

**SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT**  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH 708 013 B1**

(51) Int. Cl.: **F01D 25/20** (2006.01)  
**G01N 33/28** (2006.01)

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 00619/14

(22) Anmeldedatum: 23.04.2014

(43) Anmeldung veröffentlicht: 31.10.2014

(30) Priorität: 29.04.2013 US 13/872,495

(24) Patent erteilt: 28.02.2018

(45) Patentschrift veröffentlicht: 28.02.2018

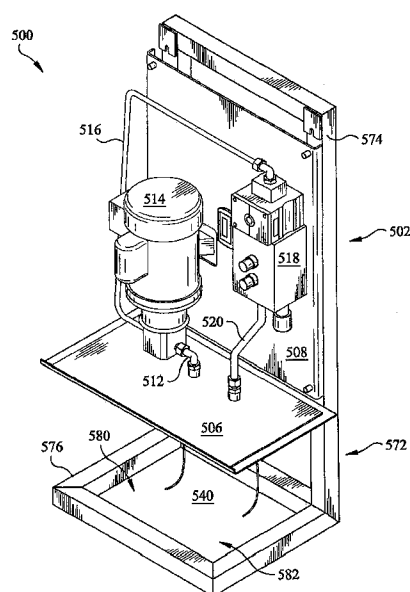
(73) Inhaber:  
General Electric Company, 1 River Road  
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:  
Keegan Saunders O'Donnell,  
Greenville, South Carolina 29607 (US)  
Matthew Paul Fitzpatrick,  
Schenectady, New York 12345 (US)  
Joseph Thomas Lisowski,  
Bensalem, Pennsylvania 19020 (US)

(74) Vertreter:  
General Electric Technology GmbH Global Patent  
Operations - Europe, Brown Boveri Strasse 7  
5400 Baden (CH)

(54) **Vorrichtung zur Überwachung eines Schmieröls in einem Vorratsbehälter einer Turbomaschine.**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (500) zur Überwachung eines Schmieröls in einem Ölvorratsbehälter (540) einer Turbomaschine, wobei die Vorrichtung (500) aufweist: ein Gehäuseteil (502); das enthält: ein Gehäuse; eine Grundplatte (506) und einen Rückwandträger (508), der mit dem Gehäuse verbunden ist; eine Öleinlassleitung (512), die sich durch die Grundplatte (506) erstreckt, wobei die Öleinlassleitung (512) zur strömungsmässigen Verbindung mit dem Ölvorratsbehälter (540) der Turbomaschine vorgesehen ist; eine Pumpe (514), die mit der Öleinlassleitung (512) strömungsmässig verbunden ist; eine Ölanalyseeinrichtung (518), die mit der Pumpe (514) strömungsmässig verbunden ist; und eine Ablassleitung (520), die mit der Ölanalyseeinrichtung (518) strömungsmässig verbunden ist und sich durch die Grundplatte (506) erstreckt; und eine Halterung, die mit dem Gehäuseteil (502) verbunden ist, wobei die Halterung zur Verbindung mit dem Ölvorratsbehälter (540) der Turbomaschine vorgesehen ist.



## Beschreibung

### Querverweis zu verwandter Anmeldung

[0001] Diese Anmeldung ist mit der parallel anhängigen US-Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen 13/872,488 (Anwaltsaktenzeichen 267 927-1; GEEN-0485), die mit dieser Anmeldung gleichzeitig am 29. April 2013 eingereicht wurde, verwandt.

### Gebiet der Erfindung

[0002] Der hierin offenbarte Gegenstand betrifft Turbomaschinensysteme. Insbesondere betrifft der hierin offenbarte Gegenstand Schmieröl in Turbomaschinensystemen, z.B. Gasturbomaschinen oder Dampfturbomaschinen.

### Hintergrund zu der Erfindung

[0003] Turbomaschinen, z.B. Gasturbinen und/oder Dampfturbinen, verwenden ein Schmieröl, um den Reibungsbeiwert zwischen Maschinenkomponenten zu verringern. Während viele Turbomaschinen durch eine Herstellungs- und/oder Verkaufsgesellschaft geliefert und installiert werden, werden diese Turbomaschinen häufig (über ihre Lebensdauer hinweg) durch den Kunden, der die Turbomaschine bezieht, aufrechterhalten. Um sicherzustellen, dass das Schmieröl in der Turbomaschine ein hinreichendes Qualitätsniveau beibehält, um die Schmierung zu erzielen, entnimmt der Kunde üblicherweise eine Probe des Öls und sendet diese zu Testzwecken zu einem Labor. Jedoch entnehmen einige Kunden die Ölproben ungeeignet, was die Genauigkeit der Tests beeinträchtigen kann. Andere entnehmen die Proben nicht häufig genug, um den Zustand des Öls ordnungsgemäss zu überwachen.

[0004] In anderen Industriezweigen, z.B. in der Automobilindustrie, wird die Schmierölqualität unter Verwendung empirischer Daten, die mit einer erwarteten Lebensdauer des Öls verknüpft sind, auf der Basis von Leistungsparametern eines Kraftfahrzeugs geschätzt. In diesen Fällen überwacht ein Überwachungssystem des Kraftfahrzeugs das Leistungsverhalten des Fahrzeugs, z.B. die Geschwindigkeit, Beschleunigung, das Bremsverhalten, etc., und schätzt auf der Basis des Leistungsverhaltens des Fahrzeugs einen Zeitpunkt, an dem das Schmieröl sich hinsichtlich seiner Qualität verschlechtern wird. Diese Kraftfahrzeugsysteme testen jedoch das Schmieröl nicht, um seine Qualität zu bestimmen.

[0005] Aufgrund der Unzulänglichkeiten in den vorstehend erwähnten Methoden zur Überwachung der Schmierölqualität ist es schwierig, die Qualität des Schmieröls in einer Turbomaschine genau zu beurteilen.

### Kurze Beschreibung der Erfindung

[0006] Die Erfindung enthält eine Vorrichtung zur Überwachung eines Schmieröls in einem Ölvorratsbehälter einer Turbomaschine, wobei die Vorrichtung aufweist: ein Gehäuseteil, das enthält: ein Gehäuse; eine Grundplatte und einen mit dem Gehäuse verbundenen Rückwandträger; eine Öleinlassleitung, die sich durch die Grundplatte erstreckt, wobei die Öleinlassleitung zur strömungsmässigen Verbindung mit dem Ölvorratsbehälter der Turbomaschine vorgesehen ist; eine Pumpe, die mit der Öleinlassleitung strömungsmässig verbunden ist; eine Ölanalyseeinrichtung, die mit der Pumpe strömungsmässig verbunden ist; und eine Ablassleitung, die mit der Ölanalyseeinrichtung strömungsmässig verbunden ist und sich durch die Grundplatte erstreckt; und eine Halterung, die mit dem Gehäuseteil verbunden ist, wobei die Halterung zur Verbindung mit dem Ölvorratsbehälter der Turbomaschine vorgesehen ist.

[0007] Ein erster Aspekt der Erfindung umfasst eine Vorrichtung zur Überwachung eines Schmieröls in einem Ölvorratsbehälter einer Turbomaschine, wobei die Vorrichtung aufweist: ein Gehäuseteil, das enthält: ein Gehäuse; eine Grundplatte und einen Rückwandträger, der mit dem Gehäuse verbunden ist; eine Öleinlassleitung, die sich durch die Grundplatte erstreckt, wobei die Öleinlassleitung zur strömungsmässigen Verbindung mit dem Ölvorratsbehälter der Turbomaschine dient; eine Pumpe, die mit der Öleinlassleitung strömungsmässig verbunden ist; eine Ölanalyseeinrichtung, die mit der Pumpe strömungsmässig verbunden ist; und eine Ablassleitung, die mit der Ölanalyseeinrichtung strömungsmässig verbunden ist und sich durch die Grundplatte erstreckt; und eine Halterung, die mit dem Gehäuseteil verbunden ist, wobei die Halterung zur Verbindung mit dem Ölvorratsbehälter der Turbomaschine dient.

[0008] Die Vorrichtung kann ferner eine innere Leitung aufweisen, die mit der Pumpe und der Ölanalyseeinrichtung strömungsmässig verbunden ist, um das Schmieröl von der Pumpe zu der Ölanalyseeinrichtung innerhalb des Gehäuseteils zu übertragen.

[0009] Die Ablassleitung einer beliebigen vorstehend erwähnten Vorrichtung kann gestaltet sein, um mit dem Ölvorratsbehälter der Turbomaschine strömungsmässig verbunden zu sein und analysiertes Öl zu dem Ölvorratsbehälter der Turbomaschine zu liefern.

[0010] Die Ablassleitung einer beliebigen vorstehend erwähnten Vorrichtung kann gestaltet sein, um mit einer Ablassstelle in dem Ölvorratsbehälter der Turbomaschine strömungsmässig verbunden zu sein, und die Öleinlassleitung kann gestaltet sein, um mit einer Entnahmestelle in dem Ölvorratsbehälter der Turbomaschine strömungsmässig verbunden zu sein.

[0011] Die Ablassstelle einer beliebigen vorstehend erwähnten Vorrichtung kann sich von der Entnahmestelle unterscheiden.

**[00112]** Die Ablassstelle einer beliebigen vorstehend erwähnten Vorrichtung kann stromabwärts von der Entnahmestelle entlang eines Strömungswegs des Ölvorratsbehälters der Turbomaschine angeordnet sein.

**[00113]** Das Gehäuse einer beliebigen vorstehend erwähnten Vorrichtung kann eine Schnittstelle enthalten.

**[00114]** Die Schnittstelle einer beliebigen vorstehend erwähnten Vorrichtung kann eine Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMS) enthalten.

**[00115]** Das Gehäuse einer beliebigen vorstehend erwähnten Vorrichtung kann wenigstens eine Warnanzeige enthalten, die wenigstens entweder eine akustische Warnanzeige, eine visuelle Warnanzeige und/oder eine tastbare Warnanzeige enthält.

**[00116]** Die Pumpe einer beliebigen vorstehend erwähnten Vorrichtung kann gestaltet sein, um das Schmieröl aus dem Ölvorratsbehälter der Turbomaschine zu der Ölanalyseeinrichtung zu pumpen.

**[00117]** Die Ölanalyseeinrichtung einer beliebigen vorstehend erwähnten Vorrichtung kann eingerichtet sein, um eine charakteristische Eigenschaft des Schmieröls zu messen.

**[00118]** Die charakteristische Eigenschaft des Schmieröls kann wenigstens eine der folgenden Eigenschaften umfassen: Partikelzahl oder -niveau gemäss der internationalen Organisation für Normung (ISO) des Schmieröls, Eisenpartikelzahl des Schmieröls, Wassergehalt des Schmieröls, Temperatur des Schmieröls oder Dielektrizitätskonstante des Schmieröls.

**[00119]** Ein zweiter Aspekt der Erfindung umfasst eine Vorrichtung zur Überwachung eines Schmieröls in einem Ölvorratsbehälter einer Turbomaschine, wobei die Vorrichtung aufweist: ein Gehäuseteil, das enthält: ein Gehäuse; eine Grundplatte und einen mit dem Gehäuse verbundenen Rückwandträger; eine Öleinlassleitung, die sich durch die Grundplatte erstreckt, wobei die Öleinlassleitung zur strömungsmässigen Verbindung mit dem Ölvorratsbehälter der Turbomaschine vorgesehen ist; eine Pumpe, die mit der Öleinlassleitung strömungsmässig verbunden ist; eine innere Leitung, die mit der Pumpe strömungsmässig verbunden ist; eine Ölanalyseeinrichtung, die mit der inneren Leitung strömungsmässig verbunden ist; und eine Ablassleitung, die mit der Ölanalyseeinrichtung strömungsmässig verbunden ist und sich durch die Grundplatte erstreckt, wobei die Ablassleitung zur strömungsmässigen Verbindung mit dem Ölvorratsbehälter der Turbomaschine vorgesehen ist; und eine Halterung, die mit dem Gehäuseteil verbunden ist, wobei die Halterung zur Verbindung mit dem Ölvorratsbehälter der Turbomaschine vorgesehen ist.

**[0020]** Die Ablassleitung einer beliebigen vorstehend erwähnten Vorrichtung kann gestaltet sein, um mit einer Ablassstelle in dem Ölvorratsbehälter der Turbomaschine strömungsmässig verbunden zu sein, und die Öleinlassleitung kann gestaltet sein, um mit einer Entnahmestelle in dem Ölvorratsbehälter der Turbomaschine strömungsmässig verbunden zu sein.

**[0021]** Die Ablassstelle einer beliebigen vorstehend erwähnten Vorrichtung kann sich von der Entnahmestelle unterscheiden.

**[0022]** Die Ablassstelle befindet sich stromabwärts von der Entnahmestelle entlang eines Strömungswegs des Ölvorratsbehälters der Turbomaschine.

**[0023]** Das Gehäuse einer beliebigen vorstehend erwähnten Vorrichtung kann eine Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMS) enthalten.

**[0024]** Die Halterung einer beliebigen vorstehend erwähnten Vorrichtung kann ein L-förmiges Element enthalten.

**[0025]** Das L-förmige Element einer beliebigen vorstehend erwähnten Vorrichtung kann enthalten:  
ein sich vertikal erstreckendes Rückenteil, das mit dem Gehäuseteil verbunden ist; und  
eine sich horizontal erstreckende Basis zur Montage an dem Ölvorratsbehälter der Turbomaschine.

**[0026]** Ein dritter Aspekt der Erfindung umfasst eine Vorrichtung zur Überwachung eines Schmieröls in einem Ölvorratsbehälter einer Turbomaschine, wobei die Vorrichtung aufweist: ein Gehäuseteil, das enthält: ein Gehäuse; eine Grundplatte und einen mit dem Gehäuse verbundenen Rückwandträger; eine Öleinlassleitung, die sich durch die Grundplatte erstreckt, wobei die Öleinlassleitung zur strömungsmässigen Verbindung mit dem Ölvorratsbehälter der Turbomaschine vorgesehen ist; eine Pumpe, die mit der Öleinlassleitung strömungsmässig verbunden ist; eine innere Leitung, die mit der Pumpe strömungsmässig verbunden ist; eine Ölanalyseeinrichtung, die mit der inneren Leitung strömungsmässig verbunden ist, wobei die Ölanalyseeinrichtung eingerichtet ist, um eine charakteristische Eigenschaft des Einlassöls zu messen; und eine Ablassleitung, die mit der Ölanalyseeinrichtung strömungsmässig verbunden ist und sich durch die Grundplatte erstreckt, wobei die Ablassleitung zur strömungsmässigen Verbindung mit dem Ölvorratsbehälter der Turbomaschine vorgesehen ist; und eine Halterung, die mit dem Gehäuseteil verbunden ist, wobei die Halterung enthält: ein Rückenteil, das mit dem Gehäuseteil verbunden ist; und eine Basis zur Montage an dem Ölvorratsbehälter der Turbomaschine.

### **Kurze Beschreibung der Zeichnungen**

**[0027]** Diese und weitere Merkmale dieser Erfindung werden aus der folgenden detaillierten Beschreibung verschiedener Aspekte der Erfindung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen leichter verständlich, die verschiedene Ausführungsformen der Erfindung zeigen, worin:

- Fig. 1 zeigt ein Flussdiagramm, das ein Verfahren veranschaulicht, das gemäss verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung durchgeführt wird.
- Fig. 2 zeigt ein Flussdiagramm, das ein gemäss bestimmten Ausführungsformen der Erfindung durchgeführtes Verfahren veranschaulicht.
- Fig. 3 zeigt eine grafische Darstellung der Öllebensdauervorhersagen gemäss idealen Schätzungen sowie gemäss verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung.
- Fig. 4 zeigt eine Umgebung, die ein System gemäss verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung enthält.
- Fig. 5 zeigt eine schematische Vorderansicht einer Vorrichtung gemäss verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung.
- Fig. 6 zeigt eine ausschnittsweise Perspektivansicht der Vorrichtung nach Fig. 5 gemäss Ausführungsformen der Erfindung.

**[0028]** Es wird bemerkt, dass die Zeichnungen der Erfindung nicht notwendigerweise massstabsgetreu sind. Die Zeichnungen sollen lediglich typische Aspekte der Erfindung veranschaulichen und sollten folglich nicht in einem den Umfang der Erfindung beschränkenden Sinne aufgefasst werden. In den Zeichnungen kennzeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente unter den Zeichnungen.

#### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

**[0029]** Wie vorstehend angegeben, betrifft der hierin offenbarte Gegenstand Turbomaschinensysteme. Insbesondere betrifft der hierin offenbarte Gegenstand Schmieröl in Turbomaschinensystemen, z.B. Gasturbomaschinen oder Dampfturbomaschinen.

**[0030]** Wie hierin bemerkt, kann es schwierig sein, die Qualität von Schmieröl in Turbomaschinensystemen effektiv zu überwachen, was zu unerwünschter Verschlechterung des Öls und schliesslich zu einer Beschädigung der Turbomaschine, die auf dieses Öl zur Schmierung angewiesen ist, führen kann.

**[0031]** Im Gegensatz zu herkömmlichen Lösungsansätzen enthalten verschiedene Ausführungsformen der Erfindung Systeme, Computerprogrammprodukte und zugehörige Verfahren zur Analyse eines Schmieröls unter Verwendung von Testdaten, die aus diesem Öl gewonnen werden. In verschiedenen speziellen Ausführungsformen enthält ein System wenigstens eine Rechenvorrichtung, die konfiguriert ist, um ein Schmieröl durch Durchführung von Aktionen zu überwachen, zu denen gehören: Bestimmung einer anfänglichen idealen verbleibenden Lebensdauer für das Schmieröl; Bestimmung einer temperaturbasierten verbleibenden Lebensdauer für das Schmieröl auf der Basis einer Temperaturmessung des Schmieröls; Berechnung eines Verunreinigungsfaktors des Schmieröls auf der Basis einer Verunreinigungsstichprobe des Schmieröls; Bestimmung einer aktualisierten idealen Lebensdauer, die für das Schmieröl verbleibt, auf der Basis des Verunreinigungsfaktors, der idealen verbleibenden Lebensdauer und der temperaturbasierten verbleibenden Lebensdauer; und Bestimmung einer tatsächlichen Lebensdauer, die für das Schmieröl verbleibt, auf der Basis der aktualisierten idealen verbleibenden Lebensdauer und eines Lebensdauerverlustfaktors.

**[0032]** Verschiedene weitere Ausführungsformen enthalten ein Computerprogrammprodukt, das einen Programmcode aufweist, der, wenn er durch eine Rechenvorrichtung ausgeführt wird, die wenigstens eine Rechenvorrichtung veranlasst, ein Schmieröl durch Durchführung von Aktionen zu überwachen, zu denen gehören: Bestimmung einer anfänglichen idealen verbleibenden Lebensdauer für das Schmieröl; Bestimmung einer temperaturbasierten verbleibenden Lebensdauer für das Schmieröl auf der Basis einer Temperaturmessung des Schmieröls; Berechnung eines Verunreinigungsfaktors des Schmieröls auf der Basis einer Verunreinigungsstichprobe des Schmieröls; Bestimmung einer aktualisierten idealen Lebensdauer, die für das Schmieröl verbleibt, auf der Basis des Verunreinigungsfaktors, der idealen verbleibenden Lebensdauer und der temperaturbasierten verbleibenden Lebensdauer; und Bestimmung einer tatsächlichen für das Schmieröl verbleibenden Lebensdauer auf der Basis der aktualisierten idealen verbleibenden Lebensdauer und eines Lebensdauerverlustfaktors.

**[0033]** Verschiedene weitere Ausführungsformen der Erfindung enthalten ein System, zu dem gehören: wenigstens eine Rechenvorrichtung, die konfiguriert ist, um ein Schmieröl aus einer Turbomaschine durch Durchführung von Aktionen zu analysieren, zu denen gehören: Vorhersagen einer anfänglichen idealen verbleibenden Lebensdauer für das Schmieröl; Bestimmung einer temperaturbasierten verbleibenden Lebensdauer des Schmieröls auf der Basis einer gemessenen Temperatur des Schmieröls; Bestimmung eines Verunreinigungsfaktors des Schmieröls auf der Basis eines gemessenen Verunreinigungsgrads des Schmieröls; Bestimmung eines Lebensdauerverlustfaktors des Schmieröls auf der Basis der anfänglichen idealen verbleibenden Lebensdauer, der temperaturbasierten verbleibenden Lebensdauer und des Verunreinigungsfaktors; Bestimmung einer Lebensdauerverlustmenge von dem Schmieröl auf der Basis des Lebensdauerverlustfaktors und einer Stichprobenfrequenz des Schmieröls; Berechnung einer verfeinerten idealen verbleibenden Lebensdauer für das Schmieröl auf der Basis der Lebensdauerverlustmenge und der anfänglichen idealen verbleibenden Lebensdauer;

und Vorhersagen einer tatsächlichen verbleibenden Lebensdauer des Schmieröls auf der Basis der verfeinerten idealen verbleibenden Lebensdauer und des Lebensdauerverlustfaktors.

**[0034]** Fig. 1 zeigt ein Flussdiagramm, das einen Prozess zur Überwachung eines Schmieröls (z.B. eines Schmieröls in einer Turbomaschine) gemäss verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung veranschaulicht. Diese Prozesse können z.B. durch wenigstens eine Rechenvorrichtung, wie hierin beschrieben, durchgeführt werden. In anderen Fällen können diese Prozesse gemäss einem Computer-implementierten Verfahren zur Überwachung eines Schmieröls durchgeführt werden. In noch weiteren Ausführungsformen können diese Prozesse durchgeführt werden, indem ein Computerprogrammcode auf wenigstens einer Rechenvorrichtung ausgeführt wird, wodurch die wenigstens eine Rechenvorrichtung veranlasst wird, ein Schmieröl zu überwachen. Im Allgemeinen kann der Prozess die folgenden Unterprozesse enthalten:

**[0035]** Prozess P1: Bestimmung einer anfänglichen idealen verbleibenden Lebensdauer ( $L_i$ ) für das Schmieröl. In verschiedenen Ausführungsformen enthält dies ein Gewinnen von Informationen über den Öltyp und Berechnung der Arrhenius-Reaktionsgeschwindigkeit (ARR, Arrhenius Reaction Rate) für den Öltyp unter der Annahme, dass das Öl rein (frei von Verunreinigungen) ist und es bei seiner Auslegungstemperatur (unter optimalen Bedingungen) arbeitet. Die anfängliche ideale verbleibende Lebensdauer ist die Lebensdauer, die für das Schmieröl erwartet wird, wenn dieses unter diesen optimalen Bedingungen für seine gesamte Lebensdauer arbeiten würde.

**[0036]** Die ARR ist eine bekannte Technik, die verwendet wird, um den Oxidationslebensdauerabfall ( $L$ ) in einem Mineralöl zu berechnen. Die ARR kann in bestimmten Ausführungsformen gemäss der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$k = Ae^{-E_a/(RT)} \quad (\text{Gleichung 1})$$

**[0037]** Darin sind  $k$  = die Geschwindigkeitskonstante einer chemischen Reaktion;  $T$  = absolute Temperatur des Schmieröls (in Kelvin);  $A$  = der präexponentielle Faktor;  $E_a$  = die Aktivierungsenergie des Schmieröls; und  $R$  = die universelle Gaskonstante. Alternativ kann die universelle Gaskonstante ( $R$ ) durch die Boltzmann-Konstante ( $k_B$ ) ersetzt werden. In dem Fall eines Mineralöls vereinfacht, kann die ARR anhand einer Oxidationslebensdauer ( $L$ ) des Öls, der Geschwindigkeitskonstante der chemischen Reaktion ( $k_1$ ) und einer idealen Geschwindigkeitskonstante  $k_2 = 4750$  wie folgt dargestellt werden:

$$\text{Log}(L_i) = k_1 + (k_2/T) \quad (\text{Gleichung 2})$$

**[0038]** Prozess P2: Bestimmung einer temperaturbasierten verbleibenden Lebensdauer ( $L_T$ ) für das Schmieröl auf der Basis einer Temperaturmessung des Schmieröls. Die temperaturbasierte verbleibende Lebensdauer kann eine vorhergesagte verbleibende Lebensdauer des Schmieröls auf der Basis der ARR und einer gemessenen Temperatur des Schmieröls anzeigen. Dies kann ein Gewinnen eines Messwerts der Temperatur des Schmieröls enthalten. In dem Fall, dass das Schmieröl aus einer Turbomaschine stammt, kann die Temperaturmessung von einem Temperatursensor erhalten werden, der mit dem Schmieröl in Kontakt steht, entweder innerhalb der Turbomaschine oder ausserhalb der Turbomaschine. Wie bei dem Prozess P1 kann die temperaturbasierte verbleibende Lebensdauer gemäss der ARR berechnet werden.

**[0039]** Prozess P3 kann ein Berechnen eines Verunreinigungs-faktors für das Schmieröl auf der Basis einer (gemessenen) Verunreinigungsstichprobe des Schmieröls enthalten. In verschiedenen Ausführungsformen enthält die Berechnung ein Verwenden einer Übertragungsfunktion, um jeder von mehreren gemessenen Öleigenschaften, wie hierin erwähnt, einen qualitativen gewichteten Verunreinigungs-faktor zuzuweisen. In verschiedenen Ausführungsformen wird einer ersten Öleigenschaft A ein gewichteter Verunreinigungs-faktor  $X$  zugewiesen, während einer zweiten Öleigenschaft B ein anderer gewichteter Verunreinigungs-faktor von  $Y \times X$  zugewiesen wird, worin  $Y$  ein Faktor, z.B. 1, 2, 3, 0,1, 0,2, 0,3, ein negativer Faktor, ein prozentualer Faktor, etc. ist. In verschiedenen Ausführungsformen kann die Verunreinigungsstichprobe aus einer im Wesentlichen ähnlichen Probe des Schmieröls wie bei der Temperaturmessung erhalten werden. In verschiedenen Ausführungsformen wird die Verunreinigungsstichprobe gewonnen und hinsichtlich wenigstens einer der folgenden Öleigenschaften analysiert: Eisenpartikelzahl, Wassergehalt, Dielektrizitätskonstante und/oder Partikelniveau gemäss der internationalen Organisation für Normung (ISO), um einen Verunreinigungs-faktor zu berechnen. In einigen bestimmten Fällen enthält das ISO-Partikelniveau eine gemittelte ISO-Niveau-Partikelzahl, die durch Mittelung mehrerer von einer Mehrzahl von ISO-Niveau-Partikelzahlen für das Schmieröl berechnet wird. In verschiedenen Fällen können diese eine Partikelzahl des ISO-4-Niveaus, eine Partikelzahl des ISO-6-Niveaus und eine Partikelzahl des ISO-14-Niveaus enthalten.

**[0040]** Prozess P4 kann eine Bestimmung einer aktualisierten idealen Lebensdauer, die für das Schmieröl verbleibt, auf der Basis des Verunreinigungs-faktors, der idealen verbleibenden Lebensdauer und der temperaturbasierten verbleibenden Lebensdauer enthalten. In verschiedenen Ausführungsformen wird die aktualisierte ideale für das Schmieröl verbleibende Lebensdauer durch Subtraktion eines tatsächlichen Lebensdauerverlustes (des Schmieröls) von der anfänglichen idealen verbleibenden Lebensdauer berechnet. In Gleichungsform: Aktualisierte ideale verbleibende Lebensdauer = anfängliche ideale verbleibende Lebensdauer – tatsächlicher Lebensdauerverlust. Der tatsächliche Lebensdauerverlust kann berechnet werden, indem der Lebensdauerverlustfaktor mit einer Stichprobefrequenz des Schmieröls multipliziert wird. In Gleichungsform: Tatsächlicher Lebensdauerverlust = Lebensdauerverlustfaktor x Stichprobefrequenz des Schmieröls. Die Stichprobefrequenz kann erhalten werden, indem eine Nachschlagetabelle oder eine sonstige Referenz-tabelle verwendet

wird, und kann auf der Basis einer bekannten Beziehung zwischen dem Öltyp, dem Ölvolumen in dem Vorratsbehälter und der Zeitdauer zwischen aufeinanderfolgenden Probenahmen des Öls berechnet werden. In verschiedenen Ausführungsformen werden diese Beziehungen vorbestimmt und z.B. in einem Memory oder einem anderen Datenspeicher in wenigstens einer Speichervorrichtung (z.B. einer beliebigen hierin veranschaulichten und/oder beschriebenen Rechen- vorrichtung) oder für wenigstens eine Rechenvorrichtung zugänglich gespeichert. Auf der Basis einer bekannten Frequenz des Öls und des gemessenen Ölvolumens in dem Vorratsbehälter kann die Rechenvorrichtung eine zwischen Probenah- men (z.B. aufeinanderfolgenden Probenamen) des Öls verstrichene Zeit bestimmen. Diese verstrichene Zeit zwischen Probenamen kann verwendet werden, um eine verbleibende (und/oder verstrichene) Lebensdauer des Öls zu bestimmen.

**[0041]** Prozess P5 kann eine Bestimmung einer tatsächlichen verbleibenden Lebensdauer für das Schmieröl auf der Ba- sis der aktualisierten idealen verbleibenden Lebensdauer und eines Lebensdauerverlustfaktors enthalten. In verschiede- nen Ausführungsformen entspricht die tatsächliche verbleibende Lebensdauer dem Lebensdauerverlustfaktor multipliziert mit der Frequenz des Schmieröls. In Gleichungsform: Tatsächlicher Lebensdauerverlust = Lebensdauerverlustfaktor x Stichprobefrequenz des Schmieröls. In verschiedenen Ausführungsformen wird der Lebensdauerverlustfaktor berechnet, indem das Verhältnis der anfänglichen idealen verbleibenden Lebensdauer zu der temperaturbasierten verbleibenden Lebensdauer genommen und dieses Verhältnis mit dem Verunreinigungsfaktor multipliziert wird. In Gleichungsform: Le- bensdauerverlustfaktor = [anfängliche ideale verbleibende Lebensdauer : temperaturbasierte verbleibende Lebensdauer] x Verunreinigungsfaktor.

**[0042]** In vielen Ausführungsformen werden Stichproben des Schmieröls an verschiedenen Stellen der Turbomaschine erhalten. In diesen Fällen werden die Stichprobendaten gemittelt oder in sonstiger Weise normiert, um eine verbleibende Lebensdauer zu bestimmen.

**[0043]** In einigen Fällen kann der Lebensdauerverlustfaktor für die ersten erhaltenen Probedaten (z.B. Temperaturdaten, Verunreinigungsdaten, Frequenzdaten, etc.) mit der Zeitdauer zwischen erhaltenen Stichproben multipliziert und der Wert für die Lebensdauer des Fluides unter optimalen Bedingungen subtrahiert werden. Wie bemerkt, gilt dieses spezielle Beispiel für den Fall der ersten gewonnenen Stichprobe (oder der ersten Probe, die genommen wird, nachdem das Öl aus der Turbomaschine und dem Vorratsbehälter ausgetauscht worden ist). Nachdem eine erste Datenstichprobe verfügbar ist, bilden nachfolgende Stichproben einen Teil eines gleitenden Mittelwertes, der einige oder all die zuvor erhaltenen Stichproben mit einbezieht.

**[0044]** In bestimmten Ausführungsformen kann der Lebensdauerverlustfaktor als ein gleitender Mittelwert auf der Basis eines Betriebszeitraums der Maschine, die das Schmieröl enthält, (z.B. einer Turbomaschine) berechnet werden. In einigen Fällen ist der Lebensdauerverlustfaktor ein gleitender Mittelwert, der über einen kürzlichen (z.B. jüngsten) Zeitraum, wie beispielsweise über die letzten 1–3 Betriebswochen der Turbomaschine, gebildet wird.

**[0045]** In verschiedenen Ausführungsformen können die Prozesse P1–P5 periodisch (z.B. gemäß einem Schema mit x mal pro y Periode und/oder kontinuierlich) iteriert (wiederholt) werden, um die tatsächliche verbleibende Lebensdauer für ein Schmieröl zu überwachen. In einigen Fällen können die Prozesse P2–P5 wiederholt werden, indem z.B. eine oder mehrere neue Stichproben des Schmieröls erhalten und die zugehörigen Prozesse, wie sie vorstehend beschrieben sind, durchgeführt werden. In diesen Fällen braucht der Prozess P1 nicht wiederholt zu werden, weil die anfängliche ideale verbleibende Lebensdauer (L<sub>i</sub>) zwischen einigen Testintervallen im Wesentlichen unverändert sein kann.

**[0046]** Fig. 2 zeigt ein Flussdiagramm, das einen Prozess zur Analyse eines Schmieröls aus einer Turbomaschine ge- mäss verschiedenen bestimmten Ausführungsformen der Erfindung veranschaulicht. Diese Prozesse können z.B. durch wenigstens eine Rechenvorrichtung, wie hierin beschrieben, durchgeführt werden. In anderen Fällen können diese Pro- zesse entsprechend einem Computer-implementierten Verfahren zur Überwachung eines Schmieröls aus einer Turboma- schine durchgeführt werden. In noch weiteren Ausführungsformen können diese Prozesse durchgeführt werden, indem ein Computerprogrammcode auf wenigstens einer Rechenvorrichtung ausgeführt wird, wodurch die wenigstens eine Re- chenvorrichtung veranlasst wird, ein Schmieröl aus einer Turbomaschine zu überwachen. Im Allgemeinen kann der Pro- zess die folgenden Unterprozesse umfassen.

**[0047]** PA: Vorhersage einer anfänglichen idealen verbleibenden Lebensdauer für das Schmieröl;

**[0048]** PB: Bestimmung einer temperaturbasierten verbleibenden Lebensdauer des Schmieröls auf der Basis einer ge- messenen Temperatur des Schmieröls;

**[0049]** PC: Bestimmung eines Verunreinigungsfaktors des Schmieröls auf der Basis eines gemessenen Verunreinigungs- grads des Schmieröls;

**[0050]** PD: Bestimmung eines Lebensdauerverlustfaktors des Schmieröls auf der Basis der anfänglichen idealen verblei- benden Lebensdauer, der temperaturbasierten verbleibenden Lebensdauer und des Verunreinigungsfaktors;

**[0051]** PE: Bestimmung einer Lebensdauerverlustmenge von dem Schmieröl auf der Basis des Lebensdauerverlustfak- tors und einer Stichprobenfrequenz des Schmieröls;

**[0052]** PF: Berechnung einer verfeinerten idealen verbleibenden Lebensdauer für das Schmieröl auf der Basis der Le- bensdauerverlustmenge und der anfänglichen idealen verbleibenden Lebensdauer; und

**[0053]** PG: Vorhersage einer tatsächlichen verbleibenden Lebensdauer des Schmieröls auf der Basis der verfeinerten idealen verbleibenden Lebensdauer und des Lebensdauerverlustfaktors.

**[0054]** Es wird verstanden, dass in den hierin veranschaulichten und beschriebenen Ablaufdiagrammen andere Prozesse durchgeführt werden können, obwohl sie nicht veranschaulicht sind, und dass die Reihenfolge der Prozesse gemäss verschiedenen Ausführungsformen umgeordnet werden kann. Ausserdem können dazwischenliegende Prozesse zwischen einem oder mehreren beschriebenen Prozessen durchgeführt werden. Der Ablauf der Prozesse, wie hierin veranschaulicht und beschrieben, soll nicht als für die verschiedenen Ausführungsformen beschränkend ausgelegt werden.

**[0055]** Fig. 3 zeigt eine beispielhafte grafische Darstellung der vorhergesagten verbleibenden Öllebensdauerkurven entsprechend: A) einer theoretischen Berechnung der verbleibenden Öllebensdauer auf der Basis idealer Bedingungen; B) einer Verunreinigungsfaktorkurve; C) einer Berechnung der verbleibenden Öllebensdauer auf der Basis eines tatsächlichen Lebensdauerverlustes; und D) einer Berechnung der verbleibenden Öllebensdauer auf der Basis einer Berechnung einer berücksichtigten verbleibenden Nutzungslebensdauer. Zeiträume in Jahren sind auf der linken Y-Achse veranschaulicht, während der Verunreinigungsfaktor auf der rechten Y-Achse veranschaulicht ist und die Zeit auf der X-Achse veranschaulicht ist.

**[0056]** Fig. 4 zeigt eine anschauliche Umgebung 101, die ein Überwachungssystem 114 zur Durchführung der hierin beschriebenen Funktionen gemäss verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung enthält. Insoweit enthält die Umgebung 101 ein Computersystem 102, das einen oder mehrere hierin beschriebene Prozesse ausführen kann, um ein Schmieröl, z.B. von einer Turbomaschine, zu überwachen. Insbesondere ist das Computersystem 102 veranschaulicht, wie es das Überwachungssystem 114 enthält, was das Computersystem 102 funktionsfähig macht, um ein Schmieröl durch Durchführung beliebiger / all der hierin beschriebenen Prozesse und Implementierung beliebiger / all der hierin beschriebenen Ausführungsformen zu überwachen.

**[0057]** Das Computersystem 102 ist veranschaulicht, wie es eine Rechenvorrichtung 124 enthält, die eine Verarbeitungskomponente 104 (z.B. einen oder mehrere Prozessoren), eine Speicherkomponente 106 (z.B. eine Speicherhierarchie), eine Eingabe/Ausgabe(E/A)-Komponente 108 (z.B. eine oder mehrere E/A-Schnittstellen und/oder -Geräte) und einen Kommunikationsweg 110 enthalten kann. Im Allgemeinen führt die Verarbeitungskomponente 104 einen Programmcode, wie beispielsweise das Überwachungssystem 114, aus, der wenigstens teilweise in der Speicherkomponente 106 festgelegt ist. Während sie den Programmcode ausführt, kann die Verarbeitungskomponente 104 Daten verarbeiten, was ein Lesen und/oder Schreiben transformierter Daten aus/zu der Speicherkomponente 106 und/oder der E/A-Komponente 108 für eine weitere Verarbeitung zur Folge haben kann. Der Weg 110 stellt eine Kommunikationsverbindung zwischen jeder der Komponenten in dem Computersystem 102 bereit. Die E/A-Komponente 108 kann eine oder mehrere E/A-Geräte für Menschen aufweisen, die einem Benutzer (z.B. einem Menschen und/oder einem computerisierten Benutzer) 112 ermöglichen, mit dem Computersystem 102 und/oder einer oder mehreren Kommunikationsvorrichtungen zu interagieren, um dem Systembenutzer 112 zu ermöglichen, mit dem Computersystem 102 unter Verwendung einer beliebigen Art einer Kommunikationsverbindung zu kommunizieren. Insoweit kann das Überwachungssystem 114 einen Satz von Schnittstellen (z.B. grafische Benutzeroberfläche(n), Anwendungsprogrammschnittstelle, etc.) bewältigen, die menschlichen und/oder Systemnutzern 112 ermöglichen, mit dem Überwachungssystem 114 zu interagieren. Ferner kann das Überwachungssystem 114 Daten, wie beispielsweise Öltemperaturdaten 60 (z.B. Daten über die Temperatur des Öls, die von einem Sensorsystem 150 erhalten werden), Ölverunreinigungsdaten 80 (z.B. Daten über den Verunreinigungsgrad des Öls, die von dem Sensorsystem 150 erhalten werden) und/oder Ölfrequenzdaten 90 (z.B. Daten über die Frequenzmessung des Öls, die von dem Sensorsystem 150 erhalten werden) unter Verwendung einer beliebigen Lösung managen (z.B. speichern, abrufen, erzeugen, manipulieren, organisieren, präsentieren, etc.). Das Überwachungssystem 114 kann ausserdem mit einer Turbomaschine 118 und/oder einem Ölsensorsystem 150 über eine drahtlose und/oder festverdrahtete Einrichtung kommunizieren.

**[0058]** In jedem Fall kann das Computersystem 102 einen oder mehrere Universalzweck-Rechenherstellungsartikel (z.B. Rechenvorrichtungen) aufweisen, die in der Lage sind, einen darauf installierten Programmcode, wie beispielsweise das Überwachungssystem 114, auszuführen. In dem hierin verwendeten Sinne wird verstanden, dass «Programmcode» eine beliebige Sammlung von Instruktionen in einer beliebigen Sprache, einem beliebigen Code oder einer beliebigen Notation bedeutet, die eine Rechenvorrichtung mit einer informationsverarbeitenden Fähigkeit veranlassen, eine bestimmte Funktion entweder unmittelbar oder nach einer beliebigen Kombination der folgenden auszuführen: (a) Umwandlung in eine andere Sprache, einen anderen Code oder eine andere Notation; (b) Reproduktion in einer anderen materiellen Form; und/oder (c) Dekomprimierung. Insoweit kann das Überwachungssystem 114 als eine beliebige Kombination von Systemsoftware und/oder Anwendungssoftware verkörpert sein. Es wird ferner verstanden, dass das Überwachungssystem 114 in einer Cloud-basierten Rechenumgebung implementiert sein kann, in der ein oder mehrere Prozesse an unterschiedlichen Rechenvorrichtungen (z.B. mehreren Rechenvorrichtungen 24) ausgeführt werden, wobei eine oder mehrere dieser verschiedenen Rechenvorrichtungen lediglich einige der Komponenten, wie sie in Bezug auf die Rechenvorrichtung 124 nach Fig. 4 veranschaulicht und beschrieben sind, enthalten kann bzw. können.

**[0059]** Ferner kann das Überwachungssystem 114 unter Verwendung eines Satzes von Modulen 132 implementiert sein. In diesem Fall kann ein Modul 132 dem Computersystem 102 ermöglichen, einen Satz von durch das Überwachungssystem 114 verwendeten Aufgaben durchzuführen, und es kann neben anderen Teilen des Überwachungssystems 114

gesondert entwickelt und/oder implementiert sein. In dem hierin verwendeten Sinne bedeutet der Ausdruck «Komponente» eine beliebige Hardwarekonfiguration, mit oder ohne Software, die die in Verbindung mit dieser beschriebene Funktionalität unter Verwendung einer beliebigen Lösung implementiert, während der Ausdruck «Modul» einen Programmcode bedeutet, der dem Computersystem 102 ermöglicht, die in Verbindung mit diesem beschriebene Funktionalität unter Verwendung einer beliebigen Lösung zu implementieren. Wenn es in einer Speicherkomponente 106 eines Computersystems 102 festgelegt ist, dass eine Verarbeitungskomponente 104 enthält, ist ein Modul ein wesentlicher Teil einer Komponente, die die Funktionalität implementiert. Unabhängig davon wird verstanden, dass zwei oder mehrere Komponenten, Module und/oder Systeme sich einen Teil / die Gesamtheit ihrer jeweiligen Hardware und/oder Software teilen können. Ferner wird verstanden, dass ein Teil der hierin erläuterten Funktionalität nicht implementiert sein kann oder dass eine weitere Funktionalität als ein Teil des Computersystems 102 aufgenommen sein kann.

**[0060]** Wenn das Computersystem 102 mehrere Rechenvorrichtungen aufweist, können alle Rechenvorrichtungen lediglich einen Teil des darauf festgelegten Überwachungssystems 114 (z.B. ein oder mehrere Module 132) aufweisen. Jedoch wird verstanden, dass das Computersystem 102 und das Überwachungssystem 114 lediglich verschiedene mögliche äquivalente Computersysteme repräsentieren, die einen hierin beschriebenen Prozess ausführen können. Insoweit kann die durch das Computersystem 102 und das Überwachungssystem 114 bereitgestellte Funktionalität in anderen Ausführungsformen wenigstens zum Teil durch eine oder mehrere Rechenvorrichtungen implementiert sein, die eine beliebige Kombination von Universal- und/oder Spezialzweck-Hardware mit oder ohne Programmcode enthalten. In jeder Ausführungsform können die Hardware und der Programmcode, wenn sie enthalten sind, unter Verwendung standardmässiger Ingenieurs- bzw. Programmier Techniken erzeugt werden.

**[0061]** Unabhängig davon können die Rechenvorrichtungen, wenn das Computersystem 102 mehrere Rechenvorrichtungen 124 enthält, über eine beliebige Art einer Kommunikationsverbindung kommunizieren. Ferner kann das Computersystem 102, während es einen hierin beschriebenen Prozess ausführt, mit einem oder mehreren anderen Computersystemen unter Verwendung einer beliebigen Art einer Kommunikationsverbindung kommunizieren. In jedem Fall kann die Kommunikationsverbindung eine beliebige Kombination verschiedener Typen von verdrahteten und/oder drahtlosen Verbindungen aufweisen, eine beliebige Kombination von einer oder mehreren Netzwerkkarten aufweisen und/oder eine beliebige Kombination verschiedener Arten von Übertragungstechniken und -protokollen nutzen.

**[0062]** Das Computersystem 102 kann Daten, wie beispielsweise Öltemperaturdaten 60, Ölverunreinigungsdaten 80 und/oder Ölfrequenzdaten 90, unter Verwendung einer beliebigen Lösung erhalten oder liefern. Das Computersystem 102 kann Öltemperaturdaten 60, Ölverunreinigungsdaten 80 und/oder Ölfrequenzdaten 90 aus einem oder mehreren Datenspeichern erzeugen, Öltemperaturdaten 60, Ölverunreinigungsdaten 80 und/oder Ölfrequenzdaten 90 aus einem anderen System, wie beispielsweise der Turbomaschine 118, dem Ölsensorsystem 150 und/oder von dem Benutzer 112, empfangen, Sondenübertragungsdaten und/oder Sondenempfangsdaten zu einem anderen System senden, etc.

**[0063]** Während die Erfindung hierin als ein Verfahren und System zur Überwachung eines Schmieröls veranschaulicht und beschrieben ist, wird verstanden, dass Aspekte der Erfindung ferner verschiedene alternative Ausführungsformen ergeben. Zum Beispiel ergibt die Erfindung in einer Ausführungsform ein Computerprogramm, das auf wenigstens einem Computer-lesbaren Medium festgelegt ist und das, wenn es ausgeführt wird, ein Computersystem in die Lage versetzt, ein Schmieröl zu überwachen. Insoweit enthält das Computer-lesbare Medium einen Programmcode, wie beispielsweise das Überwachungssystem 114 (Fig. 4), der einen Teil oder die Gesamtheit der hierin beschriebenen Prozesse und/oder Ausführungsformen implementiert. Es wird verstanden, dass der Ausdruck «Computer-lesbares Medium» eine oder mehrere von einer beliebigen Art eines greifbaren Ausdrucksmediums aufweist, wie es nun bekannt oder künftig entwickelt wird, von dem eine Kopie des Programmcodes durch eine Rechenvorrichtung wahrgenommen, reproduziert oder in sonstiger Weise übertragen werden kann. Zum Beispiel kann das Computer-lesbare Medium aufweisen: einen oder mehrere tragbare Speicherherstellungsartikel; eine oder mehrere Memory/Speicher-Komponenten einer Rechenvorrichtung; Papier; etc.

**[0064]** In einer weiteren Ausführungsform ergibt die Erfindung ein Verfahren zur Bereitstellung einer Kopie eines Programmcodes, wie beispielsweise des Überwachungssystems 114 (Fig. 4), der einen Teil oder die Gesamtheit eines hierin beschriebenen Prozesses implementiert. In diesem Fall kann ein Computersystem eine Kopie des Programmcodes verarbeiten, der einen Teil oder die Gesamtheit eines hierin beschriebenen Prozesses implementiert, um einen Satz Datensignale, dessen eine oder mehrere Eigenschaften festgelegt sind und/oder in einer Weise verändert sind, um eine Kopie des Programmcodes in dem Satz Datensignale zu kodieren, zu erzeugen und für einen Empfang an einer zweiten, unterschiedlichen Stelle zu übertragen. In ähnlicher Weise ergibt eine Ausführungsform der Erfindung ein Verfahren zur Akquirierung einer Kopie eines Programmcodes, der einen Teil oder die Gesamtheit eines hierin beschriebenen Prozesses implementiert, was umfasst, dass ein Computersystem den Satz Datensignale, wie hierin beschrieben, empfängt und den Satz Datensignale in eine Kopie des Computerprogramms umsetzt, die in wenigstens einem Computer-lesbaren Medium festgelegt wird. In jedem Fall kann der Satz Datensignale unter Verwendung einer beliebigen Art einer Kommunikationsverbindung übertragen/empfangen werden.

**[0065]** In einer noch weiteren Ausführungsform ergibt die Erfindung ein Verfahren zum Überwachen eines Schmieröls. In diesem Fall kann ein Computersystem, wie beispielsweise das Computersystem 102 (Fig. 4) erhalten (z.B. erzeugt, aufrechterhalten, verfügbar gemacht, etc.) werden, und es kann bzw. können eine oder mehrere Komponenten zur Durchführung eines hierin beschriebenen Prozesses erhalten (z.B. erzeugt, erworben, verwendet, modifiziert, etc.) und für das Computersystem eingesetzt werden. Insoweit kann der Einsatz eines oder mehrerer der folgenden aufweisen: (1) Installie-



ren des Programmcodes auf einer Rechenvorrichtung; (2) Hinzunehmen einer oder mehrerer Rechen- und/oder E/A-Vorrichtungen zu dem Computersystem; (3) Aufnehmen und/oder Modifizieren des Computersystems, um dieses in die Lage zu versetzen, einen hierin beschriebenen Prozess auszuführen; etc.

**[0066]** In jedem Fall ist der technische Effekt verschiedener Ausführungsformen der Erfindung, einschliesslich z.B. des Überwachungssystems 114, die Überwachung eines Schmieröls, z.B. eines Schmieröls aus einer Turbomaschine (z.B. der Turbomaschine 118).

**[0067]** Verschiedene weitere Ausführungsformen können eine Schmierölüberwachungsvorrichtung enthalten, die eine oder mehrere Komponenten des Überwachungssystems 114 (und zugehörige Funktionalität) gemeinsam mit dem Ölsensorsystem 150 enthalten kann. Die Schmierölüberwachungsvorrichtung kann konfiguriert sein, um in nicht invasiver Weise einen oder mehrere Zustände des Schmieröls zu überwachen. In einigen Fällen kann die Schmierölüberwachungsvorrichtung (und insbesondere das Ölsensorsystem 150) einen oder mehrere Parameter des Schmieröls überwachen, zu denen einschliesslich, jedoch nicht darauf beschränkt, gehören: eine Partikelzahl nach der internationalen Organisation für Normung (ISO), eine Eisenmaterialpartikelzahl, ein Wassergehalt und/oder ein chemischer Zerfall.

**[0068]** In verschiedenen Ausführungsformen kann die Schmierölüberwachungsvorrichtung diese Parameter kontinuierlich überwachen und diese Parameter mit zulässigen Schwellen (z.B. Werten oder Bereichen) vergleichen um festzustellen, ob das Schmieröl eine gewünschte Qualität aufweist. Die Schmierölüberwachungsvorrichtung kann eine Schnittstelle, z.B. eine Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMS), enthalten, um eine oder mehrere Warnungen zu liefern, wenn der (die) bestimmte(n) Parameter des Schmieröls um eine inakzeptable Schwelle / einen inakzeptablen Bereich abweichen, sich einer inakzeptablen Schwelle / einem inakzeptablen Bereich annähern und/oder zu einer inakzeptablen Schwelle / einem inakzeptablen Bereich hin tendieren.

**[0069]** In einigen Fällen kann die Schmierölüberwachungsvorrichtung an der Turbomaschine montiert oder in sonstiger Weise mit dieser verbunden sein. In anderen Fällen ist die Schmierölüberwachungsvorrichtung in der Nähe der Turbomaschine angeordnet, um eine Echtzeitüberwachung des Zustands des Schmieröls zu ermöglichen.

**[0070]** In verschiedenen Ausführungsformen kann die Schmierölüberwachungsvorrichtung mit dem bestehenden Schmierölvorratsbehälter in der Turbomaschine strömungsmässig verbunden sein. In einigen bestimmten Ausführungsformen ist die Schmierölüberwachungsvorrichtung mit dem Rücklaufleitungsablassabschnitt des Ölvorratsbehälters strömungsmässig verbunden. In einigen Fällen enthält die Schmierölüberwachungsvorrichtung eine Ölversorgungsleitung zur Entnahme von Öl aus dem Vorratsbehälter und eine Ablassleitung zur Ableitung getesteten Öls zurück zu dem Vorratsbehälter. Die Vorrichtung kann ferner eine Halterung zur Montage auf dem Vorratsbehälter oder einem nahegelegenen Abschnitt der Turbomaschine enthalten.

**[0071]** Die Erfindung enthält eine Vorrichtung zur Überwachung eines Schmieröls in einem Ölvorratsbehälter einer Turbomaschine, wobei die Vorrichtung aufweist: ein Gehäuseteil, das enthält: ein Gehäuse; eine Grundplatte und einen Rückwandträger, der mit dem Gehäuse verbunden ist; eine Öleinlassleitung, die sich durch die Grundplatte erstreckt, wobei die Öleinlassleitung zur strömungsmässigen Verbindung mit dem Ölvorratsbehälter der Turbomaschine vorgesehen ist; eine Pumpe, die mit der Öleinlassleitung strömungsmässig verbunden ist; eine Ölanalyseeinrichtung, die mit der Pumpe strömungsmässig verbunden ist; und eine Ablassleitung, die mit der Ölanalyseeinrichtung strömungsmässig verbunden ist und sich durch die Grundplatte erstreckt; und eine Halterung, die mit dem Gehäuseteil verbunden ist, wobei die Halterung zur Verbindung mit dem Ölvorratsbehälter der Turbomaschine vorgesehen ist.

**[0072]** Verschiedene weitere Ausführungsformen der Erfindung enthalten eine Vorrichtung zur Überwachung eines Schmieröls in einem Ölvorratsbehälter einer Turbomaschine, wobei die Vorrichtung aufweist: ein Gehäuseteil, das enthält: ein Gehäuse; eine Grundplatte und einen Rückwandträger, der mit dem Gehäuse verbunden ist; eine Öleinlassleitung, die sich durch die Grundplatte erstreckt, wobei die Öleinlassleitung zur strömungsmässigen Verbindung mit dem Ölvorratsbehälter der Turbomaschine vorgesehen ist; eine Pumpe, die mit der Öleinlassleitung strömungsmässig verbunden ist; eine innere Leitung, die mit der Pumpe strömungsmässig verbunden ist; eine Ölanalyseeinrichtung, die mit der inneren Leitung strömungsmässig verbunden ist; und eine Ablassleitung, die mit der Ölanalyseeinrichtung strömungsmässig verbunden ist und sich durch die Grundplatte erstreckt, wobei die Ablassleitung zur strömungsmässigen Verbindung mit dem Ölvorratsbehälter der Turbomaschine vorgesehen ist; und eine Halterung, die mit dem Gehäuseteil verbunden ist, wobei die Halterung zur Verbindung mit dem Ölvorratsbehälter der Turbomaschine vorgesehen ist.

**[0073]** Verschiedene weitere Ausführungsformen der Erfindung enthalten eine Vorrichtung zur Überwachung eines Schmieröls in einem Ölvorratsbehälter einer Turbomaschine, wobei die Vorrichtung aufweist: ein Gehäuseteil, das enthält: ein Gehäuse; eine Grundplatte und einen Rückwandträger, der mit dem Gehäuse verbunden ist; eine Öleinlassleitung, die sich durch die Grundplatte erstreckt, wobei die Öleinlassleitung zur strömungsmässigen Verbindung mit dem Ölvorratsbehälter der Turbomaschine vorgesehen ist; eine Pumpe, die mit der Öleinlassleitung strömungsmässig verbunden ist; eine innere Leitung, die mit der Pumpe strömungsmässig verbunden ist; eine Ölanalyseeinrichtung, die mit der inneren Leitung strömungsmässig verbunden ist, wobei die Ölanalyseeinrichtung eingerichtet ist, um eine Eigenschaft des Einlassöls zu messen; und eine Ablassleitung, die mit der Ölanalyseeinrichtung strömungsmässig verbunden ist und sich durch die Grundplatte erstreckt, wobei die Ablassleitung zur strömungsmässigen Verbindung mit dem Ölvorratsbehälter der Turbomaschine vorgesehen ist; und eine Halterung, die mit dem Gehäuseteil verbunden ist, wobei die Halterung enthält: ein sich

vertikal erstreckendes Rückenteil, das mit dem Gehäuseteil verbunden ist; und eine sich horizontal erstreckende Basis zur Montage an dem Ölvorratsbehälter der Turbomaschine.

**[0074]** Fig. 5 und 6 zeigen eine schematische Vorderansicht bzw. perspektivische Teilansicht einer Schmierölüberwachungsvorrichtung (Vorrichtung) 500 gemäss verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung. Fig. 5 zeigt die Vorrichtung 500, wie sie ein Gehäuseteil 502 mit einem Gehäuse 504 über einer Grundplatte 506 und einem Rückwandträger 508 (Fig. 6) enthält. Fig. 5 veranschaulicht ferner eine Halterung 510, die mit dem Gehäuseteil 502 verbunden ist. Fig. 6 zeigt die Vorrichtung 500 in perspektivischer Ansicht ohne das Gehäuse 504 und veranschaulicht eine Öleinlassleitung 512, eine Ölpumpe 514, eine innere Leitung 516, eine Ölanalyseeinrichtung 518 und eine Ablassleitung 520. Viele Komponenten, die in Bezug auf die Vorrichtung 500 beschrieben sind, können aus herkömmlichen Materialien erzeugt sein, die in der Technik bekannt sind, z.B. aus Metallen, wie beispielsweise Stahl, Kupfer, Aluminium, Legierungen, Verbundstoffen, etc.

**[0075]** Unter Bezugnahme auf beide Fig. 5 und 6 kann die Schmierölüberwachungsvorrichtung (Vorrichtung) 500 in einigen bestimmten Ausführungsformen enthalten:

**[0076]** Ein Gehäuseteil 502, das eine Grundplatte 506 und einen Rückwandträger 508 enthält, die aus einem Metallblech oder einem anderen geeigneten Verbundwerkstoff ausgebildet sein können. Das Gehäuseteil 502 kann ferner ein Gehäuse 504 enthalten, das mit der Grundplatte 506 und dem Rückwandträger 508 verbunden ist, wie in Fig. 5 veranschaulicht. In verschiedenen Ausführungsformen kann das Gehäuse eine Schnittstelle 526, z.B. eine Mensch-Maschinen-Schnittstelle (MMS), enthalten, die eine Anzeige 528 (z.B. einen berührungsempfindlichen Bildschirm, eine digitale oder sonstige Anzeige) enthalten kann. In einigen Fällen kann die Schnittstelle 526 eine oder mehrere Warnanzeige(n) 530 enthalten, die eine oder mehrere Leuchten (z.B. LEDs), akustische Anzeigeeinrichtungen und/oder tastbare Anzeigeeinrichtungen zur Anzeige, dass ein Zustand des getesteten Öls angenähert wird, annähernd erreicht wurde oder sich einem unerwünschten Niveau (z.B. Bereich) annähern könnte, enthalten kann bzw. können.

**[0077]** Das Gehäuseteil 502 kann ferner eine Öleinlassleitung 512 enthalten, die mit der Grundplatte 506 verbunden ist und sich durch die Grundplatte 506 erstreckt. Die Öleinlassleitung 512 kann mit dem Ölvorratsbehälter der Turbomaschine (Vorratsbehälter) 540 strömungsmässig verbunden sein und ist konfiguriert, um Öl aus dem Vorratsbehälter 540 zu entnehmen. Ferner ist (in Fig. 6) veranschaulicht, dass das Gehäuseteil 502 eine Ölpumpe 514 enthalten kann, die im Wesentlichen im Inneren des Gehäuses 504 enthalten und mit der Öleinlassleitung 512 strömungsmässig verbunden ist. Die Pumpe 514 kann einen Pumpendruck zum Ansaugen des Öls aus dem Vorratsbehälter 540 durch die Öleinlassleitung 512 hindurch (und oberhalb der Grundplatte 506) bereitstellen. Das Gehäuseteil 502 kann ferner eine innere Leitung 516 enthalten, die mit der Ölpumpe 514 (an einem Auslass der Pumpe 514) und der Einlassleitung 512 strömungsmässig verbunden ist. Die innere Leitung 516 ist konfiguriert, um eingesaugtes Öl von der Pumpe 514 aufzunehmen. Das Gehäuseteil 502 kann ferner eine Ölanalyseeinrichtung 518 enthalten, die mit der inneren Leitung 516 strömungsmässig verbunden ist, wobei die Ölanalyseeinrichtung 518 eine charakteristische Eigenschaft des eingesaugten Öls (z.B. eine Partikelzahl / ISO-Niveau, eine Eisenpartikelzahl, einen Wassergehalt, eine Temperatur und/oder eine Dielektrizitätskonstante) misst. Ferner ist veranschaulicht, dass das Gehäuseteil 502 eine Ablassleitung 520 enthalten kann, die mit der Ölanalyseeinrichtung 518 strömungsmässig verbunden ist, sich durch die Grundplatte 506 hindurch erstreckt und mit dem Ölvorratsbehälter 540 strömungsmässig verbunden ist. Die Ablassleitung 520 ermöglicht ein Ableiten des getesteten Öls zurück zu dem Vorratsbehälter 540.

**[0078]** Die Vorrichtung 500 kann ferner eine Halterung 570 enthalten, die mit dem Gehäuseteil 502 verbunden ist. Die Halterung 570 kann gestaltet sein, um mit dem Ölvorratsbehälter 540 einer Turbomaschine verbunden zu sein.

**[0079]** In verschiedenen Ausführungsformen ist die Grundplatte 506 konfiguriert, um vertikal nach unten zu weisen, z.B. senkrecht zu der vertikalen Achse (y) zu verlaufen. Dies kann der Ablassleitung 520 ermöglichen, Gravitationskräfte zu nutzen, um das getestete Schmieröl zu dem Vorratsbehälter 540 zurück abzuleiten. In diesen Fällen liegt die Grundplatte 506 über dem Vorratsbehälter 540.

**[0080]** In einigen bestimmten Ausführungsformen enthält die Halterung 510 ein L-förmiges Element 572, das ein sich vertikal erstreckendes Rückenteil 574, das mit dem Gehäuseteil 502 verbunden ist, und eine sich horizontal erstreckende Basis 576 enthält. Die sich horizontal erstreckende Basis 576 kann auf dem Ölvorratsbehälter 540 der Turbomaschine montierbar sein.

**[0081]** Die Vorrichtung 500 kann durch eine Energieeinheit, z.B. eine Batterieenenergieeinheit, und/oder eine direkte Wechselstrom(AC)-Verbindung mit einer oder mehreren Energiequellen der Turbomaschine mit Energie versorgt sein.

**[0082]** Während des Betriebs ist die Vorrichtung 500 eingerichtet, um Vorratsöl aus dem Ölvorratsbehälter 540 über die Einlassleitung 512 zu entnehmen (wobei die Pumpe 514 den Druck liefert, um das Vorratsöl vertikal nach oben anzusaugen), dieses entnommene Öl durch die innere Leitung 516 zu pumpen und das Öl zu der Analyseeinrichtung 518 zum Testen zu liefern, bevor das Öl über die Ablassleitung 520 zu dem Vorratsbehälter 514 zurück ausgegeben wird. In verschiedenen Ausführungsformen entleert die Ablassleitung 520 zu einem anderen Abschnitt 580 des Vorratsbehälters 540 als dem Abschnitt 582, der mit der Einlassleitung 512 gekoppelt ist. In einigen Fällen weist der Vorratsbehälter 540 einen im Wesentlichen kontinuierlichen Strömungsweg auf, der von der Entnahmestelle 582 zu der Ablassstelle 580 verläuft, was bedeutet, dass neues Öl kontinuierlich aus der Turbomaschine in den Vorratsbehälter 540 eintritt, den Vorratsbehälter 540 durchströmt (und von der Vorrichtung 500 getestet wird) und in die Turbomaschine wieder eintritt.

**[0083]** In verschiedenen Ausführungsformen können Komponenten, die als miteinander «verbunden» beschrieben sind, entlang einer oder mehrerer Verbindungsstellen zusammengefügt sein. In einigen Ausführungsformen können diese Verbindungsstellen Verbindungen zwischen verschiedenen Komponenten umfassen, und in anderen Fällen können diese Verbindungsstellen eine fest und/oder integral ausgebildete Zwischenverbindung umfassen. Das heisst, in einigen Fällen können Komponenten, die miteinander «verbunden» sind, gleichzeitig erzeugt sein, um ein einziges durchgehendes Element zu bilden. Jedoch können diese verbundenen Komponenten in anderen Ausführungsformen als gesonderte Elemente erzeugt sein und anschliessend mittels bekannter Prozesse (z.B. Befestigung, Ultraschallschweissen, Verklebung) zusammengefügt sein.

**[0084]** Verschiedene Ausführungsformen der Erfindung enthalten eine Vorrichtung zur Überwachung eines Schmieröls in einem Ölvorratsbehälter einer Turbomaschine, wobei die Vorrichtung aufweist: ein Gehäuseteil, das enthält: ein Gehäuse; eine Grundplatte und einen Rückwandträger, der mit dem Gehäuse verbunden ist; eine Öleinlassleitung, die sich durch die Grundplatte erstreckt, wobei die Öleinlassleitung zur strömungsmässigen Verbindung mit dem Ölvorratsbehälter der Turbomaschine vorgesehen ist; eine Pumpe, die mit der Öleinlassleitung strömungsmässig verbunden ist; eine Ölanalyseinrichtung, die mit der Pumpe strömungsmässig verbunden ist; und eine Ablassleitung, die mit der Ölanalyseinrichtung strömungsmässig verbunden ist und sich durch die Grundplatte erstreckt; und eine Halterung, die mit dem Gehäuseteil verbunden ist, wobei die Halterung zur Verbindung mit dem Ölvorratsbehälter der Turbomaschine vorgesehen ist.

### Bezugszeichenliste

**[0085]**

- 60 Öltemperaturdaten
- 80 Ölverunreinigungsdaten
- 90 Ölfrequenzdaten
- 101 Umgebung
- 102 Computersystem
- 104 Verarbeitungskomponente
- 106 Speicherkomponente
- 108 Eingabe/Ausgabe(E/A)-Komponente
- 110 Kommunikationsweg
- 112 Benutzer
- 114 Überwachungssystem
- 118 Turbomaschine
- 124 Rechenvorrichtung
- 132 Satz von Modulen
- 150 Ölsensorsystem
- 500 Schmierölüberwachungsvorrichtung (Vorrichtung)
- 502 Gehäuseteil
- 504 Gehäuse
- 506 Grundplatte
- 508 Rückwandträger
- 510 Halterung
- 512 Öleinlassleitung
- 514 Ölpumpe
- 516 Innere Leitung

- 518 Ölanalyseeinrichtung
- 520 Ablassleitung
- 526 Schnittstelle
- 528 Anzeige
- 530 Warnanzeige
- 540 Ölvorratsbehälter
- 560 Ablassleitung
- 570 Halterung
- 572 L-förmiges Element
- 574 Rückenteil
- 576 Basis
- 580 Ablassstelle
- 582 Entnahmestelle

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung (500) zur Überwachung eines Schmieröls in einem Ölvorratsbehälter (540) einer Turbomaschine (118), wobei die Vorrichtung (500) aufweist:  
ein Gehäuseteil (502), das enthält:  
ein Gehäuse;  
eine Grundplatte (506) und einen Rückwandträger (508), der mit dem Gehäuse verbunden ist;  
eine Öleinlassleitung (512), die sich durch die Grundplatte (506) erstreckt, wobei die Öleinlassleitung (512) zur strömungsmässigen Verbindung mit dem Ölvorratsbehälter (540) der Turbomaschine (118) vorgesehen ist;  
eine Ölpumpe (514), die mit der Öleinlassleitung (512) strömungsmässig verbunden ist;  
eine Ölanalyseeinrichtung (518), die mit der Ölpumpe (514) strömungsmässig verbunden ist; und  
eine Ablassleitung (520, 560), die mit der Ölanalyseeinrichtung (518) strömungsmässig verbunden ist und sich durch die Grundplatte (506) erstreckt; und  
eine Halterung (510, 570), die mit dem Gehäuseteil (502) verbunden ist, wobei die Halterung (510, 570) zur Verbindung mit dem Ölvorratsbehälter (540) der Turbomaschine (118) vorgesehen ist.
2. Vorrichtung (500) nach Anspruch 1, die ferner eine innere Leitung (516) aufweist, die mit der Ölpumpe (514) und der Ölanalyseeinrichtung (518) strömungsmässig verbunden ist, um das Schmieröl von der Ölpumpe (514) zu der Ölanalyseeinrichtung (518) innerhalb des Gehäuseteils (502) zu übertragen.
3. Vorrichtung (500) nach Anspruch 1, wobei die Ablassleitung (520, 560) gestaltet ist, um mit dem Ölvorratsbehälter (540) der Turbomaschine (118) verbunden zu sein und untersuchtes Öl zu dem Ölvorratsbehälter (540) der Turbomaschine (118) zu liefern; und/oder wobei die Ablassleitung (520, 560) gestaltet ist, um mit einer Ablassstelle (580) in dem Ölvorratsbehälter (540) der Turbomaschine (118) strömungsmässig verbunden zu sein, und wobei die Öleinlassleitung (512) gestaltet ist, um mit einer Entnahmestelle (582) in dem Ölvorratsbehälter (540) der Turbomaschine (118) strömungsmässig verbunden zu sein.
4. Vorrichtung (500) nach Anspruch 3, wobei die Ablassstelle (580) sich von der Entnahmestelle (582) unterscheidet.
5. Vorrichtung (500) nach Anspruch 4, wobei sich die Ablassstelle (580) stromabwärts von der Entnahmestelle (582) entlang eines Strömungswegs des Ölvorratsbehälters (540) der Turbomaschine (118) befindet.
6. Vorrichtung (500) nach Anspruch 1, wobei das Gehäuse eine Schnittstelle (526) enthält; und/oder wobei das Gehäuse wenigstens eine Warnanzeige (530) enthält, die wenigstens entweder eine akustische Warnanzeige (530) und/oder eine visuelle Warnanzeige (530) und/oder eine tastbare Warnanzeige (530) enthält.
7. Vorrichtung (500) nach Anspruch 6, wobei die Schnittstelle (526) eine Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMS) enthält.
8. Vorrichtung (500) nach Anspruch 1, wobei die Ölpumpe (514) gestaltet ist, um das Schmieröl von dem Ölvorratsbehälter (540) der Turbomaschine (118) zu der Ölanalyseeinrichtung (518) zu pumpen; und wobei die Ölanalyseeinrichtung (518) eingerichtet ist, um eine charakteristische Eigenschaft des Schmieröls zu messen.
9. Vorrichtung (500) nach Anspruch 8, wobei die charakteristische Eigenschaft des Schmieröls wenigstens eine der folgenden Eigenschaften umfasst: eine Partikelzahl oder -niveau des Schmieröls gemäss der internationalen Orga-

nisation für Normung, eine Eisenpartikelzahl des Schmieröls, einen Wassergehalt des Schmieröls, eine Temperatur des Schmieröls oder eine Dielektrizitätskonstante des Schmieröls.

10. Vorrichtung (500) nach Anspruch 1,  
wobei eine innere Leitung (516) mit der Ölpumpe (514) strömungsmässig verbunden ist;  
und die Ablassleitung (520, 560) zur strömungsmässigen Verbindung mit dem Ölvorratsbehälter (540) der Turbomaschine (118) vorgesehen ist.

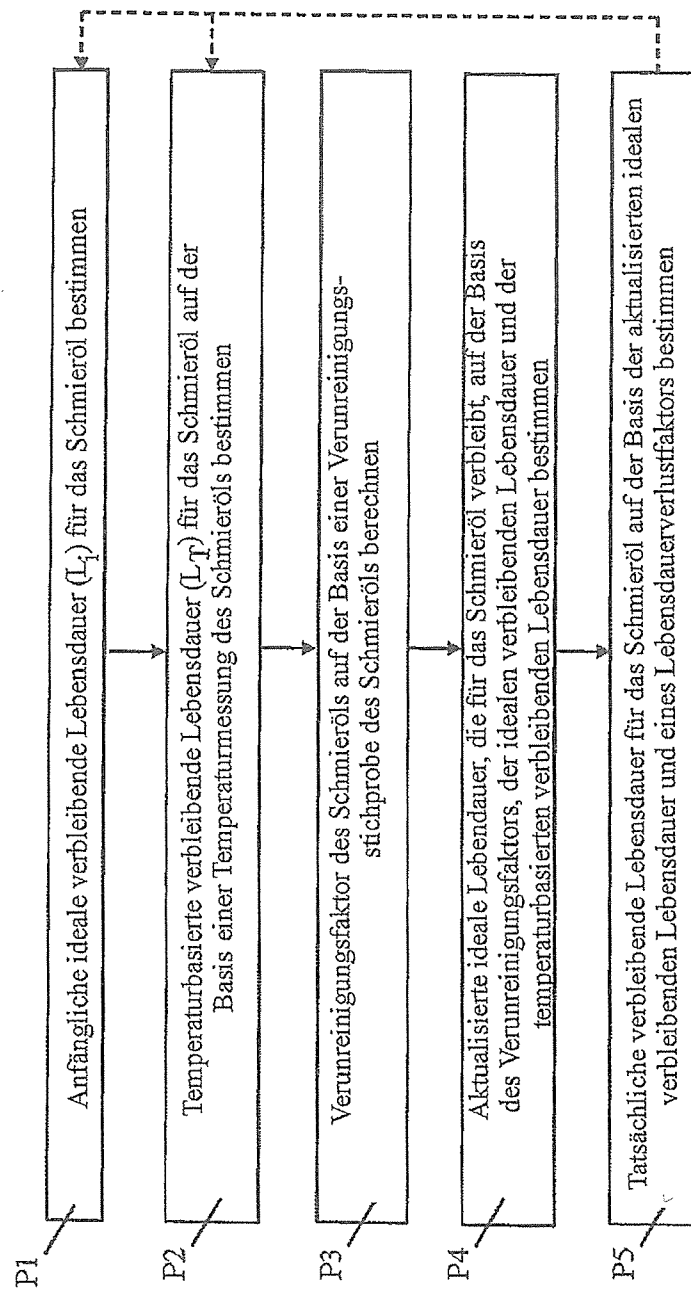


FIG. 1

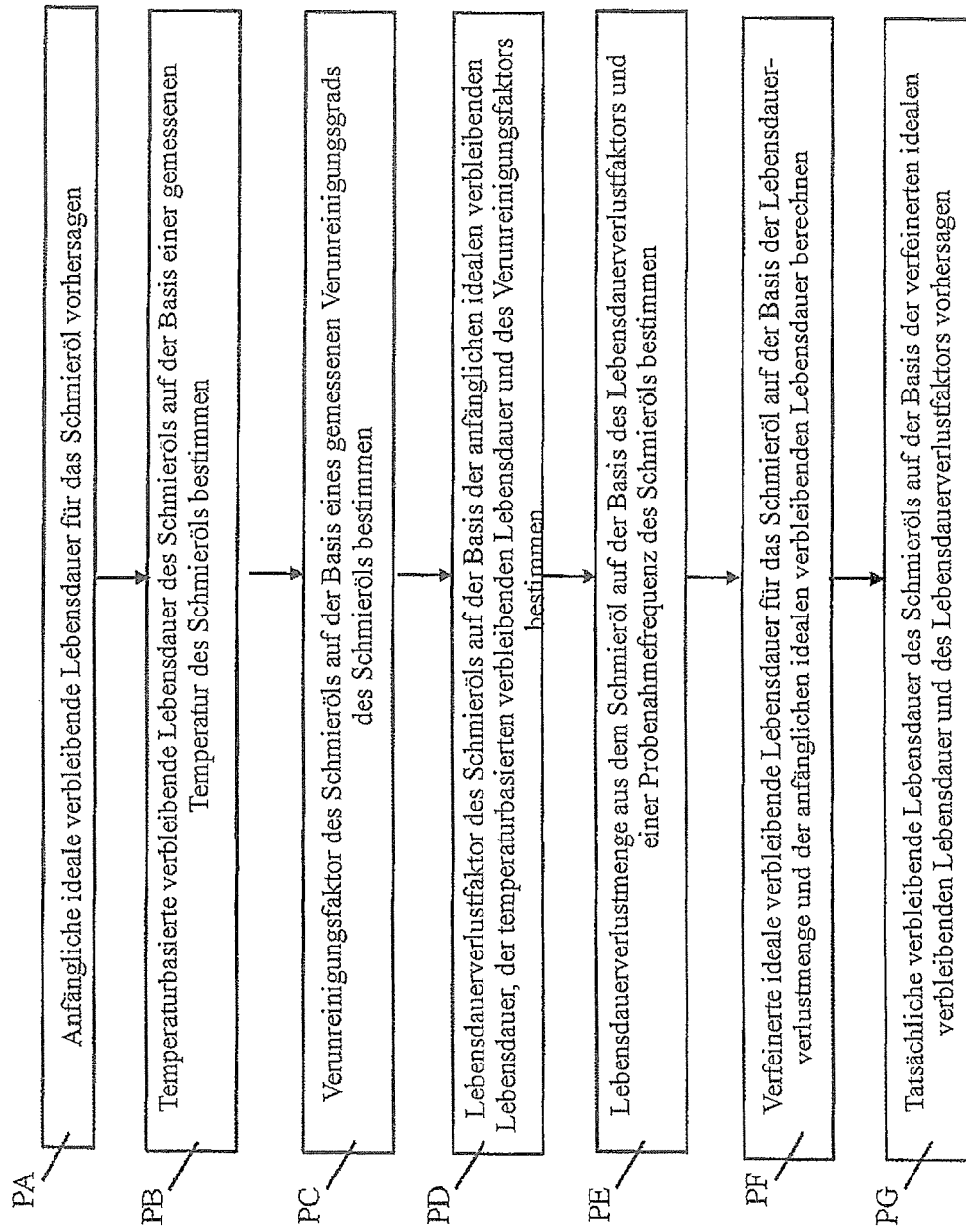


FIG. 2

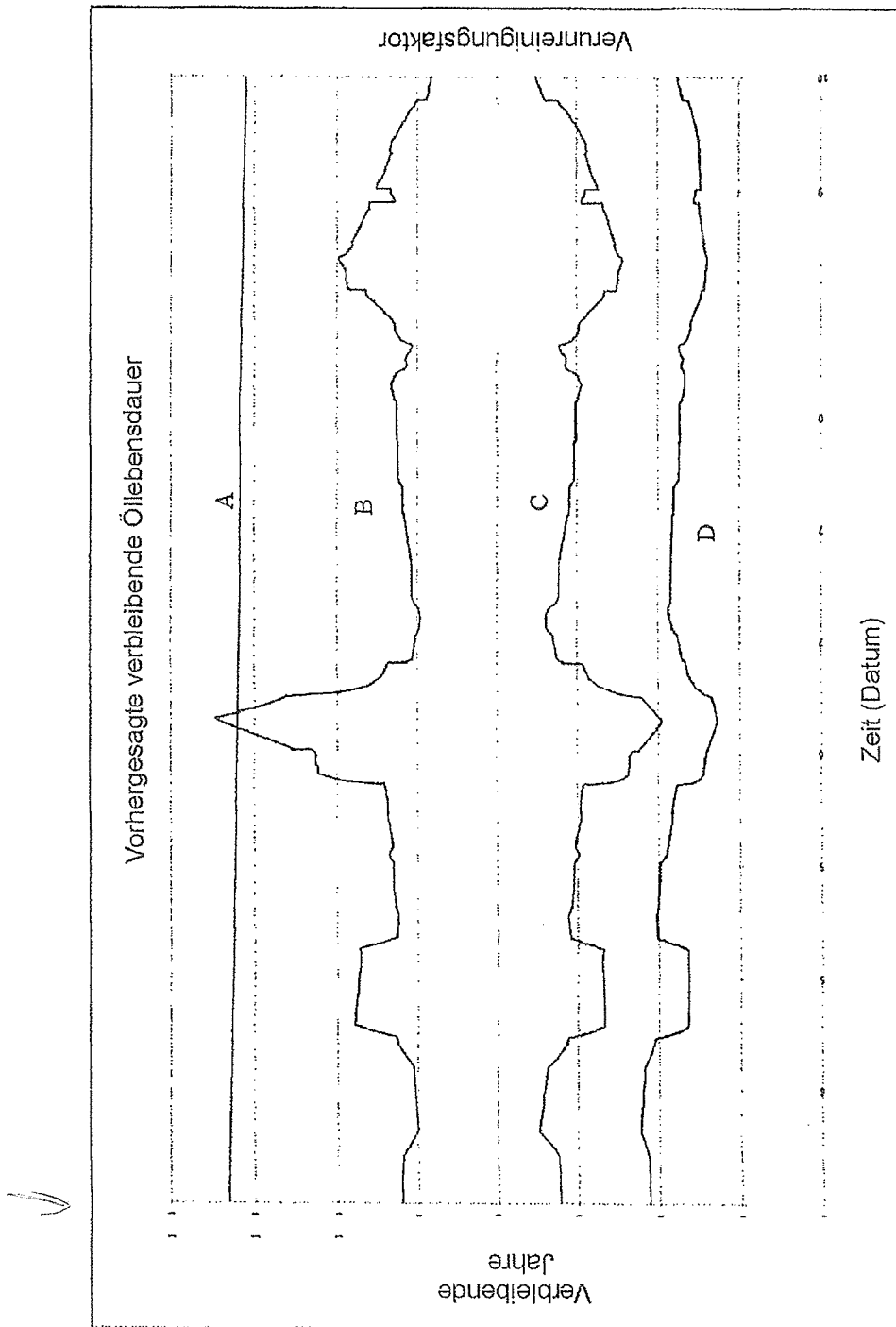


FIG. 3



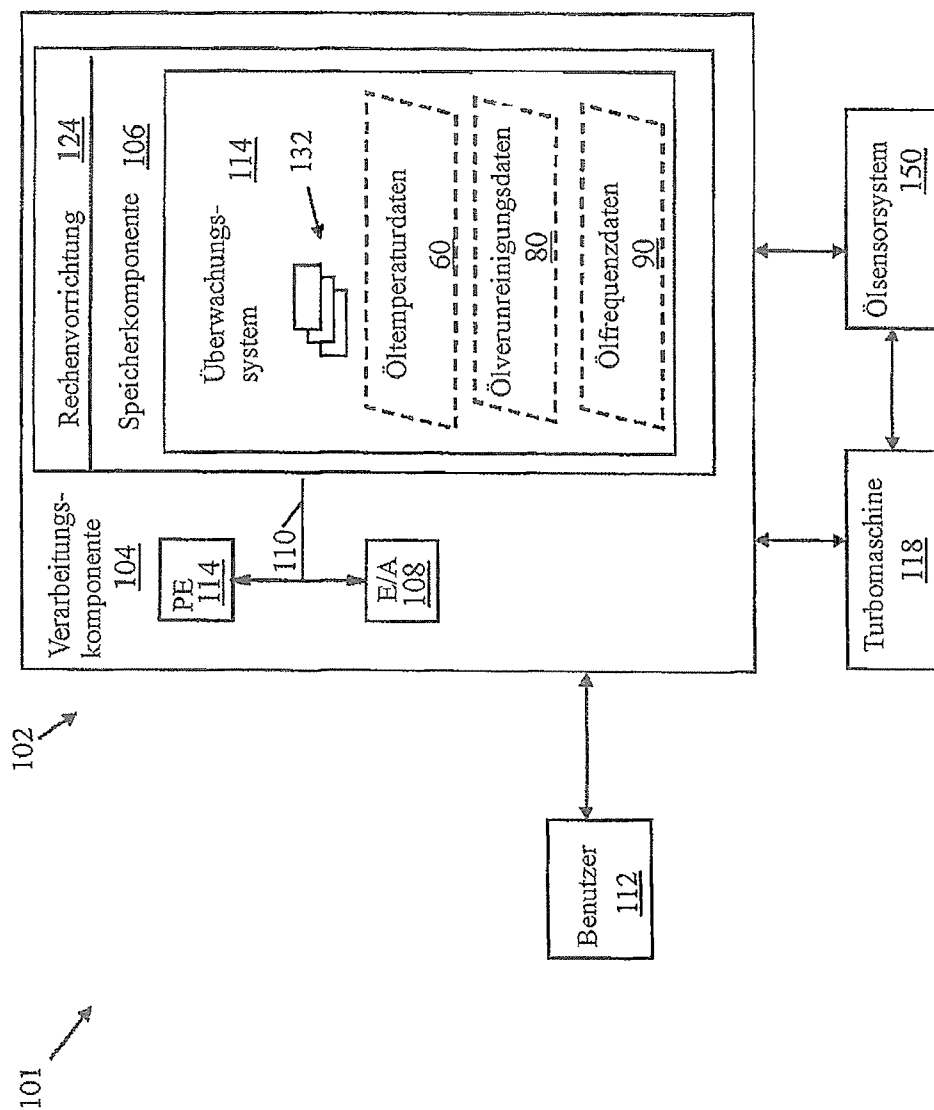


FIG. 4

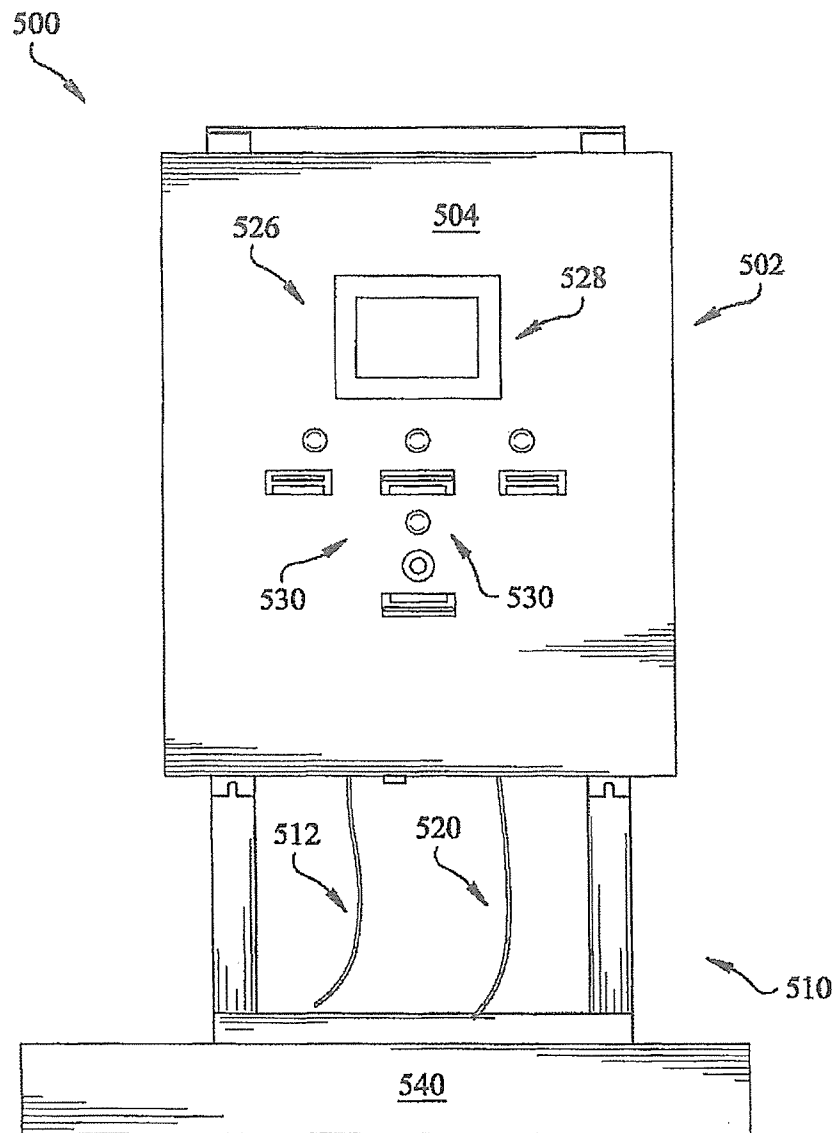


FIG. 5

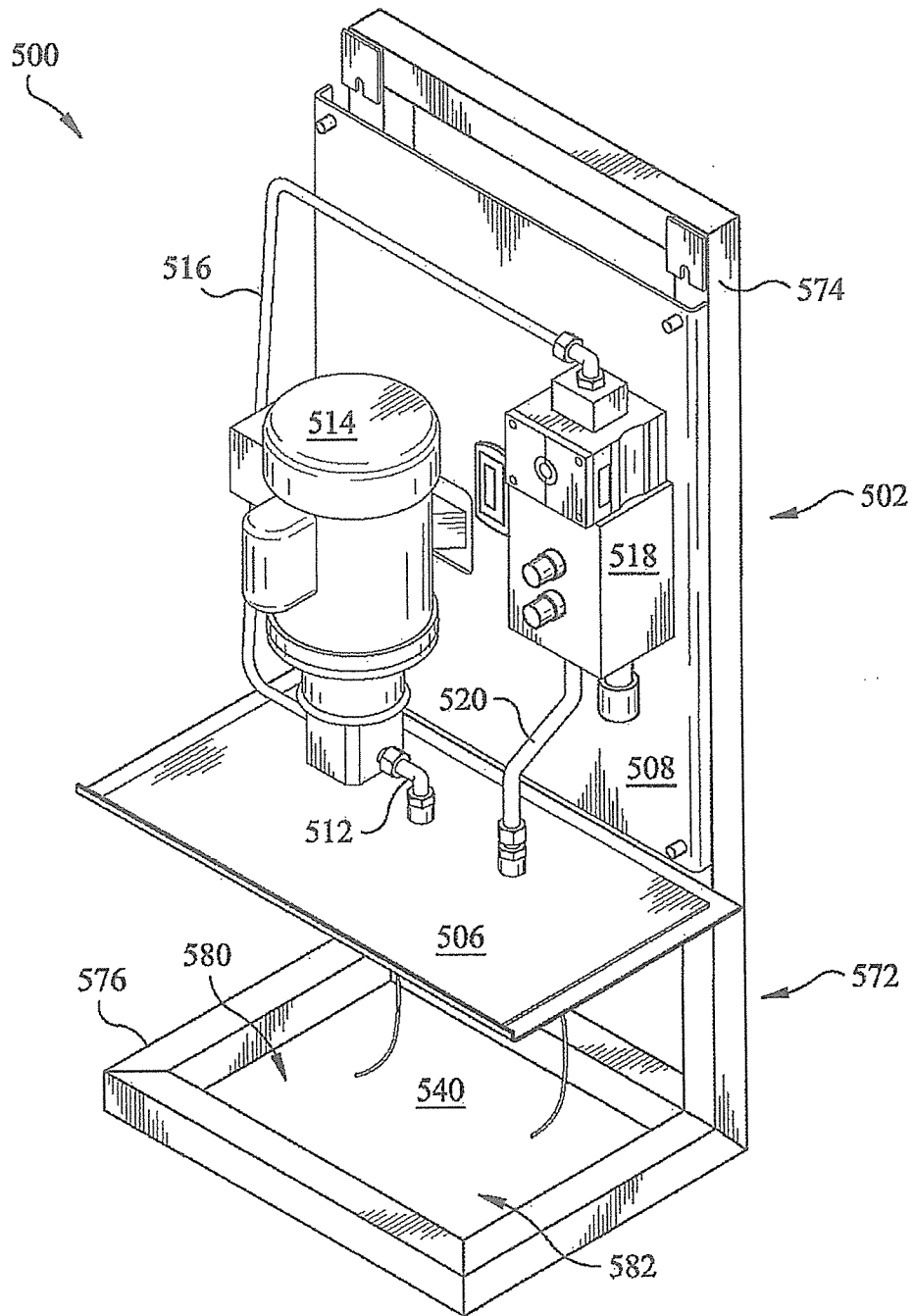


FIG. 6