einer primären Alkylgruppe und einem ZnDTP mit einer sekundären Alkylgruppe enthält, nicht die gleiche Wirkung hat wie ein Schmiermittel für Stoßdämpfer, das ein ZnDTP (erstes ZnDTP) mit sowohl einer primären Alkylgruppe als auch einer sekundären Alkylgruppe enthält, wie es das Schmiermittel für Stoßdämpfer gemäß der vorliegenden Ausführungsform (Beispiel 1) aufweist.

[0055] Wie oben gezeigt, hat das Schmiermittel für Stoßdämpfer gemäß der vorliegenden Ausführungsform das Grundöl (A) und das Reibungseinstellmittel (B), und das Reibungseinstellmittel (B) enthält das erste ZnDTP (C) mit einer primären Alkylgruppe und einer sekundären Alkylgruppe. Das Schmiermittel für Stoßdämpfer, das das Reibungseinstellmittel enthält, kann leicht einen Reibungskoeffizienten einstellen, der für guten Fahrkomfort und Betriebsstabilität geeignet ist. Darüber hinaus kann das Schmiermittel für Stoßdämpfer gemäß der vorliegenden Ausführungsform im Vergleich zu einem Schmiermittel für Stoßdämpfer, das ein ZnDTP mit nur einer primären Alkylgruppe und/oder ein ZnDTP mit nur einer sekundären Alkylgruppe enthält, Schwankungen des Reibungskoeffizienten unterdrücken und einen besseren Fahrkomfort bieten.

[Probefahrt 1]

[0056] Fachkundige Fahrer (Berufskraftfahrer) und allgemeine Fahrer wurden gebeten, ein Fahrzeug mit einem Stoßdämpfer, für den Schmiermittel für Stoßdämpfer verwendet wurden, die nicht hauptsächlich einen Pentaerythritoltetraester enthalten (Vergleichsbeispiele), und ein Fahrzeug mit einem Stoßdämpfer, für den das Schmiermittel für Stoßdämpfer, das hauptsächlich einen Pentaerythritoltetraester enthält (Beispiel), verwendet wurde, zu bewerten, nachdem die Fahrzeuge auf derselben Strecke unter denselben Bedingungen mit Ausnahme des verwendeten Stoßdämpfers gefahren waren.

[0057] Im Vergleich zu dem Fahrzeug, für das das Schmiermittel eines Vergleichsbeispiels verwendet wurde, wurde das Fahrzeug, für das das Schmiermittel für Stoßdämpfer, das hauptsächlich einen Pentaerythritoltetraester enthält (Beispiel), verwendet wurde, als Fahrzeug mit besserer Reifen-Drehfähigkeit und Reifen-Bodenhaftung und damit mit verbesserter Funktionsfähigkeit auf einer Straße mit weniger Unebenheiten bewertet. Diese Bewertung wurde nicht nur von fachkundigen Fahrern, sondern auch von allgemeinen Fahrern vorgenommen. Es wurde auch festgestellt, dass bei Verwendung des Schmiermittels für Stoßdämpfer, das hauptsächlich einen Pentaerythritoltetraester (Beispiel) enthält, die Schwingungsdämpfungskraft zunimmt, so dass selbst leichte Unebenheiten auf einer Straße wahrscheinlich auf die Fahrer übertragen werden und somit viele Informationen an die Fahrer weitergegeben werden können.

[0058] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung wurden oben beschrieben, aber der technische Umfang der vorliegenden Erfindung ist nicht auf die vorgenannten Ausführungsbeispiele beschränkt. Verschiedene Änderungen oder Modifikationen können zu den vorgenannten Ausführungsbeispielen hinzugefügt werden, und Ausführungsformen, zu denen eine solche Änderung oder Modifikation hinzugefügt wurde, sind ebenfalls in den technischen Anwendungsbereich der vorliegenden Erfindung eingeschlossen.

Patentansprüche

1. Schmiermittelzusammensetzung für Stoßdämpfer, umfassend:
ein Grundöl und ein Reibungseinstellmittel, wobei
das Reibungseinstellmittel einen Pentaerythritolester enthält,
der Pentaerythritolester zum größten Teil oder in einer Menge von 50 Masse-% oder mehr einen Pentaerythritoltetraester enthält, und
der Gehalt des Pentaerythritolesters 0,5 Masse-% oder mehr ist.

2. Schmiermittelzusammensetzung für Stoßdämpfer, umfassend:
ein Grundöl und ein Reibungseinstellmittel, wobei
das Reibungseinstellmittel einen Pentaerythritolester enthält,
der Pentaerythritolester eine durchschnittliche Anzahl von Estergruppen von mehr als 3 aufweist, und
der Gehalt des Pentaerythritolesters 0,5 Masse-% oder mehr ist.

3. Schmiermittelzusammensetzung für Stoßdämpfer, umfassend:
ein Grundöl und ein Reibungseinstellmittel, wobei
das Reibungseinstellmittel einen Pentaerythritolester enthält,
der Pentaerythritolester eine durchschnittliche Anzahl von Hydroxylgruppen von weniger als 1 aufweist, und
der Gehalt des Pentaerythritolesters 0,5 Masse-% oder mehr ist.

4. Schmiermittelzusammensetzung für Stoßdämpfer, umfassend:
ein Grundöl und ein Reibungseinstellmittel, wobei
das Reibungseinstellmittel einen Pentaerythritolester enthält, und
ein Verhältnis eines Reibungskoeffizienten μ2 zum Zeitpunkt einer geringen Amplitude und eines Reibungskoeffizienten μ1 zum Zeitpunkt einer normalen Amplitude (μ2/μ1) 0,8 oder mehr ist.

5. Schmiermittelzusammensetzung für Stoßdämpfer, umfassend:
ein Grundöl und ein Reibungseinstellmittel, wobei
das Reibungseinstellmittel einen Pentaerythritolester enthält, und
ein Reibungskoeffizient μ3 eines Schmiermittels unmittelbar vor dem Stoppen des Gleitens oder unmittelbar nach dem Beginn des Gleitens größer ist als ein Reibungskoeffizient μ4 des Schmiermittels in einem gleitenden Zustand.

6. Schmiermittelzusammensetzung für Stoßdämpfer nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Hydroxylwert 0,5 mgKOH/g oder mehr ist.

7. Schmiermittelzusammensetzung für Stoßdämpfer nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Gehalt des Pentaerythritolesters 5 Masse-% oder mehr ist.

8. Schmiermittelzusammensetzung für Stoßdämpfer nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das Reibungseinstellmittel ferner Zinkdithiophosphat enthält.

9. Stoßdämpfer, der die Schmiermittelzusammensetzung für Stoßdämpfer nach einem der Ansprüche 1 bis 8 verwendet.

10. Verfahren zur Einstellung der Reibung eines Schmiermittels für Stoßdämpfer, das ein Grundöl und einen Pentaerythritolester enthält, umfassend:
Einstellen der durchschnittlichen Anzahl der Estergruppen des Pentaerythritolesters, um die Reibungseigenschaften zum Zeitpunkt einer geringen Amplitude zu steuern.

11. Verfahren zur Einstellung der Reibung eines Schmiermittels für Stoßdämpfer, das ein Grundöl und einen Pentaerythritolester enthält, umfassend:

Einstellen der durchschnittlichen Anzahl der Hydroxylgruppen des Pentaerythritolesters, um die Reibungseigenschaften zum Zeitpunkt einer geringen Amplitude zu steuern.

12. Verfahren zur Einstellung der Reibung eines Schmiermittels für Stoßdämpfer, das ein Grundöl und einen Pentaerythritolester enthält, umfassend:
Einstellen eines Hydroxylwertes des Schmiermittels für Stoßdämpfer, um eine Abnahme des Pentaerythritolesters zu unterdrücken.

13. Verfahren zur Einstellung der Reibung eines Schmiermittels für Stoßdämpfer, das ein Grundöl und einen Pentaerythritolester enthält, umfassend:
Einstellen der Kohlenstoffzahl des Fettsäurerestes des Pentaerythritolesters, um den Reibungskoeffizienten des Schmiermittels für Stoßdämpfer einzustellen.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig.1

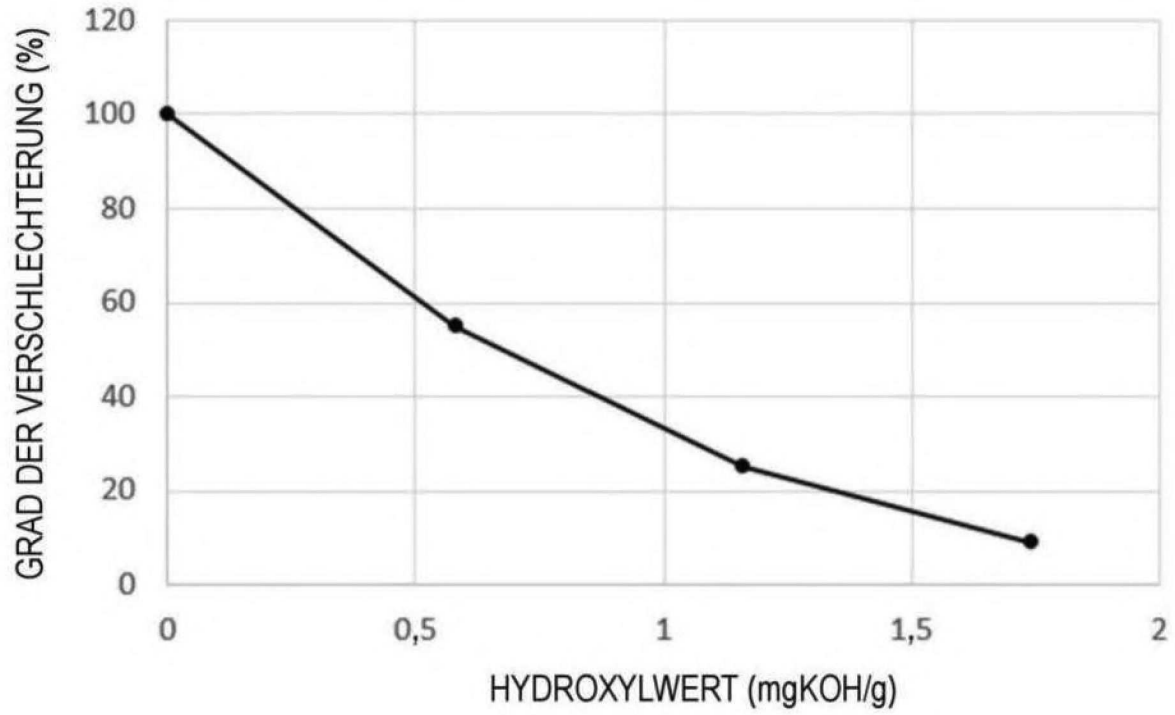


Fig.2

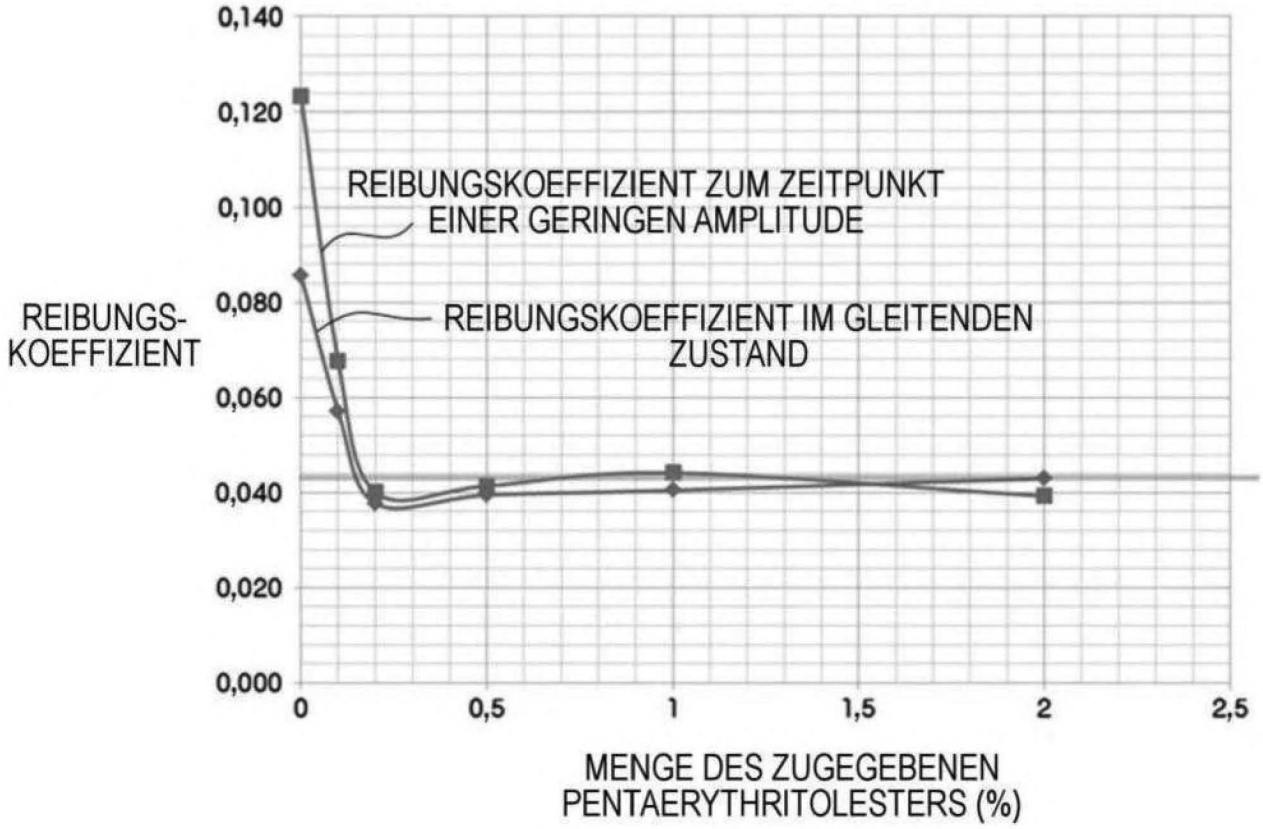


Fig.3

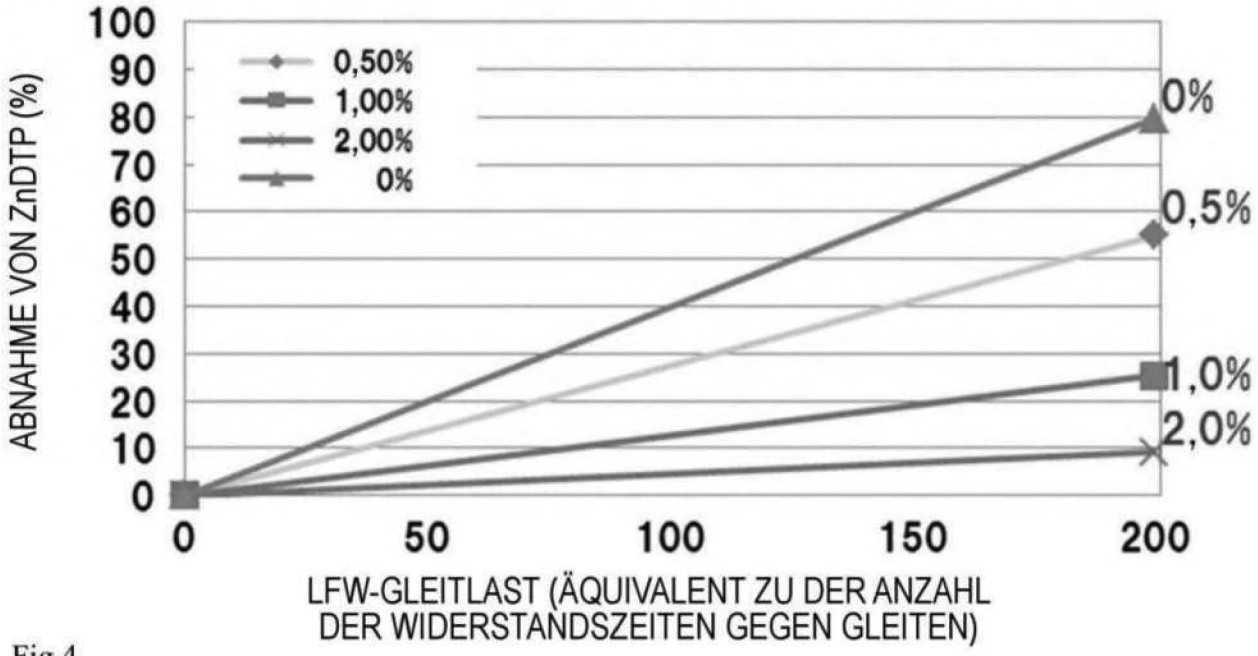
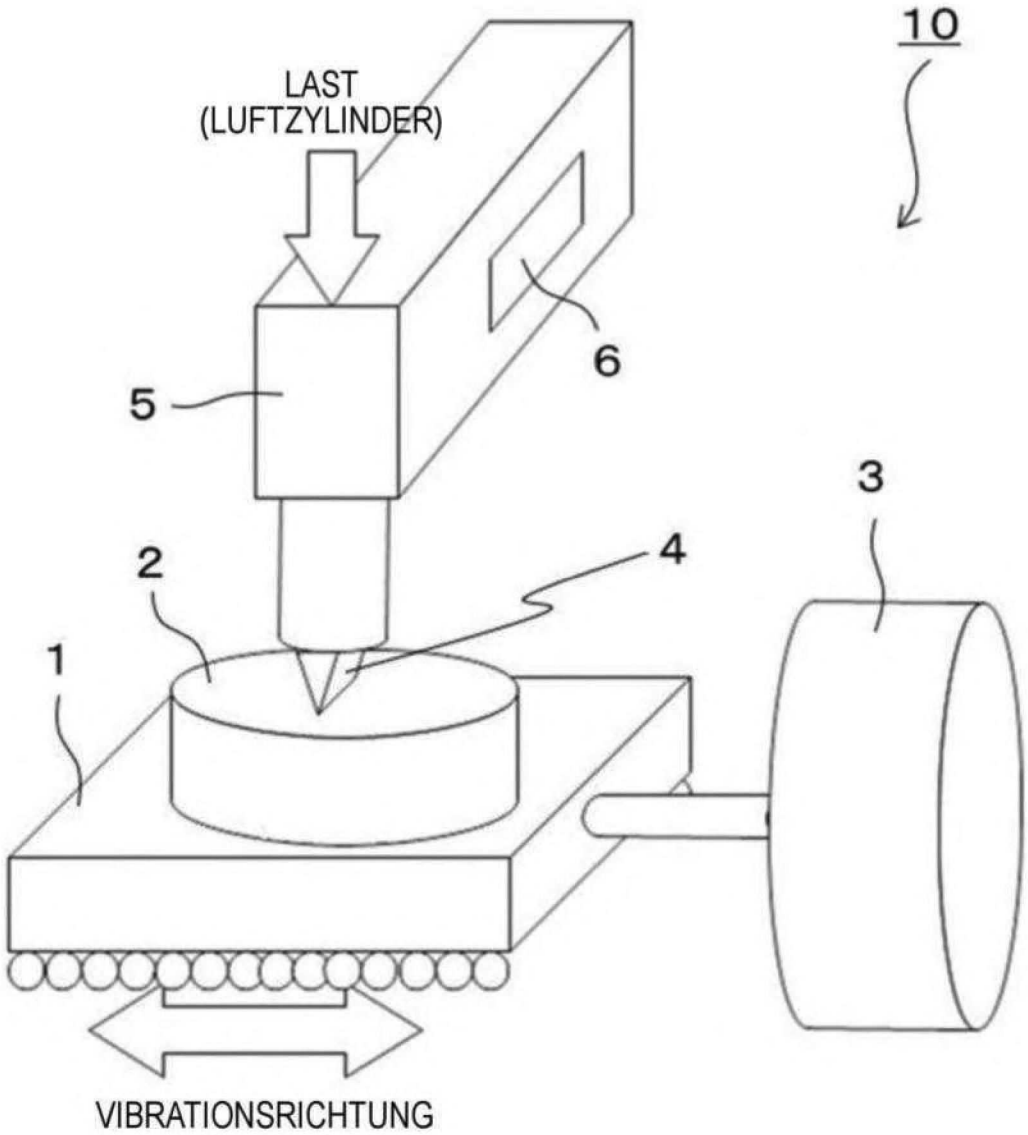

ABNAHME VON ZnDTP (%)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0,50%
1,00%
2,00%
0%
0%
0,5%
1,0%
2,0%
0
50
100
150
200
LFW-GLEITLAST (ÄQUIVALENT ZU DER ANZAHL
DER WIDERSTANDSZEITEN GEGEN GLEITEN)

Fig.4


10
LAST
(LUFTZYLINDER)
6
5
3
2
4
1
VIBRATIONSRICHTUNG

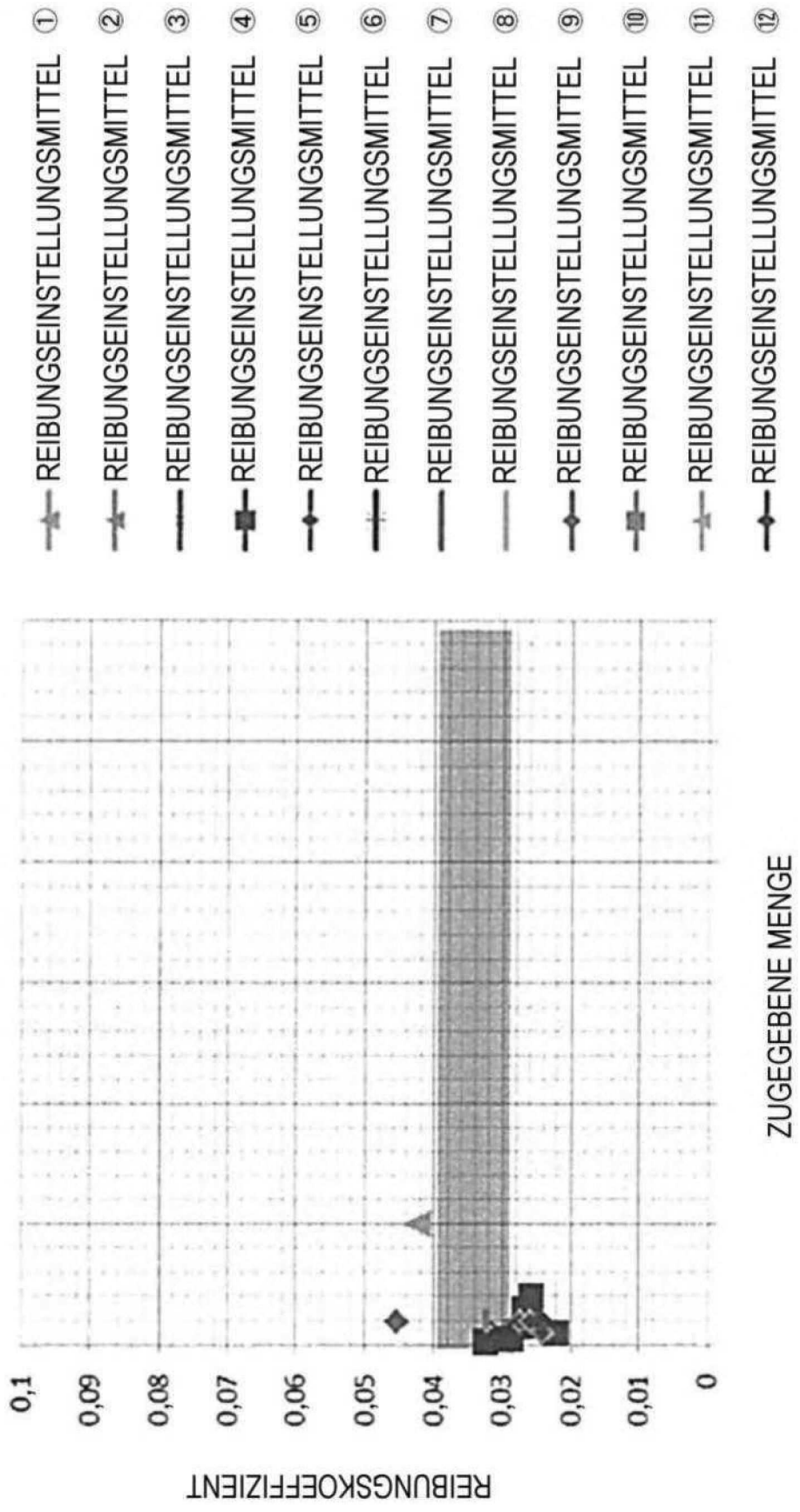

① REIBUNGSEINSTELLUNGSMITTEL
② REIBUNGSEINSTELLUNGSMITTEL
③ REIBUNGSEINSTELLUNGSMITTEL
④ REIBUNGSEINSTELLUNGSMITTEL
⑤ REIBUNGSEINSTELLUNGSMITTEL
⑥ REIBUNGSEINSTELLUNGSMITTEL
⑦ REIBUNGSEINSTELLUNGSMITTEL
⑧ REIBUNGSEINSTELLUNGSMITTEL
⑨ REIBUNGSEINSTELLUNGSMITTEL
⑩ REIBUNGSEINSTELLUNGSMITTEL
⑪ REIBUNGSEINSTELLUNGSMITTEL
⑫ REIBUNGSEINSTELLUNGSMITTEL
0,1
0,09
0,08
0,07
0,06
0,05
0,04
0,03
0,02
0,01
0
REIBUNGSKOEFFIZIENT
ZUGEGEBENE MENGE

Fig.5

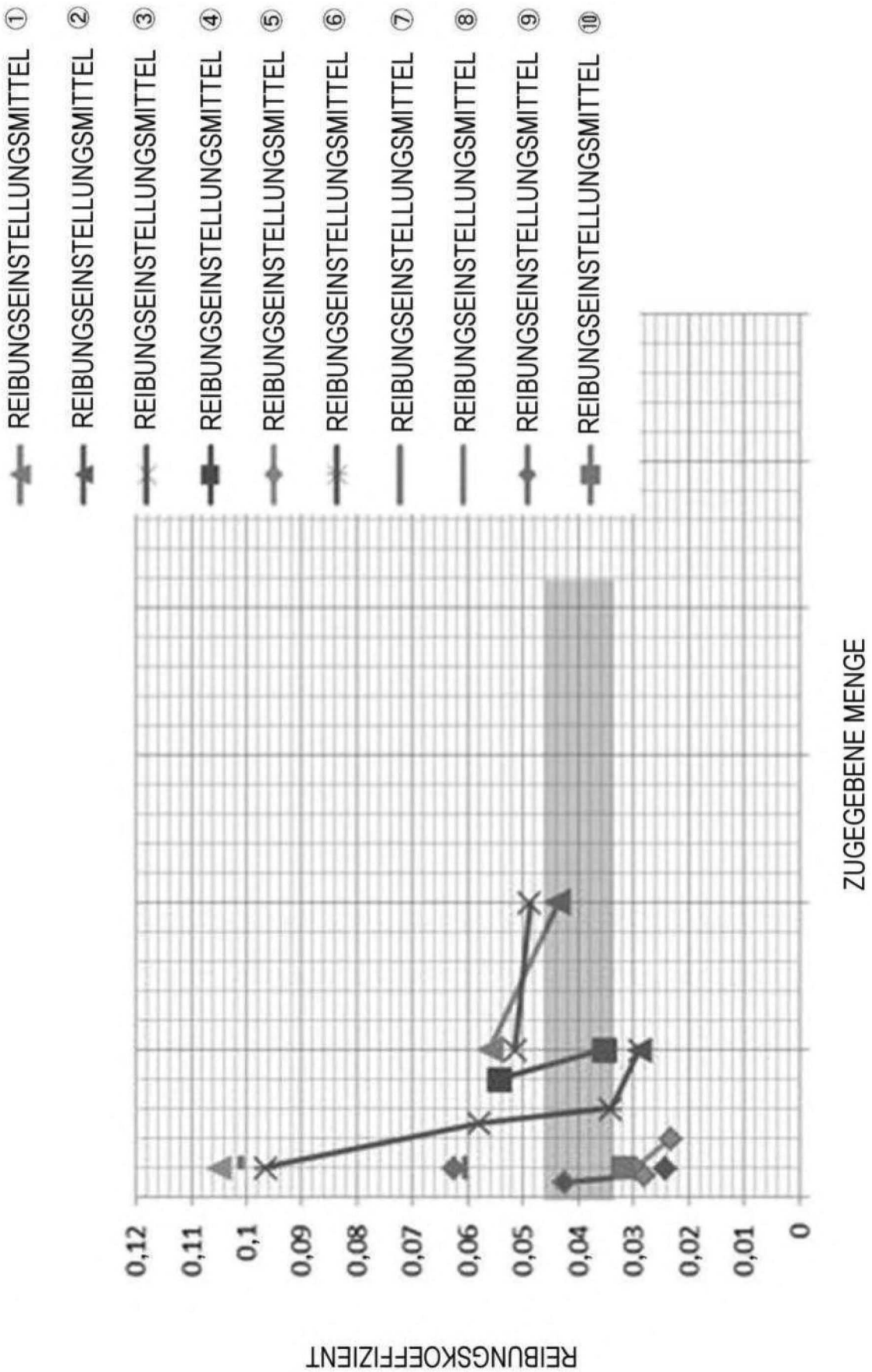

① REIBUNGSEINSTELLUNGSMITTEL
② REIBUNGSEINSTELLUNGSMITTEL
③ REIBUNGSEINSTELLUNGSMITTEL
④ REIBUNGSEINSTELLUNGSMITTEL
⑤ REIBUNGSEINSTELLUNGSMITTEL
⑥ REIBUNGSEINSTELLUNGSMITTEL
⑦ REIBUNGSEINSTELLUNGSMITTEL
⑧ REIBUNGSEINSTELLUNGSMITTEL
⑨ REIBUNGSEINSTELLUNGSMITTEL
⑩ REIBUNGSEINSTELLUNGSMITTEL
0,12
0,11
0,1
0,09
0,08
0,07
0,06
0,05
0,04
0,03
0,02
0,01
0
REIBUNGSKOEFFIZIENT
ZUGEGEBENE MENGE

Fig.6

Fig.7

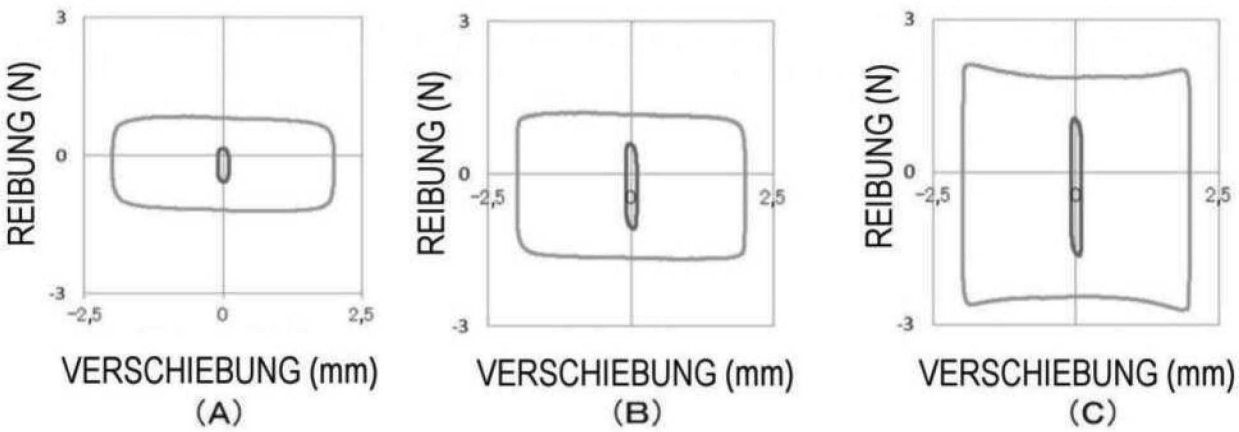

3
0
-3
REIBUNG (N)
-2,5
0
2,5
VERSCHIEBUNG (mm)
(A)
3
0
-3
REIBUNG (N)
-2,5
2,5
VERSCHIEBUNG (mm)
(B)
3
0
-3
REIBUNG (N)
-2,5
2,5
VERSCHIEBUNG (mm)
(C)

Fig.8

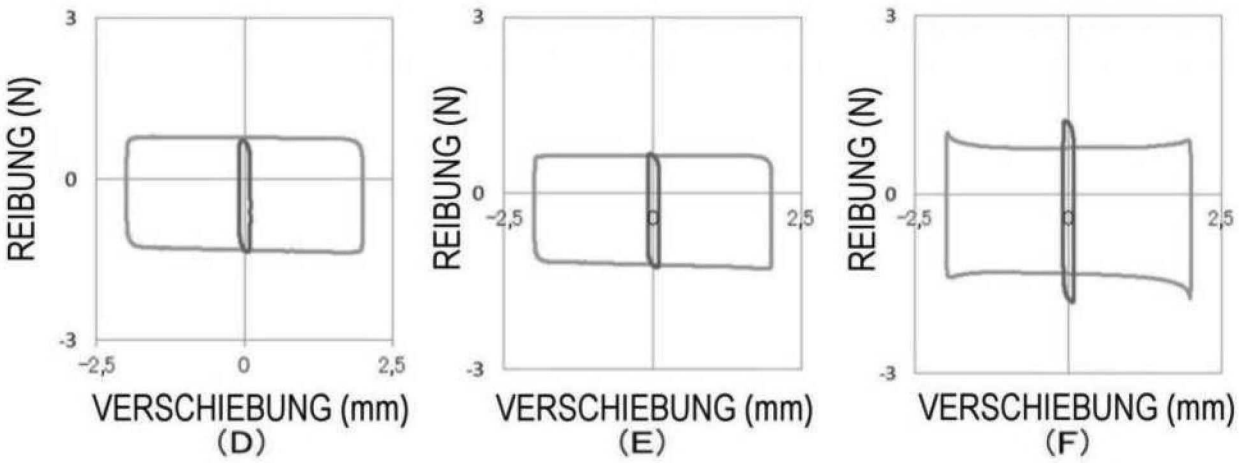

3
0
-3
REIBUNG (N)
-2,5
0
2,5
VERSCHIEBUNG (mm)
(D)
3
0
-3
REIBUNG (N)
-2,5
0
2,5
VERSCHIEBUNG (mm)
(E)
3
0
-3
REIBUNG (N)
-2,5
0
2,5
VERSCHIEBUNG (mm)
(F)

Fig.9

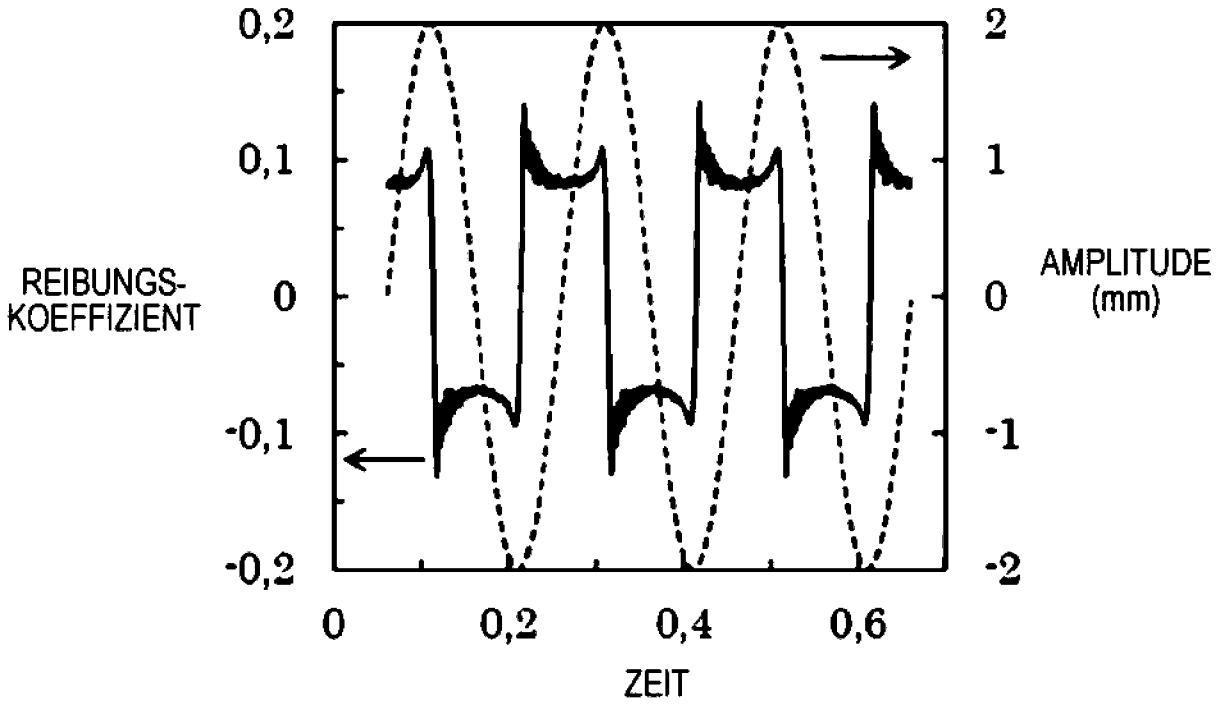
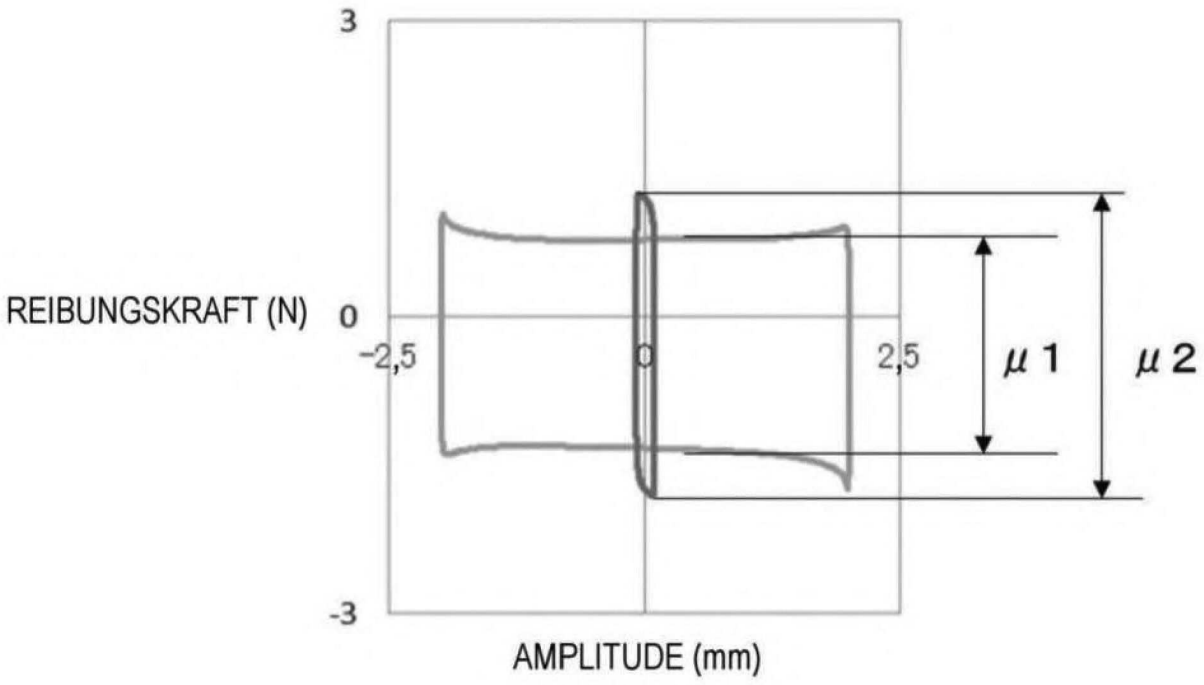

0,2
0,1
0
-0,1
-0,2
REIBUNGS-
KOEFFIZIENT
2
1
0
-1
-2
AMPLITUDE
(mm)
0
0,2
0,4
0,6
ZEIT

Fig.10



AMPLITUDENABHÄNGIGER INDEX = $\mu 2 / \mu 1$

Fig.11

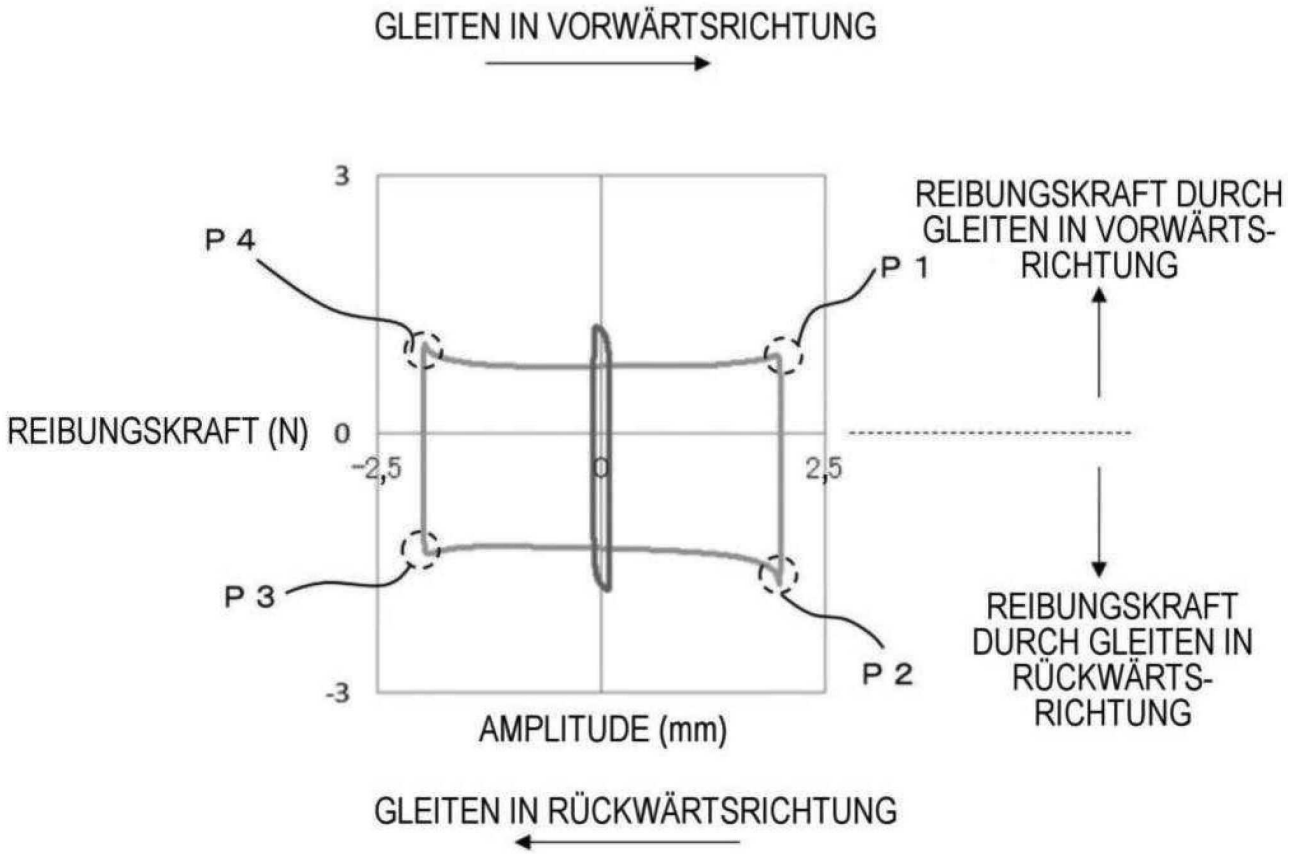
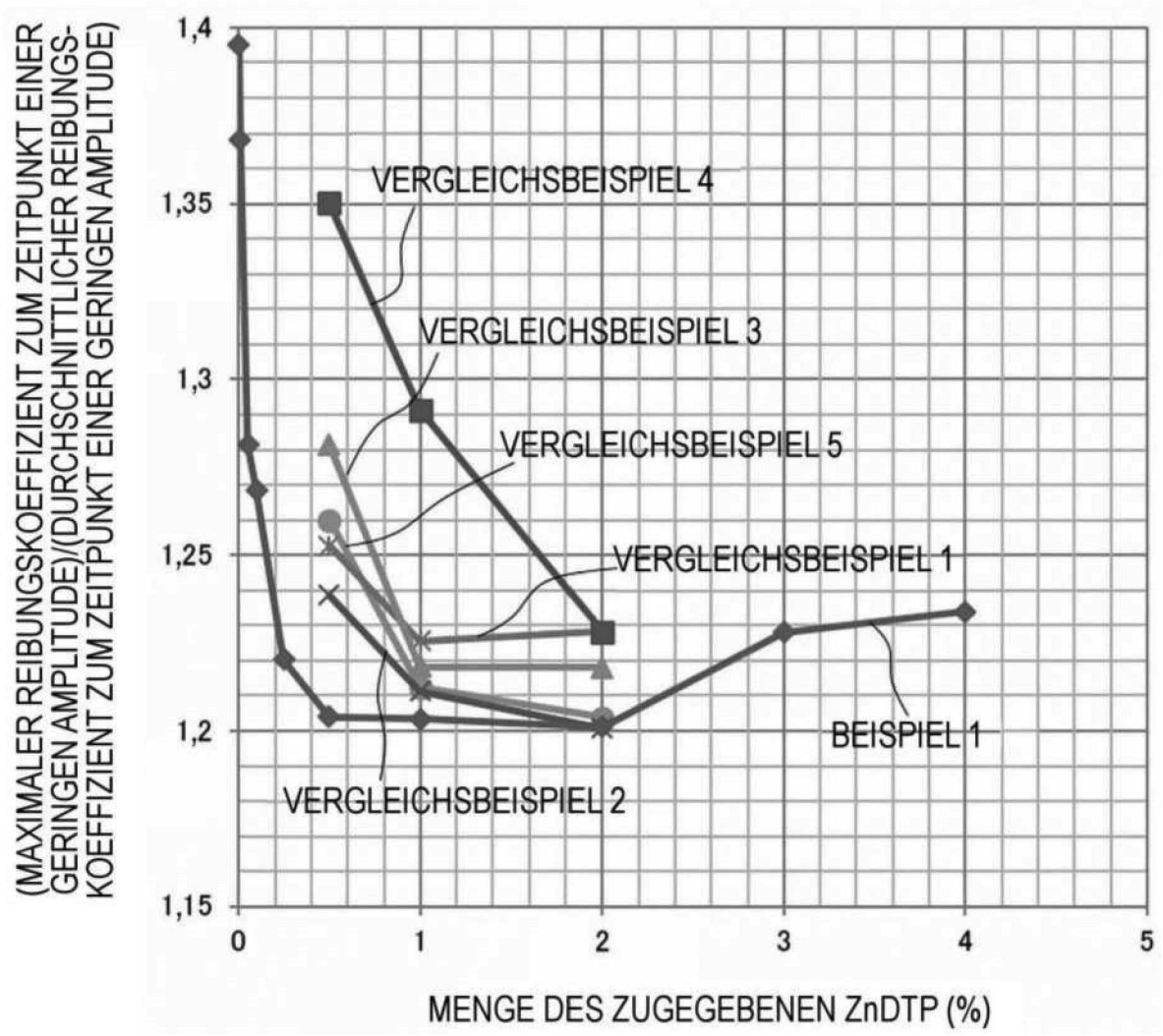


Fig.12



 Das Dokument wurde durch die Firma Luminess hergestellt.