

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50724/2018
(22) Anmeldetag: 24.08.2018
(43) Veröffentlicht am: 15.10.2019

(51) Int. Cl.: **F04B 51/00** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102007007005 A1
DE 102006014269 A1
EP 3211275 A1
DE 102006001585 A1

(71) Patentanmelder:
ENGEL AUSTRIA GmbH
4311 Schwertberg (AT)

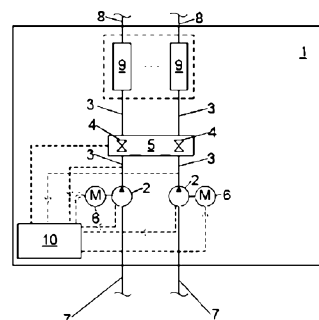
(72) Erfinder:
Pichler Kurt Dipl.Ing. Dr.
4710 Tollet (AT)
Haas Rainer Dipl.Ing. Dr.
4020 Linz (AT)
Bader Pascal Dipl.Ing. Dr.
4223 Katsdorf (AT)
Kilian Friedrich Johannes Dipl.Ing. Dr.
4501 Neuhofen an der Krems (AT)

(74) Vertreter:
Torggler Paul Mag. Dr.
6020 Innsbruck (AT)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Zustandsüberwachung einer Hydraulikpumpe**

(57) Verfahren zur Zustandsüberwachung wenigstens einer Hydraulikpumpe (2) eines Hydrauliksystems einer Formgebungsmaschine (1), wobei die wenigstens eine Hydraulikpumpe (2) mit zumindest einer Druckleitung (3) verbunden ist, und dazu ausgebildet ist, zur Bereitstellung eines Druckes (p) in der zumindest einen Druckleitung (3) mit einem Verdrängungsvolumen (v) oder einer Drehzahl betrieben zu werden, wobei das Verdrängungsvolumen (v) oder die Drehzahl der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) plötzlich geändert wird und durch eine Analyse einer zeitlichen Reaktion des Druckes (p) in der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) und/oder in der zumindest einen Druckleitung (3) ein Zustand der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) bestimmt wird.

Fig. 1



Zusammenfassung:

Verfahren zur Zustandsüberwachung wenigstens einer Hydraulikpumpe (2) eines Hydrauliksystems einer Formgebungsmaschine (1), wobei die wenigstens eine Hydraulikpumpe (2) mit zumindest einer Druckleitung (3) verbunden ist, und dazu ausgebildet ist, zur Bereitstellung eines Druckes (p) in der zumindest einen Druckleitung (3) mit einem Verdrängungsvolumen (v) oder einer Drehzahl betrieben zu werden, wobei das Verdrängungsvolumen (v) oder die Drehzahl der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) plötzlich geändert wird und durch eine Analyse einer zeitlichen Reaktion des Druckes (p) in der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) und/oder in der zumindest einen Druckleitung (3) ein Zustand der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) bestimmt wird.

(Fig. 1)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Zustandsüberwachung wenigstens einer Hydraulikpumpe eines Hydrauliksystems einer Formgebungsmaschine mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 bzw. des Anspruchs 6.

Hydraulikpumpen verschleifen aus unterschiedlichen Gründen, insbesondere durch Reibung an Kontaktflächen sowie erhöhter Abrieb aufgrund von Partikeln unterschiedlicher Größen im Hydrauliköl.

Bei Innenzahnradpumpen kann dieser Verschleiß beispielsweise der Abrieb der Kontaktfläche zwischen

- den Zähnen des Innen- und Außenzahnrades,
 - den Zahnspitzen und dem Füllstück,
 - dem Innen- sowie Außenzahnrad und den achsialen Dichtscheiben,
 - dem Außenzahnrad und dem Gehäuse (radial sowie achsial)
- sein.

Bei Kolbenpumpen kann als Beispiel der Abrieb

- zwischen Kolben und Zylinder
 - an der Aufnahme der Zylinder
 - an der Steuerscheibe
- erfolgen.

Insbesondere durch den Abrieb von Metallpartikel, hohen Drehgeschwindigkeiten, Kavitation, schlechter Ölqualität und einer hohen Betriebsdauer wird der Verschleiß der Hydraulikpumpe weiter begünstigt. Eine Hydraulikpumpe ist daher ein Antriebssystem mit einer gewissen Lebensdauer, welches nach einer gewissen Zeit zu tauschen ist.

Die Hauptauswirkung eines zunehmenden Verschleißes ist eine Steigerung von Leckagen der Hydraulikpumpe. Diese Leckagen entstehen durch die obengenannten Abriebe, welche zur Erhöhung der Spaltmaße und daher zu einer verschlechterten Dichtung der Komponenten zueinander führen.

Gattungsgemäße Verfahren und Vorrichtungen gehen aus den folgenden Schriften hervor:

DE 101 56 927 A1 beschreibt eine Vorrichtung zur Steuerung und Überwachung von Pumpen, insbesondere Schneckenpumpen, in Industrieanlagen. Es werden verschiedene verschleißrelevante Betriebsparameter mittels Sensoren erfasst und ein zu erwartender Wert der Betriebsdauer auf Basis der erfassten Betriebsparameter berechnet. Betriebsparameter sind:

- Temperaturdifferenzen und absolute Temperaturen
- Druckdifferenzen und absolute Drücke
- Gegendruckdifferenzen und absolute Gegendrücke
- Absoluter Saugdruck
- Strömungsgeschwindigkeiten
- Drehzahl
- Drehmoment
- Durchfluss
- Viskosität des (Hydraulik-)Mediums
- Dichte des (Hydraulik-)Mediums
- Elektrische Größen einer Pumpe, wie Strom, Spannung, Leistungsaufnahme, Phasenverschiebung

In DE 10 2005 059 564 A1 ist eine Vorrichtung zur Zustandsüberwachung bei hydrostatischen Verdrängereinheiten, im speziellen Axialkolbenpumpen, gezeigt. Es werden eine Vielzahl von Sensoren-, Überwachungs- und Betriebsdaten analysiert und damit der Zustand der Maschine diagnostiziert. Eine eventuell anfallende Wartung der Maschine wird vor deren Fälligkeit angezeigt. Überwacht werden dabei folgende Parameter:

- Oberflächenvibrationen
- die Hydraulikfluid- und Lecköl-Temperatur
- der Hydraulikfluidzustand (Verschmutzungsgrad, Viskositäts- und Dielektrizitätswerte)
- die Drehzahl einer Zylindertrommel

- der Druck in Hoch- und Niederdruckleitungen

DE 10 2004 028 643 B3 offenbart eine Vorrichtung zum Überwachen einer Pumpenanlage mit mindestens einer Pumpe. Die Zustandsgrößen der Pumpe(n) werden dabei durch Körperschallschwingungen der Pumpe(n) erfasst. Drohende oder bereits vorhandene Störungen werden von der Vorrichtung erkannt und angekündigt. Die überwachten Zustandsgrößen sind:

- Kavitation
- Trockenlauf
- Luftanteil des (Hydraulik-)Mediums
- Zustand der Druckseite der Pumpe (geöffnet oder geschlossen)

Die genannten Verfahren und Vorrichtungen benötigen eine teilweise sehr aufwändige Zusatzsensorik.

In DE 10 2008 035 954 A1 wird eine Überwachung einer Verdrängermaschine beschrieben. Dabei wird ein Systemdruckverlauf mithilfe eines seine Position ändernden Verdrängers erfasst und anschließend mit einem zu erwartenden Systemdruckverlauf verglichen, um Funktionsstörungen festzustellen. Außerdem wird ein sich ankündigender Schadensfall der Pumpe frühzeitig erkannt. Das Auswertungsverfahren ist relativ komplex.

Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung eines gattungsgemäßen Verfahrens und einer gattungsgemäßen Vorrichtung, bei welchen keine Zusatzsensorik erforderlich ist und welche kein komplexes Auswertungsverfahren benötigen.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 6 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass das Verdrängungsvolumen oder die Drehzahl der wenigstens einen Hydraulikpumpe plötzlich geändert wird und durch eine Analyse einer zeitlichen Reaktion des Druckes in der wenigstens einen Hydraulikpumpe

und/oder in der zumindest einen Druckleitung ein Zustand der wenigstens einen Hydraulikpumpe bestimmt wird.

Durch die Erfindung ist es möglich, einen Zustand der wenigstens einen Hydraulikpumpe, insbesondere eine Leckage, zu bestimmen (Verschleißmessung). Dazu wird die wenigstens eine Hydraulikpumpe so gut wie möglich hydraulisch von den restlichen hydraulischen Komponenten des Hydrauliksystems entkoppelt und eine Leckagemessung durchgeführt. Je besser die hydraulische Entkoppelung (z. B. durch ein Sperrglied wie ein sperrbares Ventil) funktioniert, desto genauer ist das Ergebnis der Leckagemessung.

Da es sich bei der erfindungsgemäßen Art der Verschleißmessung um eine Leckagemessung handelt, verfälscht sich die Verschleißberechnung, falls es im Hydrauliksystem außerhalb der wenigstens einen Hydraulikpumpe eine unerkannte Leckage gibt (z. B. an einem zum Entkoppeln der wenigstens einen Hydraulikpumpe verwendeten Sperrglied), welche nicht erkannt und berücksichtigt wird.

Es werden für die Überwachung der wenigstens einen Hydraulikpumpe bevorzugt nur der Druck und das Verdrängungsvolumen oder die Drehzahl der wenigstens einen Hydraulikpumpe erfasst. Weil bei üblichen Hydrauliksystemen ohnehin Sensoren vorgesehen sind, durch welche der Druck in der wenigstens einen Hydraulikpumpe und/oder der zumindest einen Druckleitung und das Verdrängungsvolumen oder die Drehzahl ermittelbar ist (z. B. Druck direkt an der wenigstens einen Hydraulikpumpe oder an einem Ventilblock und Drehzahl oder Verdrängungsvolumen über den Motorwinkel und die Zeit), kommt die Erfindung ohne Zusatzsensorik aus.

Durch die Erfindung ist es möglich, Ausfallsgrenzwerte zu definieren. Dies kann z. B. durch vom Hersteller der wenigstens einen Hydraulikpumpe gelieferte Werte erfolgen, oder es kann durch den Hersteller oder Betreiber der Formgebungsmaschine festgelegt werden, ab welchem Wert einer Leckage die wenigstens eine Hydraulikpumpe nur mehr eine inakzeptable Leistung erbringt.

Die Bestimmung des Zustands kann auf Basis des erfindungsgemäß durchgeführten Verfahrens auf verschiedene Arten erfolgen, z. B. (einzeln oder in beliebiger Kombination):

- durch Vergleich mit früheren Messungen derselben Formgebungsmaschine
- durch Vergleich mit Messungen anderer Formgebungsmaschinen (vorzugsweise durch Vergleich mit einem statistischen Mittelwert oder Median)
- durch Vergleich mit theoretischen Berechnungen oder Computersimulationen
- durch Vergleich mit Datenblattwerten (des Herstellers)

Bei einem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens sind zumindest folgende Schritte vorgesehen:

- Betrieb der wenigstens einen Hydraulikpumpe mit einem vorgegebenen, vorzugsweise konstanten, Verlauf des Druckes in der wenigstens einen Hydraulikpumpe und/oder in der zumindest einen Druckleitung
- Plötzliches Reduzieren des Verdrängungsvolumens oder der Drehzahl der wenigstens einen Hydraulikpumpe, vorzugsweise auf den Wert Null oder auf einen vorgegebenen Wert oder Verlauf des Druckes in der wenigstens einen Hydraulikpumpe und/oder der zumindest einen Druckleitung, bei abgesperrter Druckleitung
- Messen einer Druckabbauzeit oder Ermitteln einer für den Druckabbau repräsentativen Größe, welche für den Druckabbau in der wenigstens einen Hydraulikpumpe und/oder in der zumindest einen Druckleitung benötigt wird
- Bestimmen eines Zustands der wenigstens einen Hydraulikpumpe durch Analyse der Druckabbauzeit oder der für den Druckabbau repräsentativen Größe

Erfolgt der gemessene oder ermittelte Druckabbau zu schnell (ist die gemessene oder ermittelte Druckabbauzeit zu kurz), deutet dies auf eine Leckage hin, was die hauptsächliche Art der Manifestation von Verschleiß ist. Bei der für den Druckabbau repräsentativen Größe kann es sich beispielsweise um eine Kombination aus Zeit und dynamischen Verhalten handeln, z. B. um eine zeitliche Ableitung des Druckverlaufs zu berücksichtigen.

Bei einem besonders bevorzugten zweiten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens sind zumindest folgende Schritte vorgesehen:

- Plötzliches Erhöhen des Verdrängungsvolumens oder der Drehzahl der wenigstens einen Hydraulikpumpe, vorzugsweise von Null, auf einen vorgegebenen Wert oder Verlauf des Druckes in der wenigstens einen Hydraulikpumpe und/oder der zumindest einen Druckleitung bei abgesperrter Druckleitung
- Messen einer Druckaufbauzeit oder Ermitteln einer für den Druckaufbau repräsentativen Größe, welche für den Druckaufbau in der wenigstens einen Hydraulikpumpe und/oder in der zumindest einen Druckleitung benötigt wird
- Bestimmen eines Zustands der wenigstens einen Hydraulikpumpe durch Analyse der Druckaufbauzeit oder der für den Druckaufbau repräsentativen Größe

Erfolgt der gemessene oder ermittelte Druckaufbau zu langsam (ist die gemessene oder ermittelte Druckaufbauzeit zu lang), deutet dies auf eine Leckage hin, was die hauptsächliche Art der Manifestation von Verschleiß ist. Bei der für den Druckaufbau repräsentativen Größe kann es sich beispielsweise um eine Kombination aus Zeit und dynamischen Verhalten handeln, z. B. um eine zeitliche Ableitung des Druckverlaufs zu berücksichtigen.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zeichnet sich aus durch:

- einen Eingang, welchem ein Drucksignal eines Drucksensors des Hydrauliksystems zuführbar ist
- eine ein Zeitsignal bereitstellende Uhr
- eine Analyseeinheit, welche mit dem Eingang verbunden ist oder mit dem Eingang in eine datenübertragende Verbindung bringbar ist und welche dazu ausgebildet ist, aus dem Drucksignal und dem Zeitsignal der Uhr durch eine Analyse einer zeitlichen Reaktion des Druckes in der wenigstens einen Hydraulikpumpe und/oder in der zumindest einen Druckleitung, vorzugsweise nach einem Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens, den Zustand der wenigstens einen Hydraulikpumpe zu bestimmen.

Das Absperren der Druckleitung kann durch ein geeignetes Sperrglied, z. B. durch ein abspergbares Ventil (oder einen Schieber oder dgl.) erfolgen, welches in einem Ventilblock angeordnet sein kann.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist innerhalb weniger Sekunden durchführbar.

Die wenigstens eine Hydraulikpumpe wird bevorzugt in einem definierten Messzyklus automatisch vermessen. Der Start des Messzyklus kann auf verschiedene Arten erfolgen (einzeln oder in beliebiger Kombination):

- Auslösung durch eine Maschinensteuerung der Formgebungsmaschine, z. B. in festgelegten Intervallen von Betriebsstunden
- ferngesteuerte Auslösung, z. B. über eine Cloud oder Serviceapplikation
- Auslösung durch einen Servicetechniker oder einen Bediener der Formgebungsmaschine
- Auslösung durch einen Algorithmus

Bei einem Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass für das Bestimmen des Zustands der wenigstens einen Hydraulikpumpe zusätzlich analysiert wird, wie hoch eine für das Halten eines stationären Druckes in der wenigstens einen Hydraulikpumpe und/oder in der zumindest einen Druckleitung benötigte Drehzahl oder ein Verdrängungsvolumen der wenigstens einen Hydraulikpumpe ist. Je höher die für das Halten eines stationären Drucks benötigte Drehzahl oder das Verdrängungsvolumen ist, desto größer ist der Verschleiß oder sind die Leckagen. Eine Berechnung einer möglichen Leckage während des Haltens des stationären Druckes ist möglich durch den Zusammenhang zwischen der Leckage und der Drehzahl der wenigstens einen Hydraulikpumpe (da ja die Fördermenge der wenigstens einen Hydraulikpumpe bei abgesperrter Druckleitung gleich Null ist). Dies gilt unabhängig vom Pumpentyp (insbesondere, unabhängig davon, ob das Verdrängungsvolumen konstant oder variabel ist).

Die Erfindung kann bei Konstantpumpen (hier steht nur die Drehzahl als Eingriffsparameter zur Verfügung, weil das Verdrängungsvolumen ja konstant ist) oder bei Verstellpumpen (hier stehen Drehzahl und Verdrängungsvolumen, beispielsweise

beeinflussbar durch Einstellen eines Schwenkwinkels, zur Verfügung) zum Einsatz kommen.

Bevorzugt kommt die Erfindung bei Innenzahnradpumpen und/oder Axialkolbenpumpen zum Einsatz.

Bevorzugt kommt die Erfindung bei drehzahlgeregelten Hydraulikpumpen und/oder druckgeregelten Hydraulikpumpen zum Einsatz.

Bevorzugt kommt die Erfindung bei Formgebungsmaschinen in Form von Spritzgießmaschinen, insbesondere Kunststoff-Spritzgießmaschinen, zum Einsatz.

Das Ergebnis der erfindungsgemäßen Verschleißmessung kann aufgezeichnet werden.

Das Ergebnis der erfindungsgemäßen Verschleißmessung kann auf verschiedene Arten verwendet werden (einzeln oder in beliebiger Kombination):

- Anzeige des Ergebnisses der Verschleißmessung an den Kunden (z. B. in einem Kundenportal, in der Steuerung, als E-Mail, in der Cloud, ...). Er kann mit dieser Information weitere Aktionen selbstständig setzen (z. B. Planung eines Ausbaus bzw. eines Maschinenstillstands)
- Parametrierung der Formgebungsmaschine (z. B. Regel- oder Steuerparameter, Förderverhalten der Pumpe, Vorsteuerparameter für gesteuerte Maschinenbewegungen, Schaltzeiten von Ventilen, ...)
- Parametrierung des Formgebungsprozesses (z. B. Regel- oder Steuerparameter für die Korrektur des Formgebungsprozesses, ...)
- als Input für weitere Algorithmen (z. B. Verschleißdetektion von hydraulischen Komponenten wie Ventile, Zylinder, etc., Ölidentifikation, ...)
- zum Auslösen eines Serviceeinsatzes oder der Veränderung des Service-Intervalls, ...
- zur detaillierteren Analyse des Zustandes der wenigstens einen Hydraulikpumpe
- Bestimmung des Wirkungsgrades und damit der Verluste in der wenigstens einen Hydraulikpumpe
- Auslösung von Geschäftsprozessen

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Figuren diskutiert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine erste Formgebungsmaschine mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung
- Fig. 2 eine zweite Formgebungsmaschine mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung
- Fig. 3 eine erfindungsgemäße Vorrichtung
- Fig. 4 einen ersten Druckverlauf über die Zeit
- Fig. 5 einen zweiten Druckverlauf über die Zeit

Fig. 1 zeigt eine Formgebungsmaschine 1, insbesondere Spritzgießmaschine, mit einem Hydrauliksystem. Beispielfhaft sind vom Hydrauliksystem nur zwei Zweige oder Kreise gezeigt. Jeder Kreis umfasst einen Vorlauf 7, eine durch einen Motor 6 antreibbare Hydraulikpumpe 2, eine mit der Hydraulikpumpe 2 verbundene Druckleitung 3, welche zu einer mit Hydrauliköl zu versorgende Komponente 9 der Formgebungsmaschine 1 führt und einen Rücklauf 8. Jede Druckleitung 3 ist über ein schaltbares Ventil 4 absperrbar. Die Ventile 4 sind beispielhaft in einem Ventilblock 5 angeordnet. Auf die genaue Ausbildung des Hydrauliksystems kommt es nicht an.

Von Bedeutung ist die erfindungsgemäße Vorrichtung 10 zur Zustandsüberwachung der Hydraulikpumpen 2 des Hydrauliksystems der Formgebungsmaschine 1. Ein möglicher innerer Aufbau derselben ist in Fig. 3 gezeigt.

Die Vorrichtung 10 empfängt über Signalleitungen Signale, welche für den Druck in den Druckleitungen 3 und den Hydraulikpumpen 2 charakteristisch sind. Sie kann über Signalleitungen die Motoren 6 der Hydraulikpumpen 2 und die Ventile 4 des Ventilblocks 4 ansteuern.

Im gezeigten Ausführungsbeispiel bildet die Vorrichtung 10 einen Teil der Formgebungsmaschine 1 und kann z. B. in deren Maschinensteuerung verwirklicht sein. Wie das Ausführungsbeispiel der Fig. 2 zeigt, kann die Vorrichtung 10 auch gesondert von der Formgebungsmaschine 1, z. B. fern von dieser, angeordnet sein und

über eine datenübertragende Verbindung, z. B. eine Cloud 15 mit der Formgebungsmaschine 1 (z. B. mit deren Maschinensteuerung) über eine Kommunikationseinheit 14 in Verbindung stehen.

Die Vorrichtung 10 weist gemäß Fig. 3 einen Eingang 11, welchem ein Drucksignal eines Drucksensors des Hydrauliksystems und/oder ein Signal zur Berechnung der Drehzahl oder des Verdrängungsvolumens v der Hydraulikpumpen 2 zuführbar ist, eine ein Zeitsignal bereitstellende Uhr 12 (jede Vorrichtung, welche ein Zeitsignal abgibt kann dabei als Uhr 12 verstanden werden, es muss sich dabei nicht um einen gesonderten Bauteil in der Vorrichtung 10 handeln), einen Ausgang 16 und eine Analyseeinheit 13 auf. Die Analyseeinheit 13 ist mit dem Eingang 11 verbunden oder könnte anders als dargestellt mit dem Eingang 11 in eine datenübertragende Verbindung bringbar sein. Sie ist dazu ausgebildet, aus dem Drucksignal des Drucksensors und dem Zeitsignal der Uhr 12 den Zustand der wenigstens einen Hydraulikpumpe 2 zu bestimmen. Dies kann so erfolgen, wie anhand der Fig. 4 und/oder 5 diskutiert wird.

Fig. 4 zeigt ein Verfahren zur Zustandsüberwachung wenigstens einer Hydraulikpumpe 2 eines Hydrauliksystems einer Formgebungsmaschine 1 (z. B. wie in Fig. 1 und/oder 2 gezeigt), wobei die wenigstens eine Hydraulikpumpe 2 mit zumindest einer Druckleitung 3 verbunden ist, und dazu ausgebildet ist, zur Bereitstellung eines Druckes p in der zumindest einen Druckleitung 3 mit einem Verdrängungsvolumen v betrieben zu werden. Die entsprechenden Steuerbefehle können von einer Maschinensteuerung der Formgebungsmaschine 1 oder von der Vorrichtung 10 ausgegeben werden. Ausgehend von einem Betrieb der wenigstens einen Hydraulikpumpe 2 mit einem konstanten Druck p in der wenigstens einen Hydraulikpumpe 2 und/oder in der zumindest einen Druckleitung 3 erfolgt zu einem bestimmten Zeitpunkt ein Absperren der zumindest einen mit der wenigstens einen Hydraulikpumpe 2 verbundenen Druckleitung 3 und ein plötzliches Reduzieren des Verdrängungsvolumens v , vorzugsweise auf den Wert „Null“ (beides über entsprechende Steuerbefehle durch die Vorrichtung 10 gesteuert). Es wird die Druckabbauzeit t_{ab} (liegt in einem Bereich von einigen hundert Millisekunden) gemessen, welche für den Druckabbau in der wenigstens einen Hydraulikpumpe 2 und/oder in der zumindest einen Druckleitung 3 benötigt wird. Dies erfolgt in der

Analyseeinheit 13 der Vorrichtung 10 auf Basis des Zeitsignals der Uhr 12 und des Drucksignal des Drucksensors. Durch Analyse der Druckabbauzeit t_{ab} kann der Zustand der wenigstens einen Hydraulikpumpe 2 in der Analyseeinheit 13 bestimmt werden.

Alternativ oder zusätzlich kann wie in Fig. 5 gezeigt vorgegangen werden. Zu einem bestimmten Zeitpunkt erfolgt ein Absperren der zumindest einen mit der wenigstens einen Hydraulikpumpe 2 verbundenen Druckleitung 3 und ein plötzliches Erhöhen des Verdrängungsvolumens v , vorzugsweise von Null, auf einen vorgegebenen Wert v (beides über entsprechende Steuerbefehle durch die Vorrichtung 10 gesteuert). Es wird die Druckaufbauzeit t_{auf} gemessen, welche für den Druckaufbau in der wenigstens einen Hydraulikpumpe 2 und/oder in der zumindest einen Druckleitung 3 benötigt wird. Dies erfolgt in der Analyseeinheit 13 der Vorrichtung 10 auf Basis des Zeitsignals der Uhr 12 und des Drucksignal des Drucksensors. Durch Analyse der Druckaufbauzeit t_{auf} kann der Zustand der wenigstens einen Hydraulikpumpe 2 bestimmt werden. Alternativ könnte das Verdrängungsvolumen v (oder die Drehzahl) bis zum Erreichen eines vorgegebenen Werts des Druckes p in der wenigstens einen Hydraulikpumpe 2 und/oder der zumindest einen Druckleitung 3 erhöht werden.

Zusätzlich kann beim Verfahren der Fig. 4 und/oder 5 für das Bestimmen des Zustands der wenigstens einen Hydraulikpumpe 2 analysiert werden, wie hoch eine für das Halten eines stationären Druckes p in der wenigstens einen Hydraulikpumpe 2 und/oder in der zumindest einen Druckleitung 3 benötigte Drehzahl der wenigstens einen Hydraulikpumpe 2 ist. Je höher die Drehzahl für das Halten eines stationären Druckes p benötigte Drehzahl ist, desto höher sind die Leckagen.

Bezugszeichenliste:

- | | |
|------------------|--|
| 1 | Formgebungsmaschine |
| 2 | Hydraulikpumpe |
| 3 | Druckleitung |
| 4 | abspergbares Ventil |
| 5 | Ventilblock |
| 6 | Motor der Hydraulikpumpe |
| 7 | Vorlauf des Hydrauliksystems |
| 8 | Rücklauf des Hydrauliksystems |
| 9 | mit Hydrauliköl zu versorgende Komponenten der Formgebungsmaschine |
| 10 | Vorrichtung zur Zustandsüberwachung |
| 11 | Eingang der Vorrichtung zur Zustandsüberwachung |
| 12 | Uhr der Vorrichtung zur Zustandsüberwachung |
| 13 | Analyseeinheit der Vorrichtung zur Zustandsüberwachung |
| 14 | Kommunikationseinheit der Formgebungsmaschine |
| 15 | Cloud |
| 16 | Ausgang der Vorrichtung zur Zustandsüberwachung |
| | |
| p | Druck in der Druckleitung und/oder der Hydraulikpumpe |
| v | Verdrängungsvolumen |
| t _{ab} | Druckabbauzeit |
| t _{auf} | Druckaufbauzeit |

Innsbruck, am 24. August 2018

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Zustandsüberwachung wenigstens einer Hydraulikpumpe (2) eines Hydrauliksystems einer Formgebungsmaschine (1), wobei die wenigstens eine Hydraulikpumpe (2) mit zumindest einer Druckleitung (3) verbunden ist, und dazu ausgebildet ist, zur Bereitstellung eines Druckes (p) in der zumindest einen Druckleitung (3) mit einem Verdrängungsvolumen (v) oder einer Drehzahl betrieben zu werden, dadurch gekennzeichnet, dass das Verdrängungsvolumen (v) oder die Drehzahl der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) plötzlich geändert wird und durch eine Analyse einer zeitlichen Reaktion des Druckes (p) in der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) und/oder in der zumindest einen Druckleitung (3) ein Zustand der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) bestimmt wird.
2. Verfahren nach dem vorangehenden Anspruch, umfassend die folgenden Schritte:
 - Betrieb der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) mit einem vorgegebenen, vorzugsweise konstanten, Verlauf des Druckes (p) in der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) und/oder in der zumindest einen Druckleitung (3)
 - Plötzliches Reduzieren des Verdrängungsvolumens (v) oder der Drehzahl der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2), vorzugsweise auf den Wert Null oder auf einen vorgegebenen Wert oder Verlauf des Druckes in der wenigstens einen Hydraulikpumpe und/oder der zumindest einen Druckleitung, bei abgesperrter Druckleitung (3)
 - Messen einer Druckabbauzeit (t_{ab}) oder Ermitteln einer für den Druckabbau repräsentativen Größe, welche für den Druckabbau in der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) und/oder in der zumindest einen Druckleitung (3) benötigt wird
 - Bestimmen eines Zustands der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) durch Analyse der Druckabbauzeit (t_{ab}) oder der für den Druckaufbau repräsentativen Größe
3. Verfahren nach einem der beiden vorangehenden Ansprüche, umfassend die folgenden Schritte:

- Plötzliches Erhöhen des Verdrängungsvolumens (v) oder der Drehzahl der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2), vorzugsweise von Null, auf einen vorgegebenen Wert oder Verlauf des Druckes (p) in der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) und/oder der zumindest einen Druckleitung (3) bei abgesperrter Druckleitung (3)
 - Messen einer Druckaufbauzeit (t_{auf}) oder Ermitteln einer für den Druckaufbau repräsentativen Größe, welche für den Druckaufbau in der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) und/oder in der zumindest einen Druckleitung (3) benötigt wird
 - Bestimmen eines Zustands der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) durch Analyse der Druckaufbauzeit (t_{auf}) oder der für den Druckaufbau repräsentativen Größe
4. Verfahren nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, wobei für das Bestimmen des Zustands der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) zusätzlich analysiert wird, wie hoch ein für das Halten eines stationären Druckes (p) in der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) und/oder in der zumindest einen Druckleitung (3) benötigtes Verdrängungsvolumen (v) oder eine benötigte Drehzahl der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) ist.
5. Verfahren nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Ergebnis des Verfahrens auf nachstehend angegebene Weise, einzeln oder in beliebiger Kombination, verwendet wird:
- Anzeige des Ergebnisses der Analyse und/oder Ableiten des Wirkungsgrades
 - Berechnung der Verlustleistung
 - als Entscheidungshilfe für eine Wartungsplanung
 - Parametrierung der Formgebungsmaschine
 - Parametrierung des Formgebungsprozesses
 - als Input für weitere Algorithmen
 - zum Auslösen eines Serviceeinsatzes oder einer Veränderung des Service-Intervalls
6. Vorrichtung (10) zur Zustandsüberwachung wenigstens einer Hydraulikpumpe (2) eines Hydrauliksystems einer Formgebungsmaschine (1), wobei die wenigstens

eine Hydraulikpumpe (2) mit zumindest einer Druckleitung (3) verbunden ist, und dazu ausgebildet ist, zur Bereitstellung eines Druckes (p) in der zumindest einen Druckleitung (3) mit einer Verdrängungsvolumen (v) oder Drehzahl betrieben zu werden, gekennzeichnet durch:

- einen Eingang (11), welchem ein Drucksignal eines Drucksensors des Hydrauliksystems zuführbar ist
- eine ein Zeitsignal bereitstellende Uhr (12)
- eine Analyseeinheit (13), welche mit dem Eingang (11) verbunden ist oder mit dem Eingang (11) in eine datenübertragende Verbindung bringbar ist und welche dazu ausgebildet ist, aus dem Drucksignal des Drucksensors und dem Zeitsignal der Uhr (12) durch eine Analyse einer zeitlichen Reaktion des Druckes (p) in der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) und/oder in der zumindest einen Druckleitung (3), vorzugsweise nach einem Verfahren nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, den Zustand der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) zu bestimmen.

7. Vorrichtung nach dem vorangehenden Anspruch, wobei die Analyseeinheit (13) dazu ausgebildet ist, für die Bestimmung des Zustands der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) ein Verdrängungsvolumen (v) oder eine Drehzahl der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) zu berücksichtigen.
8. Formgebungsmaschine (1), insbesondere Spritzgießmaschine, mit einem Hydrauliksystem, welches wenigstens eine, mit zumindest einer Druckleitung (3) verbundene Hydraulikpumpe (2) aufweist, und entweder eine Vorrichtung (1) nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche aufweist oder mit einer solchen in eine datenübertragende Verbindung bringbar ist.

Innsbruck, am 24. August 2018

Fig. 1

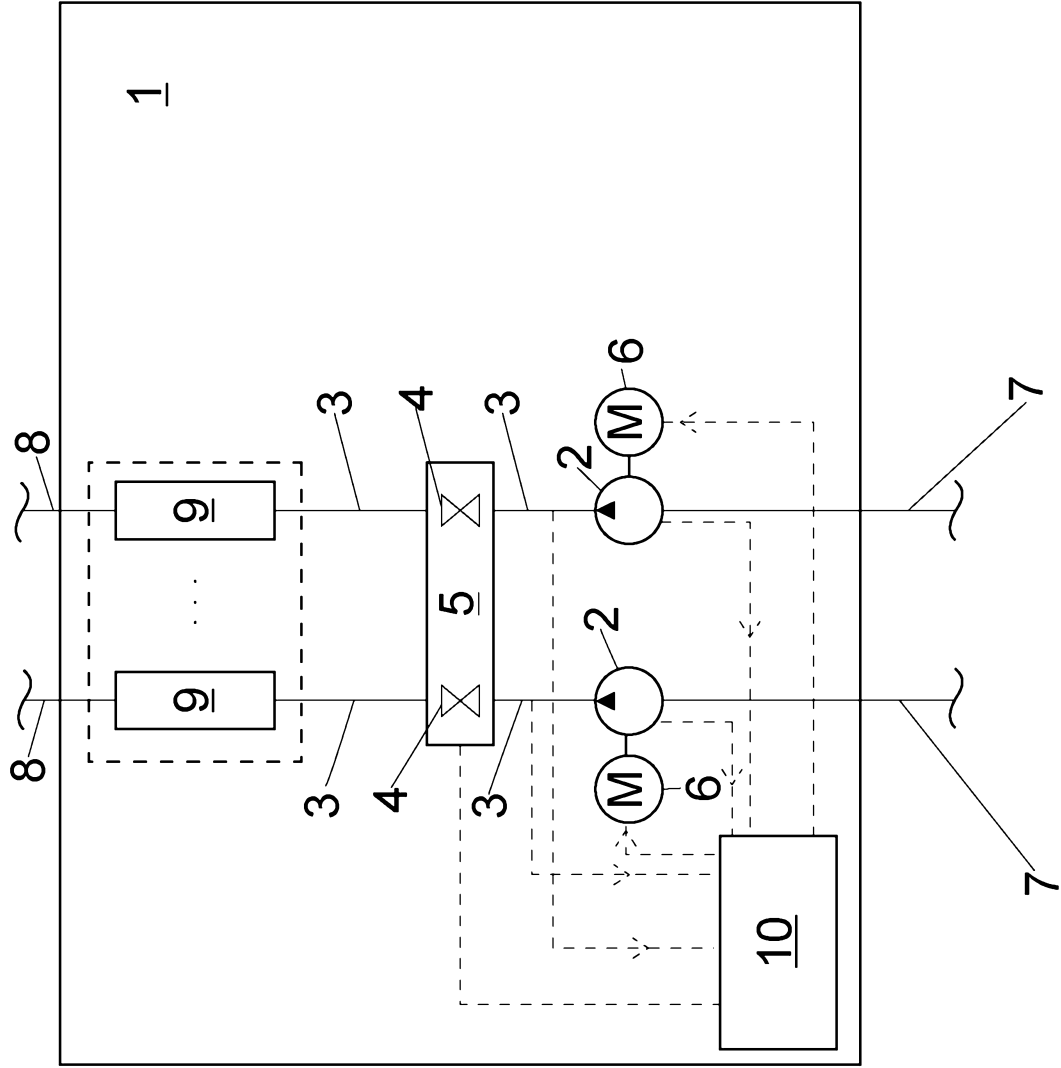


Fig. 2

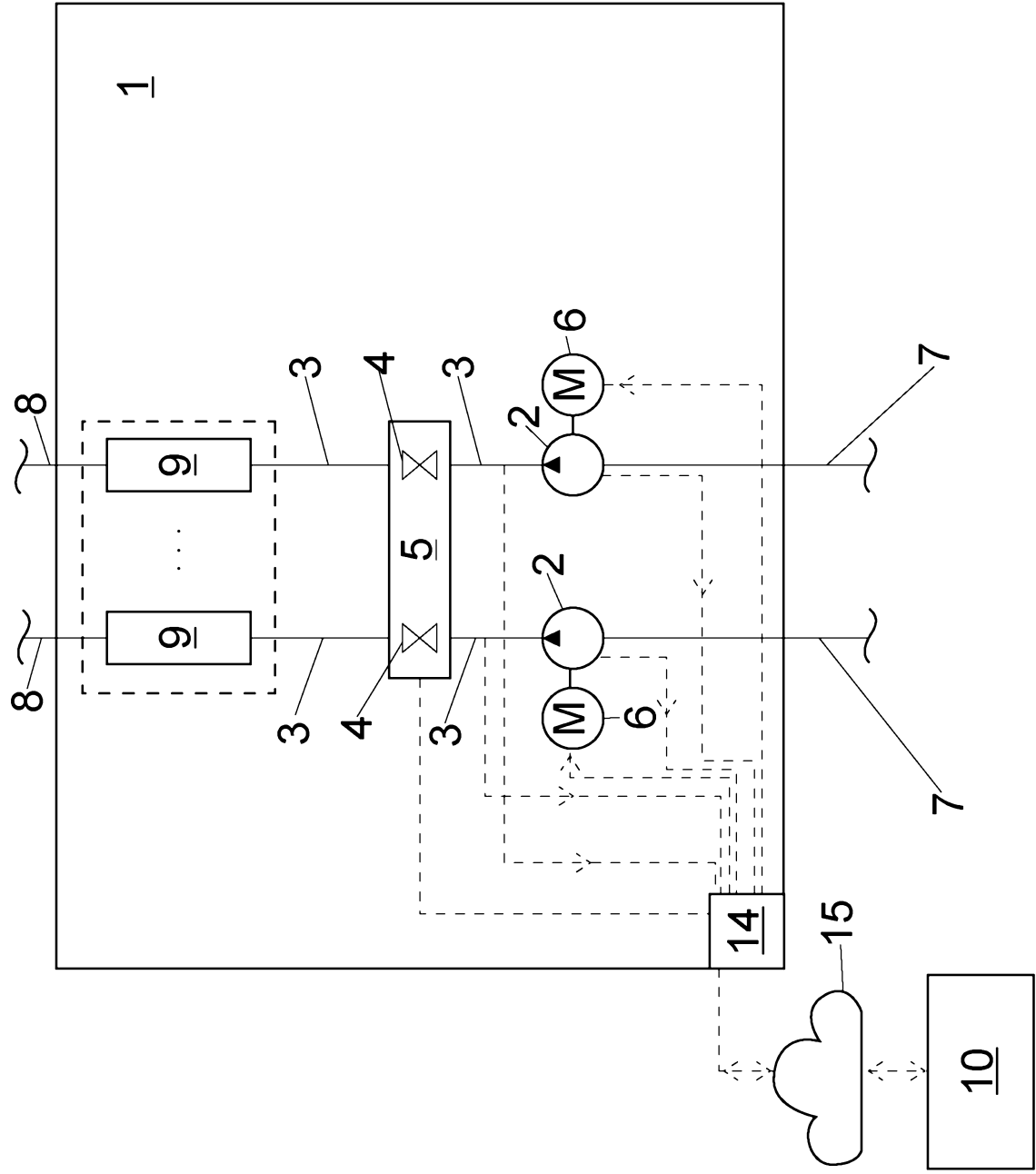


Fig. 3

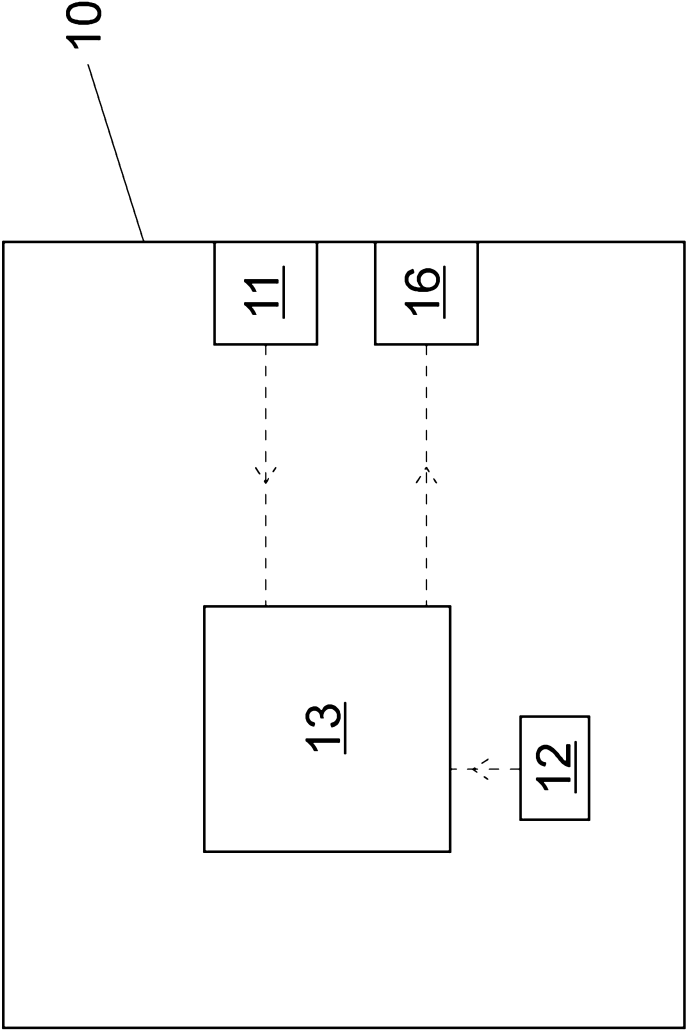


Fig. 4

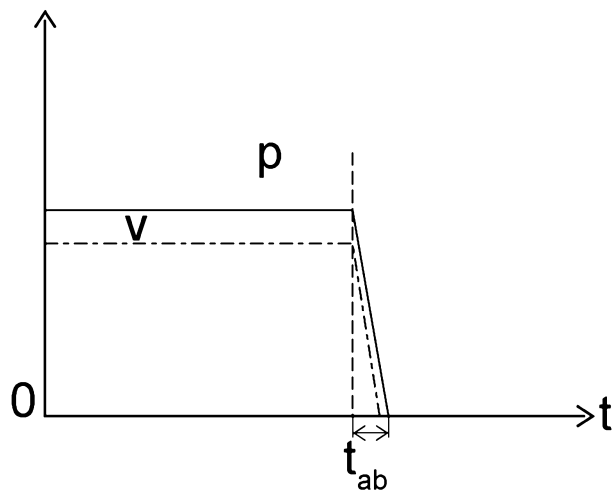
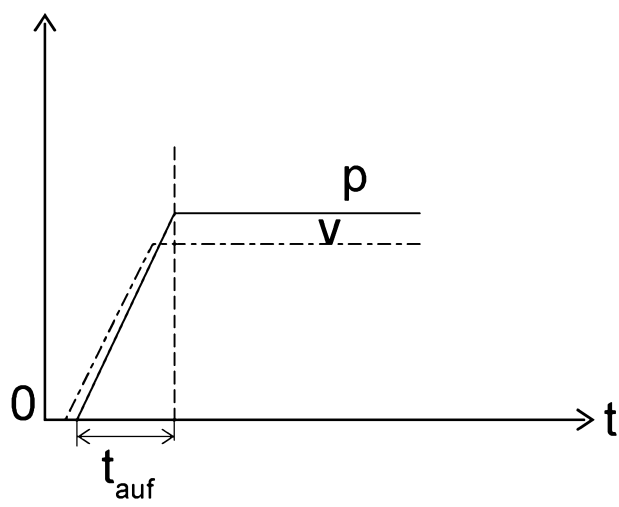


Fig. 5



Patentansprüche:

1. Verfahren zur Zustandsüberwachung wenigstens einer Hydraulikpumpe (2) eines Hydrauliksystems einer Formgebungsmaschine (1), wobei die wenigstens eine Hydraulikpumpe (2) mit zumindest einer Druckleitung (3) verbunden ist, und zur Bereitstellung eines Druckes (p) in der zumindest einen Druckleitung (3) mit einem Verdrängungsvolumen (v) oder einer Drehzahl betrieben wird, dadurch gekennzeichnet, dass das Verdrängungsvolumen (v) oder die Drehzahl der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) plötzlich geändert wird und durch eine Analyse einer zeitlichen Reaktion des Druckes (p) in der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) und/oder in der zumindest einen Druckleitung (3) ein Zustand der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) bestimmt wird.
2. Verfahren nach dem vorangehenden Anspruch, umfassend die folgenden Schritte:
 - Betrieb der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) mit einem vorgegebenen, vorzugsweise konstanten, Verlauf des Druckes (p) in der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) und/oder in der zumindest einen Druckleitung (3)
 - Plötzliches Reduzieren des Verdrängungsvolumens (v) oder der Drehzahl der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2), vorzugsweise auf den Wert Null oder auf einen vorgegebenen Wert oder Verlauf des Druckes in der wenigstens einen Hydraulikpumpe und/oder der zumindest einen Druckleitung, bei abgesperrter Druckleitung (3)
 - Messen einer Druckabbauzeit (t_{ab}) oder Ermitteln einer für den Druckabbau repräsentativen Größe, welche für den Druckabbau in der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) und/oder in der zumindest einen Druckleitung (3) benötigt wird
 - Bestimmen eines Zustands der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) durch Analyse der Druckabbauzeit (t_{ab}) oder der für den Druckaufbau repräsentativen Größe
3. Verfahren nach Anspruch 1, umfassend die folgenden Schritte:
 - Plötzliches Erhöhen des Verdrängungsvolumens (v) oder der Drehzahl der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2), vorzugsweise von Null, auf einen

vorgegebenen Wert oder Verlauf des Druckes (p) in der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) und/oder der zumindest einen Druckleitung (3) bei abgesperrter Druckleitung (3)

- Messen einer Druckaufbauzeit (t_{auf}) oder Ermitteln einer für den Druckaufbau repräsentativen Größe, welche für den Druckaufbau in der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) und/oder in der zumindest einen Druckleitung (3) benötigt wird
 - Bestimmen eines Zustands der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) durch Analyse der Druckaufbauzeit (t_{auf}) oder der für den Druckaufbau repräsentativen Größe
4. Verfahren nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, wobei für das Bestimmen des Zustands der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) zusätzlich durch den Zusammenhang zwischen der Leckage und der Drehzahl der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) analysiert wird, wie hoch ein für das Halten eines stationären Druckes (p) in der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) und/oder in der zumindest einen Druckleitung (3) benötigtes Verdrängungsvolumen (v) oder eine benötigte Drehzahl der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) ist.
5. Vorrichtung (10) zur Zustandsüberwachung wenigstens einer Hydraulikpumpe (2) eines Hydrauliksystems einer Formgebungsmaschine (1), wobei die wenigstens eine Hydraulikpumpe (2) mit zumindest einer Druckleitung (3) verbunden ist, und zur Bereitstellung eines Druckes (p) in der zumindest einen Druckleitung (3) mit einer Verdrängungsvolumen (v) oder Drehzahl betreibbar ist, gekennzeichnet durch:
- einen Eingang (11), welchem ein Drucksignal eines Drucksensors des Hydrauliksystems zuführbar ist
 - eine ein Zeitsignal bereitstellende Uhr (12)
 - eine Analyseeinheit (13), welche mit dem Eingang (11) verbunden ist oder mit dem Eingang (11) in eine datenübertragende Verbindung bringbar ist und welche dazu ausgebildet ist, aus dem Drucksignal des Drucksensors und dem Zeitsignal der Uhr (12) durch eine Analyse einer zeitlichen Reaktion des

Druckes (p) in der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) und/oder in der zumindest einen Druckleitung (3), vorzugsweise nach einem Verfahren nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, den Zustand der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) zu bestimmen.

6. Vorrichtung nach dem vorangehenden Anspruch, wobei die Analyseeinheit (13) für die Bestimmung des Zustands der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) ein Verdrängungsvolumen (v) oder eine Drehzahl der wenigstens einen Hydraulikpumpe (2) berücksichtigt.
7. Formgebungsmaschine (1), insbesondere Spritzgießmaschine, mit einem Hydrauliksystem, welches wenigstens eine, mit zumindest einer Druckleitung (3) verbundene Hydraulikpumpe (2) aufweist, und entweder eine Vorrichtung (1) nach wenigstens einem der Ansprüche 5 oder 6 aufweist, oder mit einer solchen in eine datenübertragende Verbindung bringbar ist.

Innsbruck, am 21. Mai 2019