

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
30. Mai 2013 (30.05.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/075687 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
F16D 48/06 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2012/001060

(22) Internationales Anmeldedatum:
6. November 2012 (06.11.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2011 087 056.3
24. November 2011 (24.11.2011) DE
10 2011 087 652.9
2. Dezember 2011 (02.12.2011) DE
10 2012 200 052.6
3. Januar 2012 (03.01.2012) DE
10 2012 201 105.6
26. Januar 2012 (26.01.2012) DE

(71) Anmelder: **SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG & CO. KG** [DE/DE]; Industriestraße 1-3, 91074 Herzogenaurach (DE).

(72) Erfinder: **REIBOLD, Ekkehard**; Geigerstrasse 5 a, 77933 Lahr (DE). **VORNEHM, Martin**; Im Grün 47, 77815 Bühl (DE). **BAEHR, Markus**; Schulstr. 3, 77815 Bühl (DE). **ESSIG, Alexander**; Beethovenstrasse 34, 76461 Muggensturm (DE). **HOLZER, Lukas**; Kroppenstück 18, 77880 Sasbach (DE). **MOOSHEIMER, Johannes**; Bahnhofstrasse 1a, 77815 Bühl (DE). **SCHMITT, Werner**; Dr.-Josef-Fischer-Strasse 52, 76547

Sinzheim (DE). **ESSIG, Thorsten**; Goethestrasse 2, 76571 Gaggenau (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) **Title:** HYDRAULIC ACTUATING SYSTEM

(54) **Bezeichnung :** HYDRAULISCHES BETÄTIGUNGSSYSTEM

(57) **Abstract:** Method for checking a correct filling of a hydraulic actuating system, more particularly a hydraulic clutch system, and a method for detecting faults in a hydraulic clutch actuating system and in a friction clutch actuated therewith, wherein the hydraulic clutch actuating system has a piston, which can be actuated by a control unit by means of an actuator, in a cylinder with a pressure means, a first sensor for detecting the pressure of said pressure means and a second sensor for detecting the position of the actuator along an actuator path.

(57) **Zusammenfassung:** Verfahren zur Überprüfung einer korrekten Befüllung eines hydraulischen Betätigungssystems insbesondere eines hydraulischen Kupplungssystems, sowie Verfahren zur Fehlerdetektion in einem hydraulischen Kupplungsbetätigungssystem sowie in einer damit betätigten Reibungskupplung, wobei das hydraulische Kupplungsbetätigungssystem einen von einem Steuergerät mittels eines Aktors betätigbaren Kolben in einem Zylinder mit einem Druckmittel, einen ersten Sensor zur Erfassung des Drucks des Druckmittels und einen zweiten Sensor zur Erfassung der Position des Aktors entlang eines Aktorweges aufweist.



WO 2013/075687 A2

Hydraulisches Betätigungssystem

Die Erfindung betrifft ein Verfahren mit den Merkmalen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein hydraulisches Betätigungssystem mit den Merkmalen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 13.

Die Erfindung dient der Überwachung der korrekten Befüllung eines hydrostatischen Betätigungssystems insbesondere eines hydrostatischen Kupplungssystems im Service also beispielsweise in einer Service-Werkstatt.

Hydrostatische Kupplungssysteme sind mit einer Kupplungsaktorik ausgeführt, die einen Drucksensor aufweist, dies ist beispielsweise in Figur 1, in der DE 10 2010 047 800 A1 sowie der DE 10 2010 047 801 A1 dargestellt. Bei der Kupplungsaktorik handelt es sich um einen so genannten hydrostatischen Kupplungsaktor HCA (Hydrostatic Clutch Actuator). Unter einem derartigen Hydrostataktor ist ein Aktor mit einer hydrostatischen Übertragungsstrecke, beispielsweise einer Druckleitung mit Hydraulikflüssigkeit, zu verstehen. Der Druck in der Druckleitung wird durch den Drucksensor erfasst. Soll durch den Hydrostataktor ein damit verbundenes Element bewegt werden, wird in der Übertragungsstrecke bzw. der Druckleitung Hydraulikflüssigkeit bewegt, beispielsweise verursacht durch einen Geberzylinder, der einen Nehmerzylinder, gekoppelt durch die Hydraulikflüssigkeit, bewegt. Soll das Element seine Position halten, so ruht die Hydraulikflüssigkeit in der Übertragungsstrecke, sodass ein hydrostatischer Zustand der Hydraulikflüssigkeit, der diesem Aktor seinen Namen gibt, vorliegt.

Hydraulische Kupplungssysteme, wie beispielsweise ein hydraulischer Kupplungsaktor (HCA), der als Ausrücksystem für Kupplungen verwendet wird, müssen zur Sicherstellung der einwandfreien Funktion luftfrei sein. Es ist daher bekannt, bei einer Erstinbetriebnahme eines mit einem hydraulischen Kupplungsausrücksystem ausgestatteten Kraftfahrzeuges eine Vakuumbefüllung vorzunehmen. Im Servicefall – beispielsweise in einer Service-Werkstatt - stehen derartige aufwändige Hilfsmittel in der Regel nicht zur Verfügung, so dass mittels entsprechender Werkstattvorschriften Abläufe vorgegeben werden, die eine gegenüber der Erstinbetriebnahme gleichwertige Wiederbefüllung des hydraulischen Kupplungsausrücksystems ermöglichen. Entscheidend bei der Befüllung ist hierbei immer, unabhängig von der Art der Befüllung, dass die zu befüllende Strecke komplett befüllt und somit keine Restluft vorhanden ist.

Bestätigungskopie

- 2 -

Aufgrund von Bauteiltoleranzen kann hier die Vorgabe der Befüllmenge bzw. des Befülldrucks nur bedingt herangezogen werden. Befüllvorgänge, bei denen Restluft in der hydraulischen Strecke verbleibt, können nach dem Stand der Technik – wie er beispielsweise durch die deutsche Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen 10 2011 087 684.7 sowie die deutschen Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen 10 2011 087 652.9 beschrieben wird - nicht hinreichend gut von komplett befüllten Systemen ohne Restluft unterschieden werden. Derartige Restluft sollte aber auch während des Betriebs des Fahrzeugs in der Übertragungsstrecke bzw. der Druckleitung in der sich eigentlich nur Hydraulikflüssigkeit befinden sollte detektiert werden können. Allgemein wäre es wünschenswert jegliche gasförmige Anteile die sich in der Übertragungsstrecke bzw. der Druckleitung befinden oder bilden detektieren zu können. Grundsätzlich ist zur Abfuhr derartiger gasförmiger Anteile eine so genannte Schnüffelöffnung – auch als Schnüffelbohrung bezeichnet - zu einem Ausgleichsbehälter vorgesehen die seit langem im Stand der Technik bekannt ist und ebenfalls in der DE 10 2010 047 800 A1 sowie der DE 10 2010 047 801 A1 aber auch in der deutschen Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen 10 2011 103 774.1 beschrieben ist. Dazu muss die Kupplungssteuerung die Kupplungsaktorik in eine bestimmte Position relativ zur Schnüffelöffnung fahren, sodass ein Entlüften der Übertragungsstrecke stattfinden kann indem eine Verbindung zwischen Übertragungsstrecke und Ausgleichsbehälter über die Schnüffelöffnung freigegeben ist und die Entlüftung stattfinden kann.

Unter dem Begriff „Restluft“ seien im Rahmen dieser Schrift auch alle anderen gasförmigen Stoffe in der hydraulischen Übertragungsstrecke eines hydraulischen Betätigungssystems insbesondere einer Kupplungs- oder Getriebeaktorik zu verstehen.

Der Unterschied zweier Wegdifferenzen, die sich für je zwei Druckwerte P1 und P2 ergeben, ist für die Fälle Kupplung „Standard“ (Übertragungsstrecke enthält keine Restluft) und Kupplung „Restluft“ (Übertragungsstrecke enthält Restluft) sehr gering, so dass diese Fälle gemäß dem Stand der Technik nicht hinreichend sicher unterschieden werden können.

Beim Kupplungstausch im Service – beispielsweise in einer Service-Werkstatt - wird keine Vakuumdruckbefüllung des hydrostatischen Kupplungssystem durchgeführt. Dort wird mit Hilfe einer Entlüftungsprozedur (Positionsrampen zum ständigen Schließen und Öffnen der Kupplung) die hydraulische Steckte entlüftet. Dieser Entlüftungsprozess muss überwacht und letztendlich beendet werden.

- 3 -

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Überwachung der korrekten Befüllung eines hydraulischen Betätigungssystems insbesondere eines hydrostatischen Kupplungssystems ohne den Einsatz einer Vakuumdruckbefüllung im Service – beispielsweise in einer Service-Werkstatt – vorzuschlagen. Insbesondere soll ein Verfahren zur sicheren Erkennung von Restluft im hydraulischen Betätigungssystem entwickelt werden.

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 sowie ein hydraulisches Betätigungssystem mit den Merkmalen gemäß Anspruch 13 gelöst.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren sowie dem erfindungsgemäßen hydraulischen Betätigungssystem kann die Erkennung von gasförmigen Stoffen insbesondere von Restluft in einer hydraulischen Übertragungsstrecke weiter verbessert werden.

In verfahrenstechnischer Hinsicht wird die Aufgabe auch durch das nachstehend beschriebene Verfahren gelöst.

Die Begriffe Position-Druck-Kennlinie sowie Weg-Druck-Kennlinie werden im Rahmen dieser Schrift synonym verwendet. Die Begriffe Weg oder Position beziehen sich auf den Aktorweg entlang dem sich der, die Kupplung bewegende Teil des Aktors - beispielsweise ein Kolben im Geberzylinder - bewegt.

Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zur Überprüfung einer korrekten Befüllung eines hydraulischen Betätigungssystems mit einem von einem Steuergerät mittels eines Aktors betätigbaren Kolben in einem Zylinder, einem ersten Sensor zur Erfassung des Drucks in dem Zylinder und einem zweiten Sensor zur Erfassung der Position des Aktors entlang eines Aktorweges, dadurch gekennzeichnet, dass zur Überprüfung einer korrekten Befüllung des hydraulischen Betätigungssystems mit einem Druckmittel folgende Überprüfungsschritte ausgeführt werden:

- Bewegen des Aktors bis zu einer vorgegebenen, maximalen Aktorposition und Erfassen des Drucks an der maximalen Aktorposition, Vergleichen des erfassten Drucks mit einem vorgegebenen Maximaldruckwert, wobei der Überprüfungsschritt als erfolgreich durchlaufen gilt, wenn der erfasste Druck mit einem vorgegebenen Maximaldruckwert innerhalb eines ersten Toleranzbereichs übereinstimmt, andernfalls gilt der Überprüfungsschritt als nicht-erfolgreich durchlaufen und es liegt eine inkorrekte Befüllung vor,

- 4 -

- Ermitteln des maximalen Druckgradient einer Position-Druck-Kennlinie in einem vorgegebenen Bereich der Kennlinie wobei der Überprüfungsschritt als erfolgreich durchlaufen gilt, wenn der ermittelte maximale Druckgradient größer als ein vorgegebener Druckgradientenschwellenwert unter Berücksichtigung eines zweiten Toleranzbereichs ist, andernfalls gilt der Überprüfungsschritt als nicht-erfolgreich durchlaufen und es liegt eine inkorrekte Befüllung vor,
- Ermitteln von Position-Druck-Kennlinien bis zwei Position-Druck-Kennlinien vorliegen, Vergleichen der beiden Position-Druck-Kennlinien , wobei der Überprüfungsschritt als erfolgreich durchlaufen gilt, wenn beide Position-Druck-Kennlinien innerhalb eines dritten Toleranzbereichs übereinstimmen, andernfalls gilt der Überprüfungsschritt als nicht-erfolgreich durchlaufen und es liegt eine inkorrekte Befüllung vor,

wobei eine korrekte Befüllung vorliegt, wenn alle drei Überprüfungsschritte erfolgreich durchlaufen werden.

Bei Unterschreiten des Druckgradientenschwellenwerts durch den maximalen Druckgradient ist sicher noch Luft im System. Die konkrete Festlegung des Wertes dieses Schwellenwerts muss dem Fachmann überlassen bleiben da der technische Einzelfall zu berücksichtigen ist.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der Vergleich der beiden Position-Druck-Kennlinien an zwei zeitlich aufeinander folgend ermittelten Position-Druck-Kennlinien ausgeführt wird.

In einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der Vergleich der beiden Position-Druck-Kennlinien darart ausgeführt wird , dass ermittelt wird, ob eine Verschiebung der beiden Position-Druck-Kennlinien zueinander vorliegt.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der Vergleich der beiden Position-Druck-Kennlinien derart ausgeführt wird, dass ermittelt wird, ob eine Verschiebungen der zeitlich später ermittelten Position-Druck-Kennlinie gegenüber der zeitlich früher ermittelten Position-Druck-Kennlinie zu kleineren Aktorpositionen hin kommt.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der Vergleich durch Vergleich zweier Positionswerte durchgeführt wird, die sich aus den beiden

- 5 -

Position-Druck-Kennlinien an einem gemeinsamen, vorgegebenen Vergleichsdruckwert jeweils ergeben.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der Vergleich durch Vergleich zweier Tastpunkte durchgeführt wird, die sich aus den beiden Position-Druck-Kennlinien jeweils ergeben.

In einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass ein Entlüften durch das Steuergerät veranlasst wird, wenn eine inkorrekte Befüllung vorliegt. Dies erfolgt unmittelbar danach oder bei nächster Gelegenheit.

In einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der maximale Druckgradient durch ein Bewegen der Kupplung in Richtung Schließen mittels des Aktors entlang des Aktorweges ermittelt wird.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der maximale Druckgradient durch ein Bewegen der Kupplung in Richtung Schließen mittels des Aktors entlang des Aktorweges in einem vorgegebenen Positionsbereich um die Schnüffellochbohrung ermittelt wird. Zur Ermittlung des Aktorweges kann dabei beispielsweise die flüssigkeitsseitige Stirnfläche des Kolbens im Zylinder herangezogen werden.

In einer weiteren alternativen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der maximale Druckgradient durch ein Bewegen der Kupplung in Richtung Schließen mittels des Aktors entlang des Aktorweges bei einem vorgegebenen Druckwert ermittelt wird, wobei der vorgegebene Druckwert bevorzugt zwischen 0,5 bar und 6 bar beträgt. Die konkrete Festlegung des Wertes des vorgegebenen Druckwerts muss dem Fachmann überlassen bleiben da der technische Einzelfall zu berücksichtigen ist.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist alternativ oder zusätzlich vorgesehen, dass der maximale Druckgradient durch ein Bewegen der Kupplung in Richtung Schließen mittels des Aktors entlang des Aktorweges in einem vorgegebenen Druckbereich von bevorzugt 0 bar bis 7,5 bar besonders bevorzugt von 0 bar bis 5,5 bar ermittelt wird. Die konkrete Festlegung des vorgegebenen Druckbereichs muss auch hier dem Fachmann überlassen bleiben da der technische Einzelfall zu berücksichtigen ist.

- 6 -

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass das Verfahren zur Überprüfung der korrekten Befüllung nach einer Neubefüllung oder einer Wiederbefüllung des hydraulischen Betätigungssystems mit dem Druckmittel durchgeführt wird.

In einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass das Verfahren zur Überprüfung der korrekten Befüllung zur Überprüfung der Verfügbarkeit des hydraulischen Betätigungssystems in regelmäßigen Abständen durchgeführt wird.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass das Verfahren zur Überprüfung während bestimmter Fahrsituationen durch Betätigung des hydraulischen Betätigungssystems durchgeführt wird.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass das Verfahren zur Überprüfung der korrekten Befüllung mittels eines Prüfstandsrechners oder mittels eines Testers oder mittels eines Steuergerätes der Vorrichtung in der das hydraulische Betätigungssystem verbaut ist ausgeführt wird.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass das Ergebnis einer korrekten und/oder einer nicht korrekten Überprüfung in einem Fehlerspeicher hinterlegt und/oder durch eine Anzeige dargestellt wird.

In vorrichtungstechnischer Hinsicht wird die Aufgabe auch durch das nachstehend beschriebene hydraulische Betätigungssystem gelöst.

Erfindungsgemäß wird ein hydraulisches Betätigungssystem mit einem von einem Steuergerät mittels eines Aktors betätigbaren Kolben in einem Zylinder, einem ersten Sensor zur Erfassung des Drucks in dem Zylinder und einem zweiten Sensor zur Erfassung der Position des Aktors vorgeschlagen. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass zur Überprüfung einer korrekten Befüllung des hydraulischen Betätigungssystems mit einem Druckmittel ein vorangehend beschriebenes Verfahren durchgeführt wird.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass das hydraulische Betätigungssystem ein hydraulisches Kupplungsbetätigungssystem ist.

- 7 -

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass das hydraulische Betätigungssystem ein hydraulisches Getriebebetätigungssystem ist.

Ein derartiges hydraulisches Betätigungssystem kann jedoch nicht nur in hydraulischen Kupplungsbetätigungssystemen oder hydraulischen Getriebebetätigungssystemen eingesetzt werden sondern kann auch bei Gangstellern in Getriebesystemen, als Betätigungssystem in Motorsystemen für Drosselklappen, Nebenaggregate und Nebenaggregateantriebe, als Betätigungssystem in Abgasführungs- und Ladesystemen, in Bremssystemen und zur Betätigung in Nutzfahrzeugen oder Baumaschinen nutzbringend eingesetzt werden.

Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der nachfolgenden Figuren sowie deren Beschreibung.

Figur 1 schematischer Aufbau eines hydrostatischen Kupplungssystems

Figur 2 Weg-Druck-Kennlinie bei unterschiedlicher Luftmenge in der hydraulischen Strecke

Figur 3 Maximaler Druckgradient im unteren Druckbereich der vier Weg-Druck-Kennlinien aus Figur 2

In Figur 1 ist schematisch der Aufbau eines hydraulischen Kupplungssystems 1 am Beispiel eines schematisch dargestellten hydraulischen, hydrostatischen Kupplungsaktors (HCA) dargestellt. Das hydraulische Kupplungssystem 1 umfasst auf der Geberseite 15 ein Steuergerät 2, das einen Aktor 3 ansteuert. Bei einer Lageveränderung des Aktors 3 und des Kolbens 19 im Zylinder 4 entlang des Aktorweges nach rechts wird das Volumen des Zylinders 4 verändert, wodurch ein Druck P in dem Zylinder 4 aufgebaut wird, der über ein Druckmittel 7 über eine Hydraulikleitung 9 zur Nehmerseite 16 des hydraulischen Kupplungssystems 1 übertragen wird. Die Hydraulikleitung 9 ist bezüglich ihrer Länge und Form der Bauraumsituation des Fahrzeugs angepasst. Auf der Nehmerseite 16 verursacht der Druck P des Druckmittels 7 in einem Zylinder 4' eine Wegänderung, die auf eine Kupplung 8 übertragen wird um diese zu betätigen. Der Druck P in dem Zylinder 4 auf der Geberseite 15 des hydraulischen Kupplungssystems 1 kann mittels eines ersten Sensors 5 ermittelt werden. Bei dem ersten Sensor 5 handelt es sich bevorzugt um einen Drucksensor. Die von dem Aktor 3 zurückgelegte Wegstrecke entlang des Aktorweges wird mittels eines zweiten Sensors 6 ermittelt.

- 8 -

Eine Ausführungsform der Erfindung ist ein Verfahren zur Auswertung des Druckanstiegs beim Schließen der Kupplung unmittelbar im Bereich der Schnüffelbohrung.

Beim Schließen der Kupplung wird die Weg-Druck-Kennlinie ermittelt, vier derartige Weg-Druck-Kennlinien sind in Figur 2 dargestellt (110, 120, 130, 140). In Figur 2 ist sowohl das Schließen (jeweils oberer Teil der Kurvenverläufe) der Kupplung wie auch das Öffnen (jeweils unterer Teil der Kurvenverläufe) der Kupplung mit jeweils einem dafür typischen Hystereseeffekt dargestellt. Um Störeinflüsse zu reduzieren, werden nicht direkt die Weg- und Drucksignale analysiert, sondern diese leicht gefiltert (z.B. PT1-Filter).

Aus den gefilterten Signalen wird der Druckgradient (Verhältnis Druckdifferenz zu Wegdifferenz) ermittelt. Zur Bestimmung des Druckgradienten können auch alternative Methoden (z.B. Kalman-Filter) eingesetzt werden.

Ist noch Luft in der hydraulischen Stecke, so erhält man beim Schließen der Kupplung im Bereich der Schnüffelbohrung einen kleinen Druckgradienten.

Verfahren zur Auswertung des maximal erreichbaren Drucks, des maximalen Druckgradienten beim Schließen der Kupplung unmittelbar im Bereich der Schnüffelbohrung und der Stabilität der Weg-Druck-Kennlinie.

Als Teil der Entlüftungsprozedur wird die Kupplung regelmäßig von vollständig offen, d.h. Schnüffelbohrung geöffnet und somit hydraulischer Ausgleich möglich, bis vollständig geschlossen, d.h. maximaler Weg oder maximal erlaubter Druck erreicht, verfahren und anschließend wieder geöffnet.

- Stufe 1: Überwachung des maximal erreichbaren Drucks

Bei viel Luft in der hydraulischen Strecke wird bei maximaler Aktorposition 170 (22 mm in Figur 2) der maximal angeforderte Druck 180 (40 bar in Figur 2) nicht erreicht (Weg-Druck-Kennlinie 140 in Figur 2). Mit abnehmender Luftmenge in der hydraulischen Strecke steigt der maximal erreichbare Druck an, bis schließlich der maximal angeforderte Druck erreicht wird (Weg-Druck-Kennlinie 130 in Figur 2).

- Stufe 2: Überwachung des maximalen Druckgradienten beim Schließen der Kupplung unmittelbar im Bereich der Schnüffelbohrung

Beim Schließen der Kupplung kommt es nach dem Verschließen der Schnüffelbohrung zu einem ersten Druckanstieg bis in den Bereich der Blattfedervorlast (ca. 5 bar in Figur 2). Gemäß dem Verfahren wie es beispielsweise in der deutschen Patentanmeldung 10 2011 087 652.9 beschrieben ist, wird in diesem Bereich der maximale Druckgradient bestimmt und hier zur Überwachung herangezogen. Figur 3 zeigt den zur jeweiligen Weg-Druck-Kennlinie 110, 120, 130, 140 ermittelten maximalen Druckgradienten 210, 220, 230, 240. Der maximale Druckgradient muss einen vorgegebenen Schwellenwert 250 (z.B. 3 bar/mm in Figur 3) übersteigen, um diese Überwachungsstufe erfolgreich zu durchlaufen. Das Kriterium ist jedoch noch nicht hinreichend zur Erkennung einer optimalen Entlüftung (Weg-Druck-Kennlinie 120 in Figur 2).

Der maximale Druckgradient kann wie folgt bestimmt werden:

Ist noch Luft in der hydraulischen Steckte, so erhält man beim Schließen der Kupplung im Bereich der Schnüffelbohrung einen kleinen Druckgradienten. Zur Auswertung stehen zwei Alternativen A und B zur Verfügung:

A. Bei festem Druck (z.B. 2 bar) wird der Druckgradient mit einem fest vorgegebenen Schwellenwert verglichen. Bei Unterschreiten des Schwellenwertes ist sicher noch Luft im System. Dies wird der Kupplungssteuerung mitgeteilt, damit ein weiteres Entlüften angestoßen werden kann. Gemäß diesem Verfahrensverlauf A wird also die Kupplungsaktorik 3 in Richtung Kupplung Schliessen in eine Position verfahren, sodass ein vorgegebener Druck aus dem Druckbereich von bevorzugt 0.5 bis 6 bar besonders bevorzugt ein vorgegebener Druck von 2 bar vorliegt. In dieser Position wird der Druckgradient beispielsweise aus den unmittelbar zuvor gemessenen Weg- und Druckwerten ermittelt oder alternativ kleine Bewegungen in Richtung Schliessen der Kupplung im Bereich des vorgegebenen Drucks ausgeführt um Messwerte zur Ermittlung des Druckgradienten im Bereich des vorgegebenen Drucks zu erhalten. Dieser ermittelte Druckgradient gilt für den weiteren Verfahrensverlauf als der maximale Druckgradient. Anschließend wird der ermittelte maximale Druckgradienten mit einem vorgegebenen Druckgradientenschwellenwert 250 verglichen. Ist der Wert des ermittelten maximalen Druckgradienten kleiner als der vorgegebene Druckgradientenschwellenwert 250 so ist davon auszugehen, dass gasförmigen Anteile in der Übertragungsstrecke vorhanden sind. Die konkrete Festlegung des Wertes des vorgegebenen Drucks sowie die konkrete Festlegung des Wertes des Druckgradientenschwellenwerts 250 muss dem Fachmann überlassen bleiben da der technische Einzelfall des hydraulischen Betätigungssystems der Kupplung so-

wie die Eigenschaften der gasförmigen Anteile im Hinblick auf Druck zu berücksichtigen sind. Der Fachmann wird dabei einen Druckwert vorgeben bei welchem der zu erwartende Druckgradient um die Schnüffelbohrung besonders groß ist.

B. Im unteren Positionsbereich (z.B. erweiterter Bereich um die Schnüffelbohrung, d.h. wenn sich die flüssigkeitsseitige Stirnfläche des Kolbens 19 im Zylinder 4 im erweiterten Bereich der Schnüffelöffnung 18 befindet) und/oder im unteren Druckbereich (z.B. 0 – 5 bar) wird der maximale Druckgradient 210 der gefilterten Weg-Druck-Kennlinie 110 bestimmt. Dieser wird mit einem fest vorgegebenen Schwellenwert 250 verglichen. Bei Unterschreiten des Schwellenwertes 250 ist sicher noch Luft im System. Dies wird der Kupplungssteuerung mitgeteilt, damit ein weiteres Entlüften angestoßen werden kann. Gemäß diesem Verfahrensverlauf B wird also die Kupplungsaktorik 3 in Richtung Kupplung Schliessen in eine Position verfahren, sodass sich die flüssigkeitsseitige Stirnfläche des Kolbens 19 im Zylinder 4 am Beginn eines vorgegebenen Positionsbereichs des erweiterten Bereichs der Schnüffelöffnung 18 befindet, wobei unter dem erweiterten Bereich der Schnüffelbohrung ein Positionsbereich um die Schnüffelbohrung gemeint ist, in welchem erfahrungsgemäß der größte Druckgradient zu erwarten ist, wie dies beispielsweise in Figur 2 oder Figur 3 bevorzugt im Positionsbereich -2.5 mm bis +12.0 mm der Fall ist. Als Alternative oder zusätzlich zur Vorgabe des Positionsbereich wird die Kupplungsaktorik 3 in Richtung Kupplung Schliessen in eine Position verfahren in der der geringste Druck (Beginn des vorgegebenen Druckbereichs) aus einem vorgegebenen Druckbereich von bevorzugt 0 bar bis 7,5 bar besonders bevorzugt zwischen 0 bar und 5,5 bar vorliegt. Im vorgegebenen Positionsbereich des erweiterten Bereichs der Schnüffelöffnung oder alternativ im vorgegebenen Druckbereich oder alternativ bei Vorliegen sowohl einer Position aus dem vorgegebenen Positionsbereich als auch bei Vorliegen eines Drucks aus dem vorgegebenen Druckbereich wird der maximale Druckgradient, der im jeweils vorgegebenen Bereich vorliegt ermittelt indem dieser vorgegebene Bereich mittels der Aktorik – in Richtung Kupplung Schliessen - durchfahren wird und eine Weg-Druck-Kennlinie ermittelt wird aus der anschliessend der maximale Druckgradient für den vorgegebenen Bereich ermittelt wird. Anschliessend wird der ermittelte maximale Druckgradienten mit einem vorgegebenen Druckgradientenschwellenwert 250 – der bevorzugt den selben Wert wie gemäß Verfahrensverlauf A hat - verglichen. Ist der Wert des ermittelten maximalen Druckgradienten kleiner als der vorgegebene Druckgradientenschwellenwert 250 so ist – wie in Verfahrensverlauf A - davon auszugehen, dass gasförmigen Anteile in der Übertragungsstrecke vorhanden sind. Die konkrete Festlegung des vorgegebenen Positionsbereichs um die Schnüffelbohrung, die konkrete Festlegung des vorgegebenen Druckbereichs sowie die konkrete Festlegung des Wertes des Druckgradientenschwellenwerts 250 muss dem Fachmann überlassen bleiben da

der technische Einzelfall des hydraulischen Betätigungssystems der Kupplung sowie die Eigenschaften der gasförmigen Anteile im Hinblick auf Druck zu berücksichtigen sind. Der Fachmann wird dabei Bereiche vorgeben in welchen der zu erwartende Druckgradient um die Schnüffelbohrung besonders groß ist.

- Stufe 3: Überwachung der Stabilität der Weg-Druck-Kennlinie

In der nächsten Überwachungsstufe wird überprüft, ob es bei aufeinander folgenden Entlüftungsrampen zu Verschiebungen der Weg-Druck-Kennlinie zu kleineren Aktorpositionen kommt (Weg-Druck-Kennlinie 110 im Vergleich zu Weg-Druck-Kennlinie 120 in Figur 2). Dieser Vergleich wird einfachheitshalber bei einem vorgegebenen Druck durchgeführt (z.B. 20 bar in Figur 2). Die zugehörigen Aktorpositionen werden gespeichert. Bleiben diese bei aufeinander folgenden Entlüftungsrampen konstant oder zumindest innerhalb eines schmalen Toleranzbereichs, so kann die Entlüftung als erfolgreich eingestuft werden.

Anstatt bei vorgegebenen Druck kann alternativ die Lage der zu vergleichenden Weg-Druck-Kennlinien 110, 120 auch entlang der gesamten Kennlinie 110, 120 ausgewertet werden.

Als weitere Alternative kann der Vergleich anhand des identifizierten Tastpunkts der jeweiligen Weg-Druck-Kennlinie wie er sich beispielsweise gemäß der deutschen Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen 10 2011 088 430.0 ermitteln lässt, ausgewertet werden.

- Stufe 4: Beenden der Entlüftungsprozedur

Wird die Entlüftung als erfolgreich eingestuft, so kann die Entlüftungsprozedur beendet werden. Zusätzlich wird dies der Kupplungssteuerung sowie dem Tester, der die Entlüftungsprozedur angestoßen hat, mitgeteilt.

Das beschriebene mehrstufige Verfahren erlaubt eine sichere Überwachung der korrekten Befüllung eines hydrostatischen Kupplungssystems im Service. Mit Hilfe des Stufenverfahrens kann zu jedem Zeitpunkt auf den aktuellen Entlüftungszustand geschlossen werden. Dies wäre bei der alleinigen Verwendung von Stufe 3 nicht möglich.

Vorgeschlagen wird ein Verfahren zur Überwachung der korrekten Befüllung eines hydraulischen Betätigungssystems insbesondere eines hydrostatischen Kupplungssystems anhand der Auswertung des maximal erreichbaren Drucks, des maximalen Druckgradienten

- 12 -

beim Schließen der Kupplung unmittelbar im Bereich der Schnüffelbohrung und der Stabilität der Weg-Druck-Kennlinie.

Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren mit den Merkmalen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 15.

Die Erfindung dient der Steuerung eines hydrostatischen Betätigungssystems insbesondere eines hydrostatischen Kupplungsbetätigungssystems in einem automatisierten Schaltgetriebe insbesondere in einem Doppelkupplungsgetriebe.

Hydrostatische Kupplungssysteme sind mit einer Kupplungsaktorik ausgeführt, die einen Drucksensor sowie einen Wegsensor aufweist, dies ist beispielsweise in Figur 1, in der DE 10 2010 047 800 A1 sowie der DE 10 2010 047 801 A1 dargestellt. Bei der Kupplungsaktorik handelt es sich um einen so genannten hydrostatischen Kupplungsaktor HCA (Hydrostatic Clutch Actuator). Unter einem derartigen Hydrostataktor ist ein Aktor mit einer hydrostatischen Übertragungsstrecke, beispielsweise einer Druckleitung mit Hydraulikflüssigkeit, zu verstehen. Der Druck in der Druckleitung wird durch den Drucksensor erfasst. Soll durch den Hydrostataktor ein damit verbundenes Element bewegt werden, wird in der Übertragungsstrecke bzw. der Druckleitung Hydraulikflüssigkeit bewegt, beispielsweise verursacht durch einen Geberzylinder, der einen Nehmerzylinder, gekoppelt durch die Hydraulikflüssigkeit, bewegt. Soll das Element seine Position halten, so ruht die Hydraulikflüssigkeit in der Übertragungsstrecke, so dass ein hydrostatischer Zustand der Hydraulikflüssigkeit, der diesem Aktor seinen Namen gibt, vorliegt.

Für die Betätigung von Kupplungen, insbesondere Doppelkupplungssystemen, wird der hydrostatische Kupplungsaktor HCA als Ausrücksystem eingesetzt. Dieser besteht aus einem Kolben, der über entsprechende mechanische Verbindungen von einem Elektromotor angesteuert wird und das Ausrücksystem der Kupplung über eine hydraulische Strecke betätigt. Bei den Kupplungen handelt es sich üblicherweise um – mittels Federvorrichtung ohne Hilfe des Kupplungsaktors - selbstöffnende Kupplungen (normally open clutch) während sie mittels des HCA gegen die Federkraft der Federvorrichtung geschlossen werden. Der HCA ist – wie bereits oben ausgeführt - ausgestattet mit einem internen Wegsensor zur Erfassung des Aktorweges sowie einem internen Drucksensor zur Erfassung des Druckes in der hydraulischen Strecke.

- 13 -

Das hydrostatische Ausrücksystem ist mit einer hinreichend großen Aktor-Wegreserve versehen, um eine Betätigung der nicht selbsttätig nachstellbaren Kupplung über die gesamte Lebensdauer zu garantieren. Kupplungsverschleiß und/oder eine Leckage im hydrostatischen System führen zu einer Abweichung zwischen dem geforderten Kupplungsmoment und dem tatsächlich übertragbaren Kupplungsmoment; je nach Ursache muss in der Werkstatt entweder die Leckage im hydrostatischen System behoben oder die verschlissenen Kupplungsteile ausgetauscht werden. Aktuell gibt es bei HCA-Systemen keine Methode den Verschleiß der Kupplung bzw. das Versagen der hydraulischen Kopplung, also einer Leckage zwischen Kupplungsaktor und Kupplungseinrückvorrichtung zu erkennen. Auch wird nicht zwischen den beiden Fehlermöglichkeiten differenziert. Für den Fahrer ist nur die Folge, also ein Nichteinhalten des geforderten Kupplungsmomentes, spürbar.

Die Fehlersuche in der Werkstatt ist mit großem Aufwand verbunden. Es existiert kein Fehlerspeichereintrag. Im Falle eines Kupplungsdefekts sind andere Reparaturmaßnahmen einzuleiten als bei einem Defekt der hydraulischen Strecke.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Erfassung und Differenzierung der Fehlerursachen im Falle eines Kupplungsdefekts zu ermöglichen. Es wird nach einer Lösung gesucht, die eine Detektierung von vorzeitigem Kupplungsverschleiß sowie die Erkennung einer Leckage im Kupplungssystem sowie die Differenzierung zwischen diesen beiden Fehlermöglichkeiten erlaubt, um die Fehleranalyse in der Werkstatt zu erleichtern.

Diese Aufgabe wird mit einem Verfahren gemäß Anspruch 15 gelöst.

Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zur Fehlerdetektierung in einem hydraulischen Kupplungsbetätigungssystem sowie in einer damit betätigten Reibungskupplung vorgesehen, wobei das hydraulische Kupplungsbetätigungssystem einen von einem Steuergerät mittels eines Aktors betätigbaren Kolben in einem Zylinder mit einem Druckmittel, einen ersten Sensor zur Erfassung des Drucks des Druckmittels und einen zweiten Sensor zur Erfassung der Position des Aktors entlang eines Aktorweges aufweist. Erfindungsgemäß ist dabei vorgesehen, dass auf einen Fehler in dem hydraulischen Kupplungsbetätigungssystem oder in der damit betätigten Reibungskupplung erkannt wird, wenn eine oder mehrere der folgenden Bedingungen erfüllt ist oder sind:

- 14 -

- der Druck des Druckmittels an einer vorgegebenen Position des Aktors ist kleiner als ein vorgegebener Mindestdruckgrenzwert ,
- die Strecke zwischen der Position des aktuellen Tastpunkts der Kupplung sowie einer vorgegebenen Position auf dem Aktorweg ist kleiner als ein vorgegebener Positionsdifferenzgrenzwert,
- die Änderungsgeschwindigkeit der, innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums der mit dem Zeitpunkt der letzten Ermittlung endet, ermittelten Werte für den Tastpunkt der Kupplung ist größer als ein vorgegebener Tastpunktänderungsgeschwindigkeitsgrenzwert, wobei die Änderungsgeschwindigkeit des Tastpunkts der zeitliche Gradient des zeitlichen Verlaufs der ermittelten Werte für den Tastpunkt ist,
- die Motordrehzahl überschreitet die Summe aus einer Ausgangsdrehzahl und einem vorgegebenen Motordrehzahlgrenzwert wenn das Kupplungsmoment von einem vorgegebenen Ausgangskupplungssollmoment zu einem anderen vorgegebenen Kupplungssollmoment erhöht wird,
- wenn die Änderungsgeschwindigkeit der, innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums, der mit dem Zeitpunkt der letzten Ermittlung endet, ermittelten Werte für den Reibwert der Kupplung einen vorgegebenen Reibwertänderungsgeschwindigkeitsgrenzwert übersteigt, wobei die Änderungsgeschwindigkeit des Reibwerts der zeitliche Gradient des zeitlichen Verlaufs der ermittelten Werte für den Reibwert ist.

Auf diese Weise kann vorteilhafterweise ein Fehler in dem hydraulischen Kupplungsbetätigungssystem, nämlich eine Leckage des hydraulischen Kupplungsbetätigungssystem und/oder ein Fehler in der Reibungskupplung nämlich ein Kupplungsbelagverschleiß erkannt werden.

Die einzelnen Bedingungen stellen Alternativen zueinander dar. Das erfindungsgemäße Verfahren sieht nicht nur vor sämtliche Alternativen nacheinander auszuführen, sondern wird in einer besonders bevorzugten Ausführungsform vorteilhafterweise mit nur einer einzigen Bedingung oder mehreren Bedingungen ausgeführt. Die bevorzugteste Bedingung oder die bevorzugtesten Bedingungen auszuwählen bleibt dem Fachmann unter Berücksichtigung des technischen Einzelfalls überlassen.

- 15 -

In eine weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass auf einen Fehler in dem hydraulischen Kupplungsbetätigungssystem erkannt wird, wenn ein zeitlicher Druckabfall bei konstanter Aktorposition größer ist als ein vorgegebener Druckabfallgrenzwert.

Auf diese Weise kann vorteilhafterweise ein Fehler in dem hydraulischen Kupplungsbetätigungssystem, nämlich eine Leckage erkannt werden.

In eine weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass auf einen Fehler in dem hydraulischen Kupplungsbetätigungssystem erkannt wird, wenn eine oder mehrere der folgenden Bedingungen erfüllt ist oder sind:

- ein zeitlicher Druckabfall an der vorgegebenen Position des Aktors bei konstanter Aktorposition ist größer als ein vorgegebener Leckage-Druckabfallgrenzwert,
- die zeitliche Veränderung der Strecke zwischen dem im Laufe der Zeit jeweils aktuellen Tastpunkt (130, 160) der Kupplung (8) sowie einer vorgegebenen Position auf dem Aktorweg ist größer als ein vorgegebener Leckage-Positionsänderungsgrenzwert (210), wobei die Änderungsgeschwindigkeit des Tastpunkts der zeitliche Gradient des zeitlichen Verlaufs der ermittelten Werte für den Tastpunkt ist,
- die Änderungsgeschwindigkeit der, innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums, der mit dem Zeitpunkt der letzten Ermittlung endet, ermittelten Werte für den Tastpunkt der Kupplung ist größer als ein vorgegebener Leckage-Tastpunktänderungsgeschwindigkeitsgrenzwert.

Auf diese Weise kann vorteilhafterweise ein Fehler in dem hydraulischen Kupplungsbetätigungssystem, nämlich eine Leckage des hydraulischen Kupplungsbetätigungssystem gemäß jeder einzelnen der Bedingungen erkannt werden und von einem Fehler in der Reibungskupplung nämlich ein Kupplungsbelagverschleiß der gemäß jeder einzelnen der Bedingungen nicht vorliegt unterschieden werden.

Die einzelnen Bedingungen stellen Alternativen zueinander dar. Das erfindungsgemäße Verfahren sieht nicht nur vor sämtliche Alternativen nacheinander auszuführen, sondern wird in einer besonders bevorzugten Ausführungsform vorteilhafterweise mit nur einer einzigen Bedingung oder mehreren Bedingungen ausgeführt. Die bevorzugteste Bedingung oder die bevorzugtesten Bedingungen auszuwählen bleibt dem Fachmann unter Berücksichtigung des technischen Einzelfalls überlassen.

In eine weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass auf einen Fehler in der mit dem hydraulischen Kupplungs- betätigungssystem betätigten Reibungskupplung erkannt wird, wenn eine oder mehrere der folgenden Bedingungen erfüllt ist oder sind:

- der Druck des Druckmittels an einer vorgegebenen Position des Aktors ist kleiner als ein vorgegebener Mindestdruckgrenzwert und ein zeitlicher Druckabfall an der vorgegebenen Position des Aktors bei konstanter Aktorposition ist kleiner als ein vorgegebener Leckage-Druckabfallgrenzwert,
- die Strecke zwischen der Position des aktuellen Tastpunkts der Kupplung sowie einer vorgegebenen Position auf dem Aktorweg ist kleiner als ein vorgegebener Positionsdifferenzgrenzwert und die zeitliche Veränderung der Strecke zwischen dem im Laufe der Zeit jeweils aktuellen Tastpunkt der Kupplung sowie einer vorgegebenen Position auf dem Aktorweg ist kleiner als ein vorgegebener Leckage-Positionsdifferenzänderungsgrenzwert, wobei die Änderungsgeschwindigkeit des Tastpunkts der zeitliche Gradient des zeitlichen Verlaufs der ermittelten Werte für den Tastpunkt ist,
- die Änderungsgeschwindigkeit der, innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums der mit dem Zeitpunkt der letzten Ermittlung endet, ermittelten Werte für den Tastpunkt der Kupplung ist größer als ein vorgegebener Tastpunktänderungsgeschwindigkeitsgrenzwert und die Änderungsgeschwindigkeit der, innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums der mit dem Zeitpunkt der letzten Ermittlung endet, ermittelten Werte für den Tastpunkt der Kupplung ist kleiner als ein vorgegebener Leckage-Tastpunktänderungsgeschwindigkeitsgrenzwert.

Auf diese Weise kann vorteilhafterweise ein Fehler in der Reibungskupplung nämlich ein Kupplungsbelagverschleiß gemäß jeder einzelnen der Bedingungen erkannt werden und von einem Fehler in dem hydraulischen Kupplungsbetätigungssystem, nämlich eine Leckage des hydraulischen Kupplungsbetätigungssystem der gemäß jeder einzelnen der Bedingungen nicht vorliegt unterschieden werden.

Die einzelnen Bedingungen stellen Alternativen zueinander dar. Das erfindungsgemäße Verfahren sieht nicht nur vor sämtliche Alternativen nacheinander auszuführen, sondern wird in einer besonders bevorzugten Ausführungsform vorteilhafterweise mit nur einer einzigen Bedingung oder mehreren Bedingungen ausgeführt. Die bevorzugteste Bedingung oder die bevorzugtesten Bedingungen auszuwählen bleibt dem Fachmann unter Berücksichtigung des technischen Einzelfalls überlassen.

In eine weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass die vorgegebene Position auf dem Aktorweg der maximale Aktorweg (120) in Richtung Kupplung Schliessen ist.

In eine weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass nur Tastpunktänderungen zwischen zwei zeitlich aufeinander folgenden Tastpunktermittlungen in Richtung Kupplung Schliessen berücksichtigt werden.

In eine weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass der vorgegebenen Motordrehzahlgrenzwert in Abhängigkeit von der Ausgangsdrehzahl und/oder der Momentendifferenz zwischen vorgegebenem Kupplungssollmoment und Ausgangskupplungssollmoment ermittelt wird.

In eine weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass der Leckage-Druckabfallgrenzwert und/oder der Mindestdruckgrenzwert in Abhängigkeit von der vorgegebenen Position des Aktors ermittelt wird.

In eine weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass der Tastpunktänderungsgeschwindigkeitsgrenzwert kleiner ist als der Leckage-Tastpunktänderungsgeschwindigkeitsgrenzwert.

Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der nachfolgenden Figuren sowie deren Beschreibung.

Es zeigen im Einzelnen:

Figur 1 schematischer Aufbau eines hydrostatischen Kupplungssystems;

Figur 4 Druck-Weg-Kupplungskennlinien anhand derer mehrere Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens erläutert werden

In Figur 1 ist schematisch der Aufbau eines hydraulischen Kupplungssystems 1 am Beispiel eines schematisch dargestellten hydraulischen, hydrostatischen Kupplungsaktors (HCA) dargestellt. Das hydraulische Kupplungssystem 1 umfasst auf der Geberseite 15 ein Steuergerät 2, das einen Aktor 3 ansteuert. Bei einer Lageveränderung des Aktors 3 und des Kolbens 19 im Zylinder 4 entlang des Aktorweges nach rechts wird das Volumen des Zylinders 4 verändert, wodurch ein Druck P in dem Zylinder 4 aufgebaut wird, der über ein Druckmittel 7 über eine Hydraulikleitung 9 zur Nehmerseite 16 des hydraulischen Kupplungssystems 1 übertragen wird. Die Hydraulikleitung 9 ist bezüglich ihrer Länge und Form der Bauraumsituation des Fahrzeugs angepasst. Auf der Nehmerseite 16 verursacht der Druck P des Druckmittels 7 in einem Zylinder 4' eine Wegänderung, die auf eine Kupplung 8 übertragen wird um diese zu betätigen. Der Druck P in dem Zylinder 4 auf der Geberseite 15 des hydraulischen Kupplungssystems 1 kann mittels eines ersten Sensors 5 ermittelt werden. Bei dem ersten Sensor 5 handelt es sich bevorzugt um einen Drucksensor. Die von dem Aktor 3 zurückgelegte Wegstrecke entlang des Aktorweges wird mittels eines zweiten Sensors 6 ermittelt. In dieser Darstellung ist das hydraulische Kupplungssystem 1 für nur eine Kupplung schematisch dargestellt. Im Fall eines Doppelkupplungssystems wird die zweite Kupplung analog betätigt.

Durch die hydrostatische Betätigung der Kupplung mittels HCA ergeben sich für die jeweilige Kupplung charakteristische Kupplungskennlinien (Druck- und Momentenkennlinie), die beispielsweise in einem Diagramm über den Aktorweg oder über der anliegenden Kupplungskraft (Druck) dargestellt werden können. Eine Betätigung des Geberkolbens im HCA durch den internen Elektromotor folgt einer Druckänderung im hydrostatischen System und somit einer Positionsänderung der zu betätigten Kupplung.

Die charakteristische Kupplungs-Momentenkennlinie spiegelt sich in dem Drucksignal wider, welches mit dem sich in dem HCA befindenden internen Drucksensor messtechnisch erfasst und ausgewertet wird. Ein typischer Druck-Wegkennlinienverlauf einer hydrostatisch betätigten Kupplung ist in Kurve A Figur 4 dargestellt.

In Figur 4 stellt Kurve A eine typische Druck-Weg-Kennlinie einer funktionsfähigen Kupplung bei Raumtemperatur dar. Durch Temperaturerhöhung des sich im hydrostatischen System befindenden Fluids erfährt die Kupplungskennlinie eine Verschiebung zu niedrigeren Aktorpositionen, was durch Kurve B dargestellt ist – das geforderte Kupplungsmoment wird durch die Fluidausdehnung im System bereits bei kleineren Aktorwegen erreicht. Bei einer Leckage im hydrostatischen System und/oder bei vorzeitigem Kupplungsverschleiß wird die charakteristische Druck-Weg-Kennlinie zu höheren Aktorpositionen verschoben, was durch Kurve C dargestellt ist - das vom Fahrer maximal geforderte Kupplungsmoment wird nicht mehr erreicht, was sich spürbar im Fahrverhalten widerspiegelt.

Zur Detektierung der Fehlerursache „Leckage in der hydrostatischen Strecke“ und/oder „Vorzeitiger Kupplungsverschleiß“ und der Differenzierung zwischen den beiden Fehlerursachen können mehrere Auswerteroutinen in Betracht gezogen werden:

- a) Beobachtung des Drucksignals als Funktion des HCA-Aktorwegs bei maximaler Aktorwegstrecke:

Eine verschlissene Kupplung und/oder eine Leckage im hydrostatischen Ausrückssystem zeichnet sich durch einen verringerten Maximaldruck $P(S_{\max})$ 1150, 1180 bei maximal möglichem Aktorweg $S_{\max}$ 1120 aus. Der Druckwert $P(S_{\max})$ C 1180 einer defekten Kupplung unterschreitet bei dem maximal möglichen Aktorweg $S_{\max}$ 1120 einen definierten Mindestdruck - einen vorgegebenen Mindestdruckgrenzwert 1200 -, hervorgerufen durch austretendes Fluid und/oder einer vorzeitigen Abnutzung der relevanten Kupplungsbauteile. Dagegen wird der definierte Mindestdruck 1200 einer funktionsfähigen Kupplung bei $S_{\max}$ 1120 und auch noch bei kleineren Aktorpositionen als $S_{\max}$ vom Drucksignal $P(S_{\max})$ A 1150 überschritten. Bei Unterschreitung des definierten Mindestdruckes 1200 bei maximaler Aktorwegstrecke $S_{\max}$ 1120 kann folglich von einer defekten Kupplung ausgegangen werden.

- b) Beobachtung der Aktorstrecke zwischen Kupplungstastpunkt und maximal mögliche Aktorstrecke:

Alternativ zu a) kann die Wegstrecke zwischen Kupplungstastpunkt TP 1130, 1160 (welcher permanent adaptiert wird) und der maximal möglichen Aktorstrecke S_{max} 1120 ausgewertet werden. Bei intakten Kupplungen ist diese Differenzstrecke wesentlich größer ($S(TP) A$ 1140) als bei einer defekten Kupplung ($S(TP) C$ 1170). Analog zu a) kann folglich ein Grenzwert – hier ein Positionsdifferenzgrenzwert 1210 – definiert und vorgegeben werden, welcher bei Unterschreitung eine „Leckage in der hydrostatischen Strecke“ und/oder einen „vorzeitigen Kupplungsverschleiß“ charakterisiert und bei Überschreitung auf eine funktionsfähige Kupplung hinweist.

Die Festlegung beider Grenzwerte – des Mindestdruckgrenzwerts 1200 sowie des Positionsdifferenzgrenzwert 1210 - muss dem Fachmann unter Berücksichtigung des technischen Einzelfalls insbesondere unter Berücksichtigung der Kupplungsdimensionierung überlassen bleiben.

c) Beobachtung der Tastpunkt-Anpassung unter Berücksichtigung der Änderungsrichtung

Die Kupplungssteuerung adaptiert den Tastpunkt während der Betriebszeit einer Kupplung, um auf geänderte Betriebsbedingungen wie Temperaturänderungen, Kupplungsverschleiß usw. zu reagieren. Durch Beobachtung der Änderungsgeschwindigkeit dieser Tastpunktadaption unter Berücksichtigung der Änderungsrichtung (Nur Tastpunktänderungen zu höheren Aktorpositionen sind relevant) kann eine defekte Kupplung detektiert werden. Zu große Tastpunkt-Änderungen deuten auf eine „Leckage in der hydrostatischen Strecke“ und/oder auf „vorzeitigen Kupplungsverschleiß“ hin. Verschleiß ist ein Lebensdauereffekt. Leckage ist ein Kurzfristeffekt.

d) Beobachtung des Drucksignals bei nahezu konstanter Aktorwegstrecke

Eine weitere Möglichkeit zur Detektierung einer „Leckage in der hydrostatischen Strecke“ bietet die Beobachtung des Drucksignals bei nahezu konstanter Aktorwegstrecke; Im Falle einer Leckage kann ein rascher Druckabfall bei gleichbleibender Aktorposition beobachtet werden - hervorgerufen durch das austretende Fluid im hydrostatischen System. Bei Überschreitung eines definierten maximalen Druckabfall-Wertes bei nahezu konstanter Position muss es sich schließlich um eine Leckage im System handeln.

e) Beobachtung der Motordrehzahl

Als weitere Messgröße zur Detektierung einer defekten Kupplung kann die Motordrehzahl ausgewertet werden. Bei einer verschlissenen Kupplung oder/und einer Leckage

im hydrostatischen System wird das geforderte Kupplungsmoment nicht erreicht und somit das vom Motor zu Verfügung gestellte Moment nicht übertragen, was ein Anstieg bzw. ein „Wegtouren“ der Motordrehzahl zur Folge hat. Überschreitet die Motordrehzahl bei unterschiedlichem Kupplungssoll- und Istmoment einen definierten positiven Drehzahlgrenzwert bezogen auf die Ausgangsdrehzahl, kann von einem defekten Kupplungssystem ausgegangen werden.

f) Beobachtung des Kupplungsreibwerts

Überschreitet der Kupplungsreibwertänderungsgradient einen Schwellwert, lässt sich damit auf schwere Fehler im Kupplungseinrücksystem schließen.

Die Auswertemethoden a) bis c) erlauben zusätzlich die Differenzierung zwischen den Fehlerursachen „Leckage im Kupplungssystem“ und „Verschlissene Kupplung“; Schnelle Änderungen der Messgrößen (Maximaldruck bei Smax, Differenzstrecke zwischen Tastpunkt und Smax, Tastpunkt-Adaptionswerte) deuten auf eine Leckage im System hin, während sich eine verschlissene Kupplung deutlich langsamer ankündigt. Durch Berücksichtigung dieser Tatsache bzw. durch Auswertung des Änderungsgradienten der relevanten Messgröße kann folglich eine Aussage über die Fehlerursache getroffen werden.

Durch Auswertung diverser Messgrößen (Drucksignal, Wegsignal, Motordrehzahl) bzw. Bewertung von Kupplungsbetätigungssystem-Modellparametern (Tastpunktwerte, Reibwert) kann zwischen einer funktionsfähigen und einer defekten Kupplung unterschieden werden. Unter Berücksichtigung der Messgrößen-Historie (Änderungsgradienten) kann zwischen der Fehlerursache „Leckage im Kupplungssystem“ und „Verschlissene Kupplung“ differenziert werden und somit die Fehleranalyse in der Werkstatt erleichtert werden.

Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren mit den Merkmalen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 24 sowie ein hydraulisches Betätigungssystem mit den Merkmalen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 32.

Die Erfindung dient der Erkennung der korrekten Befüllung eines hydrostatischen Betätigungssystems insbesondere eines hydrostatischen Kupplungssystems am Bandende und/oder im Fahrbetrieb.

Hydrostatische Kupplungssysteme sind mit einer Kupplungsaktorik ausgeführt, die einen Drucksensor aufweist, dies ist beispielsweise in Figur 1, in der DE 10 2010 047 800 A1 sowie der DE 10 2010 047 801 A1 dargestellt. Bei der Kupplungsaktorik handelt es sich um einen so genannten hydrostatischen Kupplungsaktor HCA (Hydrostatic Clutch Actuator). Unter einem derartigen Hydrostataktor ist ein Aktor mit einer hydrostatischen Übertragungsstrecke, beispielsweise einer Druckleitung mit Hydraulikflüssigkeit, zu verstehen. Der Druck in der Druckleitung wird durch den Drucksensor erfasst. Soll durch den Hydrostataktor ein damit verbundenes Element bewegt werden, wird in der Übertragungsstrecke bzw. der Druckleitung Hydraulikflüssigkeit bewegt, beispielsweise verursacht durch einen Geberzylinder, der einen Nehmerzylinder, gekoppelt durch die Hydraulikflüssigkeit, bewegt. Soll das Element seine Position halten, so ruht die Hydraulikflüssigkeit in der Übertragungsstrecke, sodass ein hydrostatischer Zustand der Hydraulikflüssigkeit, der diesem Aktor seinen Namen gibt, vorliegt.

Hydraulische Kupplungssysteme, wie beispielsweise ein hydraulischer Kupplungsaktor (HCA), der als Ausrücksystem für Kupplungen verwendet wird, müssen zur Sicherstellung der einwandfreien Funktion luftfrei sein. Es ist daher bekannt, bei einer Erstinbetriebnahme eines mit einem hydraulischen Kupplungsausrücksystem ausgestatteten Kraftfahrzeuges eine Vakuumbefüllung vorzunehmen. Im Servicefall stehen derartige aufwändige Hilfsmittel in der Regel nicht zur Verfügung, so dass mittels entsprechender Werkstattvorschriften Abläufe vorgegeben werden, die eine gegenüber der Erstinbetriebnahme gleichwertige Wiederbefüllung des hydraulischen Kupplungsausrücksystems ermöglichen. Entscheidend bei der Befüllung ist hierbei immer, unabhängig von der Art der Befüllung, dass die zu befüllende Strecke komplett befüllt und somit keine Restluft vorhanden ist. Aufgrund von Bauteiltoleranzen kann hier die Vorgabe der Befüllmenge bzw. des Befülldrucks nur bedingt herangezogen werden. Befüllvorgänge, bei denen Restluft in der hydraulischen Strecke verbleibt, können nach dem Stand der Technik – wie er beispielsweise durch die deutsche Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen 10 2010 055 906.7 beschrieben wird - nicht hinreichend gut von komplett befüllten Systemen ohne Restluft unterschieden werden. Derartige Restluft sollte aber auch während des Betriebs des Fahrzeugs in der Übertragungsstrecke bzw. der Druckleitung in der sich eigentlich nur Hydraulikflüssigkeit befinden sollte detektiert werden können. Allgemein wäre es wünschenswert jegliche gasförmige Anteile die sich in der Übertragungsstrecke bzw. der Druckleitung befinden oder bilden detektieren zu können. Grundsätzlich ist zur Abfuhr derartiger gasförmiger Anteile eine so genannte Schnüffelöffnung – auch als Schnüffelbohrung bezeichnet - zu einem Ausgleichsbehälter vorgesehen die seit langem im Stand der Technik bekannt ist und ebenfalls in der DE 10 2010 047 800 A1 sowie der DE 10 2010 047 801 A1 aber auch in der deutschen Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen 10 2011 103 774.1 beschrieben ist.

Dazu muss die Kupplungssteuerung die Kupplungsaktorik in eine bestimmte Position relativ zur Schnüffelöffnung fahren, sodass ein Entlüften der Übertragungsstrecke stattfinden kann indem eine Verbindung zwischen Übertragungsstrecke und Ausgleichsbehälter über die Schnüffelöffnung freigegeben ist und die Entlüftung stattfinden kann.

Der Unterschied zweier Wegdifferenzen, die sich für je zwei Druckwerte P_1 und P_2 ergeben, ist für die Fälle Kupplung „Standard“ (Übertragungsstrecke enthält keine Restluft) und Kupplung „Restluft“ (Übertragungsstrecke enthält Restluft) sehr gering, so dass diese Fälle gemäß dem Stand der Technik nicht hinreichend sicher unterschieden werden können.

Unter dem Begriff „Restluft“ seien im Rahmen dieser Schrift auch alle anderen gasförmigen Stoffe in der hydraulischen Übertragungsstrecke eines hydraulischen Betätigungssystems insbesondere einer Kupplungs- oder Getriebeaktorik zu verstehen.

Der vorliegenden Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde ein Verfahren zur sicheren Erkennung von Restluft in einem hydraulischen Betätigungssystem insbesondere einem hydrostatischen Kupplungssystem zu entwickeln.

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen gemäß Anspruch 24 sowie ein hydraulisches Betätigungssystem mit den Merkmalen gemäß Anspruch 32 gelöst.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren sowie dem erfindungsgemäßen hydraulischen Betätigungssystem kann die Erkennung von gasförmigen Stoffe insbesondere von Restluft in einer hydraulischen Übertragungsstrecke weiter verbessert werden.

In verfahrenstechnischer Hinsicht wird die Aufgabe auch durch das nachstehend beschriebene Verfahren gelöst.

Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zur Überprüfung einer korrekten Befüllung eines hydraulischen Betätigungssystems (1) mit einem von einem Steuergerät mittels eines Aktors betätigbaren Kolben in einem Zylinder, einem ersten Sensor zur Erfassung des Drucks in dem Zylinder und einem zweiten Sensor zur Erfassung der Position des Aktors entlang eines Aktorweges vorgesehen. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass zur Überprüfung einer korrekten Befüllung des hydraulischen Betätigungssystems mit einem Druckmittel der maximale Druckgradient einer Position-Druck-Kennlinie in einem vorgegebenen Bereich der Kennlinie

ermittelt wird und wenn der ermittelte maximale Druckgradient größer als ein vorgegebener Druckgradientenschwellenwert ist, eine korrekte Befüllung vorliegt.

Die Begriffe Position-Druck-Kennlinie sowie Weg-Druck-Kennlinie werden im Rahmen dieser Schrift synonym verwendet. Die Begriffe Weg oder Position beziehen sich auf den Aktorweg entlang dem sich der, die Kupplung bewegende Teil des Aktors - beispielsweise ein Kolben im Geberzylinder - bewegt.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass eine inkorrekte Befüllung vorliegt, wenn der maximale Druckgradient kleiner als der Druckgradientenschwellenwert ist. Bei Unterschreiten des Schwellenwertes ist sicher noch Luft im System. Die konkrete Festlegung des Wertes dieses Schwellenwerts muss dem Fachmann überlassen bleiben da der technische Einzelfall zu berücksichtigen ist.

In einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass ein Entlüften durch das Steuergerät veranlasst wird, wenn eine inkorrekte Befüllung vorliegt. Dies erfolgt unmittelbar danach oder bei nächster Gelegenheit.

In einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der maximale Druckgradient durch ein Bewegen der Kupplung in Richtung Schließen mittels des Aktors entlang des Aktorweges ermittelt wird.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der maximale Druckgradient durch ein Bewegen der Kupplung in Richtung Schließen mittels des Aktors entlang des Aktorweges in einem vorgegebenen Positionsbereich um die Schnüffelbohrung ermittelt wird. Zur Ermittlung des Aktorweg kann dabei beispielsweise die flüssigkeitsseitige Stirnfläche des Kolbens im Zylinder herangezogen werden.

In einer weiteren alternativen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der maximale Druckgradient durch ein Bewegen der Kupplung in Richtung Schließen mittels des Aktors entlang des Aktorweges bei einem vorgegebenen Druckwert ermittelt wird, wobei der vorgegebene Druckwert bevorzugt zwischen 0,5 bar und 6 bar beträgt. Die konkrete Festlegung des Wertes des vorgegebenen Druckwerts muss dem Fachmann überlassen bleiben da der technische Einzelfall zu berücksichtigen ist.

- 25 -

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist alternativ oder zusätzlich vorgesehen, dass der maximale Druckgradient durch ein Bewegen der Kupplung in Richtung Schließen mittels des Aktors entlang des Aktorweges in einem vorgegebenen Druckbereich von bevorzugt 0 bar bis 7,5 bar besonders bevorzugt von 0 bar bis 5,5 bar ermittelt wird. Die konkrete Festlegung des vorgegebenen Druckbereichs muss auch hier dem Fachmann überlassen bleiben da der technische Einzelfall zu berücksichtigen ist.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die Überprüfung der korrekten Befüllung nach einer Neubefüllung oder einer Wiederbefüllung des hydraulischen Betätigungssystems mit dem Druckmittel durchgeführt wird.

In einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die Überprüfung der korrekten Befüllung zur Überprüfung der Verfügbarkeit des hydraulischen Betätigungssystems in regelmäßigen Abständen durchgeführt wird.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die Überprüfung während bestimmter Fahrsituationen durch Betätigung des hydraulischen Betätigungssystems durchgeführt wird.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass das Ergebnis einer korrekten und/oder einer nicht korrekten Überprüfung in einem Fehlerspeicher hinterlegt und/oder durch eine Anzeige dargestellt wird.

In vorrichtungstechnischer Hinsicht wird die Aufgabe auch durch das nachstehend beschriebene hydraulische Betätigungssystem gelöst.

Erfindungsgemäß wird ein hydraulisches Betätigungssystem mit einem von einem Steuergerät mittels eines Aktors betätigbaren Kolben in einem Zylinder, einem ersten Sensor zur Erfassung des Drucks in dem Zylinder und einem zweiten Sensor zur Erfassung der Position des Aktors vorgeschlagen. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass zur Überprüfung einer korrekten Befüllung des hydraulischen Betätigungssystems mit einem Druckmittel ein vorangehend beschriebenes Verfahren durchgeführt wird.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass das hydraulische Betätigungssystem ein hydraulisches Kupplungsbetätigungssystem ist.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass das hydraulische Betätigungssystem ein hydraulisches Getriebebetätigungssystem ist.

Ein derartiges hydraulisches Betätigungssystem kann jedoch nicht nur in hydraulischen Kupplungsbetätigungssystemen oder hydraulischen Getriebebetätigungssystemen eingesetzt werden sondern kann auch bei Gangstellern in Getriebesystemen, als Betätigungssystem in Motorsystemen für Drosselklappen, Nebenaggregate und Nebenaggregateantriebe, als Betätigungssystem in Abgasführungs- und Ladesystemen, in Bremssystemen und zur Betätigung in Nutzfahrzeugen oder Baumaschinen nutzbringend eingesetzt werden.

Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der nachfolgenden Figuren sowie deren Beschreibung.

Figur 1 schematischer Aufbau eines hydrostatischen Kupplungssystems;

Figur 5 Weg-Druck-Kennlinie mit markiertem Bereich, der für die Überprüfung relevant ist;

Figur 6 Weg-Druck-Kennlinie im unteren Druckbereich mit maximalem Druckgradienten

In Figur 1 ist schematisch der Aufbau eines hydraulischen Kupplungssystems 1 am Beispiel eines schematisch dargestellten hydraulischen, hydrostatischen Kupplungsaktors (HCA) dargestellt. Das hydraulische Kupplungssystem 1 umfasst auf der Geberseite 15 ein Steuergerät 2, das einen Aktor 3 ansteuert. Bei einer Lageveränderung des Aktors 3 und des Kolbens 19 im Zylinder 4 entlang des Aktorweges nach rechts wird das Volumen des Zylinders 4 verändert, wodurch ein Druck P in dem Zylinder 4 aufgebaut wird, der über ein Druckmittel 7 über eine Hydraulikleitung 9 zur Nehmerseite 16 des hydraulischen Kupplungssystems 1 übertragen wird. Die Hydraulikleitung 9 ist bezüglich ihrer Länge und Form der Bauraumsituation des Fahrzeugs angepasst. Auf der Nehmerseite 16 verursacht der Druck P des Druckmittels 7 in einem Zylinder 4' eine Wegänderung, die auf eine Kupplung 8 übertragen wird um diese zu betätigen. Der Druck P in dem Zylinder 4 auf der Geberseite 15 des hydraulischen Kupplungssystems 1 kann mittels eines ersten Sensors 5 ermittelt werden. Bei dem ersten Sensor 5 handelt es sich bevorzugt um einen Drucksensor. Die von dem Aktor 3 zurückgelegte Wegstrecke entlang des Aktorweges wird mittels eines zweiten Sensors 6 ermittelt.

Eine Ausführungsform der Erfindung ist ein Verfahren zur Auswertung des Druckanstiegs beim Schließen der Kupplung unmittelbar im Bereich der Schnüffelbohrung.

Beim Schließen der Kupplung wird die Weg-Druck-Kennlinie 310 ermittelt, eine derartige ist in Figur 5 dargestellt. In Figur 5 ist sowohl das Schließen (obere Kurve) der Kupplung wie auch das Öffnen (untere Kurve) der Kupplung mit einem dafür typischen Hystereseeffekt dargestellt. In Figur 5 ist der Bereich, der für die erfindungsgemäße Überprüfung relevant ist, mit einer Ellipse 360 markiert. Um Störeinflüsse zu reduzieren, werden nicht direkt die Weg- und Drucksignale 310 analysiert, sondern diese leicht gefiltert 320 (z.B. PT1-Filter), wie dies in Figur 6 dargestellt ist in welcher der relevante Bereich gegenüber Figur 5 vergrößert dargestellt ist.

Aus den gefilterten Signalen wird der Druckgradient (Verhältnis Druckdifferenz zu Wegdifferenz) ermittelt. Zur Bestimmung des Druckgradienten können auch alternative Methoden (z.B. Kalman-Filter) eingesetzt werden.

Ist noch Luft in der hydraulischen Steckte, so erhält man beim Schließen der Kupplung im Bereich der Schnüffelbohrung einen kleinen Druckgradienten. Zur Auswertung stehen zwei Alternativen A und B zur Verfügung:

A. Bei festem Druck (z.B. 2 bar) wird der Druckgradient mit einem fest vorgegebenen Schwellenwert verglichen. Bei Unterschreiten des Schwellenwertes ist sicher noch Luft im System. Dies wird der Kupplungssteuerung mitgeteilt, damit ein weiteres Entlüften angestoßen werden kann. Gemäß diesem Verfahrensverlauf A wird also die Kupplungsaktorik 3 in Richtung Kupplung Schliessen in eine Position verfahren, sodass ein vorgegebener Druck aus dem Druckbereich von bevorzugt 0.5 bis 6 bar besonders bevorzugt ein vorgegebener Druck von 2 bar vorliegt. In dieser Position wird der Druckgradient beispielsweise aus den unmittelbar zuvor gemessenen Weg- und Druckwerten ermittelt oder alternativ kleine Bewegungen in Richtung Schliessen der Kupplung im Bereich des vorgegebenen Drucks ausgeführt um Messwerte zur Ermittlung des Druckgradienten im Bereich des vorgegebenen Drucks zu erhalten. Dieser ermittelte Druckgradient gilt für den weiteren Verfahrensverlauf als der maximale Druckgradient. Anschließend wird der ermittelte maximale Druckgradienten mit einem vorgegebenen Druckgradientenschwellenwert verglichen. Ist der Wert des ermittelten maximale Druckgradienten größer als der vorgegebene Druckgradientenschwellenwert so ist davon auszugehen, dass keine gasförmigen Anteile in der Übertragungsstrecke vorhanden sind. Die

konkrete Festlegung des Wertes des vorgegebenen Drucks sowie die konkrete Festlegung des Wertes des Druckgradientenschwellenwerts muss dem Fachmann überlassen bleiben da der technische Einzelfall des hydraulischen Betätigungssystems der Kupplung sowie die Eigenschaften der gasförmigen Anteile im Hinblick auf Druck zu berücksichtigen sind. Der Fachmann wird dabei einen Druckwert vorgeben bei welchem der zu erwartende Druckgradient um die Schnüffelbohrung besonders groß ist.

B. Im unteren Positionsbereich (z.B. erweiterter Bereich um die Schnüffelbohrung, d.h. wenn sich die flüssigkeitsseitige Stirnfläche des Kolbens 19 im Zylinder 4 im erweiterten Bereich der Schnüffelöffnung 18 befindet) und/oder im unteren Druckbereich (z.B. 0 – 5 bar) wird der maximale Druckgradient 330 der gefilterten Weg-Druck-Kennlinie 320 bestimmt (siehe Figur 6). Dieser wird mit einem fest vorgegebenen Schwellenwert verglichen. Bei Unterschreiten des Schwellenwertes ist sicher noch Luft im System. Dies wird der Kupplungssteuerung mitgeteilt, damit ein weiteres Entlüften angestoßen werden kann. Gemäß diesem Verfahrensverlauf B wird also die Kupplungsaktorik 3 in Richtung Kupplung Schliessen in eine Position verfahren, sodass sich die flüssigkeitsseitige Stirnfläche des Kolbens 19 im Zylinder 4 am Beginn eines vorgegebenen Positionsbereichs des erweiterten Bereichs der Schnüffelöffnung 18 befindet, wobei unter dem erweiterten Bereich der Schnüffelbohrung ein Positionsbereich um die Schnüffelbohrung gemeint ist, in welchem erfahrungsgemäß der größte Druckgradient zu erwarten ist, wie dies beispielsweise in Figur 5 oder Figur 6 bevorzugt im Positionsbereich - 2.5 mm bis +2.0 mm der Fall ist. Als Alternative oder zusätzlich zur Vorgabe des Positionsbereichs wird die Kupplungsaktorik 3 in Richtung Kupplung Schliessen in eine Position verfahren in der der geringste Druck (Beginn des vorgegebenen Druckbereichs) aus einem vorgegebenen Druckbereich von bevorzugt 0 bar bis 7,5 bar besonders bevorzugt zwischen 0 bar und 5,5 bar vorliegt. Im vorgegebenen Positionsbereich des erweiterten Bereichs der Schnüffelöffnung oder alternativ im vorgegebenen Druckbereich oder alternativ bei Vorliegen sowohl einer Position aus dem vorgegebenen Positionsbereich als auch bei Vorliegen eines Drucks aus dem vorgegebenen Druckbereich wird der maximale Druckgradient, der im jeweils vorgegebenen Bereich vorliegt ermittelt indem dieser vorgegebene Bereich mittels der Aktorik – in Richtung Kupplung Schliessen – durchfahren wird und eine Weg-Druck-Kennlinie ermittelt wird aus der anschliessend der maximale Druckgradient für den vorgegebenen Bereich ermittelt wird. Anschliessend wird der ermittelte maximale Druckgradienten mit einem vorgegebenen Druckgradientenschwellenwert – der bevorzugt den selben Wert wie gemäß Verfahrensverlauf A hat – verglichen. Ist der Wert des ermittelten maximalen Druckgradienten größer als der vorgegebene Druckgradientenschwellenwert so ist – wie in Verfahrensverlauf A – davon auszugehen, dass keine gasförmigen Anteile in der Übertragungsstrecke vorhanden sind. Die

- 29 -

konkrete Festlegung des vorgegebenen Positionsbereichs um die Schnüffelbohrung, die konkrete Festlegung des vorgegebenen Druckbereichs sowie die konkrete Festlegung des Wertes des Druckgradientenwellenwerts muss dem Fachmann überlassen bleiben da der technische Einzelfall des hydraulischen Betätigungssystems der Kupplung sowie die Eigenschaften der gasförmigen Anteile im Hinblick auf Druck zu berücksichtigen sind. Der Fachmann wird dabei Bereiche vorgeben in welchen der zu erwartende Druckgradient um die Schnüffelbohrung besonders groß ist.

Diese Überprüfung kann am Bandende im Fahrzeug- und/oder Getriebewerk sowie im laufenden Fahrbetrieb durchgeführt werden.

Alternativ kann auch überprüft werden, ob beim Schließen der Kupplung der angeforderte Maximaldruck erreicht wird. Diese Überprüfung ist relativ einfach und effektiv. Die erkennbare Restluftmenge im hydraulischen System ist jedoch deutlich größer als bei der Methode mit Druckgradient.

Vorgeschlagen wird ein Verfahren zur Erkennung der korrekten Befüllung eines hydrostatischen Kupplungssystems anhand der Auswertung des Druckgradienten und/oder des maximal erreichbaren Drucks.

Bezugszeichenliste

1	Hydraulisches Kupplungssystem
2	Steuergerät
3	Aktor
4, 4'	Zylinder
5	erster Sensor
6	zweiter Sensor
7	Druckmittel
8	Kupplung
9	Hydraulikleitung
10	Weg-Druck-Kennlinie
15	Geberseite
16	Nehmerseite
17	Ausgleichsbehälter
18	Schnüffelöffnung
19	Kolben
320	gefilterte Weg-Druck-Kennlinie
330	maximaler Druckgradient der gefilterten Weg-Druck-Kennlinie
340	Druck [bar]
350	Aktorweg [mm]
360	Markierung
110	Weg-Druck-Kennlinie
120	Weg-Druck-Kennlinie
130	Weg-Druck-Kennlinie
140	Weg-Druck-Kennlinie
150	Aktorposition [mm], Weg
160	Druck [bar]
170	maximale Akteurposition
180	maximaler Druck

- 31 -

- 210 maximaler Druckgradient im unteren Druckbereich der Weg-Druck-Kennlinie 110
- 220 maximaler Druckgradient im unteren Druckbereich der Weg-Druck-Kennlinie 120
- 230 maximaler Druckgradient im unteren Druckbereich der Weg-Druck-Kennlinie 130
- 240 maximaler Druckgradient im unteren Druckbereich der Weg-Druck-Kennlinie 140
- 250 Schwellenwert
- 260 Index
- 270 maximaler Druckgradient [bar/mm]

- A Druck-Weg-Kennlinie „Funktionsfähige Kupplung bei Raumtemperatur“
- B Druck-Weg-Kennlinie „Funktionsfähige Kupplung bei erhöhter Temperatur“
- C Druck-Weg-Kennlinie „Defekte Kupplung“
- 1100 Druck [bar]
- 1110 Aktorweg [mm]
- 1120 Smax
- 1130 TP A
- 1140 S(TP) A
- 1150 P(Smax) A
- 1160 TP C
- 1170 S(TP) C
- 1180 P(Smax) C
- 1200 Mindestdruckgrenzwert
- 1210 Positionsdifferenzgrenzwert

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überprüfung einer korrekten Befüllung eines hydraulischen Betätigungssystems (1) mit einem von einem Steuergerät (2) mittels eines Aktors (3) betätigbaren Kolben (19) in einem Zylinder (4), einem ersten Sensor (5) zur Erfassung des Drucks in dem Zylinder (4) und einem zweiten Sensor (6) zur Erfassung der Position des Aktors (3) entlang eines Aktorweges, dadurch gekennzeichnet, dass zur Überprüfung einer korrekten Befüllung des hydraulischen Betätigungssystems (1) mit einem Druckmittel (7) folgende Überprüfungsschritte ausgeführt werden:

- Bewegen des Aktors (3) bis zu einer vorgegebenen, maximalen Aktorposition (170) und Erfassen des Drucks an der maximalen Aktorposition (170), Vergleichen des erfassten Drucks mit einem vorgegebenen Maximaldruckwert (180), wobei der Überprüfungsschritt als erfolgreich durchlaufen gilt, wenn der erfasste Druck mit einem vorgegebenen Maximaldruckwert (180) innerhalb eines ersten Toleranzbereichs übereinstimmt,
- Ermitteln des maximalen Druckgradient (210, 220, 230, 240) einer Position-Druck-Kennlinie (110, 120, 130, 140) in einem vorgegebenen Bereich der Kennlinie wobei der Überprüfungsschritt als erfolgreich durchlaufen gilt, wenn der ermittelte maximale Druckgradient (210, 220, 230, 240) größer als ein vorgegebener Druckgradientenschwellenwert (250) unter Berücksichtigung eines zweiten Toleranzbereichs ist,
- Ermitteln von Position-Druck-Kennlinien bis zwei Position-Druck-Kennlinien (110, 120) vorliegen, vergleichen der beiden Position-Druck-Kennlinien (110, 120), wobei der Überprüfungsschritt als erfolgreich durchlaufen gilt, wenn beide Position-Druck-Kennlinien (110, 120) innerhalb eines dritten Toleranzbereichs übereinstimmen,

wobei eine korrekte Befüllung vorliegt, wenn alle drei Überprüfungsschritte erfolgreich durchlaufen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Vergleich der beiden Position-Druck-Kennlinien (110, 120) an zwei zeitlich aufeinander folgend ermittelten Position-Druck-Kennlinien (110, 120) ausgeführt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Vergleich der beiden Position-Druck-Kennlinien (110, 120) darart ausgeführt wird, dass ermittelt wird, ob eine Verschiebung der beiden Position-Druck-Kennlinien (110, 120) zueinander vorliegt.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Vergleich der beiden Position-Druck-Kennlinien (110, 120) darart ausgeführt wird, dass ermittelt wird, ob eine Verschiebungen der zeitlich später ermittelten Position-Druck-Kennlinie (110, 120) gegenüber der zeitlich früher ermittelten Position-Druck-Kennlinie (110, 120) zu kleineren Aktorpositionen hin kommt.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Vergleich durch Vergleich zweier Positionswerte durchgeführt wird, die sich aus den beiden Position-Druck-Kennlinien (110, 120) an einem gemeinsamen, vorgegebenen Vergleichsdruckwert jeweils ergeben.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Vergleich durch Vergleich zweier Tastpunkte durchgeführt wird, die sich aus den beiden Position-Druck-Kennlinien (110, 120) jeweils ergeben.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Entlüften durch das Steuergerät (2) veranlasst wird, wenn eine inkorrekte Befüllung vorliegt.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der maximale Druckgradient durch ein Bewegen der Kupplung in Richtung Schließen mittels des Aktors (3) entlang des Aktorweges ermittelt wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der maximale Druckgradient durch ein Bewegen der Kupplung in Richtung Schließen

mittels des Aktors (3) entlang des Aktorweges in einem vorgegebenen Positionsbereich um die Schnüffelbohrung (18) ermittelt wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der maximale Druckgradient durch ein Bewegen der Kupplung in Richtung Schließen mittels des Aktors (3) entlang des Aktorweges bei einem vorgegebenen Druckwert ermittelt wird, wobei der vorgegebene Druckwert bevorzugt zwischen 0,5 bar und 6 bar beträgt.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der maximale Druckgradient durch ein Bewegen der Kupplung in Richtung Schließen mittels des Aktors (3) entlang des Aktorweges in einem vorgegebenen Druckbereich von bevorzugt 0 bar bis 7,5 bar besonders bevorzugt von 0 bar bis 5,5 bar ermittelt wird.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Überprüfung der korrekten Befüllung nach einer Neubefüllung oder einer Wiederbefüllung des hydraulischen Betätigungssystems (1) mit dem Druckmittel (7) durchgeführt wird.
13. Hydraulisches Betätigungssystems (1) mit einem von einem Steuergerät (2) mittels eines Aktors (3) betätigbaren Kolben (19) in einem Zylinder (4), einem ersten Sensor (5) zur Erfassung des Drucks in dem Zylinder (4) und einem zweiten Sensor (6) zur Erfassung der Position des Aktors (3) dadurch gekennzeichnet, dass zur Überprüfung einer korrekten Befüllung des hydraulischen Betätigungssystems (1) mit einem Druckmittel (7) ein Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche durchgeführt wird.
14. Hydraulisches Betätigungssystems (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das hydraulische Betätigungssystem (1) ein hydraulisches Kupplungsbetätigungssystem (1) oder ein hydraulisches Getriebebetätigungssystem ist.
15. Verfahren zur Fehlerdetektierung in einem hydraulischen Kupplungsbetätigungssystem (1) sowie in einer damit betätigten Reibungskupplung (8), wobei das hydraulische Kupplungsbetätigungssystem (1) einen von einem Steuergerät (2) mittels eines Aktors (3) betätigbaren Kolben (19) in einem Zylinder (4) mit einem Druckmittel (7), einen ersten Sensor (5) zur Erfassung des Drucks des Druckmittels (7) und einen zweiten Sensor (6) zur Erfassung der Position des Aktors (3) entlang eines Aktorweges aufweist, dadurch ge-

kennzeichnet, dass auf einen Fehler in dem hydraulischen Kupplungsbetätigungssystem (1) oder in der damit betätigten Reibungskupplung (8) erkannt wird, wenn eine oder mehrere der folgenden Bedingungen erfüllt ist oder sind:

- der Druck des Druckmittels (7) an einer vorgegebenen Position des Aktors (3) ist kleiner als ein vorgegebener Mindestdruckgrenzwert (1200),
- die Strecke zwischen der Position des aktuellen Tastpunkts (1130, 1160) der Kupplung (8) sowie einer vorgegebenen Position auf dem Aktorweg ist kleiner als ein vorgegebener Positions Differenzgrenzwert (1210),
- die Änderungsgeschwindigkeit der, innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums der mit dem Zeitpunkt der letzten Ermittlung endet, ermittelten Werte für den Tastpunkt der Kupplung ist größer als ein vorgegebener Tastpunktänderungsgeschwindigkeitsgrenzwert,
- die Motordrehzahl überschreitet die Summe aus einer Ausgangsdrehzahl und einem vorgegebenen Motordrehzahlgrenzwert wenn das Kupplungsmoment von einem vorgegebenen Ausgangskupplungsollmoment zu einem anderen vorgegebenen Kupplungsollmoment erhöht wird,
- wenn die Änderungsgeschwindigkeit der, innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums, der mit dem Zeitpunkt der letzten Ermittlung endet, ermittelten Werte für den Reibwert der Kupplung einen vorgegebenen Reibwertänderungsgeschwindigkeitsgrenzwert übersteigt.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass auf einen Fehler in dem hydraulischen Kupplungsbetätigungssystem (1) erkannt wird, wenn ein zeitlicher Druckabfall bei konstanter Aktorposition größer ist als ein vorgegebener Druckabfallgrenzwert.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass auf einen Fehler in dem hydraulischen Kupplungsbetätigungssystem (1) erkannt wird, wenn eine oder mehrere der folgenden Bedingungen erfüllt ist oder sind:

- 36 -

- ein zeitlicher Druckabfall an der vorgegebenen Position des Aktors (3) bei konstanter Aktorposition ist größer als ein vorgegebener Leakage-Druckabfallgrenzwert,
- die zeitliche Veränderung der Strecke zwischen dem im Laufe der Zeit jeweils aktuellen Tastpunkt (1130, 1160) der Kupplung (8) sowie einer vorgegebenen Position auf dem Aktorweg ist größer als ein vorgegebener Leakage-Positionsänderungsgrenzwert (1210),
- die Änderungsgeschwindigkeit der, innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums, der mit dem Zeitpunkt der letzten Ermittlung endet, ermittelten Werte für den Tastpunkt der Kupplung ist größer als ein vorgegebener Leakage-Tastpunktänderungsgeschwindigkeitsgrenzwert.

18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass auf einen Fehler in der mit dem hydraulischen Kupplungsbetätigungssystem (1) betätigten Reibungskupplung (8) erkannt wird, wenn eine oder mehrere der folgenden Bedingungen erfüllt ist oder sind:

- der Druck des Druckmittels (7) an einer vorgegebenen Position des Aktors (3) ist kleiner als ein vorgegebener Mindestdruckgrenzwert (1200) und ein zeitlicher Druckabfall an der vorgegebenen Position des Aktors (3) bei konstanter Aktorposition ist kleiner als ein vorgegebener Leakage-Druckabfallgrenzwert,
- die Strecke zwischen der Position des aktuellen Tastpunkts (1130, 1160) der Kupplung (8) sowie einer vorgegebenen Position auf dem Aktorweg ist kleiner als ein vorgegebener Positionsänderungsgrenzwert (1210) und die zeitliche Veränderung der Strecke zwischen dem im Laufe der Zeit jeweils aktuellen Tastpunkt (1130, 1160) der Kupplung (8) sowie einer vorgegebenen Position auf dem Aktorweg ist kleiner als ein vorgegebener Leakage-Positionsänderungsgrenzwert (1210),
- die Änderungsgeschwindigkeit der, innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums der mit dem Zeitpunkt der letzten Ermittlung endet, ermittelten Werte für den Tastpunkt der Kupplung ist größer als ein vorgegebener Tastpunktänderungsgeschwindigkeitsgrenzwert und die Änderungsgeschwindigkeit der, innerhalb eines vorgegebenen

Zeitraums der mit dem Zeitpunkt der letzten Ermittlung endet, ermittelten Werte für den Tastpunkt der Kupplung ist kleiner als ein vorgegebener Leckage-Tastpunktänderungsgeschwindigkeitsgrenzwert.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass die vorgegebene Position auf dem Aktorweg der maximale Aktorweg (1120) in Richtung Kupplung Schliessen ist.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass nur Tastpunktänderungen zwischen zwei zeitlich aufeinander folgenden Tastpunktermittlungen in Richtung Kupplung Schliessen berücksichtigt werden.
21. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass der vorgegebenen Motordrehzahlgrenzwert in Abhängigkeit von der Ausgangsdrehzahl und/oder der Momentendifferenz zwischen vorgegebenem Kupplungssollmoment und Ausgangskupplungssollmoment ermittelt wird
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Leckage-Druckabfallgrenzwert und/oder der Mindestdruckgrenzwert (1200) in Abhängigkeit von der vorgegebenen Position des Aktors (3) ermittelt wird.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 15, 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Tastpunktänderungsgeschwindigkeitsgrenzwert kleiner ist als der Leckage-Tastpunktänderungsgeschwindigkeitsgrenzwert.
24. Verfahren zur Überprüfung einer korrekten Befüllung eines hydraulischen Betätigungssystems (1) mit einem von einem Steuergerät (2) mittels eines Aktors (3) betätigbaren Kolben (19) in einem Zylinder (4), einem ersten Sensor (5) zur Erfassung des Drucks in dem Zylinder (4) und einem zweiten Sensor (6) zur Erfassung der Position des Aktors (3) entlang eines Aktorweges, dadurch gekennzeichnet, dass zur Überprüfung einer korrekten Befüllung des hydraulischen Betätigungssystems (1) mit einem Druckmittel (7) der maximale Druckgradient einer Position-Druck-Kennlinie in einem vorgegebenen Bereich der Kennlinie ermittelt wird und wenn der ermittelte maximale Druckgradient größer als ein vorgegebener Druckgradientenschwellenwert ist, eine korrekte Befüllung vorliegt.

25. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass eine inkorrekte Befüllung vorliegt, wenn der maximale Druckgradient kleiner als der Druckgradientenschwellenwert ist.
26. Verfahren nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass ein Entlüften durch das Steuergerät (2) veranlasst wird, wenn eine inkorrekte Befüllung vorliegt.
27. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass der maximale Druckgradient (330) durch ein Bewegen der Kupplung in Richtung Schließen mittels des Aktors (3) entlang des Aktorweges ermittelt wird.
28. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 24 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass der maximale Druckgradient (330) durch ein Bewegen der Kupplung in Richtung Schließen mittels des Aktors (3) entlang des Aktorweges in einem vorgegebenen Positionsbereich um die Schnüffelbohrung (18) ermittelt wird.
29. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 24 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass der maximale Druckgradient (330) durch ein Bewegen der Kupplung in Richtung Schließen mittels des Aktors (3) entlang des Aktorweges bei einem vorgegebenen Druckwert ermittelt wird, wobei der vorgegebene Druckwert bevorzugt zwischen 0,5 bar und 6 bar beträgt.
30. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der maximale Druckgradient (330) durch ein Bewegen der Kupplung in Richtung Schließen mittels des Aktors (3) entlang des Aktorweges in einem vorgegebenen Druckbereich von bevorzugt 0 bar bis 7,5 bar besonders bevorzugt von 0 bar bis 5,5 bar ermittelt wird.
31. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Überprüfung der korrekten Befüllung nach einer Neubefüllung oder einer Wiederbefüllung des hydraulischen Betätigungssystems (1) mit dem Druckmittel (7) durchgeführt wird.
32. Hydraulisches Betätigungssystems (1) mit einem von einem Steuergerät (2) mittels eines Aktors (3) betätigbaren Kolben (19) in einem Zylinder (4), einem ersten Sensor (5) zur Erfassung des Drucks in dem Zylinder (4) und einem zweiten Sensor (6) zur Erfassung

der Position des Aktors (3) dadurch gekennzeichnet, dass zur Überprüfung einer korrekten Befüllung des hydraulischen Betätigungssystems (1) mit einem Druckmittel (7) ein Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche durchgeführt wird.

33. Hydraulisches Betätigungssystems (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das hydraulische Betätigungssystem (1) ein hydraulisches Kupplungsbetätigungssystem (1) oder ein hydraulisches Getriebebetätigungssystem ist.

1/5

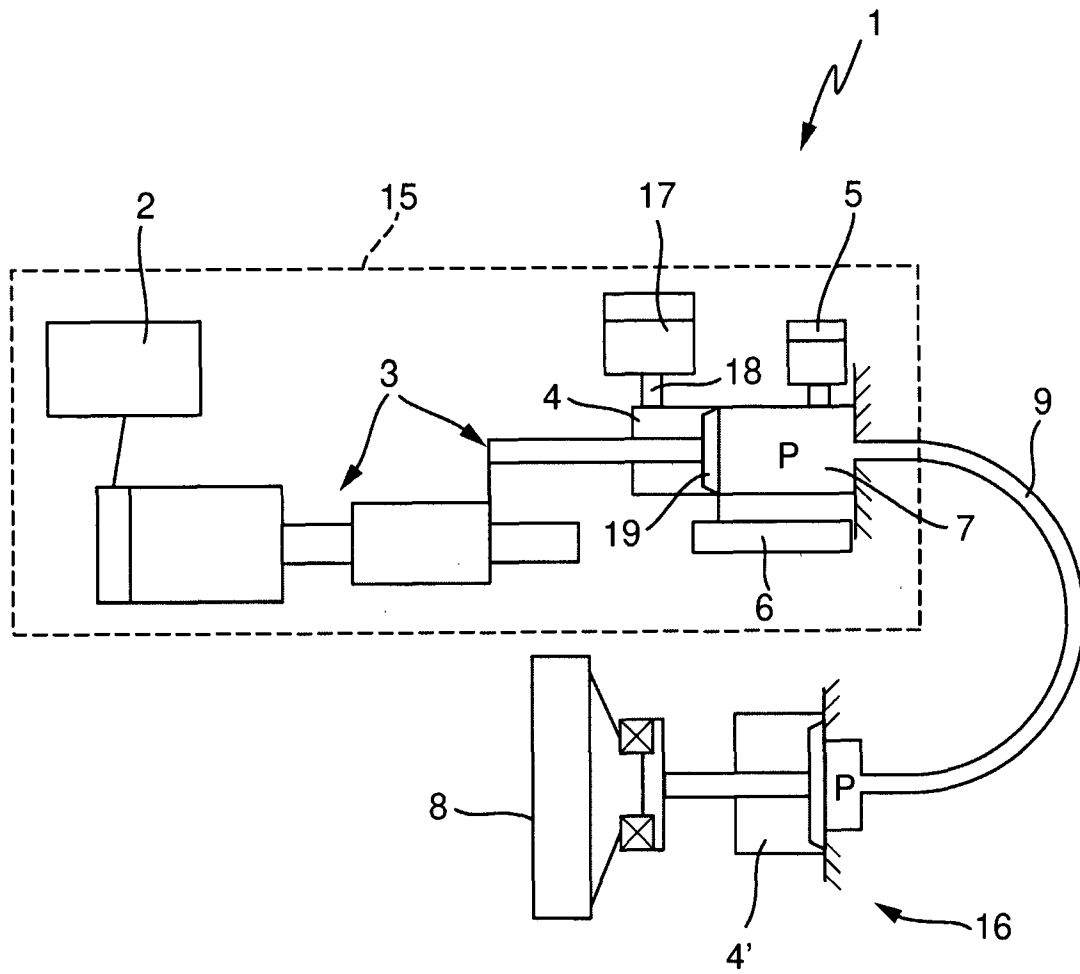
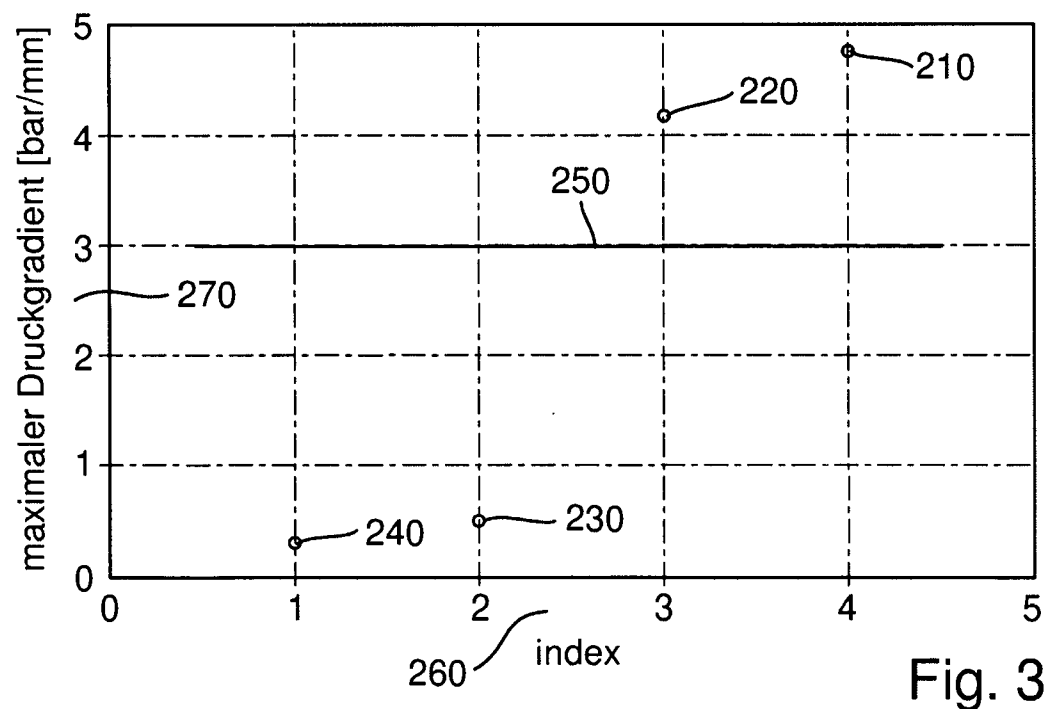
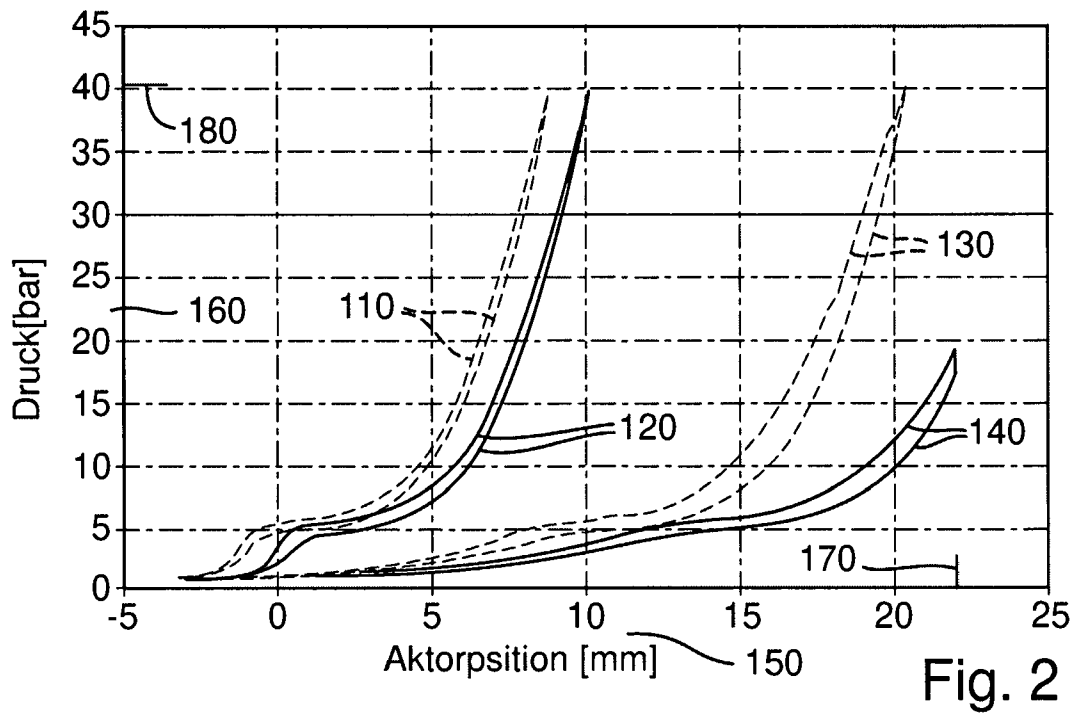


Fig. 1

2/5



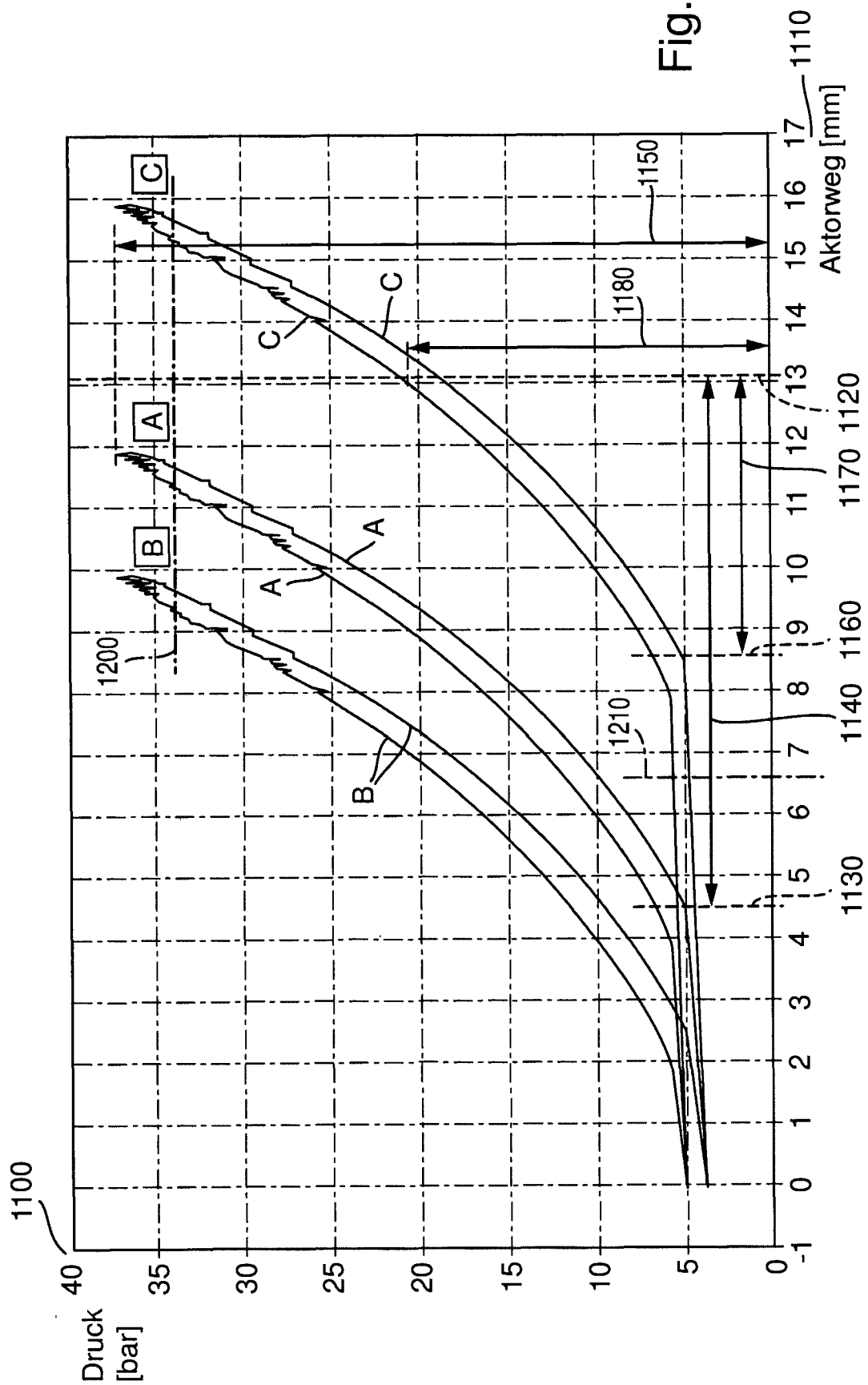


Fig. 4

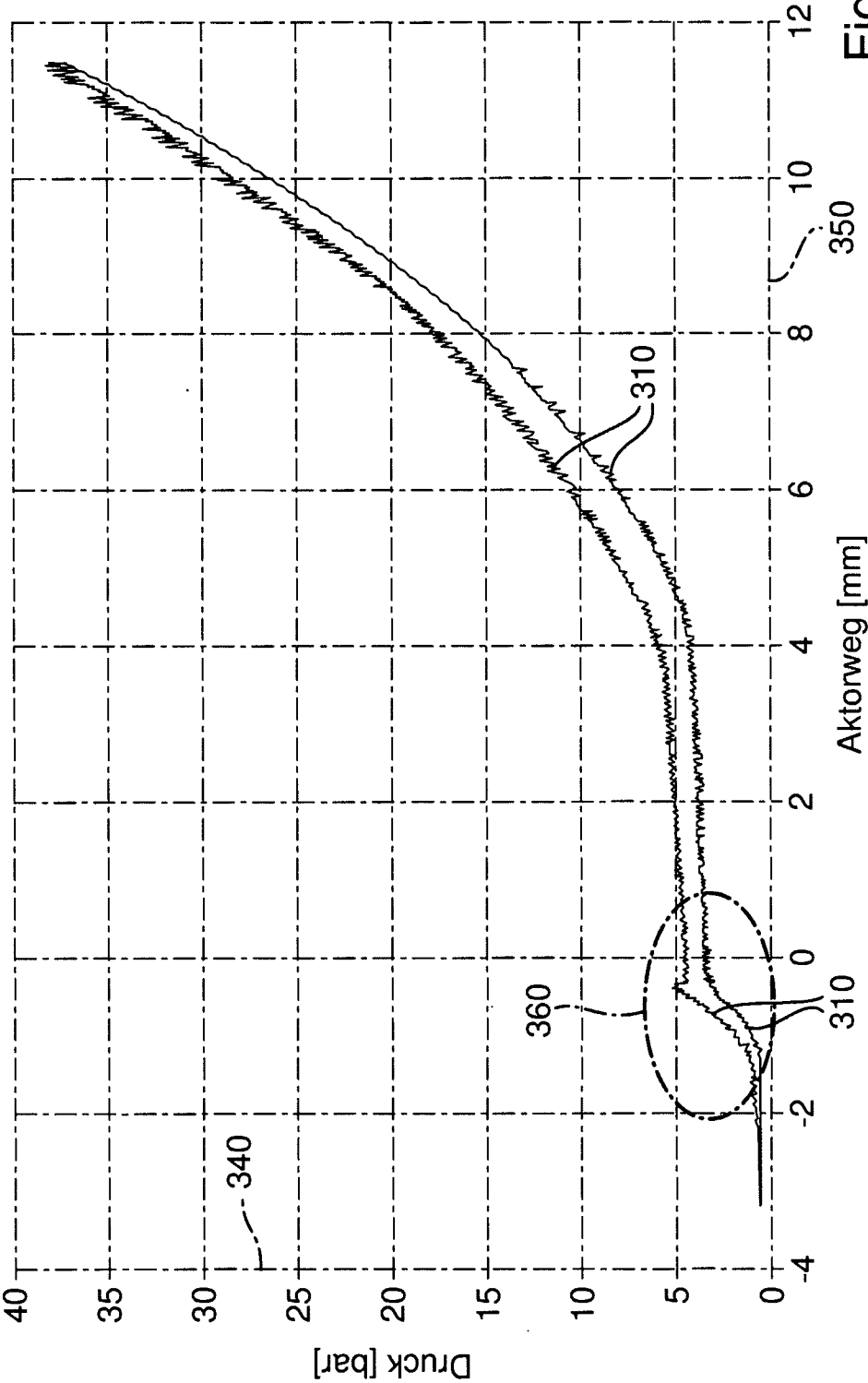


Fig. 5

5/5

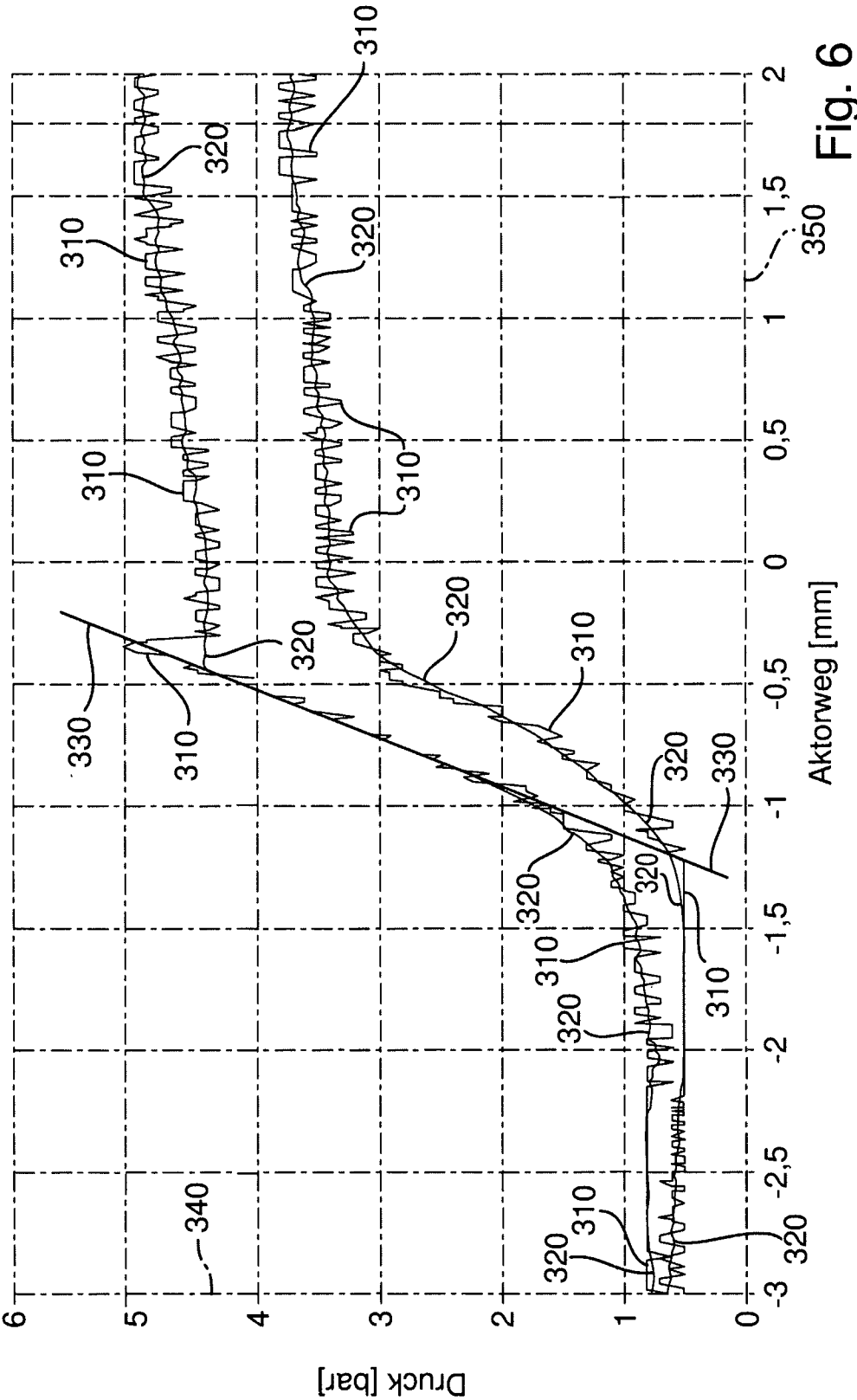


Fig. 6