



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**04.01.2023 Patentblatt 2023/01**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**F04B 39/02** (2006.01) **F04B 39/04** (2006.01)  
**F04B 51/00** (2006.01) **F04B 53/18** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22180868.6**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**F04B 39/0207; F04B 39/0292; F04B 39/042;**  
**F04B 51/00; F04B 53/18**

(22) Anmeldetag: **24.06.2022**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

(72) Erfinder:  
• **Kornfeld, Matthias**  
**1220 Wien (AT)**  
• **Lindner-Silvester, Tino**  
**1220 Wien (AT)**  
• **Fritz, Bernhard**  
**1220 Wien (AT)**

(30) Priorität: **28.06.2021 AT 505362021**

(74) Vertreter: **Patentanwälte Pinter & Weiss OG**  
**Prinz-Eugen-Straße 70**  
**1040 Wien (AT)**

(71) Anmelder: **Hoerbiger Wien GmbH**  
**1220 Wien (AT)**

(54) **KOLBENKOMPRESSOR UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES KOLBENKOMPRESSORS**

(57) Um bei einem Kolbenkompressor (1) eine Überschmierung der Zylinder (2) zu vermeiden und die Schmiermittelmenge auf ein für den Betrieb erforderliches Maß zu reduzieren, wird gemäß der Erfindung ein Schmiersystem mit einer Schmiersystem-Steuerungseinheit (14) bereitgestellt, in dem zumindest ein Schmiermittelsensor (15) zur Erfassung einer für eine Schmierfilmdicke eines Schmierfilms (11) an der Zylinderlauffläche des Zylinders (2) repräsentativen Schmierfilm-Messgröße (S) vorgesehen ist, wobei die Schmiersystem-Steuerungseinheit (14) dazu ausgebildet ist, das Schmiersystem im Betrieb des Kolbenkompressors (1) zumindest einmal in einem vorgegebenen Kalibrierbetriebsmodus zu betreiben und anhand der während der Durchführung des Kalibrierbetriebsmodus erfassten Schmierfilm-Messgröße (S) einen Schmierfilmzustandswert (SZ) zu ermitteln und dass die Schmiersystem-Steuerungseinheit (14) dazu ausgebildet ist, nach Beendigung des Kalibrierbetriebsmodus im Betrieb des Kolbenkompressors (1) die einzubringende Schmiermittelmenge in Abhängigkeit des ermittelten Schmierfilmzustandswerts (SZ) zu steuern.

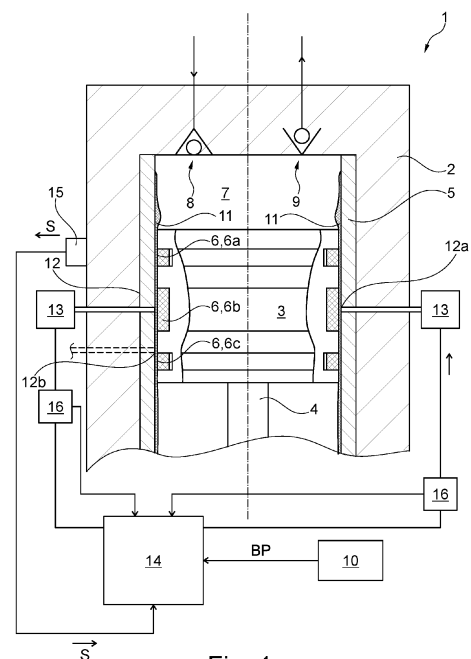


Fig. 1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Schmiersystem für einen Kolbenkompressor, zum Einbringen eines Schmiermittels auf eine Zylinderlauffläche eines Zylinders des Kolbenkompressors, in dem ein Kolben hin- und her bewegbar ist, wobei eine Schmiersystem-Steuerungseinheit zur Steuerung einer einzubringenden Schmiermittelmengen vorgesehen ist. Die Erfindung betrifft weiters einen Kolbenkompressor mit einem Schmiersystem sowie ein Verfahren zum Betreiben eines Kolbenkompressors mit zumindest einem Zylinder, in dem ein Kolben hin- und her bewegt wird, wobei mittels eines Schmiersystems einer Zylinderlauffläche des zumindest einen Zylinders ein Schmiermittel zugeführt wird und wobei eine Schmiermittelmengen des zugeführten Schmiermittels von einer Schmiersystem-Steuerungseinheit gesteuert wird.

**[0002]** Bei Kolbenmaschinen, insbesondere bei geschmierten Kolbenkompressoren, ist die zuverlässige Schmierung der Zylinder von großer Bedeutung für einen zuverlässigen Betrieb. In der Regel befinden sich in jedem Zylinder jeweils ein oder mehrere Schmierstellen, über die ein Schmiermittel in den Zylinder eingebracht werden kann. Die Schmierstellen werden meist von einem zentralen Schmiersystem mit Schmiermittel versorgt. Eine möglichst genaue Dosierung des Schmiermittels in die Zylinder ist maßgeblich für den zuverlässigen Betrieb. Eine zu geringe Menge an Schmiermittel führt zu erhöhtem Verschleiß an den bewegten Komponenten des Kompressors, insbesondere an den Kolbenringen oder auch Packungsringen von Dichtpackungen, mit welchen die Kolbenstange abgedichtet wird. Erhöhter Verschleiß führt in der Folge zu einer reduzierten Lebensdauer dieser Komponenten und somit zu einer geringeren Verfügbarkeit des Kompressors. Im Gegenzug führt eine zu große Menge an Schmiermittel in der Regel zu einer reduzierten Lebensdauer von Komponenten wie z.B. den Kompressorventilen aufgrund eines Ölleakageeffekts sowie zu einer reduzierten Lebensdauer von dem Kompressor nachgeschalteten Einrichtungen wie z.B. Katalysatoren. Außerdem führen hohe Mengen an Schmiermittel natürlich zu erhöhten Betriebskosten aufgrund des Schmiermittelverbrauchs sowie auch zu höheren Investitionskosten, weil zur Entfernung überschüssigen Schmiermittels aus dem verdichteten Prozessstrom zusätzliches Equipment wie z.B. spezielle Abscheider erforderlich sind.

**[0003]** Bekannte Schmiersysteme basieren meist auf einer vorgegebenen Schmiermittelmengen für die jeweiligen Kolbenmaschinen. Diese vorgegebenen Schmiermittelmengen werden typischerweise von den Kompressorherstellern in Abhängigkeit von Kompressortyp, Baugröße und Prozessparameter bereitgestellt und beruhen auf empirischen Daten bzw. vereinfachten Berechnungsmodellen. Aufgrund von Unsicherheiten in diesen Berechnungsmodellen und zur Abdeckung sämtlicher Bauformen und Betriebsbedingungen der Kompresso-

ren sind üblicherweise Sicherheitsfaktoren vorgesehen, die entsprechend konservativ gewählt sind, sodass in der Regel mehr Schmiermittel zugeführt wird, als erforderlich. Eine solche "Überschmierung" der Zylinder im Betrieb ist für den Betreiber eines Kolbenkompressors aus den oben genannten Gründen natürlich nachteilig und daher unerwünscht.

**[0004]** Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, einen Kolbenkompressor und ein Verfahren zum Betreiben eines Kolbenkompressors bereitzustellen, mit welchen eine Überschmierung der Zylinder vermieden und die Schmiermittelmengen auf ein für den Betrieb erforderliches Maß reduziert werden kann.

**[0005]** Die Aufgabe wird mit dem eingangs genannten Schmiersystem dadurch gelöst, dass zumindest ein Schmiermittelsensor zur Erfassung einer für eine Schmierfilmdicke eines Schmierfilms an der Zylinderlauffläche des Zylinders repräsentativen Schmierfilm-Messgröße vorgesehen ist, dass die Schmiersystem-Steuerungseinheit dazu ausgebildet ist, das Schmiersystem im Betrieb des Kolbenkompressors zumindest einmal in einem vorgegebenen Kalibrierbetriebsmodus zu betreiben, anhand der während der Durchführung des Kalibrierbetriebsmodus erfassten Schmierfilm-Messgröße einen Schmierfilmzustandswert zu ermitteln und nach Beendigung des Kalibrierbetriebsmodus im Betrieb des Kolbenkompressors die einzubringende Schmiermittelmengen in Abhängigkeit des ermittelten Schmierfilmzustandswerts zu steuern. Dadurch wird ein Schmiersystem geschaffen, das anhand einer Messung der Schmierfilmdicke und Auswertung des Messergebnisses den Zustand des Schmierfilms an der Zylinderlaufbuchse automatisch detektiert und darauf basierend selbstständig eine geeignete Schmiermittelmengen bereitstellt. Dadurch kann die benötigte Schmiermittelmengen gegenüber herkömmlichen Schmiersystemen deutlich reduziert werden, sodass es zu keiner Überschmierung der Zylinder kommt.

**[0006]** Vorzugsweise ist der Schmiermittelsensor ein Ultraschallsensor, wobei eine zeitliche Auflösung des Schmiermittelsensors vorzugsweise 0,01° bis 5° Kurbelwinkel beträgt. Dadurch kann eine einfache Erfassung der Schmierfilm-Messgröße ermöglicht werden, ohne dass ein unmittelbarer Zugang zur Zylinderlauffläche erforderlich ist. Ein Ultraschallsensor kann beispielsweise einfach an der Außenseite eines bestehenden Zylinders angeordnet werden.

**[0007]** Vorzugsweise ist die Schmiersystem-Steuerungseinheit dazu ausgebildet, zur Ermittlung des Schmierfilmzustandswerts einen Sensorwert der Schmierfilm-Messgröße zu verwenden, der während eines Kolbenhubes des Kolbens zu einem Zeitpunkt erfasst wird, zu dem sich ein Kolbenring des Kolbens im Sensorbereich des Schmiermittelsensors befindet, vorzugsweise einen während des Kolbenhubes erfassten Minimalwert der Schmierfilm-Messgröße. Dadurch kann auf die aktuelle Schmierfilmdicke im Bereich eines Kolbenrings geschlossen werden und basierend darauf die erforderliche Schmiermittelmengen ermittelt werden.

**[0008]** Vorzugsweise ist das Schmiersystem zur intermittierenden Einbringung des Schmiermittels in den Zylinder ausgebildet, vorzugsweise als Pump-to-point System, als Divider-Block-System oder als Common-Rail-System, und die Schmiersystem-Steuerungseinheit ist dazu ausgebildet, die Schmiermittelmenge durch eine Änderung einer Frequenz und/oder einer Injektionsmenge jeweils einer Injektion der intermittierenden Einbringung des Schmiermittels zu steuern. Dadurch können bewährte Schmiersysteme verwendet werden und entsprechend kalibriert werden.

**[0009]** Die Schmiersystem-Steuerungseinheit ist vorteilhafterweise dazu ausgebildet, den Kalibrierbetriebsmodus in einem festgelegten Zyklus zu wiederholen, um den Schmierfilmzustandswert zu aktualisieren und die Schmiermittelmenge an den aktualisierten Schmierfilmzustandswert anzupassen. Dadurch können während des Betriebs auftretende Veränderungen berücksichtigt werden, die unter Umständen eine größere oder geringere Schmiermittelmenge erfordern, beispielsweise ein Verschleiß der Kolbenringe.

**[0010]** Vorzugsweise beträgt eine Dauer des Kalibrierbetriebsmodus mindestens zehn, vorzugsweise mindestens hundert, besonders bevorzugt mindestens tausend Kurbelwellenumdrehungen des Kolbenkompressors oder eine äquivalente Zeit. Dadurch ist eine ausreichende Zeit gegeben, um verschiedene Zustände des Schmierfilms einzustellen und auszuwerten.

**[0011]** Vorzugsweise sind im Kalibrierbetriebsmodus zumindest zwei aufeinanderfolgende Zeitbereiche mit unterschiedlichen Schmiermittelmengen festgelegt und die Schmiersystem-Steuerungseinheit ist dazu ausgebildet, in einem zeitlichen Verlauf der während der zumindest zwei Zeitbereiche erfassten Schmierfilm-Messgröße einen Maximalwert und einen Minimalwert zu ermitteln und daraus den Schmierfilmzustandswert zur Steuerung der Schmiermittelmenge zu ermitteln. Besonders bevorzugt sind dabei ein erster Zeitbereich mit einer vorgegebenen Dauer und ein darauffolgender zweiter Zeitbereich mit einer vorgegebenen Dauer festgelegt und die während des ersten Zeitbereichs eingebrachte Schmiermittelmenge ist so festgelegt, dass sich ein vollständig benetzter Schmierfilm an der Zylinderlauffläche einstellt und die während des zweiten Zeitbereichs eingebrachte Schmiermittelmenge ist so festgelegt, dass sich ein Trockenlauf an der Zylinderlauffläche einstellt. Die Dauer des ersten Zeitbereichs beträgt vorzugsweise zumindest fünf Kurbelwellenumdrehungen und die während des ersten Zeitbereichs eingebrachte Schmiermittelmenge beträgt vorzugsweise 90-200% einer vom Kompressorhersteller vorgegebenen Schmiermittelmenge. Die Dauer des zweiten Zeitbereichs beträgt vorzugsweise zumindest fünf Kurbelwellenumdrehungen und die während des zweiten Zeitbereichs eingebrachte Schmiermittelmenge beträgt vorzugsweise 0% der vom Kompressorhersteller vorgegebenen Schmiermittelmenge. Dadurch werden verschiedene Schmierfilmbedingungen simuliert und zur Ermittlung eines repräsentativen allgemeingülti-

gen Schmierfilmzustandswerts verwendet.

**[0012]** Es ist vorteilhaft, wenn die Schmiersystem-Steuerungseinheit dazu ausgebildet, einen Differenzwert zwischen dem ermittelten Maximalwert und dem ermittelten Minimalwert zu ermitteln, aus dem Maximalwert und dem ermittelten Differenzwert einen Schmierfilmgrenzwert zu ermitteln und den Schmierfilmgrenzwert als Schmierfilmzustandswert zu verwenden. Die Schmiersystem-Steuerungseinheit ist vorzugsweise weiters dazu ausgebildet, im Betrieb des Kolbenkompressors nach Beendigung des Kalibrierbetriebsmodus das Schmiersystem zur Einbringung des Schmiermittels anzusteuern, wenn die Schmierfilm-Messgröße in einem zwischen dem Minimalwert und dem Schmierfilmgrenzwert liegenden Schmiersystem-Aktivierungsbereich liegt. Dadurch wird einerseits eine differenzielle Auswertemethodik geschaffen, die im Wesentlichen unabhängig von den erfassten Absolutwerten der erfassten Schmierfilm-Messgröße ist und es wird ein einfacher Indikator zur Aktivierung der Schmiermittel-Einbringung bereitgestellt.

**[0013]** Im Schmiersystem ist vorzugsweise auch eine Schmiermittelmengen-Erfassungseinheit zur Erfassung einer, der Schmierstelle zugeführten Schmiermittelmenge vorgesehen und die Schmiersystem-Steuerungseinheit ist dazu ausgebildet, die vom Schmierfilmsensor erhaltene Schmierfilm-Messgröße und die von der Schmiermittelmengen-Erfassungseinheit erhaltene Schmiermittelmenge zu vergleichen, um die beiden Werte auf Konsistenz zu überprüfen und/oder um eine Leckage im Schmiersystem zu detektieren. Dadurch kann die Funktion des Schmiermittelsensors geprüft werden und es können Leckagen in den Schmiermittelleitungen detektiert werden. Basierend darauf können gewisse Aktionen, wie z.B. ein Abschalten des Kompressors oder eine Umstellung der Schmierung auf eine herkömmliche Überschmierung durchgeführt werden, wodurch die Betriebssicherheit erhöht werden kann.

**[0014]** Die Erfindung wird zudem mit einem Verfahren dadurch gelöst, dass mittels zumindest eines Schmiermittelsensors eine für eine Schmierfilmdicke eines Schmierfilms an der Zylinderlauffläche des Zylinders repräsentative Schmierfilm-Messgröße erfasst wird, dass das Schmiersystem im Betrieb des Kolbenkompressors von der Schmiersystem-Steuerungseinheit zumindest einmal in einem vorgegebenen Kalibrierbetriebsmodus betrieben wird, wobei anhand der während der Durchführung des Kalibrierbetriebsmodus erfassten Schmierfilm-Messgröße ein Schmierfilmzustandswert ermittelt wird und dass die Schmiersystem-Steuerungseinheit nach Beendigung des Kalibrierbetriebsmodus im Betrieb des Kolbenkompressors die einzubringende Schmiermittelmenge in Abhängigkeit des ermittelten Schmierfilmzustandswerts steuert.

**[0015]** Die gegenständliche Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren 1 bis 4 näher erläutert, die beispielhaft, schematisch und nicht einschränkend vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung

zeigen. Dabei zeigt

Fig.1 einen Schnitt durch einen Zylinder eines Kolbenkompressors,

Fig.2 ein Diagramm mit einer erfassten Schmierfilm-Messgröße über dem Kurbelwinkel,

Fig.3a ein Diagramm mit einem zeitlichen Verlauf der erfassten Schmierfilm-Messgröße über den Kompressorumdrehungen des Kolbenkompressors,

Fig.3b ein Diagramm mit einer prozentualen Schmiermittelmenge über den Kompressorumdrehungen des Kolbenkompressors,

Fig.4 ein Diagramm mit einer erfassten Schmierfilm-Messgröße aufgetragen über dem Kurbelwinkel des Kolbenkompressors.

**[0016]** In Fig.1 ist eine vereinfachte Schnittdarstellung durch einen Zylinder 2 eines Kolbenkompressors 1 dargestellt. Im Zylinder 2 ist in bekannter Weise ein Kolben 3 angeordnet, der im Zylinder zwischen einem oberen Totpunkt OT und einem unteren Totpunkt UT hin- und her bewegbar ist. Der Kolben 3 kann in bekannter Weise von einer (nicht dargestellten) Kurbelwelle über eine (nicht dargestellte) Schubstange, einen (nicht dargestellten) Kreuzkopf und eine Kolbenstange 4 angetrieben werden. Natürlich wären aber auch andere Bauformen des Kolbenkompressors 1 möglich, beispielsweise ein direkter Antrieb des Kolbens 3 durch eine Schubstange ohne Kreuzkopf und Kolbenstange 4. Im dargestellten Beispiel ist im Zylinder 2 eine Zylinderlaufbuchse 5, ein sogenannter Liner, angeordnet, an dessen Innenumfangsfläche eine Zylinderlaufläche für den Kolben 3 ausgebildet ist.

**[0017]** Grundsätzlich ist aber auch eine Ausführung ohne Zylinderlaufbuchse 5 möglich, bei der die Zylinderlaufläche direkt an der Innenumfangsfläche des Zylinders 2 vorgesehen ist. Ein Kolbenkompressor 1 kann natürlich mehrere Zylinder 2 aufweisen, in denen jeweils ein Kolben 3 hin- und her bewegbar ist, wobei die mehreren Kolben 3 von einer gemeinsamen Kurbelwelle angetrieben werden können. Am Kolben 3 können ein oder mehrere Kolbenringe 6 vorgesehen sein, die in geeigneten Umfangsnuten an der Umfangsfläche des Kolbens 3 angeordnet sind. Unter einem Kolbenring 6 sind im Rahmen der Erfindung allgemein Kolbenringe mit verschiedenen Funktionen zu verstehen. Beispielsweise kann ein Kolbenring 6 als Dichtring, als Tragring oder als Abstreifring ausgeführt sein. Ein Dichtring ist beispielsweise dazu ausgebildet, um gegen einen Differenzdruck abdichten, während ein Tragring üblicherweise keine Dichtwirkung entfaltet und dazu ausgebildet ist, die Last des Kolbens 3 an der Zylinderlaufbuchse abzustützen. Ein Abstreifring wiederum ist dazu ausgebildet, den

Schmierfilm von der Zylinderlaufläche abzustreifen.

**[0018]** Natürlich müssen nicht alle Bauformen an einem Kolben 3 vorgesehen sein, sondern es könnte beispielsweise auch nur ein Kolbenring 6 vorgesehen sein, beispielsweise in Form eines Dichtrings. Im dargestellten Beispiel sind drei Kolbenringe 6a, 6b, 6c vorgesehen, wobei der erste und dritte Kolbenring 6a, 6c als Dichtringe ausgebildet sind und der zweite Kolbenring 6b als Tragring ausgebildet ist. Es könnten aber auch mehr oder weniger Kolbenringe 6 vorgesehen sein, z.B. auch ein Ölabbstreifring. Dabei ist ersichtlich, dass der Tragring 6b im Vergleich zu den Dichtringen 6a, 6c eine größere Breite (in axialer Richtung) aufweist, was in der Regel der Fall ist. Zudem ist die Nut im Kolben 3, in der der Tragring 6b angeordnet ist, derart ausgeführt, dass der Tragring 6b direkt am Nutgrund aufliegt. Der Tragring 6b ist dadurch im Gegensatz zu den Dichtringen 6a, 6c im in radialer Richtung Wesentlichen unbeweglich, um die Last des Kolbens 3 besser abstützen zu können. Die Dichtringe 6a, 6c sind in den jeweiligen Nuten hingegen radial beweglich, um eine bessere Abdichtung erzeugen zu können. Allgemein kann ein Kolbenring 6 in radialer Richtung natürlich auch einen gewissen Überstand über den Kolben 3 aufweisen, was der Einfachheit halber in Fig.1 nicht dargestellt ist.

**[0019]** Im Zylinder 2 ist in bekannter Weise ein vom Kolben 3 begrenzter Kompressionsraum 7 ausgebildet, an dem ein Saugventil 8 und ein Druckventil 9 angeordnet sind. Während eines Expansionshubs wird der Kolben 3 vom oberen Totpunkt OT zum unteren Totpunkt UT bewegt und während eines Kompressionshubs wird der Kolben 3 vom unteren Totpunkt UT zum oberen Totpunkt OT bewegt. Während des Expansionshubs kann über das Saugventil 8 ein zu komprimierendes gasförmiges Medium, beispielsweise Luft oder ein Prozessgas in den Kompressionsraum 7 angesaugt werden. Während des Kompressionshubs wird das Medium im Kompressionsraum 7 verdichtet und über das Druckventil 9 vom Kompressionsraum 7 abgeführt. Das Saugventil 8 und das Druckventil 9 sind in Fig.1 lediglich als schematische Schaltzeichen angedeutet und können verschieden ausgebildet sein.

**[0020]** Es können auch mehrere Saugventile 8 und Druckventile 9 am Zylinder vorgesehen sein. Das Saugventil 8 und das Druckventil 9 müssen auch nicht zwingend an der Stirnseite des Zylinders 2 angeordnet sein, sondern könnten beispielsweise auch an der Umfangsfläche des Zylinders 2 im Kompressionsraum 7 vorgesehen sein. Beispielsweise können das Saugventil 8 und das Druckventil 9 als bekannte selbsttätige Ringventile ausgebildet sein, wobei ggf. auch ein Abhebegreifer zum Offenhalten der Ventile vorgesehen sein kann. Der Abhebegreifer kann von einer geeigneten Kompressor-Steuerungseinheit 10 zur Kapazitätsregelung des Kompressors 1 angesteuert werden kann.

**[0021]** Der Kolbenkompressor 1 verfügt weiters über ein Schmiersystem zur Schmierung des zumindest einen Zylinders 2. Das Schmiersystem weist dazu je Zylinder

2 zumindest eine Schmierstelle 12 zum Einbringen eines Schmiermittels in den Zylinder 2 auf. Das Schmiermittel bildet im Zylinder 2 einen Schmierfilm 11 aus, um die Reibung zwischen den relativ zueinander bewegten Bauteilen zu minimieren, insbesondere zwischen Kolben 3 bzw. Kolbenringen 6 und Zylinderlauffläche. Um eine möglichst gleichmäßige Verteilung des Schmiermittels im Zylinder 2 zu ermöglichen, können natürlich auch mehrere Schmierstellen 12 vorgesehen sein, die beispielsweise in axialer Richtung und/oder in Umfangsrichtung beabstandet am Zylinder 2 verteilt angeordnet sein können, wie in Fig.1 durch die Schmierstellen 12a, 12b angedeutet ist. Je nach konstruktiver Ausführung eines Kolbenrings 6 kann es vorteilhaft sein, wenn die Schmiermitteleinbringung über die Schmierstelle 12 im Kompressionshub und/oder im Expansionshub erfolgt, beispielsweise bevor der jeweilige Kolbenring 6 die Schmierstelle 12 erreicht, während sich der Kolbenring 6 im Bereich der Schmierstelle 12 befindet oder ggf. auch nachdem der jeweilige Kolbenring 6 die Schmierstelle 12 passiert hat. Der Zeitpunkt der Einbringung hängt im Wesentlichen vom verwendeten Schmiersystem ab.

**[0022]** Im Stand der Technik sind verschiedene Schmiersysteme bekannt, darunter die sogenannten "Dividerblock"-Systeme, "Pump-to-Point"-Systeme und "Common Rail"-Systeme. Bei einem "Dividerblock"-System sind eine zentrale Fördereinheit zur Förderung des Schmiermittels und ein sogenannter "Dividerblock" zur Verteilung des Schmiermittels auf die Schmierstellen 12 der Zylinder 2 vorgesehen. Die von der zentralen Fördereinheit geförderte Schmiermittelmenge wird einem sogenannten "Dividerblock" zugeführt, in diesem aufgeteilt und zu den einzelnen Schmierstellen 12 gefördert. Die Einbringung des Schmiermittels in den Zylinder 2 erfolgt dabei in der Regel intermittierend über einzelne Injektionen. Die Steuerung der Schmiermittelmenge des einzubringenden Schmiermittels erfolgt hierbei durch eine entsprechende Steuerung der zentralen Fördereinheit. Wenn die zentrale Fördereinheit beispielsweise als Kolbenpumpe ausgebildet ist, kann die Fördermenge über die Drehzahl und/oder ggf. über den Kolbenhub gesteuert werden. Eine Veränderung der Schmiermittelmenge im Betrieb des Kompressors 1 kann dabei z.B. über eine Änderung der Frequenz der intermittierenden Einzel-Injektionen des Schmiermittels erfolgen, beispielsweise durch Veränderung der Pumpendrehzahl. Aufgrund der zentralen Fördereinheit kann eine Änderung der Schmiermittelmenge allerdings nur in einem gleichbleibenden Verhältnis für alle verfügbaren Schmierpunkte 12 erfolgen. Unterschiedliche Schmiermittelmengen für verschiedene Schmierstellen 12 oder verschiedene Zylinder 2 sind hierbei in der Regel nicht möglich.

**[0023]** Bei einem "Pump-to-Point"-System ist jeder Schmierstelle 12 oder jedem Zylinder 2 eine eigene Fördereinheit zugeordnet, z.B. eine Kolbenpumpe. Abhängig von der konstruktiven Ausführung der Fördereinheit, beispielsweise des Hubs bzw. Hubraums der Kolben-

pumpe, wird eine entsprechende Schmiermittelmenge zur zugeordneten Schmierstelle 12 gefördert, in der Regel wiederum intermittierend über einzelne Injektionen. In der Regel werden die Fördereinheiten, insbesondere die Kolbenpumpen über eine gemeinsame Nockenwelle angetrieben. Eine Veränderung der Schmiermittelmenge im Betrieb des Kompressors 1 kann beispielsweise über eine Änderung der Frequenz der Einzel-Injektionen des Schmiermittels durch eine Anpassung der Drehzahl der Nockenwelle erfolgen. Eine Änderung der Schmiermittelmenge erfolgt auch hierbei in der Regel nur in einem gleichbleibenden Verhältnis für alle Schmierpunkte 12. Bei manchen "Pump-to-Point"-Systemen können die Fördermengen aber auch voneinander getrennt verändert werden, beispielsweise durch einen einstellbaren Hub der Kolbenpumpen. Dadurch kann die Schmiermittelmenge an jedem Schmierpunkt 12 oder für jeden Zylinder 2 individuell angepasst werden. Zur Veränderung der Schmiermittelmenge können beispielsweise geeignete Verstellereinrichtungen an den Fördereinheiten vorgesehen sein. Die Verstellereinrichtung kann beispielsweise zur manuellen Verstellung des Hubs einer Kolbenpumpe ausgebildet sein oder es kann ein geeigneter Aktuator zur Verstellung des Hubs vorgesehen sein, sodass die eingebrachte Schmiermittelmenge je Injektion veränderbar ist.

**[0024]** Daneben gibt es auch sogenannte "Common-Rail"-Systeme, bei welchen das Schmiermittel durch eine Hochdruckpumpe in einen Druckspeicher gefördert wird und vom Druckspeicher mittels elektrisch ansteuerbarer Injektoren über Druckleitungen jeder Schmierstelle 12 oder jedem Zylinder 2 individuell zugeführt werden kann. Solche Systeme bieten im Vergleich zu den zuvor genannten Systemen den höchsten Freiheitsgrad bei der Steuerung der Schmiermitteleinbringung. Insbesondere kann die Schmiermittelmenge nicht nur durch eine Veränderung der Frequenz der intermittierenden Injektion verändert werden, sondern es kann auch die pro Injektion eingebrachte Schmiermittelmenge sehr präzise und variabel gesteuert werden. Zudem kann der Zeitpunkt der Einbringung an jedem Schmierpunkt 12 oder an jedem Zylinder 2 individuell und im Wesentlichen unabhängig vom Betrieb Hochdruckpumpe angepasst werden (solange ausreichend Druck im Druckspeicher vorhanden ist). Dadurch ist es beispielsweise möglich, dass bei einem Kolbenkompressor 1, dessen Kolben 3 mehrere Kolbenringe 6 aufweisen, innerhalb eines Kolbenhubs eine Mehrfach-Injektion durchgeführt werden kann, sodass jedem Kolbenring 6 gezielt eine bestimmte Schmiermittelmenge zugeführt werden kann.

**[0025]** Bei allen Schmiersystemen erfolgt die Steuerung der Schmiermitteleinbringung, beispielsweise Zeitpunkt einer Injektion und/oder Schmiermittelmenge je Injektion und/oder die Frequenz der Injektionen, üblicherweise über eine geeignete Schmiersystem-Steuerungseinheit 14. Die Schmiersystem-Steuerungseinheit 14 kann als separate Hard- und/oder Software ausgebildet sein oder kann beispielsweise auch in einer übergeord-

neten Steuerungseinheit wie der Kompressor-Steuerungseinheit 10 integriert sein kann. In Fig.1 ist lediglich beispielhaft ein "Common-Rail"-System dargestellt, wobei je Schmierstelle 12 ein elektrisch ansteuerbarer Injektor 13 vorgesehen ist, der beispielsweise als elektromagnetischer Injektor oder als Piezo-Injektor ausgebildet sein kann. Die Injektoren sind über eine geeignete Kommunikationsverbindung mit einer zentralen Schmiersystem-Steuerungseinheit 14 verbunden, beispielsweise über elektrische Leitungen. Wie oben erwähnt, sind auch ein Druckspeicher und eine Hochdruckpumpe vorgesehen, die jedoch der Einfachheit halber in Fig.1 nicht dargestellt sind. Die Hochdruckpumpe wird vorzugsweise ebenfalls von der Schmiersystem-Steuerungseinheit 14 gesteuert. Die Schmiersystem-Steuerungseinheit 14 kann beispielsweise mit einer Kompressor-Steuerungseinheit 10 kommunizieren, um für die Steuerung des Schmiersystems relevante Betriebsparameter BP des Kolbenkompressors 1 zu erhalten. Solche Betriebsparameter BP können beispielsweise aktuelle Daten über den Betriebszustand des Kompressors 1 enthalten, beispielsweise ein Lastsignal L, ein Drehzahlsignal N, ein Kurbelwinkelsignal °KW, Schmiermitteltemperatur T usw. Die Schmiersystem-Steuerungseinheit 14 kann die Betriebsparameter BP bei der Steuerung des Schmiersystems berücksichtigen.

**[0026]** Wie eingangs erwähnt wurde, erfolgte die Steuerung der Schmiermittelmenge bisher in der Regel auf Basis von Herstellerangaben, was oftmals zu einer Überschmierung, also zur Einbringung einer zu großen Schmiermittelmenge als notwendig, führte. Um dies zu vermeiden ist gemäß der gegenständlichen Erfindung eine automatische Kalibrierung des Schmiersystems vorgesehen, wodurch die Schmiermittelmenge an den tatsächlichen Bedarf angepasst werden kann. Dazu ist im Schmiersystem zumindest ein Schmiermittelsensor 15 zur Erfassung einer für eine Schmierfilmdicke des Schmierfilms 11 an der Zylinderlauffläche des Zylinders 2 repräsentativen Schmierfilm-Messgröße S vorgesehen. Die Schmierfilm-Messgröße S ist im Wesentlichen ein Maß für die Schmierfilmdicke des Schmierfilms 11 an der Zylinderlauffläche in einem Sensorbereich des Schmiermittelsensors 15. Der Schmiermittelsensor 15 ist über eine geeignete Kommunikationsverbindung mit der Schmiermittel-Steuerungseinheit 14 verbunden, um das Schmierfilm-Messgröße S an die Schmiermittel-Steuerungseinheit 14 zu übermitteln, beispielsweise über geeignete elektrische Messleitungen. Als Schmiermittelsensor 15 ist vorzugsweise ein akustischer Sensor, insbesondere ein Ultraschallsensor, vorgesehen. Der Schmiermittelsensor 15 kann beispielsweise an einer geeigneten Stelle an der Außenseite des Zylinders 2 angeordnet sein.

**[0027]** Vorzugsweise ist der Schmiermittelsensor 15 in axialer Richtung so angeordnet, dass sich je Kolbenhub jeder Kolbenring 6 des Kolbens 3 einmal im Sensorbereich des Schmiermittelsensors 15 befindet, sodass eine Schmierfilmdicke im Bereich jedes Kolbenrings 6

erfasst werden kann. Analog wie bei den mehreren Schmierstellen 12 können auch mehrere Schmiermittelsensoren 15 in Umfangsrichtung und/oder in axialer Richtung voneinander beabstandet am Zylinder 2 angeordnet sein. Das kann insbesondere bei Großkompressoren vorteilhaft sein, um einen hinreichend großen Bereich der Zylinderlauffläche des Zylinders 2 abzudecken. Die zeitliche Auflösung des Schmiermittelsensors 15, insbesondere des Ultraschallsensors, zur Erfassung der Schmierfilm-Messgröße S kann beispielsweise 0,01° bis 5° Kurbelwinkel betragen.

**[0028]** Die Schmiersystem-Steuerungseinheit 14 ist gemäß der Erfindung dazu ausgebildet, das Schmiersystem im Betrieb des Kolbenkompressors 1 zumindest einmal in einem vorgegebenen Kalibrierbetriebsmodus zu betreiben und anhand der während der Durchführung des Kalibrierbetriebsmodus erfassten Schmierfilm-Messgröße S einen Schmierfilmzustandswert SZ zu ermitteln. Nach Beendigung des Kalibrierbetriebsmodus, also während des Normalbetriebs des Schmiersystems im Betrieb des Kolbenkompressors 1, steuert die Schmiersystem-Steuerungseinheit 14 die einzubringende Schmiermittelmenge in Abhängigkeit des ermittelten Schmierfilmzustandswerts SZ.

**[0029]** Wie erwähnt, ist das Schmiersystem vorzugsweise zur intermittierenden Einbringung des Schmiermittels ausgebildet, vorzugsweise als Pump-to-point System, als Divider-Block-System oder als Common-Rail-System. Die Schmiersystem-Steuerungseinheit 14 kann die Schmiermittelmenge in Abhängigkeit des ermittelten Schmierfilmzustandswerts SZ beispielsweise durch eine Änderung der Frequenz der intermittierenden Einbringung des Schmiermittels anpassen und dadurch die Schmiermittelmenge gegenüber der Herstellervorgabe reduzieren. Bei entsprechender Ausführung des Schmiersystems, z.B. bei einem Common-Rail-System, kann die in den Zylinder 2 eingebrachte (Gesamt-)Schmiermittelmenge ggf. aber zusätzlich oder alternativ zur Frequenzänderung auch durch eine Änderung der Schmiermittelmenge je Injektion des Injektors 13 verändert werden. Bei Pump-to-Point oder Dividerblock-Systemen kann eine Änderung der Frequenz wie erwähnt z.B. durch eine Erhöhung der Drehzahl der Förderpumpe/n des jeweiligen Schmiersystems erreicht werden.

**[0030]** Vorzugsweise wird zur Ermittlung des Schmierfilmzustandswerts SZ ein Sensorwert  $P_i$  der Schmierfilm-Messgröße S verwendet, der während eines Kolbenhubs des Kolbens 3 zu einem Zeitpunkt erfasst wird, zu dem sich ein Kolbenring 6 des Kolbens 3 im Sensorbereich des Schmiermittelsensors 15 befindet. Vorzugsweise wird dabei jeweils der Minimalwert der Schmierfilm-Messgröße S verwendet, wie in Fig.2 dargestellt ist. In Fig.2 ist ein beispielhafter Verlauf der erfassten Schmierfilm-Messgröße S eines Schmiermittelsensors 15 über dem Kurbelwinkel °KW zwischen dem oberen Totpunkt OT und dem unteren Totpunkt UT des Kolbens 3 im Normalbetrieb des Kolbenkompressors 1 (und des Schmier-

systems) dargestellt. Der Kolben 3 entspricht dabei der Ausführung gemäß Fig.1 und weist entsprechend drei Kolbenringe 6a, 6b, 6c auf. Natürlich könnten aber auch mehr oder weniger Kolbenringe 6 vorgesehen sein. Die dargestellte Kurve entspricht dem Messsignal des Schmiermittelsensors 15 über dem Kurbelwinkel. Wie in Fig.2 ersichtlich ist, ergibt sich für in Abhängigkeit der Anzahl  $i$  von Kolbenringen 6i ein charakteristischer zeitlicher Verlauf der Schmierfilm-Messgröße  $S$ , der als Maß für die Schmierfilmdicke des Schmierfilms 11 an der Zylinderlaufläche des Zylinders 2 herangezogen werden kann.

**[0031]** Die Kurve weist dabei je Kolbenring 6i ein lokales Minimum auf, das proportional der Schmierfilmdicke des Schmierfilms 11 an der Zylinderlaufläche ist, wenn sich der jeweilige Kolbenring 6i im Sensorbereich des Schmiermittelsensors 15 befindet. Im dargestellten Beispiel sind das die Minimalwerte  $P_a$ ,  $P_b$ ,  $P_c$ , die im Rahmen der Erfindung nachfolgend allgemein als PEAK-Werte  $P_i$  bezeichnet werden. Die Zuordnung der PEAK-Werte  $P_a$ ,  $P_b$ ,  $P_c$  zu dem jeweiligen Kolbenring 6a, 6b, 6c ergibt sich entsprechend deren Anordnung am Kolben 3. Diese PEAK-Werte  $P_a$ ,  $P_b$ ,  $P_c$  (allgemein  $P_i$ ) können nun gemäß der Erfindung in einem Kalibrierbetriebsmodus des Schmier- 5 systems zur Ermittlung des Schmierfilmzustandswerts  $SZ$  herangezogen werden, wie nachfolgend anhand von Fig.3a+3b erläutert wird.

**[0032]** Grundsätzlich könnten im Schmier- 10 system aber natürlich auch mehr als ein Schmiermittelsensor 15 vorgesehen sein, um eine redundante Erfassung der Schmierfilm-Messgröße  $S$  zu ermöglichen. Die Schmiermittelsensoren 15 können beispielsweise in Umfangsrichtung am Zylinder 2 in einem bestimmten Winkel beabstandet angeordnet sein und/oder können in axialer Richtung beabstandet am Zylinder 2 angeordnet sein. Vorzugsweise ist natürlich wiederum jeder Schmiermittelsensor 15 so angeordnet, dass sich alle verfügbaren Kolbenringe 6i des Kolbens 3 während eines Kolbenhubs einmal im Sensorbereich des jeweiligen Schmiermittelsensors 15 befinden. Zwei Schmiermittelsensoren 15 mit unterschiedlichen Positionen in Umfangsrichtung und gleichen axialen Positionen am Zylinder 2 würden beispielsweise qualitativ gleiche Verläufe der Schmierfilm-Messgröße  $S$  ergeben, die sich wegen der örtlich unterschiedlichen Schmierfilmdicke des Schmierfilms 11 allerdings quantitativ unterscheiden können. Die PEAK-Werte  $P_i$  würden allerdings an der gleichen Kurbelwinkelposition liegen. Hingegen würden zwei Schmiermittelsensoren 15 mit unterschiedlichen Positionen in axialer Richtung und gleichen Positionen in Umfangsrichtung beispielsweise qualitativ und quantitativ unterschiedliche Verläufe der Schmierfilm-Messgröße  $S$  ergeben. Die PEAK-Werte  $P_i$  würden hierbei an verschiedenen Kurbelwinkelpositionen liegen. Die nachfolgend noch näher erläuterte vorteilhafte differenzielle Auswertungsmethodik der PEAK-Wert-Verläufe würde die unterschiedlichen Absolutwerte der PEAK-Werte  $P_i$  jedoch wieder kompensieren.

**[0033]** Die PEAK-Werte  $P_i$  können beispielsweise einmal in jeder Kurbelwellenumdrehung oder einem in jedem Kolbenhub erfasst und in der Schmier- 5 system-Steuerungseinheit 14 gespeichert werden. Grundsätzlich kann es aber auch ausreichend sein, wenn die PEAK-Werte  $P_i$  nicht ununterbrochen, also nicht für jede Kurbelwellenumdrehung oder jeden Kolbenhub erfasst und für die Auswertung des zeitlichen Verlaufs gespeichert werden, sondern dass die PEAK-Werte  $P_i$  beispielsweise unterbrochen erfasst werden, mit einer festgelegten Unterbrechungsdauer von einigen Kurbelwellenumdrehungen oder beispielsweise einer Zeit von 1 bis 60 Sekunden.

**[0034]** Anhand der Fig.3a und Fig.3b wird nachfolgend ein beispielhafter Kalibrierbetriebsmodus des Schmier- 10 systems beschrieben. Dabei zeigt Fig.3b einen zeitlichen Verlauf der während des Kalibrierbetriebsmodus in den Zylinder 2 eingebrachten Schmiermittelmengen über den Kurbelwellenumdrehungen des Kompressors 1. In Fig. 3a ist am Beispiel des ersten Kolbenrings 6a ein zeitlicher Verlauf der gespeicherten PEAK-Werte  $P_a$  über den Kurbelwellenumdrehungen des Kompressors 1 dargestellt, der sich aufgrund der eingebrachten Schmiermittelmengen gemäß Fig.3b ergibt. Eine Dauer des Kalibrierbetriebsmodus kann dabei beispielsweise mindestens zehn, vorzugsweise mindestens hundert, besonders bevorzugt mindestens tausend Kurbelwellenumdrehungen des Kolbenkompressors 1 betragen. Da die Kurbelwellenumdrehungen proportional der Zeit sind, kann grundsätz- 20 lich auf der Abszisse auch die Zeit aufgetragen sein.

**[0035]** Gemäß der Erfindung wird der Kalibrierbetriebsmodus im Betrieb des Kolbenkompressors 1 zumindest einmal durchgeführt beispielsweise nach einer Einlaufphase bei Erstinbetriebnahme oder nach einer Serviceaktivität am Kompressor 1. Die Einlaufphase entspricht typischerweise einer Betriebszeit von 12 bis 36 Stunden. Der Kalibrierbetriebsmodus kann aber natürlich auch mehrmals in einem festgelegten Zyklus wiederholt werden, um einen aktualisierten Schmierfilmzustandswert  $SZ$  zu ermitteln und die Schmiermittelmengen an den aktualisierten Schmierfilmgrenzwert  $SZ$  anzupassen. Dadurch können während des Betriebs auftretende unterschiedliche Verschleißzustände berücksichtigt werden, die in der Regel mit einem veränderten Schmiermittelbedarf einhergehen.

**[0036]** Im Kalibrierbetriebsmodus sind vorzugsweise zumindest zwei aufeinanderfolgende Zeitbereiche  $Z_i$  mit unterschiedlichen Schmiermittelmengen  $M_i$  festgelegt und die Schmier- 25 system-Steuerungseinheit 14 ermittelt im zeitlichen Verlauf der während der zumindest zwei Zeitbereiche erfassten Schmierfilm-Messgröße  $S$ , insbesondere der PEAK-Werte  $P_i$ , einen Maximalwert  $P_{i\_max}$  und einen Minimalwert  $P_{i\_min}$  und ermittelt daraus den Schmierfilmzustandswert  $SZ$  (Fig.4), anhand dem die Schmiermittelmengen gesteuert wird. Vorzugsweise werden der Maximalwert  $P_{i\_max}$  und der Minimalwert  $P_{i\_min}$  sowie die zugehörigen Erfassungszeitpunkte ermittelt und (zumindest vorübergehend) abgespeichert.

Die Speicherung kann allgemein z.B. in einer geeigneten Speichereinheit erfolgen, die z.B. in der Schmiersystem-Steuerungseinheit 14 oder in einer übergeordneten Kompressor-Steuerungseinheit 10 integriert sein kann. Die Zeitbereiche Zi und die in den Zeitbereichen Zi eingebrachten Schmiermittelmengen Mi werden so festgelegt, dass sich an der Zylinderlaufläche verschiedene Reibungs- und damit verbundene Verschleißzustände einstellen, von voll benetztem Schmierfilm über teilbenetzten Schmierfilm bis hin zu Trockenlauf. Die Schmiermittelmenge M ist dabei im Diagramm in Fig.3b auf der Ordinate in Prozent einer vom Kompressorhersteller vorgegebenen Schmiermittelmenge angegeben.

**[0037]** Im dargestellten Kalibrierbetriebsmodus sind lediglich beispielhaft ein erster Zeitbereich Z1 mit einer vorgegebenen Dauer und ein darauffolgender zweiter Zeitbereich Z2 mit einer vorgegebenen Dauer festgelegt. Die während des ersten Zeitbereichs Z1 eingebrachte Schmiermittelmenge M1 ist dabei vorzugsweise so festgelegt, dass sich ein vollständig benetzter Schmierfilm an der Zylinderlaufläche einstellt. Die während des zweiten Zeitbereichs Z2 eingebrachte Schmiermittelmenge M2 ist hingegen vorzugsweise so festgelegt, dass sich ein Trockenlauf an der Zylinderlaufläche einstellt. Beispielsweise kann die Dauer des ersten Zeitbereichs Z1 zumindest fünf Kurbelwellenumdrehungen betragen und die während des ersten Zeitbereichs Z1 eingebrachte Schmiermittelmenge M1 kann 90-200% einer vom Kompressorhersteller vorgegebenen Schmiermittelmenge betragen. Der Maximalwert Pa\_max liegt dadurch in der Regel im ersten Zeitbereich Z1 und der Minimalwert Pa\_min liegt in der Regel im zweiten Zeitbereich Z2. Am Übergang zwischen dem ersten Zeitbereich Z1 und dem zweiten Zeitbereich Z2 stellt sich ein charakteristischer Abfall im Verlauf der PEAK-Werte Pa ein, wie in Fig.3a ersichtlich ist.

**[0038]** Die Dauer des zweiten Zeitbereichs Z2 beträgt vorzugsweise ebenfalls zumindest fünf Kurbelwellenumdrehungen, kann aber natürlich auch deutlich länger sein, beispielsweise zehn, hundert oder tausend Kurbelwellenumdrehungen. Die während des zweiten Zeitbereichs Z2 eingebrachte Schmiermittelmenge M2 beträgt vorzugsweise 0% der vom Kompressorhersteller vorgegebenen Schmiermittelmenge, sodass kein Schmiermittel eingebracht wird. Am Ende des zweiten Zeitbereichs Z2 kann die Schmiermittelmenge M wieder angehoben werden, beispielsweise zunächst auf die auf die vom Kompressorhersteller vorgegebenen Schmiermittelmenge M3, wie durch den dritten Zeitbereich Z3 angedeutet ist. Grundsätzlich ist der Kalibrierbetriebsmodus nach dem zweiten Zeitbereich Z2 abgeschlossen und die Schmiersystem-Steuerungseinheit 14 kann ab diesem Zeitpunkt den während des Kalibrierbetriebsmodus ermittelten Schmierfilmzustandswert SZ (Fig.4) zur Steuerung der Schmiermittelmenge im Betrieb des Kolbenkompressors 1 verwenden.

**[0039]** In vorteilhafter Weise wird zunächst ein Differenzwert  $\Delta Pa$  zwischen dem ermittelten Maximalwert

Pa\_max und dem ermittelten Minimalwert Pa\_min ermittelt, wie in Fig.3a eingezeichnet ist. Auf Basis des Maximalwerts Pa\_max und des ermittelten Differenzwerts  $\Delta Pa$  kann nun einen Schmierfilmgrenzwert Pa\_grenz ermittelt werden, der in vorteilhafter Weise als Schmierfilmzustandswert SZ zur Steuerung der Schmiermittelmenge verwendet werden kann, wie nachfolgend anhand von Fig.4 beschrieben wird. Der Grenzwert Pa\_grenz kann beispielsweise gemäß dem folgenden Zusammenhang ermittelt werden:  $Pa_{grenz} = Pa_{max} - K \cdot \Delta Pa$ , mit einem prozentualen Faktor K, der im Bereich von 10% bis 100% betragen kann. Wenn mehrere Schmiermittelsensoren 15 an einem Zylinder 2 vorgesehen sind, dann wird die Auswertung und Ermittlung des Schmierfilmzustandswerts SZ, insbesondere des Grenzwerts Pi\_grenz, natürlich vorzugsweise für die Schmierfilm-Messgröße S jedes Schmiermittelsensors 15 durchgeführt. Es könnten aber beispielsweise auch Mittelwerte der Maximalwerte Pi\_max und der Minimalwerte Pi\_min mehrerer Schmiermittelsensoren 15 herangezogen werden, um daraus einen mittleren Grenzwert Pi\_grenz zu berechnen. Gleichfalls könnte auch ein Mittelwert aus mehreren Grenzwerten Pi\_grenz gebildet werden und darauf basierend die Schmiermittelmenge gesteuert werden.

**[0040]** In Fig.4 ist analog wie in Fig.2 ein Verlauf der erfassten Schmierfilm-Messgröße S über dem Kolbenhub zwischen einem oberen Totpunkt OT und einem unteren Totpunkt UT im Normalbetrieb des Kolbenkompressors 1 und insbesondere im Normalbetrieb des Schmiersystems (nach Beendigung bzw. außerhalb des Kalibrierbetriebsmodus) dargestellt. Zusätzlich sind in Fig.4 der zuvor im Kalibrierbetriebsmodus ermittelte Maximalwert Pa\_max und Minimalwert Pa\_min sowie der Schmierfilmgrenzwert Pa\_grenz eingezeichnet. Die schraffierte Fläche zwischen dem Minimalwert Pa\_min und dem Schmierfilmgrenzwert Pa\_grenz symbolisiert einen Schmiersystem-Aktivierungsbereich 17. Wenn die Schmiersystem-Steuerungseinheit 14 erkennt, dass der PEAK-Wert Pa der erfassten Schmierfilm-Messgröße S im Schmiersystem-Aktivierungsbereich 17 liegt, der PEAK-Wert Pa also den Schmierfilmgrenzwert Pa\_grenz erreicht oder unterschreitet, dann steuert die Schmiersystem-Steuerungseinheit 14 das Schmiersystem zur Einbringung des Schmiermittels an.

**[0041]** Das bedeutet, dass kein Schmiermittel über die Schmierstelle/n 12 in den Zylinder 2 eingebracht wird, solange der PEAK-Wert Pa der erfassten Schmierfilm-Messgröße S außerhalb des Schmiersystem-Aktivierungsbereichs 17 (also oberhalb des Grenzwerts Pa\_grenz) liegt. Schmiermittel wird erst dann wieder zum Zylinder 2 zugeführt, wenn der PEAK-Wert Pa der erfassten Schmierfilm-Messgröße S hinreichend niedrig ist und im Schmiersystem-Aktivierungsbereichs 17 liegt (was ein Indikator für eine unzureichende Schmierfilmdicke des Schmierfilms 11 ist). Nachdem ein Injektionsvorgang des Schmiermittels durchgeführt wurde, wird der charakteristische Verlauf der Schmierfilm-Messgröße



ße S (Fig. 4) somit wieder flacher sein, sodass der PEAK-Wert Pa oberhalb des Grenzwerts liegt. Abhängig vom verwendeten Schmiermittel, der im Injektionsvorgang eingebrachten Schmiermittelmenge, sowie vom Betriebszustand und Verschleißzustand des Kolbenkompressors 1 usw. wird sich der charakteristische Verlauf der Schmierfilm-Messgröße S über die Kurbelwellenumdrehungen wieder ändern, sodass sich der PEAK-Wert Pa langsam wieder dem Schmiersystem-Aktivierungsbereich 17 annähert.

**[0042]** Sobald der PEAK-Wert Pa wieder in den Schmiersystem-Aktivierungsbereich 17 fällt, wird erneut ein Injektionsvorgang durch die Schmiersystem-Steuerungseinheit 14 ausgelöst usw. Die (Gesamt-)Schmiermittelmenge wird somit im Wesentlichen über eine Anpassung der Frequenz der einzelnen Injektionen gesteuert. Bei Common-Rail-Systemen könnte neben der Veränderung der Frequenz aber beispielsweise auch die je Injektion eingebrachte Schmiermittelmenge variiert werden. Bei Pump-to-Point und Dividerblock-Systemen hingegen ist die je Injektion eingebrachte Schmiermittelmenge im Wesentlichen von der konstruktiven Ausführung der Fördereinheit/en abhängig, z.B. vom Hubraum einer Kolbenpumpe) und ist in der Regel unveränderlich. Eine Anpassung der (Gesamt-)Schmiermittelmenge kann somit in der Regel nur über eine Anpassung der Frequenz der einzelnen Injektionen gesteuert werden, beispielsweise indem eine Drehzahl der Kolbenpumpe/n verändert wird.

**[0043]** Die Beschreibung anhand des ersten Kolbenrings 6a ist natürlich nur beispielhaft zu verstehen und der Kalibrierbetriebsmodus könnte natürlich auch separat für mehrere Kolbenringe 6i durchgeführt werden. Beispielsweise kann im Kalibrierbetriebsmodus der Verlauf der Schmierfilm-Messgröße S des Schmiermittelsensors 15 für jeden Kolbenring 6i entsprechend ausgewertet werden, um jeweils einen Schmierfilmzustandswert SZi je Kolbenring 6i zur Steuerung der Schmiermittelmenge zu ermitteln. Beispielsweise kann dabei jeweils ein Grenzwert  $Pi\_grenz$  je Kolbenring 6i ermittelt werden, sodass für jeden Kolbenring 6i ein zugeordneter Schmiersystem-Aktivierungsbereich 17i ermittelt wird. Die Schmiersystem-Steuerungseinheit 14 kann dann während des Normalbetriebs des Kolbenkompressors 1 das Schmiersystem zur Einbringung von Schmiermittel ansteuern, sobald der jeweilige PEAK-Wert Pi in dem jeweils zugeordneten Schmiersystem-Aktivierungsbereich 17 liegt. Die Grenzwert  $Pi\_grenz$  können sich dabei natürlich auch unterscheiden.

**[0044]** Wenn beispielsweise ein Kolbenring 6i einen höheren Schmiermittelbedarf hat als ein anderer Kolbenring 6i, dann kann es aber grundsätzlich auch ausreichend sein, wenn die erfindungsgemäße Kalibrierung nur für den Kolbenring 6i mit dem höheren Schmiermittelbedarf durchgeführt wird. Der Grenzwert  $Pi\_grenz$  würde somit nur für einen Kolbenring 6i ermittelt werden und die Schmiersystem-Steuerungseinheit 14 würde das Schmiersystem entsprechend ansteuern, sobald der zu-

geordnete PEAK-Wert Pi im ermittelten Schmiersystem-Aktivierungsbereich 17i liegt. Sofern das Schmiersystem dazu geeignet ist (beispielsweise ein Common-Rail System), wird die Schmiermittel-Einbringung vorzugsweise zeitlich so gesteuert, dass das Schmiermittel genau dem Kolbenring 6i mit dem höchsten Schmiermittelbedarf zugeführt wird. Abhängig von der konstruktiven Ausgestaltung des Kolbenrings 6i erfolgt die Einbringung des Schmiermittels während des Kolbenhubs vorzugsweise vor dem Kolbenring 6i oder direkt auf den Kolbenring 6i. Der oder die Kolbenringe 6i mit dem geringeren Schmiermittelbedarf erhalten folglich automatisch eine ausreichend große Schmiermittelmenge. Wenn der Kolbenkompressor 1 mehrere Zylinder 2 aufweist, dann erfolgt die erfindungsgemäße Erfassung und Auswertung der Schmiermittelmenge vorzugsweise für jeden Zylinder 2 individuell durch Anordnung von zumindest einem Schmiermittelsensor 15 auf jedem Zylinder 2.

**[0045]** Weiters kann es vorteilhaft sein, wenn im Schmiersystem eine Schmiermittelmengen-Erfassungseinheit zur Erfassung einer, der Schmierstelle 12 zugeführten Schmiermittelmenge vorgesehen ist. Die Schmiermittelmengen-Erfassungseinheit kann beispielsweise ein geeigneter Durchflusssensor 16 sein, der in einer Zuleitung zu einer Schmierstelle 12 integriert ist, wie in Fig. 1 angedeutet ist. Der Durchflusssensor 16 ist vorzugsweise mit der Schmiersystem-Steuerungseinheit 14 verbunden, um ein Messsignal zu übermitteln, das proportional der Schmiermittelmenge ist. Als Schmiermittelmengen-Erfassungseinheit könnte aber beispielsweise auch ein Berechnungsmodell vorgesehen sein, das z.B. in der Schmiersystem-Steuerungseinheit 14 implementiert sein kann, und das die zur Schmierstelle 12 zugeführte Schmiermittelmenge anhand von verfügbaren Parametern des Schmiersystems berechnet, z.B. auf Basis eines Hubraums einer Kolbenpumpe und der Drehzahl der Pumpe usw.

**[0046]** Die Schmiersystem-Steuerungseinheit 14 kann somit die Schmiermittelsensor 15 erhaltene Schmierfilm-Messgröße S und die von der Schmiermittelmengen-Erfassungseinheit erhaltene Schmiermittelmenge vergleichen, um die beiden Werte auf Konsistenz zu überprüfen. Dadurch kann beispielsweise auf eine Fehlfunktion des Schmiermittelsensors 15 geschlossen werden, wenn eine gewissen Abweichung zwischen den beiden Werten festgestellt wird. Gleichfalls kann der Vergleich dazu verwendet werden, um eine Leckage im Schmiersystem zu detektieren. Eine Leckage kann beispielsweise dann vorliegen, wenn der Durchflusssensor 16 einen bestimmten erwarteten Wert ausgibt und die vom Schmiermittelsensor 15 erfasste Schmierfilm-Messgröße S keinen oder einen sehr geringen Wert annimmt. Dies kann z.B. bedeuten, dass eine Leckage zwischen dem Durchflusssensor 16 und der Schmierstelle 12 vorliegt. Wenn beispielsweise eine unzulässig hohe Abweichung zwischen Mengemessung und Schmierfilmdickenmessung (bzw. daraus abgeleiteten vergleichbaren Größen) festgestellt wird, kann dies z.B. als Indikator für einen kritischen Be-

triebszustand des Kolbenkompressors verwendet werden und es können ggf. bestimmte Aktionen eingeleitet werden, wie z.B. ein Alarmsignal oder ein Abschalten des Kompressors 1.

### Patentansprüche

1. Schmiersystem für einen Kolbenkompressor (1), zum Einbringen eines Schmiermittels auf eine Zylinderlauffläche eines Zylinders (2) des Kolbenkompressors (1), in dem ein Kolben (3) hin- und her bewegbar ist, wobei eine Schmiersystem-Steuerungseinheit (14) zur Steuerung einer einzubringenden Schmiermittelmenge vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Schmiermittelsensor (15) zur Erfassung einer für eine Schmierfilmdicke eines Schmierfilms (11) an der Zylinderlauffläche des Zylinders (2) repräsentativen Schmierfilm-Messgröße (S) vorgesehen ist, dass die Schmiersystem-Steuerungseinheit (14) dazu ausgebildet ist, das Schmiersystem im Betrieb des Kolbenkompressors (1) zumindest einmal in einem vorgegebenen Kalibrierbetriebsmodus zu betreiben und anhand der während der Durchführung des Kalibrierbetriebsmodus erfassten Schmierfilm-Messgröße (S) einen Schmierfilmzustandswert (SZ) zu ermitteln **und dass** die Schmiersystem-Steuerungseinheit (14) dazu ausgebildet ist, nach Beendigung des Kalibrierbetriebsmodus im Betrieb des Kolbenkompressors (1) die einzubringende Schmiermittelmenge in Abhängigkeit des ermittelten Schmierfilmzustandswerts (SZ) zu steuern.
2. Schmiersystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schmiermittelsensor (15) ein Ultraschallsensor ist, wobei eine zeitliche Auflösung des Schmiermittelsensors (15) vorzugsweise 0,01° bis 5° Kurbelwinkel beträgt **und/oder** dass die Schmiersystem-Steuerungseinheit (14) dazu ausgebildet ist, zur Ermittlung des Schmierfilmzustandswerts (SZ) einen Sensorwert (Pi) der Schmierfilm-Messgröße (S) zu verwenden, der während eines Kolbenhubes des Kolbens (3) zu einem Zeitpunkt erfasst wird, zu dem sich ein Kolbenring (6i) des Kolbens (3) im Sensorbereich des Schmiermittelsensors (15) befindet, vorzugsweise einen während des Kolbenhubes erfassten Minimalwert der Schmierfilm-Messgröße (S).
3. Schmiersystem nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schmiersystem zur intermittierenden Einbringung des Schmiermittels in den Zylinder (2) ausgebildet ist, vorzugsweise als Pump-to-point System, als Divider-Block-System oder als Common-Rail-System, und dass die Schmiersystem-Steuerungseinheit (14) dazu ausgebildet ist, die Schmiermittelmenge durch eine Än-

derung einer Frequenz und/oder einer Injektionsmenge jeweils einer Injektion der intermittierenden Einbringung des Schmiermittels zu steuern.

4. Schmiersystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schmiersystem-Steuerungseinheit (14) dazu ausgebildet ist, den Kalibrierbetriebsmodus in einem festgelegten Zyklus zu wiederholen, um den Schmierfilmzustandswert (SZ) zu aktualisieren und die Schmiermittelmenge an den aktualisierten Schmierfilmzustandswert (SZ) anzupassen **und/oder** dass eine Dauer des Kalibrierbetriebsmodus mindestens zehn, vorzugsweise mindestens hundert, besonders bevorzugt mindestens tausend Kurbelwellenumdrehungen des Kolbenkompressors (1) oder eine äquivalente Zeit beträgt.
5. Schmiersystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Kalibrierbetriebsmodus zumindest zwei aufeinanderfolgende Zeitbereiche (Zi) mit unterschiedlichen Schmiermittelmengen (Mi) festgelegt sind und dass die Schmiersystem-Steuerungseinheit (14) dazu ausgebildet ist, in einem zeitlichen Verlauf der während der zumindest zwei Zeitbereiche (Zi) erfassten Schmierfilm-Messgröße (S) einen Maximalwert (Pa\_max) und einen Minimalwert (Pa\_min) zu ermitteln und daraus den Schmierfilmzustandswert (SZ) zur Steuerung der Schmiermittelmenge zu ermitteln.
6. Schmiersystem nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein erster Zeitbereich (Z1) mit einer vorgegebenen Dauer und ein darauffolgender zweiter Zeitbereich (Z2) mit einer vorgegebenen Dauer festgelegt sind und dass die während des ersten Zeitbereichs (Z1) eingebrachte Schmiermittelmenge (M1) so festgelegt ist, dass sich ein vollständig benetzter Schmierfilm an der Zylinderlauffläche einstellt und die während des zweiten Zeitbereichs (Z2) eingebrachte Schmiermittelmenge (M2) so festgelegt ist, dass sich ein Trockenlauf an der Zylinderlauffläche einstellt, wobei die Dauer des ersten Zeitbereichs (Z1) vorzugsweise zumindest fünf Kurbelwellenumdrehungen beträgt und die während des ersten Zeitbereichs eingebrachte Schmiermittelmenge (M1) 90-200% einer vom Kompressorhersteller vorgegebenen Schmiermittelmenge beträgt und die Dauer des zweiten Zeitbereichs (Z2) vorzugsweise zumindest fünf Kurbelwellenumdrehungen beträgt und die während des zweiten Zeitbereichs (Z2) eingebrachte Schmiermittelmenge (M2) 0% der vom Kompressorhersteller vorgegebenen Schmiermittelmenge beträgt.
7. Schmiersystem nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schmiersystem-Steuerungseinheit (14) dazu ausgebildet ist, einen Diffe-

- renzwert ( $\Delta Pa$ ) zwischen dem ermittelten Maximalwert ( $Pa_{max}$ ) und dem ermittelten Minimalwert ( $Pa_{min}$ ) zu ermitteln, aus dem Maximalwert ( $Pa_{max}$ ) und dem ermittelten Differenzwert ( $\Delta Pa$ ) einen Schmierfilmgrenzwert ( $Pa_{grenz}$ ) zu ermitteln und den Schmierfilmgrenzwert ( $Pa_{grenz}$ ) als Schmierfilmzustandswert (SZ) zu verwenden und dass die Schmiersystem-Steuerungseinheit dazu ausgebildet ist, im Betrieb des Kolbenkompressors (1) nach Beendigung des Kalibrierbetriebsmodus das Schmiersystem zur Einbringung des Schmiermittels anzusteuern, wenn die Schmierfilm-Messgröße (S) in einem zwischen dem Minimalwert ( $Pa_{min}$ ) und dem Schmierfilmgrenzwert ( $Pa_{grenz}$ ) liegenden Schmiersystem-Aktivierungsbereich (17) liegt.
8. Schmiersystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Schmiersystem eine Schmiermittelmengen-Erfassungseinheit (16) zur Erfassung einer, der Schmierstelle (12) zugeführten Schmiermittelmenge vorgesehen ist und dass die Schmiersystem-Steuerungseinheit (14) dazu ausgebildet ist, die vom Schmierfilmsensor (15) erhaltene Schmierfilm-Messgröße (S) und die von der Schmiermittelmengen-Erfassungseinheit erhaltene Schmiermittelmenge zu vergleichen, um die beiden Werte auf Konsistenz zu überprüfen und/oder um eine Leckage im Schmiersystem zu detektieren.
9. Kolbenkompressor (1) mit einer Anzahl von Zylindern (2), in denen jeweils ein Kolben (3) hin- und her bewegbar ist und mit einem Schmiersystem zur Versorgung der Anzahl von Zylindern (2) mit einem Schmiermittel, wobei an der Anzahl von Zylindern (2) jeweils zumindest eine Schmierstelle (12) zum Einbringen des Schmiermittels auf eine Zylinderlauffläche des Zylinders (2) vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schmiersystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8 ausgebildet ist.
10. Kolbenkompressor (1) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** an zumindest einem Zylinder (2) mehrere Schmierstellen (12) und/oder mehrere Schmiermittelsensoren (15) vorgesehen sind, wobei vorzugsweise mehrere Schmierstellen (12) und/oder Schmiermittelsensoren (15) in Umfangsrichtung des zumindest einen Zylinders (2) vorgesehen sind und/oder mehrere Schmierstellen (12) und/oder Schmiermittelsensoren (15) in axialer Richtung des zumindest einen Zylinders (2) vorgesehen sind.
11. Verfahren zum Betreiben eines Kolbenkompressors (1) mit zumindest einem Zylinder (2), in dem ein Kolben (3) hin- und her bewegt wird, wobei mittels eines Schmiersystems einer Zylinderlauffläche des zumindest einen Zylinders (2) ein Schmiermittel zugeführt wird und wobei eine Schmiermittelmenge des zugeführten Schmiermittels von einer Schmiersystem-Steuerungseinheit (14) gesteuert wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels zumindest eines Schmiermittelsensors (15) eine für eine Schmierfilmdicke eines Schmierfilms (11) an der Zylinderlauffläche des Zylinders (2) repräsentative Schmierfilm-Messgröße (S) erfasst wird, **dass** das Schmiersystem im Betrieb des Kolbenkompressors (1) von der Schmiersystem-Steuerungseinheit (14) zumindest einmal in einem vorgegebenen Kalibrierbetriebsmodus betrieben wird, wobei anhand der während der Durchführung des Kalibrierbetriebsmodus erfassten Schmierfilm-Messgröße (S) ein Schmierfilmzustandswert (SZ) ermittelt wird **und dass** die Schmiersystem-Steuerungseinheit (14) nach Beendigung des Kalibrierbetriebsmodus im Betrieb des Kolbenkompressors (1) die einzubringende Schmiermittelmenge in Abhängigkeit des ermittelten Schmierfilmzustandswerts (SZ) steuert.
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Schmiermittelsensor (15) ein Ultraschallsensor verwendet wird, wobei eine zeitliche Auflösung des Schmiermittelsensors vorzugsweise  $0,01^\circ$  bis  $5^\circ$  Kurbelwinkel beträgt **und/oder** dass zur Ermittlung des Schmierfilmzustandswerts (SZ) einen Sensorwert ( $P_i$ ) der Schmierfilm-Messgröße (S) verwendet wird, der während eines Kolbenhubs des Kolbens (3) zu einem Zeitpunkt erfasst wird, zu dem sich ein Kolbenring (6) des Kolbens (3) im Bereich des Schmiermittelsensors (15) befindet, vorzugsweise ein während des Kolbenhubs erfasster Minimalwert der Schmierfilm-Messgröße (S).
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schmiermittel intermittierend in den Zylinder (2) eingebracht wird und dass die Schmiersystem-Steuerungseinheit (14) die Schmiermittelmenge durch eine Änderung einer Frequenz und/oder einer Injektionsmenge jeweils einer Injektion der intermittierenden Einbringung des Schmiermittels steuert **und/oder** dass der Kalibrierbetriebsmodus in einem festgelegten Zyklus wiederholt wird, um den Schmierfilmzustandswert (SZ) zu aktualisieren und die Schmiermittelmenge an den aktualisierten Schmierfilmzustandswert (SZ) anzupassen **und/oder** dass der Kalibrierbetriebsmodus über mindestens zehn, vorzugsweise mindestens hundert, besonders bevorzugt mindestens tausend Kurbelwellenumdrehungen des Kolbenkompressors (1) oder eine äquivalente Zeit durchgeführt wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Kalibrierbetriebsmodus in zumindest zwei aufeinanderfolgende Zeit-

bereichen (Zi) unterschiedliche Schmiermittelmengen (Mi) in den Zylinder (2) eingebracht werden und dass die Schmiersystem-Steuerungseinheit (14) in einem zeitlichen Verlauf der während der zumindest zwei Zeitbereiche (Zi) erfassten Schmierfilm-Messgröße (Mi) einen Maximalwert (Pa\_max) und einen Minimalwert (Pa\_min) ermittelt und daraus den Schmierfilmzustandswert (SZ) zur Steuerung der Schmiermittelmenge ermittelt.

5

10

15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein erster Zeitbereich (Z1) mit einer vorgegebenen Dauer und ein darauffolgender zweiter Zeitbereich (Z2) mit einer vorgegebenen Dauer festgelegt werden und dass die während des ersten Zeitbereichs (Z1) eingebrachte Schmiermittelmenge (M1) so festgelegt wird, dass sich ein vollständig benetzter Schmierfilm an der Zylinderlauffläche einstellt und die während des zweiten Zeitbereichs (Z2) eingebrachte Schmiermittelmenge (M2) so festgelegt wird, dass sich ein Trockenlauf an der Zylinderlauffläche einstellt, wobei die Dauer des ersten Zeitbereichs (Z1) vorzugsweise zumindest fünf Kurbelwellenumdrehungen beträgt und die während des ersten Zeitbereichs (Z1) eingebrachte Schmiermittelmenge (M1) 90-200% einer vom Kompressorhersteller vorgegebenen Schmiermittelmenge beträgt und die Dauer des zweiten Zeitbereichs (Z2) vorzugsweise zumindest fünf Kurbelwellenumdrehungen beträgt und die während des zweiten Zeitbereichs eingebrachte Schmiermittelmenge (M2) 0% der vom Kompressorhersteller vorgegebenen Schmiermittelmenge.

15

20

25

30

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Differenzwert ( $\Delta Pa$ ) zwischen dem ermittelten Maximalwert (Pa\_max) und dem ermittelten Minimalwert (Pa\_min) ermittelt wird, aus dem Maximalwert (Pa\_max) und dem ermittelten Differenzwert ( $\Delta Pa$ ) ein Schmierfilmgrenzwert (Pa\_grenz) ermittelt wird und der Schmierfilmgrenzwert (Pa\_grenz) als Schmierfilmzustandswert (SZ) verwendet wird und dass die Schmiersystem-Steuerungseinheit nach Beendigung des Kalibrierbetriebsmodus das Schmiersystem zur Einbringung von Schmiermittel ansteuert, wenn die Schmierfilm-Messgröße (S) in einem zwischen dem Minimalwert (Pa\_min) und dem Schmierfilmgrenzwert (Pa\_grenz) liegenden Schmiersystem-Aktivierungsbereich (17) liegt.

35

40

45

50

55

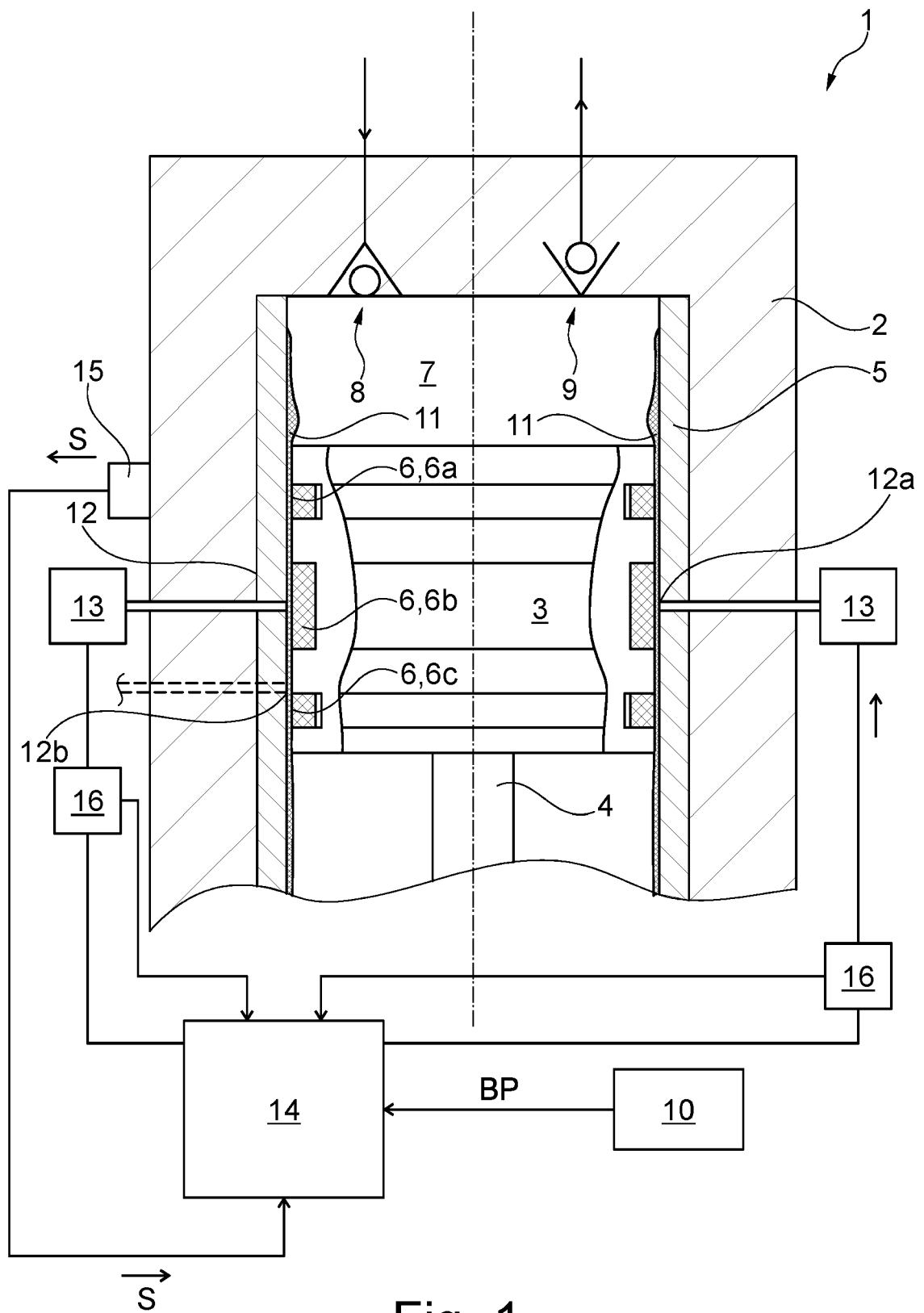


Fig. 1

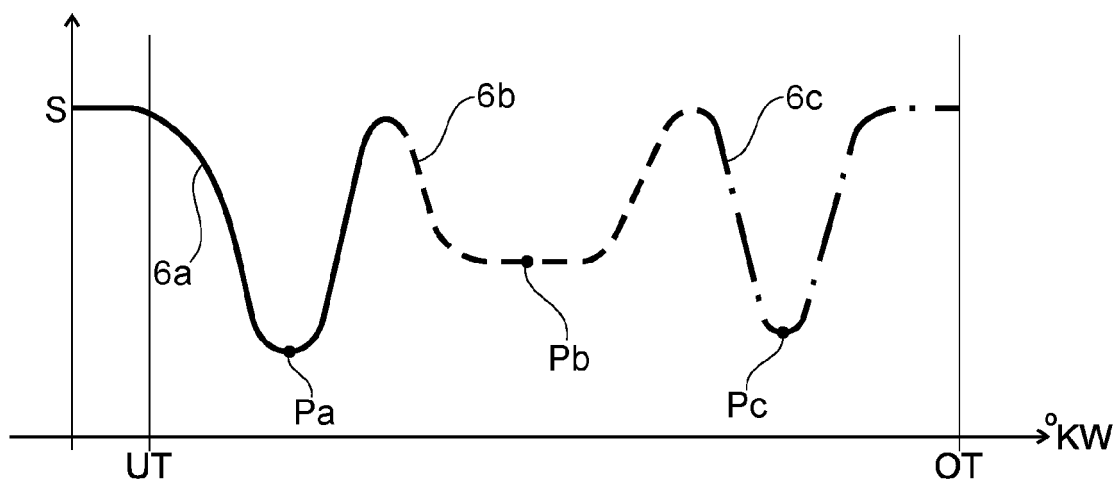


Fig. 2

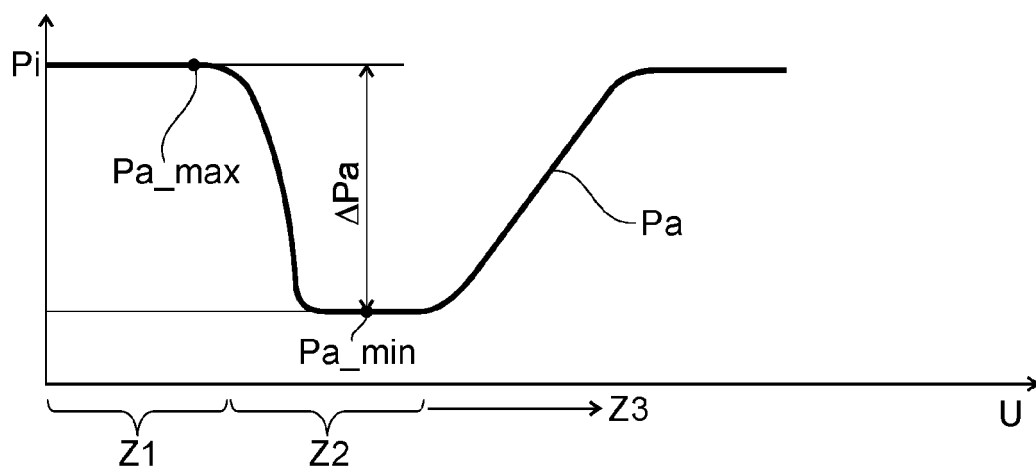


Fig. 3a

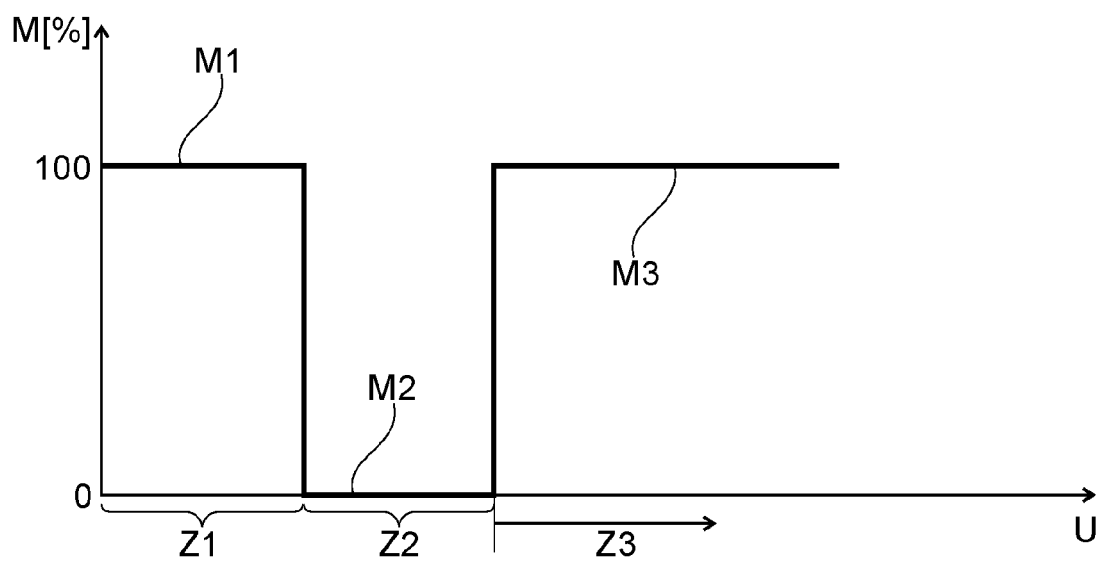


Fig. 3b

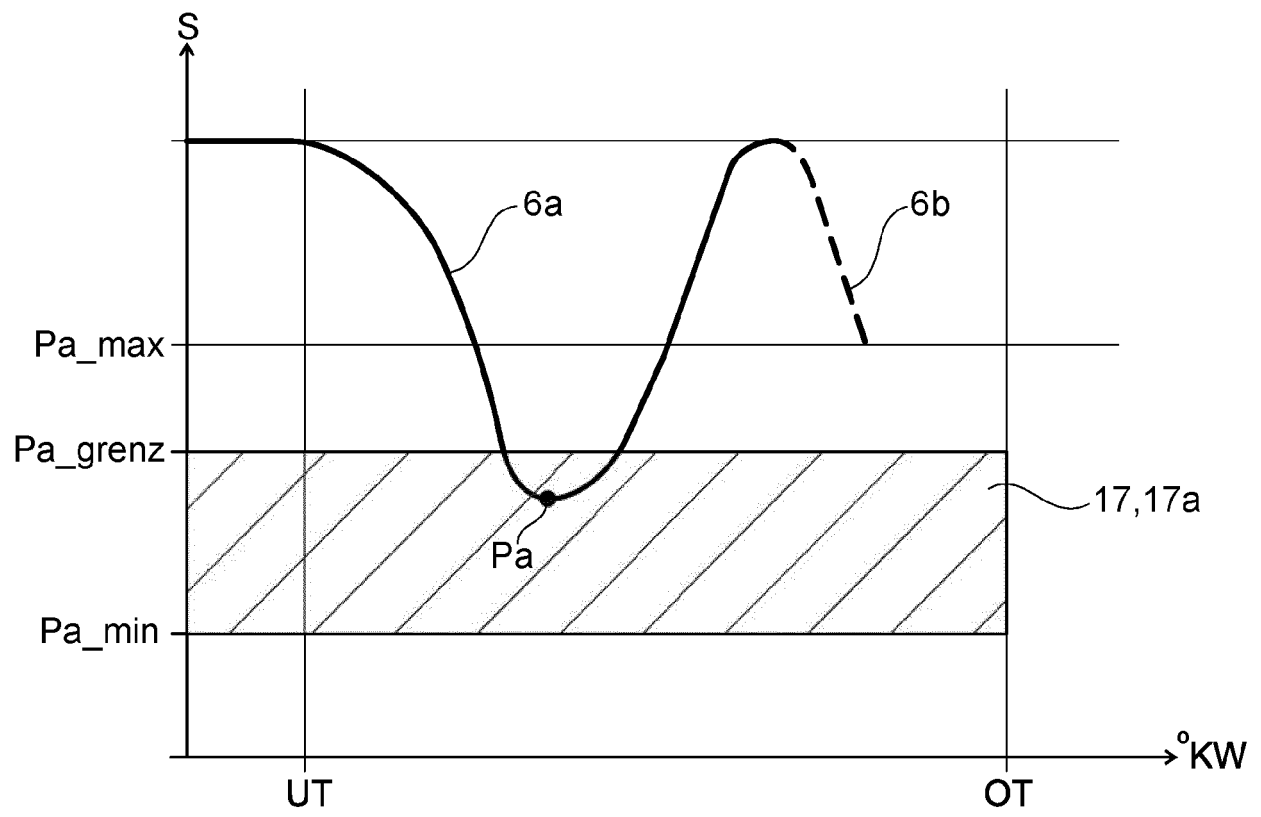


Fig. 4



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 18 0868

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 600 26 599 T2 (UNIV CENTRAL LANCASHIRE [GB]) 21. Dezember 2006 (2006-12-21) * Abbildung 2 * * Absatz [0035] - Absatz [0088] * -----	1-16	INV. F04B39/02 F04B39/04 F04B51/00
A	DE 100 01 518 A1 (MAN B & W DIESEL AS [DK]) 24. August 2000 (2000-08-24) * Abbildungen 1-2 * * Absatz [0032] - Absatz [0041] * -----	1-16	ADD. F04B53/18
A	JP H01 176897 A (NIPPON KOKAN KK) 13. Juli 1989 (1989-07-13) * Abbildung 1 * * Seite 2 - Seite 3 * -----	1-16	
A	US 2020/386117 A1 (MASTRO JACOB PETER [US] ET AL) 10. Dezember 2020 (2020-12-10) * Abbildungen 6-7 * * Absatz [0034] - Absatz [0047] * -----	1-16	
A	EP 1 118 770 A1 (SULZER INNOTECH AG [CH]) 25. Juli 2001 (2001-07-25) * Abbildungen 1-6 * * Absatz [0016] - Absatz [0042] * -----	1-16	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)  F04B F16N
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>12. Oktober 2022</b>	Prüfer <b>Ricci, Saverio</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			



**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 22 18 0868

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.  
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

12-10-2022

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
<b>DE 60026599 T2</b>	<b>21-12-2006</b>	<b>AT 319961 T</b>	<b>15-03-2006</b>
		<b>AU 2205901 A</b>	<b>09-07-2001</b>
		<b>DE 60026599 T2</b>	<b>21-12-2006</b>
		<b>DK 1240455 T3</b>	<b>03-07-2006</b>
		<b>EP 1240455 A2</b>	<b>18-09-2002</b>
		<b>ES 2260085 T3</b>	<b>01-11-2006</b>
		<b>GB 2357556 A</b>	<b>27-06-2001</b>
		<b>TW 461935 B</b>	<b>01-11-2001</b>
		<b>US 2003047386 A1</b>	<b>13-03-2003</b>
		<b>WO 0148357 A2</b>	<b>05-07-2001</b>
-----			
<b>DE 10001518 A1</b>	<b>24-08-2000</b>	<b>CN 1261644 A</b>	<b>02-08-2000</b>
		<b>DE 10001518 A1</b>	<b>24-08-2000</b>
		<b>DK 173533 B1</b>	<b>05-02-2001</b>
		<b>FI 20000083 A</b>	<b>18-07-2000</b>
		<b>GB 2345738 A</b>	<b>19-07-2000</b>
		<b>JP 3411874 B2</b>	<b>03-06-2003</b>
		<b>JP 2000213322 A</b>	<b>02-08-2000</b>
		<b>KR 20000076469 A</b>	<b>26-12-2000</b>
-----			
<b>JP H01176897 A</b>	<b>13-07-1989</b>	<b>KEINE</b>	
-----			
<b>US 2020386117 A1</b>	<b>10-12-2020</b>	<b>EP 3748215 A1</b>	<b>09-12-2020</b>
		<b>US 2020386117 A1</b>	<b>10-12-2020</b>
-----			
<b>EP 1118770 A1</b>	<b>25-07-2001</b>	<b>KEINE</b>	
-----			

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82