

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC): (Forts.)
F15B 2211/87

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Zustandsüberwachung eines Hydraulikspeichers, wobei der Hydraulikspeicher fortlaufend Zyklen aus Beladung und Entladung mit zumindest einer hydraulischen Flüssigkeit durchläuft, wobei dazu ein Speicherbehälter mit einem ersten Behälterraum, in dem die zumindest eine hydraulische Flüssigkeit angeordnet ist und einem zweiten Behälterraum, in dem zumindest ein Gas bzw. komprimierbares Gas angeordnet ist, bereitgestellt wird und wobei beim Beladen und Entladen ein die beiden Behälterräume trennendes Trennelement bewegt bzw. verschoben wird.

[0002] Hydraulikspeicher werden zur Speicherung und zur Freisetzung von hydraulischer Energie verwendet. Die hydraulische Flüssigkeit wird dazu unter Druck in den Speicherbehälter bzw. in den ersten Behälterraum geleitet, wobei das Gas bzw. komprimierbare Gas in dem zweiten Behälterraum des Speicherbehälters komprimiert wird. Auf diese Weise wird hydraulische Energie gespeichert, die zu einem späteren Zeitpunkt als gespeicherte Energie zur Verfügung steht. Zur Abgabe der gespeicherten hydraulischen Energie wird der Hydraulikspeicher entladen, indem sich das Gas entspannt und die hydraulische Flüssigkeit aus dem Speicherbehälter bzw. dem ersten Behälterraum hinausströmen kann. Bei dem die beiden Behälterräume trennenden Trennelement kann es sich beispielsweise um einen Kolben, eine Membran oder eine Blase handeln, so dass zwischen Kolbenspeichern, Membranspeichern und Blasenspeichern unterschieden wird.

[0003] Während des Betriebes von Hydraulikspeichern kann es - beispielsweise alters- und verschleißbedingt - zu Unregelmäßigkeiten bzw. Fehlerzuständen kommen.

[0004] Bei diesen Fehlerzuständen handelt es sich insbesondere um Gasverluste zur Speicherumgebung, um Verluste der hydraulischen Flüssigkeit zur Speicherumgebung und um den Austausch von Gas und/oder hydraulischer Flüssigkeit über das Trennelement zwischen den Behälterräumen. Diese Fehlerzustände werden während des laufenden Betriebes nicht immer unmittelbar erkannt, so dass Leistungsverluste und im schlimmsten Fall ein Ausfall des Hydraulikspeichers resultieren können. In diesem Zusammenhang ist es aus der Praxis bekannt, einzelne Parameter eines Hydraulikspeichers - beispielsweise den Gasvorspanndruck - zu überprüfen, wenn sich der Hydraulikspeicher nicht im laufenden Betriebszustand befindet. Durch einen Vergleich mit einem vorgegebenen Sollwert können auf diesem Wege Informationen über den Zustand des Hydraulikspeichers erhalten werden. Diese aus der Praxis bekannten Verfahren erfordern aber in der Regel eine Abschaltung des Hydraulikspeichers, sodass dieser für einen gewissen Zeitraum nicht zur Verfügung steht. Hinzu kommt, dass zwischen der Abschaltung des Hydraulikspeichers und der Zustandsüberprüfung üblicherweise eine gewisse Wartezeit eingehalten werden muss. Die bekannten Maßnahmen sind insoweit aufwendig und insbesondere zeitaufwendig. Darüber hinaus lässt die Genauigkeit der Ergebnisse bei den bekannten Verfahren zur Zustandsüberprüfung von Hydraulikspeichern oftmals zu wünschen übrig. Fernerhin sind mit den aus der Praxis bekannten Maßnahmen nicht alle eingangs beschriebenen Fehlerzustände von Hydraulikspeichern zuverlässig und funktionssicher feststellbar und insbesondere ist der konkrete Fehlerzustand oftmals nicht eindeutig bestimmbar. - Insoweit besteht Verbesserungsbedarf.

[0005] Der Erfindung liegt demgegenüber das technische Problem zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, das eine Zustandsüberwachung eines Hydraulikspeichers im laufenden Betrieb ermöglicht, das wenig aufwendig und insbesondere wenig zeitaufwendig ist und mit dem nichtsdestoweniger Fehlerzustände bzw. konkrete Fehlerzustände des Hydraulikspeichers zuverlässig und funktionssicher feststellbar sind. Der Erfindung liegt weiterhin das technische Problem zugrunde, einen entsprechenden Hydraulikspeicher anzugeben.

[0006] Zur Lösung dieses technischen Problems lehrt die Erfindung ein Verfahren zur Zustandsüberwachung eines Hydraulikspeichers, wobei der Hydraulikspeicher fortlaufend Zyklen aus Beladung und Entladung mit zumindest einer hydraulischen Flüssigkeit durchläuft, wobei dazu ein Speicherbehälter mit einem ersten Behälterraum, in dem die zumindest eine hydraulische Flüssigkeit angeordnet ist und einem zweiten Behälterraum, in dem zumindest ein Gas bzw. komprimierbares Gas angeordnet ist, bereitgestellt wird, wobei beim Beladen und Entladen ein die beiden Behälterräume trennendes Trennelement bewegt bzw. verschoben wird, wobei im laufenden Betrieb des Hydraulikspeichers zumindest zwei, vorzugsweise zumindest drei Zustandsparameter des Hydraulikspeichers ermittelt werden, insbesondere laufend ermittelt werden, wobei zumindest eine, vorzugsweise zumindest zwei, bevorzugt zumindest drei der Zustandsparameter aus der Gruppe: "Gasdruck, Gastemperatur, Gasvolumen, Druck der hydraulischen Flüssigkeit, Temperatur der hydraulischen Flüssigkeit, Volumen der hydraulischen Flüssigkeit" ausgewählt sind, wobei zumindest einer der Zustandsparameter mithilfe einer Messvorrichtung gemessen wird, wobei aus den ermittelten Zustandsparametern zumindest ein Überwachungsparameter berechnet wird, insbesondere laufend berechnet wird, wobei zumindest ein Referenzparameter zur Verfügung gestellt wird und wobei der Überwachungsparameter mit dem Referenzparameter verglichen wird, insbesondere laufend verglichen wird, so dass eine Anomalie des Überwachungsparameters feststellbar ist.

[0007] Bei der hydraulischen Flüssigkeit handelt es sich im Rahmen der Erfindung insbesondere um ein Öl oder um eine ähnliche hydraulische Flüssigkeit. Zweckmäßigerweise ist das Gas bzw. komprimierbare Gas, das in dem zweiten

Behälterraum des Hydraulikspeichers angeordnet ist, Stickstoff.

[0008] Es empfiehlt sich, dass die ermittelten Zustandsparameter bzw. alle ermittelten Zustandsparameter aus der Gruppe: "Gasdruck, Gastemperatur, Gasvolumen, Druck der hydraulischen Flüssigkeit, Temperatur der hydraulischen Flüssigkeit, Volumen der hydraulischen Flüssigkeit" ausgewählt sind. Es ist bevorzugt, dass zumindest drei, insbesondere drei Zustandsparameter des Hydraulikspeichers im laufenden Betrieb des Hydraulikspeichers ermittelt werden. Erfindungsgemäß wird dabei zumindest einer der Zustandsparameter mithilfe einer Messvorrichtung gemessen. Vorzugsweise werden zumindest zwei der Zustandsparameter mithilfe einer bzw. jeweils einer Messvorrichtung gemessen. Bei der Messvorrichtung handelt es sich zweckmäßigerweise um einen Messsensor, beispielsweise um einen Temperatursensor, einen Drucksensor oder dergleichen. Es ist im Rahmen der Erfindung möglich, dass die Ermittlung aller Zustandsparameter durch Messung mithilfe von Messvorrichtungen erfolgt, wobei dann zweckmäßigerweise zur Messung jedes Zustandsparameters eine separate Messvorrichtung vorhanden ist. Ein durch Messung ermittelter Zustandsparameter ist im Rahmen der Erfindung insbesondere ein Zustandsparameter, dessen Werte bzw. Messwerte auf einer Messung mit zumindest einer Messvorrichtung basieren. Dabei kann es sich gemäß einer Ausführungsform der Erfindung auch um eine indirekte Messung handeln, bei der der gemessene Wert bzw. Parameter noch in den Zustandsparameter bzw. dessen Wert umgerechnet wird. Es liegt auch im Rahmen der Erfindung, dass zumindest einer der Zustandsparameter rechnerisch ermittelt wird. Dass ein Zustandsparameter rechnerisch ermittelt wird meint im Rahmen der Erfindung insbesondere, dass der Zustandsparameter modellbasiert und ohne Messung bzw. indirekte Messung des Zustandsparameters ermittelt wird, beispielsweise unter Verwendung der übrigen Zustandsparameter.

[0009] Die Erfindung hat erkannt, dass durch Ermittlung bzw. Messung von zumindest zwei Zustandsparametern eines Hydraulikspeichers im laufenden Betrieb, durch Berechnung zumindest eines Überwachungsparameters aus diesen Zustandsparametern und den insbesondere laufenden Vergleich des Überwachungsparameters mit zumindest einem zur Verfügung gestellten Referenzparameter eine funktionssichere Zustandsüberwachung des Hydraulikspeichers im laufenden Betrieb möglich ist, so dass Fehlerzustände und insbesondere konkrete Fehlerzustände des Hydraulikspeichers ohne dessen Abschaltung zuverlässig feststellbar sind.

[0010] Im Rahmen der Erfindung ist mit dem Ausdruck Parameter - etwa Zustandsparameter, Überwachungsparameter, Referenzparameter - eine physikalische Größe bzw. physikalische Messgröße gemeint. Ein ermittelter bzw. gemessener Wert eines solchen Parameters bzw. einer solchen Größe ist im Rahmen der Erfindung der Wert bzw. Messwert dieses Parameters. Dass ein Parameter hinsichtlich seiner Parameterart einem anderen Parameter entspricht, meint im Rahmen der Erfindung insbesondere, dass diese beiden Parameter die gleiche physikalische Größe bzw. Messgröße betreffen. Mit den Ausdrücken laufende Ermittlung bzw. laufende Berechnung und laufender Vergleich ist im Rahmen der Erfindung insbesondere gemeint, dass die Parameter kontinuierlich in gewissen Zeitabständen ermittelt bzw. gemessen werden oder verglichen werden. Der Ausdruck Parameterprofil meint im Rahmen der Erfindung insbesondere die Aneinanderreihung und vorzugsweise den zeitlichen Verlauf der einzelnen Messwerte der ermittelten bzw. gemessenen Parameter, insbesondere der laufend ermittelten bzw. gemessenen Parameter. Dass aus den ermittelten Zustandsparametern zumindest ein Überwachungsparameter berechnet wird, meint im Rahmen der Erfindung insbesondere, dass aus den Messwerten der Zustandsparameter ein Wert des Überwachungsparameters berechnet bzw. ermittelt wird. Für diese Berechnung können zusätzlich erforderliche Parameter bzw. Messwerte und/oder Erfahrungswerte und/oder Konstanten und dergleichen verwendet werden. Die Berechnung bzw. laufende Berechnung des Überwachungsparameters und/oder der Vergleich bzw. der laufende Vergleich des Überwachungsparameters mit dem Referenzparameter kann im Rahmen der Erfindung in einer Überwachungseinrichtung erfolgen. Die Überwachungseinrichtung kann zumindest ein Computer sein. Es ist möglich, dass an eine solche Überwachungseinrichtung eine Vielzahl von Hydraulikspeichern angeschlossen ist, die eine Speicherbatterie bilden.

[0011] Es ist bevorzugt, dass zumindest einer, vorzugsweise zumindest zwei, bevorzugt drei der Zustandsparameter aus der Gruppe "Gasdruck, Gastemperatur, Gasvolumen" ausgewählt sind. Besonders bevorzugt werden zumindest drei Zustandsparameter des Hydraulikspeichers ermittelt, insbesondere laufend ermittelt und dabei handelt es sich zumindest um die Zustandsparameter Gasdruck, Gastemperatur und Gasvolumen.

[0012] Zweckmäßigerweise ist der Überwachungsparameter hinsichtlich seiner Parameterart von den ermittelten Zustandsparametern verschieden. Es liegt weiterhin im Rahmen der Erfindung, dass der Überwachungsparameter hinsichtlich seiner Parameterart dem Referenzparameter entspricht. Insoweit beziehen sich der Überwachungsparameter und der Referenzparameter vorzugsweise auf dieselbe physikalische Größe und sind vergleichbar, insbesondere laufend vergleichbar.

[0013] Es ist bevorzugt, dass der Referenzparameter in einem Referenzbetrieb des Hydraulikspeichers ermittelt wird und/oder als Erfahrungswert vorgegeben wird. Referenzbetrieb des Hydraulikspeichers meint dabei, dass der Hydraulikspeicher fehlerzustandsfrei betrieben wird. Insoweit entspricht das Verfahren zur Ermittlung des Referenzparameters, insbesondere der laufenden Ermittlung des Referenzparameters, vorzugsweise im Wesentlichen dem Verfahren zur Zustandsüberwachung des Hydraulikspeichers, wobei der Hydraulikspeicher im Referenzbetrieb fehlerzustandsfrei ist und wobei aus den ermittelten Referenz-Zustandsparametern anstelle des Überwachungsparameters der Referenzparameter berechnet wird, insbesondere laufend berechnet wird. Zweckmäßigerweise wird durch laufende Ermittlung der

zumindest zwei Referenz-Zustandsparameter und laufende Berechnung des Referenzparameters ein Referenzparameterprofil erhalten. Der im Referenzbetrieb ermittelte Referenzparameter bzw. das Referenzparameterprofil wird zweckmäßigerweise dann im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Verfügung gestellt und mit dem zumindest einen Überwachungsparameter bzw. einem Überwachungsparameterprofil verglichen, insbesondere laufend verglichen.

Grundsätzlich ist es auch möglich, dass der zumindest eine Referenzparameter ein Erfahrungswert ist, beispielsweise ein Erfahrungswert, der in früheren Referenzmessungen vergleichbarer Hydraulikspeicher ermittelt wurde.

[0014] Eine besonders bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass aus einer Anomalie des Überwachungsparameters zumindest ein Fehlerzustand des Hydraulikspeichers bestimmt wird, wobei dazu vorzugsweise ein Erkennungsalgorithmus verwendet wird. Erfindungsgemäß wird der Überwachungsparameter mit dem Referenzparameter verglichen, insbesondere laufend verglichen, so dass eine Anomalie des Überwachungsparameters feststellbar ist. Im Rahmen der Erfindung handelt es sich bei der Anomalie um eine Abweichung des Überwachungsparameters von dem Referenzparameter bzw. um eine Abweichung des Überwachungsparameterprofils von dem Referenzparameterprofil. Wenn im laufenden Betrieb des Hydraulikspeichers keine Abweichung des Überwachungsparameters von dem Referenzparameter vorliegt, liegen im Rahmen der Erfindung keine Anomalie des Überwachungsparameters und kein Fehlerzustand des Hydraulikspeichers vor. Bei einer Abweichung des Überwachungsparameters von dem Referenzparameter, insbesondere bei einer einen Grenzwert bzw. Toleranzwert überschreitenden Abweichung, liegen im Rahmen der Erfindung eine Anomalie des Überwachungsparameters und ein Fehlerzustand des Hydraulikspeichers vor.

[0015] Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens wird aus einer Anomalie des Überwachungsparameters bzw. des Überwachungsparameterprofils zumindest ein Fehlerzustand des Hydraulikspeichers bestimmt. Zweckmäßigerweise wird für die Zuordnung der Anomalie des Überwachungsparameters zu einem bestimmten Fehlerzustand des Hydraulikspeichers ein Erkennungsalgorithmus verwendet. Die Zuordnung der Anomalie zu zumindest einem Fehlerzustand des Hydraulikspeichers bzw. der Erkennungsalgorithmus basieren auf Werten bzw. Profilen des Überwachungsparameters in einem beabsichtigt hervorgerufenen Fehlerzustand-Betrieb des Hydraulikspeichers, so dass Fehlerzustand-Werte bzw. Fehlerzustand-Profile des Überwachungsparameters zur Verfügung stehen. Bei diesen Fehlerzustand-Werten bzw. Fehlerzustand-Profilen des Überwachungsparameters kann es sich insbesondere auch um Erfahrungswerte handeln.

[0016] Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass der Fehlerzustand des Hydraulikspeichers zumindest ein Fehlerzustand aus der Gruppe "Gasverlust zur Speicherumgebung, Verlust der hydraulischen Flüssigkeit zur Speicherumgebung, Austausch von Gas und/oder hydraulischer Flüssigkeit über das Trennelement zwischen den Behälterräumen" ist. Grundsätzlich kann es sich bei dem Fehlerzustand des Hydraulikspeichers auch um andere Fehlerzustände handeln. Es liegt weiterhin im Rahmen der Erfindung, dass zwei oder drei der vorstehend genannten Fehlerzustände, die parallel bei einem Hydraulikspeicher auftreten, mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erkannt bzw. bestimmt werden können. Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es möglich, einer Anomalie des Überwachungsparameters bzw. des Überwachungsparameterprofils zumindest einen konkreten Fehlerzustand des Hydraulikspeichers zuzuordnen.

[0017] Eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, der ganz besondere Bedeutung zukommt ist dadurch gekennzeichnet, dass der Überwachungsparameter die Exergie des Hydraulikspeichers ist. Zweckmäßigerweise handelt es sich im Rahmen einer solchen Ausführungsform auch bei dem Referenzparameter um die Exergie des Hydraulikspeichers. Exergie meint im Rahmen der Erfindung insbesondere die spezifische Exergie. Es empfiehlt sich, dass ein aus der laufend aus den Zustandsparametern berechneten Exergie resultierendes Exergieprofil mit einem entsprechenden Referenzparameterprofil verglichen wird, insbesondere laufend verglichen wird, so dass eine Anomalie des Exergieprofils feststellbar ist. Aus der Anomalie der Exergie bzw. des Exergieprofils des Hydraulikspeichers lassen sich besonders funktionssicher konkrete Fehlerzustände des Hydraulikspeichers bestimmen.

[0018] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist der Überwachungsparameter die Entropie des Hydraulikspeichers. Zweckmäßigerweise ist im Rahmen einer solchen Ausführungsform auch der Referenzparameter die Entropie des Hydraulikspeichers. Entropie meint im Rahmen der Erfindung insbesondere die spezifische Entropie. Bevorzugt wird ein aus der laufend aus den Zustandsparametern berechneten Entropie resultierendes Entropieprofil mit einem entsprechenden Referenzparameterprofil verglichen, insbesondere laufend verglichen, so dass eine Anomalie des Entropieprofils feststellbar ist. Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass die Exergie bzw. das Exergieprofil und/oder die Entropie bzw. das Entropieprofil Überwachungsparameter ist bzw. sind.

[0019] Wenn gemäß bevorzugter Ausführungsform der Erfindung der Überwachungsparameter die Exergie des Hydraulikspeichers ist, werden als Zustandsparameter vorzugsweise zumindest ein den Druck des Hydraulikspeichers betreffender Zustandsparameter, insbesondere der Gasdruck und/oder der Druck der hydraulischen Flüssigkeit, zumindest ein die Temperatur des Hydraulikspeichers betreffender Zustandsparameter, insbesondere die Gastemperatur und/oder die Temperatur der hydraulischen Flüssigkeit sowie zumindest ein das Volumen des Hydraulikspeichers betreffender Zustandsparameter, insbesondere das Gasvolumen und/oder das Volumen der hydraulischen Flüssigkeit, ermittelt.

[0020] Eine besonders bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet,

dass der Überwachungsparameter, insbesondere die Exergie bzw. das Exergieprofil und/oder die Entropie bzw. das Entropieprofil, aus den ermittelten Zustandsparametern unter Verwendung einer Realgasgleichung, insbesondere einer modifizierten Bender-Gleichung berechnet wird. Zweckmäßigerweise wird auch der Referenzparameter bzw. das Referenzparameterprofil aus den ermittelten Referenz-Zustandsparametern unter Verwendung einer Realgasgleichung, insbesondere einer modifizierten Bender-Gleichung, berechnet. Die für die Berechnung der Exergie bzw. des Exergieprofils und/oder der Entropie bzw. des Entropieprofils aus den Zustandsparametern unter Verwendung einer Realgasgleichung, insbesondere einer modifizierten Bender-Gleichung, zusätzlich erforderlichen Parameter werden zweckmäßigerweise rechnerisch ermittelt und/oder als Erfahrungswerte oder Konstanten vorgegeben. Dies wird weiter unten noch näher erläutert.

[0021] Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass als Zustandsparameter des Hydraulikspeichers zumindest der Gasdruck und/oder die Gastemperatur mithilfe von zumindest einer Messvorrichtung, bevorzugt mithilfe von zumindest einem Messsensor, gemessen wird. Empfohlenermaßen handelt es sich somit bei den ermittelten Zustandsparametern zumindest um den Gasdruck und/oder die Gastemperatur und dann werden bevorzugt der Gasdruck und/oder die Gastemperatur jeweils mithilfe von zumindest einer Messvorrichtung, bevorzugt mithilfe von zumindest einem Messsensor, gemessen.

[0022] Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass die Gastemperatur und/oder der Gasdruck im Bereich eines gaseitigen Füllventils des Hydraulikspeichers gemessen wird. Es ist möglich, dass die Gastemperatur und/oder der Gasdruck speicherbehälterinnenseitig gemessen wird. Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung wird die Gastemperatur speicherbehälterinnenseitig, insbesondere in dem zweiten Behälterraum gemessen. Vorzugsweise wird die Gastemperatur und/oder der Gasdruck speicherbehälteraußenseitig, insbesondere auf der dem Speicherbehälter bzw. dem zweiten Behälterraum zugeordneten Seite des gaseitigen Füllventils gemessen. Für die speicherbehälteraußenseitige Messung der Zustandsparameter kann an dem gaseitigen Füllventil ein Messblock vorgesehen sein. Dies wird untenstehend noch näher erläutert.

[0023] Bevorzugt wird die Gastemperatur und/oder der Gasdruck im Bereich eines gaseitigen Füllventils des Hydraulikspeichers speicherbehälteraußenseitig gemessen, wobei der gemessene Wert zweckmäßigerweise mittels eines Korrekturfaktors in einen speicherbehälterinnenseitigen Wert umgerechnet wird. Bei dem Korrekturfaktor kann es sich um einen Erfahrungswert handeln. Dieser Ausführungsform liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die Gastemperatur und/oder der Gasdruck im Bereich eines gaseitigen Füllventils des Hydraulikspeichers auf der Speicherbehälteraußenseite einfach und funktionssicher gemessen werden kann und mittels eines Korrekturfaktors in einen sehr zuverlässigen speicherbehälterinnenseitigen Wert umgerechnet werden kann. Die mittels eines Korrekturfaktors in einen speicherbehälterinnenseitigen Wert umgerechneten Messwerte für die Gastemperatur und/oder den Gasdruck gelten im Rahmen der Erfindung als gemessene Zustandsparameter, da durch den Korrekturfaktor lediglich die Position der Messvorrichtung, insbesondere des Messensors, korrigiert wird.

[0024] Es liegt weiterhin im Rahmen der Erfindung, dass als Zustandsparameter des Hydraulikspeichers zumindest der Druck der hydraulischen Flüssigkeit und/oder das Volumen der hydraulischen Flüssigkeit mithilfe von zumindest einer Messvorrichtung, bevorzugt mithilfe von zumindest einem Messsensor, gemessen wird. Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung handelt es sich somit bei den ermittelten Zustandsparametern zumindest um den Druck der hydraulischen Flüssigkeit und/oder um das Volumen der hydraulischen Flüssigkeit und dann wird der Druck der hydraulischen Flüssigkeit und/oder das Volumen der hydraulischen Flüssigkeit empfohlenermaßen jeweils mithilfe von zumindest einer Messvorrichtung, bevorzugt mithilfe von zumindest einem Messsensor, gemessen. Die Messung des Druckes der hydraulischen Flüssigkeit und/oder des Volumens der hydraulischen Flüssigkeit erfolgt vorzugsweise speicherbehälteraußenseitig im Bereich eines Anschlusses auf der Seite der hydraulischen Flüssigkeit. Es ist möglich, dass anstelle des Volumens der hydraulischen Flüssigkeit der Volumenstrom der hydraulischen Flüssigkeit gemessen wird und dass vorzugsweise anschließend eine Umrechnung des Messwertes in einen Wert für das Volumen der hydraulischen Flüssigkeit erfolgt. Insoweit kann das Volumen der hydraulischen Flüssigkeit im Rahmen der Erfindung indirekt gemessen werden.

[0025] Es ist im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens bevorzugt, dass zumindest ein Zustandsparameter, insbesondere zumindest das Gasvolumen, rechnerisch ermittelt wird. Dieser Ausführungsform kommt besondere Bedeutung zu, wenn es sich bei dem Hydraulikspeicher um einen Membranspeicher oder einen Blasenspeicher handelt. Bei diesen Hydraulikspeichern ist eine Messung des Gasvolumens in der Regel nicht ohne weiteres möglich. Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Gasvolumen des Hydraulikspeichers vorzugsweise rechnerisch ermittelt. Insoweit wird der zumindest eine rechnerisch ermittelte Zustandsparameter, insbesondere das Gasvolumen, nicht mithilfe einer Messvorrichtung direkt oder indirekt gemessen, sondern modellbasiert auf rechnerischem Wege, insbesondere unter Verwendung der übrigen ermittelten Zustandsparameter ermittelt. Dies geschieht zweckmäßigerweise mittels einer Realgasgleichung, insbesondere mittels einer modifizierten Bender-Gleichung der Form:

$$p \cdot v = Z(v, T) \cdot R \cdot T \quad (\text{Gl.1})$$

[0026] Dabei ist p der Gasdruck, v das Gasvolumen, R die spezifische Gaskonstante, T die Temperatur und Z der Realgasfaktor, der die Abweichung des realen Gasverhaltens von dem idealen Gasverhalten beschreibt. Der Realgasfaktor Z wird nach der folgenden Gleichung ermittelt:

$$Z(v, T) = 1 + \sum_{i=1}^{19} B_i \cdot Y_i \quad (\text{Gl. 2})$$

[0027] Bei B_i handelt es sich um den Bender-Koeffizienten und bei Y_i um einen volumen- und temperaturabhängigen Koeffizienten. Werte für die Koeffizienten der modifizierten Bender-Gleichung, beispielsweise für Stickstoff als Gas bzw. komprimierbares Gas, sind der Literatur und beispielsweise der Veröffentlichung "Rothhäuser, S.: Verfahren zur Berechnung und Untersuchung hydropneumatischer Speicher, Dissertation, Aachen, 1993" zu entnehmen und in der nachfolgenden Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1:

i	B_i	Y_i	$\frac{\partial Y_i}{\partial v}$
1	5,1564398e-001	ω	$-v_K v^{-2}$
2	-1,2350862e+0	$\omega \tau$	$-v_K \tau v^{-2}$
3	-3,3660701e-002	$\omega \tau^2$	$-v_K \tau^2 v^{-2}$
4	-4,3693391e-001	$\omega \tau^3$	$-v_K \tau^3 v^{-2}$
5	1,6332092e-002	$\omega \tau^4$	$-v_K \tau^4 v^{-2}$
6	5,2599330e-002	ω^2	$-2v_K^2 v^{-3}$
7	2,0756488e-001	$\omega^2 \tau$	$-2v_K^2 \tau v^{-3}$
8	2,0273530e-001	$\omega^2 \tau^2$	$-2v_K^2 \tau^2 v^{-3}$
9	2,3974975e-001	ω^3	$-3v_K^3 v^{-4}$
10	-4,7905077e-001	$\omega^3 \tau$	$-3v_K^3 \tau v^{-4}$
11	-2,7239453e-002	ω^4	$-4v_K^4 v^{-5}$
12	1,2113829e-001	$\omega^4 \tau$	$-4v_K^4 \tau v^{-5}$
13	1,2924526e-002	$\omega^5 \tau$	$-5v_K^5 \tau v^{-6}$
14	-3,2495834e-001	$\omega^2 \tau^3 e^{\alpha \omega^2}$	$-2v_K^2 \tau^3 e^{\alpha v_K^2 v^{-2}} [v^{-3} + \alpha v^{-5} v_K^2]$
15	5,3924336e-001	$\omega^2 \tau^4 e^{\alpha \omega^2}$	$-2v_K^3 \tau^4 e^{\alpha v_K^2 v^{-2}} [v^{-3} + \alpha v^{-5} v_K^2]$
16	-2,0692385e-001	$\omega^2 \tau^5 e^{\alpha \omega^2}$	$-2v_K^3 \tau^5 e^{\alpha v_K^2 v^{-2}} [v^{-3} + \alpha v^{-5} v_K^2]$
17	-1,5625825e-001	$\omega^4 \tau^3 e^{\alpha \omega^2}$	$-2v_K^4 \tau^3 e^{\alpha v_K^2 v^{-2}} [2v^{-5} + \alpha v^{-7} v_K^2]$
18	5,2222667e-001	$\omega^4 \tau^4 e^{\alpha \omega^2}$	$-2v_K^4 \tau^4 e^{\alpha v_K^2 v^{-2}} [2v^{-5} + \alpha v^{-7} v_K^2]$
19	-3,8027769e-002	$\omega^4 \tau^5 e^{\alpha \omega^2}$	$-2v_K^4 \tau^5 e^{\alpha v_K^2 v^{-2}} [2v^{-5} + \alpha v^{-7} v_K^2]$

(fortgesetzt)

i	B_i	Y_i	$\frac{\partial Y_i}{\partial v}$
α	-0,9641		

[0028] Die Größen ω und τ hängen vom aktuellen und kritischen Volumen und von der aktuellen und kritischen Temperatur ab:

$$\omega = \frac{v_K}{v} \quad (\text{Gl. 3})$$

$$\tau = \frac{T_K}{T} \quad (\text{Gl. 4})$$

[0029] Die kritische Temperatur T_K und das kritische Volumen v_K für Stickstoff sind der Literatur, beispielsweise der Veröffentlichung "Rotthäuser, S.: Verfahren zur Berechnung und Untersuchung hydropneumatischer Speicher, Dissertation, Aachen, 1993" zu entnehmen und sind für Stickstoff nachfolgend in der Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2:

Größe	N ₂
$v_K/\text{m}^3/\text{kg}$	0,003221
T_K/K	126,3

[0030] Die implizite Gleichung Gl. 1 muss unter Zuhilfenahme eines numerischen Approximationsalgorithmus gelöst werden. Dazu wird vorzugsweise das Newton-Verfahren und/oder eine Fixpunktiteration verwendet. Besonders bevorzugt wird zur Lösung der Gleichung Gl. 1 das Newton-Verfahren verwendet entsprechend der Gleichung:

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)} \quad (\text{Gl. 5})$$

[0031] Es ergibt sich angewendet auf die Gleichung Gl. 1:

$$f(x_n) = p \cdot x_n - (1 + \sum_{i=1}^{19} B_i \cdot Y_i) \cdot R \cdot T \quad (\text{Gl. 6})$$

$$v_{n+1} = v_n - \frac{p \cdot v_n - (1 + \sum_{i=1}^{19} B_i \cdot Y_i) \cdot R \cdot T}{p - R \cdot T \cdot \sum_{i=1}^{19} B_i \cdot \frac{\partial Y_i}{\partial v}} \quad (\text{Gl. 7})$$

[0032] Im Rahmen der Erfindung wird als Startwert $v_{n=1}$ das spezifische Gasvolumen bei $Z=1$ entsprechend einem Idealgas verwendet mit:

$$v_{n=1} = \frac{R \cdot T}{p} \quad (\text{Gl. 8})$$

[0033] Die Ableitungen δY_i nach δv sind in der Tabelle 1 in der rechten Spalte dargestellt.

[0034] Es ist bevorzugt, dass das Gas bzw. das komprimierbare Gas Stickstoff ist. Grundsätzlich können aber auch andere Gase bzw. komprimierbare Gase im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens für den Hydraulikspeicher

verwendet werden.

[0035] Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass zumindest drei, vorzugsweise drei Zustandsparameter des Hydraulikspeichers ermittelt werden, insbesondere laufend ermittelt werden und dass es sich bei diesen drei Zustandsparametern um den Gasdruck, die Gastemperatur und das Gasvolumen handelt. Es ist möglich, dass der Gasdruck, die Gastemperatur, und das Gasvolumen jeweils mithilfe einer Messvorrichtung gemessen werden. Es ist aber auch möglich, dass zumindest ein Zustandsparameter, insbesondere das Gasvolumen, rechnerisch ermittelt wird. Nachstehend wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand von zwei Ausführungsbeispielen näher erläutert:

Erstes Ausführungsbeispiel (Kolbenspeicher):

[0036] Im Rahmen eines ersten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Zustand eines Kolbenspeichers im laufenden Betrieb, bei dem der Kolbenspeicher fortlaufend Zyklen aus Beladung und Entladung mit einem Öl als hydraulischer Flüssigkeit durchläuft, überwacht. Im Rahmen dieses Ausführungsbeispiels wird Stickstoff als Gas bzw. komprimierbares Gas verwendet. Im laufenden Betrieb des Kolbenspeichers werden vorzugsweise und im Rahmen des ersten Ausführungsbeispiels die drei Zustandsparameter Gasdruck, Gastemperatur und Gasvolumen ermittelt, insbesondere laufend ermittelt und dazu mittels jeweils einer Messvorrichtung gemessen. Zweckmäßigerweise werden der Gasdruck und die Gastemperatur speicherbehälteraußenseitig mit einem Temperatursensor und einem Drucksensor im Bereich eines gasseitigen Füllventils des Kolbenspeichers gemessen und mittels eines Korrekturfaktors, bei dem es sich zweckmäßigerweise um einen Erfahrungswert handelt, in einen speicherbehälterinnenseitigen Messwert umgerechnet. Die Messung des Gasvolumens erfolgt empfehlenermaßen indirekt durch Messung der Kolbenposition des Kolbenspeichers.

[0037] Aus den vorzugsweise laufend ermittelten Messwerten der drei Zustandsparameter wird zweckmäßigerweise und im Rahmen des Ausführungsbeispiels unter Verwendung einer modifizierten Bender-Gleichung die Exergie des Kolbenspeichers als Überwachungsparameter berechnet. Aus der laufenden Berechnung der Exergie resultiert insbesondere ein Exergieprofil bzw. Überwachungsparameterprofil. Durch einen Vergleich, insbesondere einen laufenden Vergleich, der Exergie bzw. des Exergieprofils mit einem Referenzparameter bzw. Referenzparameterprofil der Exergie, das in einem Referenzbetrieb des Kolbenspeichers ermittelt wurde, ist eine Anomalie der Exergie bzw. des Überwachungsparameters feststellbar. Aus dieser Anomalie des Überwachungsparameters bzw. der Exergie wird zweckmäßigerweise und im Ausführungsbeispiel ein Fehlerzustand des Hydraulikspeichers bestimmt. Dazu wird vorzugsweise und im Ausführungsbeispiel ein Erkennungsalgorithmus verwendet. Der Anomalie der Exergie kann im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens ein konkreter Fehlerzustand des Hydraulikspeichers zugeordnet werden.

Zweites Ausführungsbeispiel (Blasenspeicher):

[0038] Im Rahmen eines zweiten Ausführungsbeispiels wird der Zustand eines Blasenspeichers im laufenden Betrieb, in dem der Blasenspeicher fortlaufend Zyklen aus Beladung und Entladung mit einem Öl als hydraulischer Flüssigkeit durchläuft, überwacht. Im Rahmen dieses zweiten Ausführungsbeispiels wird vorzugsweise Stickstoff als Gas bzw. komprimierbares Gas für den Blasenspeicher verwendet. Im laufenden Betrieb des Blasenspeichers werden vorzugsweise und im Ausführungsbeispiel die drei Zustandsparameter Gasdruck, Gastemperatur und Gasvolumen ermittelt, insbesondere laufend ermittelt. Dazu werden zweckmäßigerweise die beiden Zustandsparameter Gasdruck und Gastemperatur jeweils mittels zumindest einer Messvorrichtung, empfehlenermaßen und im Ausführungsbeispiel mithilfe eines Temperatursensors und eines Drucksensors, gemessen, während der Zustandsparameter Gasvolumen rechnerisch ermittelt wird. Vorzugsweise und im Ausführungsbeispiel werden die Gastemperatur und der Gasdruck speicherbehälteraußenseitig, insbesondere im Bereich eines gasseitigen Füllventils des Blasenspeichers, gemessen und mittels eines Korrekturfaktors in einen speicherbehälterinnenseitigen Messwert umgerechnet. Die Ermittlung des Gasvolumens erfolgt zweckmäßigerweise modellbasiert und rein rechnerisch, vorzugsweise mittels der oben stehend erläuterten Gleichungen Gl. 1 bis Gl. 8. Dies wird nachfolgend für einen Zustand des Blasenspeichers erläutert:

Für einen speicherbehälterinnenseitigen Gasdruck $p = 230,6 \cdot 10^5$ Pa und eine speicherbehälterinnenseitige Gastemperatur $T = 320$ K, sowie eine spezifische Gaskonstante von Stickstoff $R = 296,797$ J/(kg · K) ergibt sich als Startwert des spezifischen Gasvolumens $v_{n=1}$ nach Gleichung Gl. 8 für $Z=1$ ein Wert von $0,0041$ m³/kg. Unter Verwendung der Gleichung Gl. 7 und der Tabellen 1 und 2 ist eine Präzisierung mit $v_{n=2}$ gleich $0,004526$ m³/kg möglich. Eine weitere Iteration ändert das Ergebnis nur unwesentlich und es ergibt sich

$$v_{n=3} = v = 0,004542 \text{ m}^3/\text{kg}$$

und $Z(v, T) = 1,1027$. Zur Berechnung des absoluten Gasvolumens ist die Gasmasse erforderlich, die im Rahmen der Erfindung vorzugsweise messtechnisch beim Befüllen des Hydraulikspeichers oder bei bekanntem Nennvolumen V_0 und Vorspanndruck p_0 des Hydraulikspeichers rechnerisch nach folgender Gleichung bestimmt wird:

$$m = \frac{p_0 \cdot V_0}{Z(v_0, T_0) \cdot R \cdot T_0} \quad (\text{Gl. 9})$$

[0039] Für ein Speichernennvolumen von $V_0 = 6 \text{ l}$ und einen Vorspanndruck von p_0 von 108 bar bei Atmosphärentemperatur $T_0 = 293,15 \text{ K}$ beträgt die befüllte Glasmasse $m(\text{N}_2) = 0,7396 \text{ kg}$ und das absolute Gasvolumen der Blase des Hydraulikspeichers $V = 3,36 \text{ l}$.

[0040] Aus den vorzugsweise laufend ermittelten Werten bzw. Messwerten der drei Zustandsparameter wird bevorzugt und im Rahmen des zweiten Ausführungsbeispiels unter Verwendung einer modifizierten Bender-Gleichung laufend die Exergie des Blasenspeichers berechnet. Im Rahmen der Erfindung meint Exergie vorzugsweise spezifische Exergie. Nachfolgend wird die Berechnung der spezifischen Exergie e für den bereits vorstehend für die Erläuterung der Berechnung des Gasvolumens zugrunde gelegten Zustand des Blasenspeichers erläutert:

[0041] Die spezifische Exergie e wird im Rahmen der Erfindung nach der folgenden Gleichung aus den ermittelten Zustandsparametern berechnet:

$$e = [u - u_0] - T_0 \cdot [s - s_0] + p_0 \cdot [v - v_0] \quad (\text{Gl. 10})$$

[0042] Dabei ist u die spezifische innere Energie in J/kg , u_0 die spezifische innere Energie im Referenzzustand 0 in J/kg , s die spezifische Entropie in $\text{J/(kg} \cdot \text{K)}$, s_0 die spezifische Entropie im Referenzzustand 0 in $\text{J/(kg} \cdot \text{K)}$, T_0 die Referenztemperatur in K , p_0 der Referenzdruck in Pa , v das spezifische Gasvolumen in m^3/kg und v_0 das spezifische Gasvolumen im Referenzzustand 0 in m^3/kg . Die Bestimmung der spezifischen Exergie e erfolgt vorzugsweise unter Verwendung der modifizierten Bender-Gleichung Gl. 1, sowie der Änderung der spezifischen inneren Energie Δu nach:

$$u - u_0 = c_v \cdot (T - T_0) \quad (\text{Gl. 11})$$

[0043] Zudem wird die Änderung der spezifischen Entropie Δs :

$$s - s_0 = c_p \cdot \ln\left(\frac{T}{T_0}\right) - R \cdot \ln\left(\frac{p}{p_0}\right) \quad (\text{Gl. 12})$$

verwendet. Dabei sind c_p und c_v die spezifischen Wärmekapazitäten bei konstantem Druck bzw. konstantem Volumen. Für das reale Gasverhalten muss die Berechnung der Exergie bzw. spezifischen Exergie unter Berücksichtigung der Temperatur- und Druckabhängigkeit dieser spezifischen Wärmekapazitäten und unter Berücksichtigung der Volumenabhängigkeit der inneren Energie u erfolgen. Der Literatur, beispielsweise "Rotthäuser, S.: Verfahren zur Berechnung und Untersuchung hydropneumatischer Speicher, Dissertation, Aachen, 1993" sind entsprechend für die Gleichungen Gl. 11 und Gl. 12 die folgenden Vorschriften zu entnehmen und werden bevorzugt im Rahmen der Erfindung verwendet:

Für die spezifische innere Energie gemäß Gleichung Gl. 11:

$$u - u_0 = \left[\sum_{i=1}^4 \frac{1}{i} \cdot P_i \cdot T^i \right]_{T_0}^T - R \cdot (T - T_0) + R \cdot T \cdot \left[\sum_{i=1}^{19} B_i \cdot YU_i \right]_{\omega_0}^{\omega} \quad (\text{Gl. 13})$$

[0044] Für die spezifische Entropie nach Gleichung Gl. 12:

$$s - s_0 = \left[\sum_{i=1}^4 P_i \cdot CT_i \right]_{T_0}^T - R \cdot \ln\left(\frac{T \cdot v_0}{T_0 \cdot v}\right) - R \cdot \left[\sum_{i=1}^{19} B_i \cdot YS_i \right]_{\omega_0}^{\omega} \quad (\text{Gl. 14})$$

[0045] Die modifizierten Bender-Koeffizienten wurden bereits oben stehend in der Tabelle 1 aufgeführt. Die weiteren Koeffizienten P_i , CT_i , YU_i und YS_i sind der Literatur, beispielsweise der vorstehend erwähnten Literaturstelle zu entnehmen und in der nachfolgenden Tabelle 3 dargestellt:

Tabelle 3:

i	P_i	CT_i	YU_i	YS_i
1	1111,98	$\ln T$	0	ω
2	-484,25e-3	T	$\omega \tau$	0
3	956,45e-6	$T^2/2$	$2\omega \tau^2$	$-\omega \tau^2$
4	-416,99e-9	$T^3/3$	$3\omega \tau^3$	$-2\omega \tau^3$
5			$4\omega \tau^4$	$-3\omega \tau^4$
6			0	$\omega^2/2$
7			$\omega^2 \tau/2$	0
8			$\omega^2 \tau^2$	$-\omega^2 \tau^2/2$
9			0	$\omega^3/3$
10			$\omega^3 \tau/3$	0
11			0	$\omega^4/4$
12			$\omega^4 \tau/4$	0
13			$\omega^5 \tau/4$	0
14			$3\tau^3 e^{\alpha \omega^2}/2\alpha$	$-2\tau^3 e^{\alpha \omega^2}/2\alpha$
15			$4\tau^4 e^{\alpha \omega^2}/2\alpha$	$-3\tau^4 e^{\alpha \omega^2}/2\alpha$
16			$5\tau^5 e^{\alpha \omega^2}/2\alpha$	$-4\tau^5 e^{\alpha \omega^2}/2\alpha$
17			$3/2\alpha(\omega^2 - 1/\alpha)\tau^3 e^{\alpha \omega^2}$	$-2/2\alpha(\omega^2 - 1/\alpha)\tau^3 e^{\alpha \omega^2}$
18			$4/2\alpha(\omega^2 - 1/\alpha)\tau^4 e^{\alpha \omega^2}$	$-3/2\alpha(\omega^2 - 1/\alpha)\tau^4 e^{\alpha \omega^2}$
19			$5/2\alpha(\omega^2 - 1/\alpha)\tau^5 e^{\alpha \omega^2}$	$-4/2\alpha(\omega^2 - 1/\alpha)\tau^5 e^{\alpha \omega^2}$

[0046] Für den bereits oben stehend erläuterten Zustand des Blasenspeichers bei einem speicherbehälterinnenseitigen Gasdruck p von $230,6 \cdot 10^5$ Pa und einer Gastemperatur T von 320 K ergibt sich für eine spezifische Gaskonstante von Stickstoff $R = 296,797$ J/(kg · K) und mittlere spezifische Wärmekapazitäten c_p von 1219 J/(kg · K) und c_v von 779 J/(kg · K) für die spezifische Exergie Folgendes:

Die Änderung der spezifischen Energie nach Gleichung Gl. 13 und Tabelle 3 ergibt 6743,81 J/kg. Die Änderung der spezifischen Entropie nach Gleichung Gl. 14 und Tabelle 3 ergibt -161,83 J/(kg · K). Das spezifische Gasvolumen nach Gleichung Gl. 1 ist aus der oben stehenden erläuternden Berechnung bekannt und beträgt $v = 0,004542$ m³/kg. Das spezifische Referenzvolumen v_0 ist unter Anwendung der modifizierten Bender-Gleichung nach Gl. 1 wie folgt berechenbar.

$$v_0 = \frac{Z(v_0, T_0) \cdot R \cdot T_0}{p_0} = 0,00811 \text{ m}^3 \quad (\text{Gl. 15})$$

[0047] Dabei wird wie oben stehend ausgeführt von einem exemplarischen Vorspanndruck p_0 von 108 bar bei Atmosphärentemperatur $T_0 = 293,15$ K ausgegangen und es ergibt sich ein spezifisches Referenzvolumen v_0 von 0,00811 m³. Für die spezifische Exergie des realen Gases nach Gleichung Gl. 10 ergibt sich dann ein Wert $e = 16229,77$ J/kg.

[0048] Aus der laufenden Berechnung der Exergie resultiert insbesondere ein Exergieprofil bzw. Überwachungsparameterprofil. Durch einen Vergleich, insbesondere einen laufenden Vergleich der Exergie bzw. des Exergieprofils mit einem Referenzparameter bzw. einem Referenzparameterprofil der Exergie, das in einem Referenzbetrieb des Blasenspeichers ermittelt wurde, ist eine Anomalie der Exergie bzw. des Exergieprofils feststellbar. Aus dieser Anomalie des Überwachungsparameters bzw. der Exergie wird zweckmäßigerweise und im Ausführungsbeispiel zumindest ein Fehlerzustand des Blasenspeichers bestimmt, wobei dazu vorzugsweise ein Erkennungsalgorithmus verwendet wird.

[0049] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung kann die Exergie bzw. einer ihrer Bestandteile nach vereinfachten Gleichungen Gl. 11 und Gl. 12 bestimmt werden. Dabei wird insbesondere die Annahme getroffen, dass es sich bei dem Gas bzw. komprimierbaren Gas um ein Idealgas handelt. Zweckmäßigerweise werden dann die spezifischen

Wärmekapazitäten bei konstantem Volumen c_v und konstantem Druck c_p in den Gleichungen Gl. 11 und Gl. 12 als konstant angenommen und die Druckabhängigkeit der spezifischen inneren Energie u wird vernachlässigt. Dann kann vorzugsweise die Berechnung der Exergie bzw. spezifischen Exergie e und ihrer Bestandteile vereinfacht für ideales Gasverhalten nach den Gleichungen Gl. 10 bis Gl. 12 erfolgen.

[0050] Es liegt im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens, dass der Zustand einer Vielzahl von Hydraulikspeichern in einer Speicherbatterie überwacht wird. Dazu kann die Berechnung der jeweiligen Überwachungsparameter und/oder der Vergleich des Überwachungsparameters mit dem Referenzparameter durch eine zentrale Überwachungseinrichtung erfolgen. Bei der Überwachungseinrichtung kann es sich beispielsweise um zumindest einen Computer handeln. Es ist im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens weiterhin möglich, dass eine Anomalie des Überwachungsparameters und/oder ein Fehlerzustand des Hydraulikspeichers signalisiert wird. Eine solche Signalisierung kann beispielsweise grafisch und/oder akustisch erfolgen.

[0051] Zur Lösung des technischen Problems lehrt die Erfindung weiterhin einen Hydraulikspeicher zur Speicherung einer unter Druck stehenden hydraulischen Flüssigkeit, insbesondere für ein vorstehend beschriebenes Verfahren zur Zustandsüberwachung eines Hydraulikspeichers, wobei ein Speicherbehälter vorgesehen ist, der einen ersten Behälterraum und einen zweiten Behälterraum aufweist, wobei in dem ersten Behälterraum eine unter Druck stehende hydraulische Flüssigkeit und in dem zweiten Behälterraum ein Gas bzw. komprimierbares Gas angeordnet ist, wobei die beiden Behälterräume durch ein bewegbares bzw. verschiebbares Trennelement voneinander getrennt sind, wobei der Hydraulikspeicher zumindest eine Messvorrichtung, insbesondere zumindest einen Messsensor, zur Messung zumindest eines Zustandsparameters, ausgewählt aus der Gruppe "Gasdruck, Gastemperatur, Gasvolumen, Druck der hydraulischen Flüssigkeit, Temperatur der hydraulischen Flüssigkeit, Volumen der hydraulischen Flüssigkeit" im laufenden Betrieb aufweist.

[0052] Es ist bevorzugt, dass die zumindest eine Messvorrichtung bzw. der zumindest eine Messsensor im Bereich eines gaseitigen Füllventils und/oder im Bereich eines Anschlusses auf der Seite der hydraulischen Flüssigkeit angeordnet ist. Zweckmäßigerweise ist die zumindest eine Messvorrichtung bzw. der zumindest eine Messsensor speicherbehälteraußenseitig angeordnet und zwar besonders bevorzugt im Bereich eines gaseitigen Füllventils und/oder im Bereich eines Anschlusses auf der Seite der hydraulischen Flüssigkeit. Wenn im Rahmen der Erfindung mehrere Messvorrichtungen bzw. Messsensoren vorgesehen sind, können diese vorzugsweise jeweils speicherbehälteraußenseitig angeordnet sein und bevorzugt jeweils im Bereich eines gaseitigen Füllventils oder im Bereich eines Anschlusses auf der Seite der hydraulischen Flüssigkeit angeordnet sein. Durch die speicherbehälteraußenseitige Anordnung der zumindest einen Messvorrichtung kann einfach und funktionssicher eine Nachrüstung von Hydraulikspeichern erfolgen, um die Zustandsüberwachung dieser Hydraulikspeicher im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens zu ermöglichen.

[0053] Es ist bevorzugt, dass der Hydraulikspeicher, insbesondere speicherbehälteraußenseitig, zumindest einen Messblock aufweist, in dem die zumindest eine Messvorrichtung, vorzugsweise alle Messvorrichtungen für die Messung der Zustandsparameter, angeordnet sind. Gemäß besonders bevorzugter Ausführungsform der Erfindung ist speicherbehälteraußenseitig im Bereich des gaseitigen Füllventils und/oder des Anschlusses auf der Seite der hydraulischen Flüssigkeit ein Messblock angeordnet, der die zumindest eine Messvorrichtung aufweist. Es ist möglich, dass der Messblock alle zur Messung der Zustandsparameter vorgesehenen Messvorrichtungen bzw. Messsensoren aufweist. Ein solcher Messblock kann auf einfache Weise speicherbehälteraußenseitig an dem Hydraulikspeicher angeordnet werden und ermöglicht eine wenig aufwendige Ausrüstung bzw. Nachrüstung des Hydraulikspeichers mit der zumindest einen Messvorrichtung. Zweckmäßigerweise wird der Messblock zwischen dem gaseitigen Füllventil bzw. dem Anschluss auf der Seite der hydraulischen Flüssigkeit und dem Speicherbehälter bzw. dem jeweiligen Behälterraum montiert.

[0054] Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Hydraulikspeichers ist dadurch gekennzeichnet, dass der Hydraulikspeicher ein Kolbenspeicher ist und dass das Trennelement ein in dem Speicherbehälter verschiebbarer Kolben ist.

[0055] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Hydraulikspeichers ist der Hydraulikspeicher ein Membranspeicher, wobei das Trennelement eine in dem Speicherbehälter bewegbare bzw. verschiebbare Membran ist.

[0056] Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass der Hydraulikspeicher ein Blasenspeicher ist und dass das Trennelement eine in dem Speicherbehälter bewegbare bzw. expandierbare Blase ist.

[0057] Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass der erfindungsgemäße Hydraulikspeicher Teil einer Speicherbatterie aus einer Vielzahl von Hydraulikspeichern ist.

[0058] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass mit dem erfindungsgemäßen Verfahren im laufenden Betrieb eines Hydraulikspeichers eine funktionssichere und zuverlässige Zustandsüberwachung möglich ist. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es durch Ermittlung von Zustandsparametern des Hydraulikspeichers im laufenden Betrieb und dem Vergleich eines daraus berechneten Überwachungsparameters mit einem Referenzparameter eine Anomalie des Überwachungsparameters festzustellen. Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens kann aus einer solchen Anomalie ein Fehlerzustand des Hydraulikspeichers funktionssicher und überraschend einfach bestimmt bzw. erkannt

werden. Das erfindungsgemäße Verfahren erfordert keine Abschaltung des Hydraulikspeichers oder einer entsprechenden Speicherbatterie, sodass Verfügbarkeitseinbußen vermieden werden können. Darüber hinaus können im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens sehr genaue Informationen über den Fehlerzustand des Hydraulikspeichers erhalten werden. Wenn gemäß bevorzugter Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens der Überwachungsparameter die Exergie des Hydraulikspeichers ist, kann durch fortlaufende Berechnung des Überwachungsparameters ein Überwachungsparameterprofil bzw. Exergieprofil mit einem Referenzparameterprofil mit der Exergie verglichen werden, insbesondere laufend verglichen werden, so dass eine Anomalie der Exergie bzw. des Exergieprofils feststellbar ist. Aus der Anomalie der Exergie bzw. des Exergieprofils lassen sich besonders funktionssicher konkrete Fehlerzustände des Hydraulikspeichers bestimmen. Es ist weiterhin anzumerken, dass das erfindungsgemäße Verfahren wenig aufwendig und insbesondere wenig zeit- und kostenaufwendig ist.

[0059] Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer lediglich ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnung näher erläutert. Es zeigen in schematischer Darstellung:

Fig. 1 einen Schnitt durch einen als Blasenspeicher ausgebildeten erfindungsgemäßen Hydraulikspeicher,

Fig. 2 ein Verfahrensschema für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einem Hydraulikspeicher gemäß der Fig. 1.

[0060] Die Fig. 1 zeigt einen erfindungsgemäßen Hydraulikspeicher 1, der vorzugsweise und im Ausführungsbeispiel als Blasenspeicher mit einer bewegbaren bzw. expandierbaren Blase als Trennelement 7 ausgebildet ist. Der Hydraulikspeicher 1 dient zur Speicherung einer unter Druck stehenden hydraulischen Flüssigkeit 2, bei der es sich zweckmäßigerweise und im Ausführungsbeispiel um ein Öl handelt. Der Hydraulikspeicher 1 weist einen Speicherbehälter 3 mit einem ersten Behälterraum 4 und einem zweiten Behälterraum 5 auf, wobei in dem ersten Behälterraum 4 die unter Druck stehende hydraulische Flüssigkeit 2 und in dem zweiten Behälterraum 5 ein Gas bzw. komprimierbares Gas 6 angeordnet ist. Die beiden Behälterräume 4, 5 sind durch die bewegbare bzw. expandierbare Blase als Trennelement 7 voneinander getrennt.

[0061] Der Hydraulikspeicher 1 weist empfehlenermaßen und im Ausführungsbeispiel zwei Messvorrichtungen 9 in Form von Messsensoren auf. Die Messvorrichtungen 9 bzw. Messsensoren sind zur Messung von Zustandsparametern des Hydraulikspeichers 1 vorgesehen. Im Rahmen der Erfindung und im Ausführungsbeispiel handelt es sich bei den beiden Messvorrichtungen 9 um einen Temperatursensor und einen Drucksensor, die zur Messung des Gasdruckes und der Gastemperatur des Hydraulikspeichers 1 vorgesehen sind. Die beiden Messvorrichtungen 9 sind empfehlenermaßen und im Ausführungsbeispiel im Bereich eines gaseitigen Füllventils 8 des Hydraulikspeichers 1 angeordnet. Zweckmäßigerweise und im Ausführungsbeispiel sind die Messvorrichtungen 9 bzw. Messsensoren zudem speicherbehälteraußenseitig angeordnet. Gemäß empfohlener Ausführungsform und im Ausführungsbeispiel ist im speicherbehälteraußenseitigen Bereich auf der dem Speicherbehälter 3 bzw. dem zweiten Behälterraum 5 zugeordneten Seite des gaseitigen Füllventils 8 dazu ein Messblock 11 angeordnet, der die beiden Messvorrichtungen 9 bzw. Messsensoren aufweist.

[0062] Der Hydraulikspeicher 1 weist zudem zweckmäßigerweise und im Ausführungsbeispiel einen Anschluss 12 auf der Seite der hydraulischen Flüssigkeit 2 auf. Grundsätzlich kann der Messblock 11 auch im Bereich des Anschluss 12 auf der Seite der hydraulischen Flüssigkeit 2 angeordnet sein. Im Rahmen einer solchen Ausführungsform können die Messvorrichtungen 9 bzw. Messsensoren beispielsweise den Druck der hydraulischen Flüssigkeit und das Volumen bzw. den Volumenstrom der hydraulischen Flüssigkeit messen. Es ist auch möglich, dass der Hydraulikspeicher sowohl im Bereich seines gaseitigen Füllventils 8, als auch im Bereich seines Anschlusses 12 auf der Seite der hydraulischen Flüssigkeit 2 zumindest eine Messvorrichtung 9 bzw. einen Messblock 11 aufweist.

[0063] Die Fig. 2 zeigt zur Veranschaulichung ein Verfahrensschema für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einem Hydraulikspeicher gemäß der Fig. 1. Der Hydraulikspeicher 1 durchläuft fortlaufend Zyklen aus Beladung und Entladung mit der hydraulischen Flüssigkeit 2. Beim Beladen und Entladen wird das die beiden Behälterräume 4, 5 trennende Trennelement 7 in Form der bewegbaren bzw. expandierbaren Blase bewegt bzw. verschoben. Im laufenden Betrieb des Hydraulikspeichers 1 werden im Rahmen der Erfindung und im Ausführungsbeispiel die drei Zustandsparameter Gasdruck p_G , Gastemperatur T_G und Gasvolumen V_G des Hydraulikspeichers 1 ermittelt, wobei die Gastemperatur T_G und der Gasdruck p_G mithilfe jeweils einer Messvorrichtung 9 bzw. einem Messsensor gemessen werden und wobei das Gasvolumen V_G rechnerisch ermittelt wird. Bei den Messvorrichtungen 9 handelt es sich somit empfehlenermaßen und im Ausführungsbeispiel um einen Temperatursensor und einen Drucksensor.

[0064] Im Rahmen der Erfindung und im Ausführungsbeispiel werden die drei Zustandsparameter p_G , T_G und V_G laufend ermittelt. Zweckmäßigerweise und im Ausführungsbeispiel gemäß der Fig. 2 wird aus den drei Zustandsparametern in einer Überwachungseinrichtung 10 ein Überwachungsparameter $\ddot{U}P$ laufend berechnet. Weiterhin wird ein zweckmäßigerweise in einem Referenzbetrieb des Hydraulikspeichers 1 ermittelter Referenzparameter RP zur Verfügung gestellt und vorzugsweise und im Ausführungsbeispiel wird in der Überwachungseinrichtung 10 der Referenzparameter RP laufend mit dem Überwachungsparameter $\ddot{U}P$ verglichen. Gemäß bevorzugter Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens

5 dungsgemäßen Verfahrens wird ein aus der laufenden Berechnung des Überwachungsparameters ÜP resultierendes Überwachungsparameterprofil mit einem in einem Referenzbetrieb des Hydraulikspeichers ermittelten bzw. berechneten Referenzparameterprofil verglichen, insbesondere laufend verglichen. Empfohlenermaßen und im Ausführungsbeispiel ist der Überwachungsparameter hinsichtlich seiner Parameterart von den ermittelten Zustandsparametern verschieden.

10 **[0065]** Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens ist durch den Vergleich, insbesondere den laufenden Vergleich des Referenzparameters mit dem Überwachungsparameter eine Anomalie des Überwachungsparameters feststellbar. Aus der Anomalie des Überwachungsparameters ÜP wird zweckmäßigerweise und im Ausführungsbeispiel zumindest ein Fehlerzustand F des Hydraulikspeichers 1 bestimmt. Bei diesem Fehlerzustand kann es sich insbesondere um einen Fehlerzustand aus der Gruppe "Gasverlust zur Umgebung, Verlust der hydraulischen Flüssigkeit 2 zur Umgebung, Austausch von Gas 6 und/oder hydraulischer Flüssigkeit 2 über das Trennelement 7 zwischen den Behälterräumen 4, 5" handeln. Im Rahmen der Erfindung und im Ausführungsbeispiel gemäß der Fig. 2 werden die Gastemperatur T_G und der Gasdruck p_G im Bereich des gasseitigen Füllventils 8 des Hydraulikspeichers 1 speicherbehälteraußenseitig mittels zweier Messvorrichtungen 9 bzw. Messsensoren gemessen. Die Messvorrichtungen 9 bzw. Messsensoren sind vorzugsweise und im Ausführungsbeispiel in einem Messblock 11 angeordnet, der speicherbehälteraußenseitig im Bereich des gasseitigen Füllventils 8 angeordnet ist. Im Rahmen der Erfindung und im Ausführungsbeispiel werden die speicherbehälteraußenseitig gemessene Gastemperatur und/oder der speicherbehälteraußenseitig gemessene Gasdruck mittels eines Korrekturfaktors in speicherbehälterinnenseitige Messwerte umgerechnet.

Patentansprüche

- 25 1. Verfahren zur Zustandsüberwachung eines Hydraulikspeichers, wobei der Hydraulikspeicher (1) fortlaufend Zyklen aus Beladung und Entladung mit zumindest einer hydraulischen Flüssigkeit (2) durchläuft, wobei dazu ein Speicherbehälter (3) mit einem ersten Behälterraum (4), in dem die zumindest eine hydraulische Flüssigkeit (2) angeordnet ist und einem zweiten Behälterraum (5), in dem zumindest ein Gas bzw. komprimierbares Gas (6) angeordnet ist, bereitgestellt wird, wobei beim Beladen und Entladen ein die beiden Behälterräume (4, 5) trennendes Trennelement (7) bewegt bzw. verschoben wird,

30 wobei im laufenden Betrieb des Hydraulikspeichers (1) zumindest zwei, vorzugsweise zumindest drei Zustandsparameter des Hydraulikspeichers (1) ermittelt werden, insbesondere laufend ermittelt werden, wobei zumindest einer, vorzugsweise zumindest zwei, bevorzugt zumindest drei der Zustandsparameter aus der Gruppe: "Gasdruck, Gastemperatur, Gasvolumen, Druck der hydraulischen Flüssigkeit (2), Temperatur der hydraulischen Flüssigkeit (2), Volumen der hydraulischen Flüssigkeit (2)" ausgewählt sind, wobei zumindest einer der Zustandsparameter mithilfe einer Messvorrichtung (9) gemessen wird, wobei aus den ermittelten Zustandsparametern zumindest ein Überwachungsparameter berechnet wird, insbesondere laufend berechnet wird,

35 wobei zumindest ein Referenzparameter zur Verfügung gestellt wird und wobei der Überwachungsparameter mit dem Referenzparameter verglichen wird, insbesondere laufend verglichen wird, sodass eine Anomalie des Überwachungsparameters feststellbar ist.
- 40 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Überwachungsparameter hinsichtlich seiner Parameterart von den ermittelten Zustandsparametern verschieden ist und/oder wobei der Überwachungsparameter hinsichtlich seiner Parameterart dem Referenzparameter entspricht.
- 45 3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei der Referenzparameter in einem Referenzbetrieb des Hydraulikspeichers (1) ermittelt wird und/oder als Erfahrungswert vorgegeben wird.
- 50 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei aus einer Anomalie des Überwachungsparameters zumindest ein Fehlerzustand des Hydraulikspeichers (1) bestimmt wird, wobei dazu vorzugsweise ein Erkennungsalgorithmus verwendet wird.
- 55 5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei der Fehlerzustand zumindest ein Fehlerzustand aus der Gruppe "Gasverlust zur Speicherumgebung, Verlust der hydraulischen Flüssigkeit (2) zur Speicherumgebung, Austausch von Gas (6) und/oder hydraulischer Flüssigkeit (2) über das Trennelement (7) zwischen den Behälterräumen (4, 5)" ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Überwachungsparameter die Exergie des Hydraulikspeichers (1) ist und wobei vorzugsweise ein aus der laufend aus den Zustandsparametern berechneten Exergie re-

sultierendes Exergieprofil mit einem entsprechenden Referenzparameterprofil verglichen wird, insbesondere laufend verglichen wird, sodass eine Anomalie des Exergieprofils feststellbar ist.

- 5 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Überwachungsparameter die Entropie des Hydraulikspeichers (1) ist und wobei vorzugsweise ein aus der laufend aus den Zustandsparametern berechneten Entropie resultierendes Entropieprofil mit einem entsprechenden Referenzparameterprofil verglichen wird, insbesondere laufend verglichen wird, so dass eine Anomalie des Entropieprofils feststellbar ist.
- 10 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Überwachungsparameter, insbesondere die Exergie bzw. das Exergieprofil und/oder die Entropie bzw. das Entropieprofil, aus den ermittelten Zustandsparametern unter Verwendung einer Realgasgleichung, insbesondere einer modifizierten Bender-Gleichung berechnet wird.
- 15 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei als Zustandsparameter des Hydraulikspeichers (1) zumindest der Gasdruck und/oder die Gastemperatur mithilfe von zumindest einer Messvorrichtung (9), bevorzugt mithilfe von zumindest einem Messsensor, gemessen wird.
- 20 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Gastemperatur und/oder der Gasdruck im Bereich eines gasseitigen Füllventils (8) des Hydraulikspeichers (1), insbesondere speicherbehälteraußenseitig, gemessen wird, wobei der gemessene Wert vorzugsweise mittels eines Korrekturfaktors in einen speicherbehälterinnenseitigen Wert umgerechnet wird.
- 25 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei als Zustandsparameter des Hydraulikspeichers (1) zumindest der Druck der hydraulischen Flüssigkeit (2) und/oder das Volumen der hydraulischen Flüssigkeit (2) mithilfe von zumindest einer Messvorrichtung (9), bevorzugt mithilfe von zumindest einem Messsensor, gemessen wird.
- 30 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei zumindest ein Zustandsparameter des Hydraulikspeichers (1), insbesondere zumindest das Gasvolumen, rechnerisch ermittelt wird und bevorzugt mittels einer modifizierten Bender-Gleichung ermittelt wird.
- 35 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei das Gas bzw. das komprimierbare Gas (6) Stickstoff ist.
- 40 14. Hydraulikspeicher (1) zur Speicherung einer unter Druck stehenden hydraulischen Flüssigkeit (2), insbesondere für ein Verfahren zur Zustandsüberwachung eines Hydraulikspeichers gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei ein Speicherbehälter (3) vorgesehen ist, der einen ersten Behälterraum (4) und einen zweiten Behälterraum (5) aufweist, wobei in dem ersten Behälterraum (4) eine unter Druck stehende hydraulische Flüssigkeit (2) und in dem zweiten Behälterraum (5) ein Gas bzw. komprimierbares Gas (6) angeordnet ist, wobei die beiden Behälterräume (4, 5) durch ein bewegbares bzw. verschiebbares Trennelement (7) voneinander getrennt sind, wobei der Hydraulikspeicher (1) zumindest eine Messvorrichtung (9), insbesondere zumindest einen Messsensor, zur Messung zumindest eines Zustandsparameters des Hydraulikspeichers (1), ausgewählt aus der Gruppe: "Gasdruck, Gastemperatur, Gasvolumen, Druck der hydraulischen Flüssigkeit (2), Temperatur der hydraulischen Flüssigkeit (2), Volumen der hydraulischen Flüssigkeit (2)", im laufenden Betrieb aufweist.
- 45 15. Hydraulikspeicher nach Anspruch 14, wobei die zumindest eine Messvorrichtung (9) bzw. der zumindest eine Messsensor im Bereich eines gasseitigen Füllventils (8) und/oder im Bereich eines Anschlusses (12) auf der Seite der hydraulischen Flüssigkeit (2), insbesondere speicherbehälteraußenseitig, angeordnet ist.
- 50 16. Hydraulikspeicher nach einem der Ansprüche 14 oder 15, wobei speicherbehälteraußenseitig im Bereich des gasseitigen Füllventils (8) und/oder des Anschlusses (12) auf der Seite der hydraulischen Flüssigkeit (2) ein Messblock (11) angeordnet ist, der die zumindest eine Messvorrichtung (9) aufweist.
- 55 17. Hydraulikspeicher nach einem der Ansprüche 14 bis 16, wobei der Hydraulikspeicher (1) ein Kolbenspeicher ist und wobei das Trennelement (7) ein in dem Speicherbehälter (3) verschiebbarer Kolben ist.
18. Hydraulikspeicher nach einem der Ansprüche 14 bis 16, wobei der Hydraulikspeicher (1) ein Membranspeicher ist und wobei das Trennelement (7) eine in dem Speicherbehälter (3) bewegbare bzw. verschiebbare Membran ist.
19. Hydraulikspeicher nach einem der Ansprüche 14 bis 16, wobei der Hydraulikspeicher (1) ein Blasenspeicher ist und wobei das Trennelement (7) eine in dem Speicherbehälter (3) bewegbare bzw. expandierende Blase ist.

- 16

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei zumindest ein Zustandsparameter des Hydraulikspeichers (1), insbesondere zumindest das Gasvolumen, rechnerisch ermittelt wird und bevorzugt mittels einer modifizierten Bernoulli-Gleichung ermittelt wird.

5 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Gas bzw. das komprimierbare Gas (6) Stickstoff ist.

10 11. Hydraulikspeicher (1) zur Speicherung einer unter Druck stehenden hydraulischen Flüssigkeit (2), für ein Verfahren zur Zustandsüberwachung eines Hydraulikspeichers gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei ein Speicherbehälter (3) vorgesehen ist, der einen ersten Behälterraum (4) und einen zweiten Behälterraum (5) aufweist, wobei in dem ersten Behälterraum (4) eine unter Druck stehende hydraulische Flüssigkeit (2) und in dem zweiten Behälterraum (5) ein Gas bzw. komprimierbares Gas (6) angeordnet ist, wobei die beiden Behälterräume (4, 5) durch ein bewegbares bzw. verschiebbares Trennelement (7) voneinander getrennt sind, wobei der Hydraulikspeicher (1) zumindest eine Messvorrichtung (9), insbesondere zumindest einen Messsensor, zur Messung zumindest eines Zustandsparameters des Hydraulikspeichers (1), ausgewählt aus der Gruppe: "Gasdruck, Gastemperatur, Gasvolumen, Druck der hydraulischen Flüssigkeit (2), Temperatur der hydraulischen Flüssigkeit (2), Volumen der hydraulischen Flüssigkeit (2)", im laufenden Betrieb aufweist und wobei speicherbehälteraußenseitig im Bereich des gasseitigen Füllventils (8) und/oder des Anschlusses (12) auf der Seite der hydraulischen Flüssigkeit (2) ein Messblock (11) angeordnet ist, der die zumindest eine Messvorrichtung (9) aufweist.

20 12. Hydraulikspeicher nach Anspruch 11, wobei die zumindest eine Messvorrichtung (9) bzw. der zumindest eine Messsensor im Bereich eines gasseitigen Füllventils (8) und/oder im Bereich eines Anschlusses (12) auf der Seite der hydraulischen Flüssigkeit (2), insbesondere speicherbehälteraußenseitig, angeordnet ist.

25 13. Hydraulikspeicher nach einem der Ansprüche 11 oder 12, wobei der Hydraulikspeicher (1) ein Kolbenspeicher ist und wobei das Trennelement (7) ein in dem Speicherbehälter (3) verschiebbarer Kolben ist.

14. Hydraulikspeicher nach einem der Ansprüche 11 oder 12, wobei der Hydraulikspeicher (1) ein Membranspeicher ist und wobei das Trennelement (7) eine in dem Speicherbehälter (3) bewegbare bzw. verschiebbare Membran ist.

30 15. Hydraulikspeicher nach einem der Ansprüche 11 oder 12, wobei der Hydraulikspeicher (1) ein Blasenspeicher ist und wobei das Trennelement (7) eine in dem Speicherbehälter (3) bewegbare bzw. expandierende Blase ist.

35

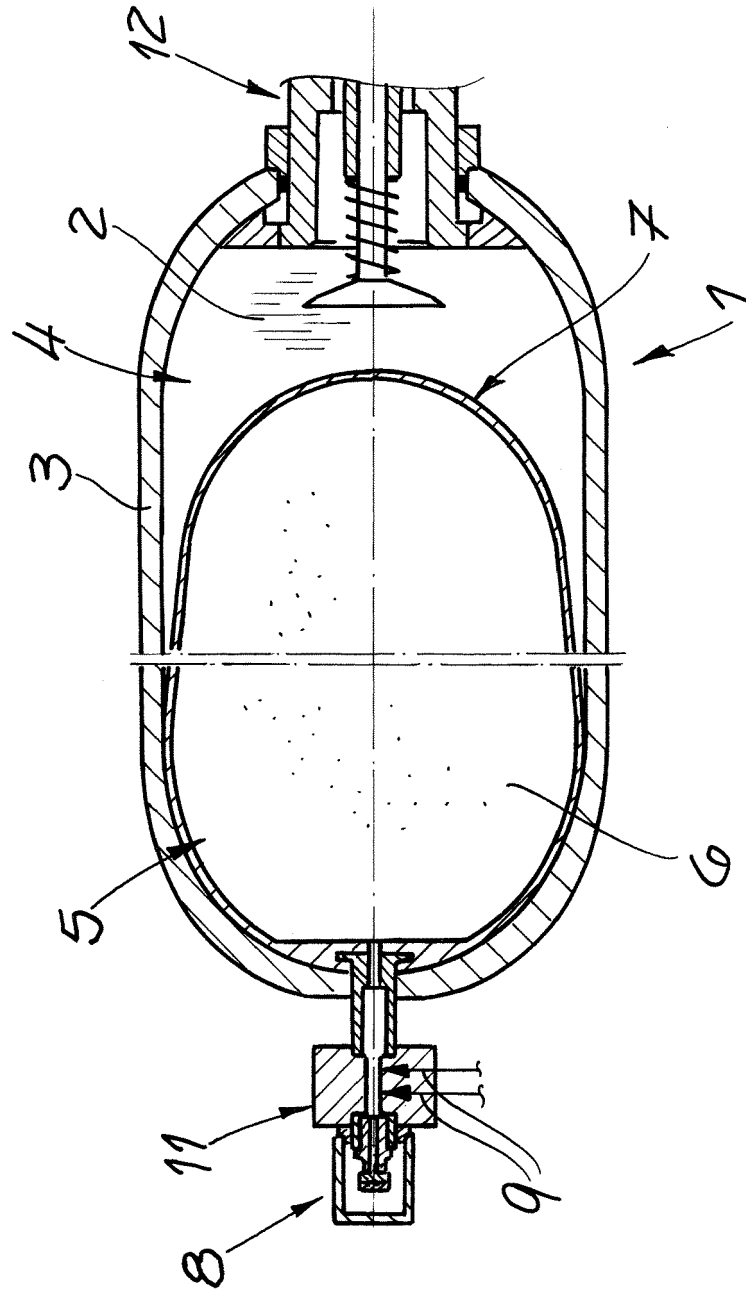
40

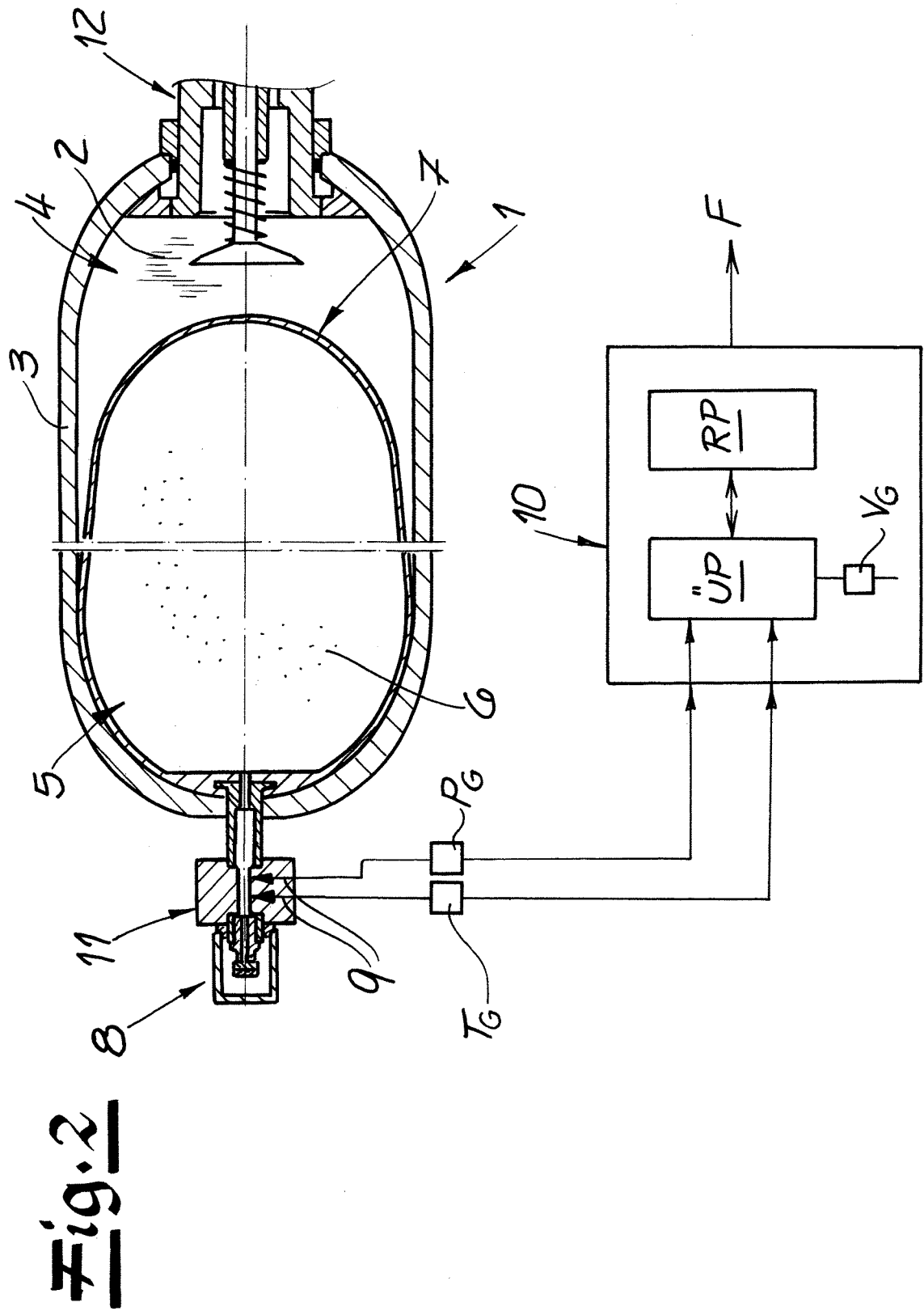
45

50

55

Fig. 1







EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 21 17 5378

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 3 348 844 A1 (HYDAC TECHNOLOGY GMBH [DE]) 18. Juli 2018 (2018-07-18) * Absätze [0008], [0011], [0013], [0014], [0015], [0028], [0029], [0034], [0035], [0038], [0039], [0042], [0043]; Anspruch 14; Abbildung 1; Beispiele 1,18,20,32,34 *	1-5, 8-10, 12-19	INV. F15B19/00 F15B1/08
X	DE 10 2020 104040 B3 (IFM ELECTRONIC GMBH [DE]) 25. Februar 2021 (2021-02-25) * Absätze [0010], [0011], [0012], [0013], [0019], [0021]; Ansprüche 1,5; Abbildung 1; Beispiele 1,2,3,4,5,6,8,9 *	1-5, 8-10, 12-16,19	
X	US 2020/182262 A1 (BLACKWELL ANTHONY [GB] ET AL) 11. Juni 2020 (2020-06-11) * Absätze [0008], [0098], [0099]; Abbildungen 1,2,3; Beispiele 7,72,75,71,73,70,35 *	1-17	
X	US 2019/228637 A1 (CHEN DAYAO [US] ET AL) 25. Juli 2019 (2019-07-25) * Absätze [0017], [0022], [0023], [0024], [0025], [0026], [0029]; Abbildungen 1,2,7; Beispiele 1,44,46,48,50,54,55.56.58 *	2-5,9-17	F15B
X	GB 2 588 597 A (AIRBUS OPERATIONS LTD [GB]) 5. Mai 2021 (2021-05-05) * Absätze [0005] - [0010], [0016], [0017], [0034], [0036], [0046] - [0048], [0050], [0090], [0091], [0093], [0095]; Abbildungen 2,3,1; Beispiele 210,100,213,212,214 *	1-19	
		-/--	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 28. Oktober 2021	Prüfer Deligiannidis, N
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	



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 21 17 5378

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 199 17 210 A1 (HYDAC TECHNOLOGY GMBH [DE]) 26. Oktober 2000 (2000-10-26) * Absätze [0016], [0017]; Abbildung 1; Beispiele 1,3,5,31,47,13,15 *	1,2,8	
A	DE 10 2013 200444 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 17. Juli 2014 (2014-07-17) * siehe in Abs. 0037 die Exergie "innere Energie" und in Abs. 0046 "aus ... inneren Energie ... Volumen 17 des Gases 16 ermittelt"; Absätze [0005], [0036], [0037], [0038], [0039], [0046]; Abbildungen 1,3; Beispiele 10,18,16,20 *	2,6,8	
A	PETRIC JOKO: "Modeling of Hydro-pneumatic Energy Storage System", 2013 8TH EUROSIM CONGRESS ON MODELLING AND SIMULATION, IEEE, 10. September 2013 (2013-09-10), Seiten 214-219, XP032719457, DOI: 10.1109/EUROSIM.2013.48 [gefunden am 2015-01-08] * S.215, Z.36-39, siehe die Nutzung der Entropie, der Exergie ("internal energy") als Überwachungsparameter "state variable", sieh auch Formel (2)-(11) und die Realgasgleichung (12); Seite 215, Zeile 29 - Seite 216, Zeile 24; Abbildungen 1,2,5 *	2,6-8	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 28. Oktober 2021	Prüfer Deligiannidis, N
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	

EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)

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

EP 21 17 5378

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente 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.

28-10-2021

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 3348844 A1	18-07-2018	EP 2401511 A1 EP 3348844 A1	04-01-2012 18-07-2018
DE 102020104040 B3	25-02-2021	DE 102020104040 B3 EP 3869045 A1	25-02-2021 25-08-2021
US 2020182262 A1	11-06-2020	CN 111094766 A EP 3635263 A1 JP 2020522658 A US 2020182262 A1 WO 2018224834 A1	01-05-2020 15-04-2020 30-07-2020 11-06-2020 13-12-2018
US 2019228637 A1	25-07-2019	KEINE	
GB 2588597 A	05-05-2021	KEINE	
DE 19917210 A1	26-10-2000	AT 377155 T DE 19917210 A1 DK 1171715 T3 EP 1171715 A1 ES 2292434 T3 US 6758096 B1 WO 0063562 A1	15-11-2007 26-10-2000 03-03-2008 16-01-2002 16-03-2008 06-07-2004 26-10-2000
DE 102013200444 A1	17-07-2014	KEINE	

EPO FORM P0461

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