



(10) **DE 10 2016 208 564 A1 2017.11.23**

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 208 564.6**

(51) Int Cl.: **B60T 13/66 (2006.01)**

(22) Anmelddatum: **19.05.2016**

(43) Offenlegungstag: **23.11.2017**

(71) Anmelder:

**Continental Teves AG & Co. OHG, 60488
Frankfurt, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2011 084 746	A1
DE	10 2013 204 778	A1

(72) Erfinder:

**Gronau, Ralph, 35083 Wetter, DE; Woywod,
Jürgen, 64546 Mörfelden-Walldorf, DE**

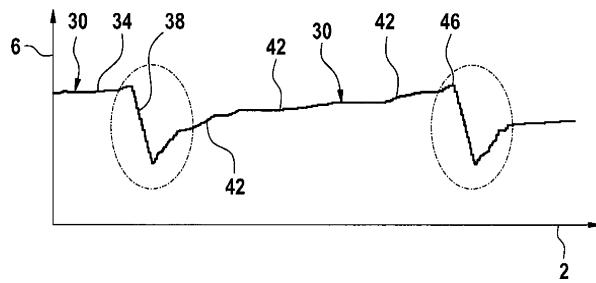
Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betreiben einer Bremsanlage mit einer Druckbereitstellungseinrichtung und Bremsanlage**

(57) Zusammenfassung: Verfahren zum Betreiben einer Bremsanlage (101), umfassend

- hydraulisch betätigbare Radbremsen (108, 109, 110, 111);
- zumindest ein elektrisch betätigbares Radventil (106a–106d, 107a–107d) je Radbremse zum Einstellen radindividueller Bremsdrücke;
- einen unter Atmosphärendruck stehenden Druckmittelvorratsbehälter (104); und
- eine elektrisch steuerbare Druckbereitstellungseinrichtung (105) zur Betätigung der Radbremsen (108, 109, 110, 111), welche durch eine Zylinder-Kolben-Anordnung mit einem hydraulischen Druckraum (137) gebildet ist, deren Druckkolben (136) durch einen Elektromotor (140) und ein dahinter geschaltetes Rotations-Translationsgetriebe verschiebar ist, wobei der Druckraum (137) mit dem Druckmittelvorratsbehälter (104) über eine hydraulische Nachsaugleitung (184) zum Nachsaugen von Druckmittel in einem Nachsaugvorgang verbunden ist; wobei bei einem Druckeinstellen während eines Nachsaugvorganges durch die Druckbereitstellungseinrichtung (105) überprüft wird, ob eine Kavitation im Druckraum (137) der Druckbereitstellungseinrichtung (105) vorliegt, wobei, wenn das Vorliegen einer Kavitation erkannt wird, ein Sondernachsaugvorgang durchgeführt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Bremsanlage, umfassend hydraulisch betätigbare Radbremsen, zumindest ein elektrisch betätigbares Radventil je Radbremse zum Einstellen radindividueller Bremsdrücke, einen unter Atmosphärendruck stehenden Druckmittelvorratsbehälter und eine elektrisch steuerbare Druckbereitstellungseinrichtung zur Betätigung der Radbremsen, welche durch eine Zylinder-Kolben-Anordnung mit einem hydraulischen Druckraum gebildet ist, deren Druckkolben durch einen Elektromotor und ein dahinter geschaltetes Rotations-Translationsgetriebe verschiebar ist, wobei der Druckraum mit dem Druckmittelvorratsbehälter über eine hydraulische Nachsaugleitung zum Nachsaugen von Druckmittel in einem Nachsaugvorgang verbunden ist. Sie betrifft weiterhin eine Bremsanlage.

[0002] In der Kraftfahrzeugtechnik finden „Brake-by-Wire“-Bremsanlagen eine immer größere Verbreitung. Derartige Bremsanlagen umfassen oftmals neben einem durch den Fahrzeugführer betätigbaren Hauptbremszylinder eine elektrisch („by-Wire“) ansteuerbare Druckbereitstellungseinrichtung, mittels welcher in der Betriebsart „Brake-by-Wire“ eine Betätigung der Radbremsen stattfindet.

[0003] Bei diesen modernen Bremssystemen, insbesondere elektrohydraulischen Bremssystemen mit der Betriebsart „Brake-by-Wire“, ist der Fahrer von dem direkten Zugriff auf die Bremsen entkoppelt. Bei Betätigung des Pedals werden gewöhnlich eine Pedalentkopplungseinheit und ein Simulator betätigt, wobei durch eine Sensorik der Bremswunsch des Fahrers erfasst wird. Der Hauptbremszylinder mit dem Simulator dient dazu, dem Fahrer ein möglichst vertrautes Bremspedalgefühl zu vermitteln. Der erfasste Bremswunsch führt zu der Bestimmung eines Sollbremsmomentes, woraus dann der Sollbremsdruck für die Bremsen ermittelt wird. Der Bremsdruck wird dann aktiv von einer Druckbereitstellungseinrichtung in den Bremsen aufgebaut.

[0004] Das tatsächliche Bremsen erfolgt also durch aktiven Druckaufbau in den Bremskreisen mit Hilfe einer Druckbereitstellungseinrichtung, die von einer Steuer- und Regeleinheit angesteuert wird. Durch die hydraulische Entkopplung der Bremspedalbetätigung von dem Druckaufbau lassen sich in derartigen Bremssystemen viele Funktionalitäten wie ABS, ESC, TCS, Hanganfahrhilfe etc. für den Fahrer komfortabel verwirklichen.

[0005] In derartigen Bremssystemen ist gewöhnlich eine hydraulische Rückfallebene vorgesehen, durch die der Fahrer durch Muskelkraft bei Betätigung des Bremspedals das Fahrzeug abbremsen bzw. zum Stehen bringen kann, wenn die „By-Wire“-Betriebs-

art ausfällt oder gestört ist. Während im Normalbetrieb durch eine Pedalentkopplungseinheit die oben beschriebene hydraulische Entkopplung zwischen Bremspedalbetätigung und Bremsdruckaufbau erfolgt, wird in der Rückfallebene diese Entkopplung aufgehoben, so dass der Fahrer direkt Bremsmittel in die Bremskreise verschieben kann. In die Rückfallebene wird geschaltet, wenn mit Hilfe der Druckbereitstellungseinrichtung kein Druckaufbau mehr möglich ist. Dies ist u.a. dann der Fall, wenn das Rückschlagventil, welches die Druckbereitstellungseinrichtung mit dem Reservoir verbindet, nicht mehr zuverlässig sperrt, so dass ein Druckaufbau nicht mehr zuverlässig möglich ist.

[0006] Die Druckbereitstellungseinrichtung in oben beschriebenen Bremssystemen wird auch als Aktuator bzw. hydraulischer Aktuator bezeichnet. Insbesondere werden Aktuatoren als Linearaktuatoren bzw. Lineareinheiten ausgebildet, bei denen zum Druckaufbau ein Kolben axial in einen hydraulischen Druckraum verschoben wird, der in Reihe mit einem Rotations-Translationsgetriebe gebaut ist.

[0007] Aus der DE 10 2013 204 778 A1 ist eine „Brake-by-Wire“-Bremsanlage für Kraftfahrzeuge bekannt, welche einen bremspedalbetätigbaren Tandem-Hauptbremszylinder, dessen Druckräume jeweils über ein elektrisch betätigbares Trennventil trennbar mit einem Bremskreis mit zwei Radbremsen verbunden sind, eine mit dem Hauptbremszylinder hydraulisch verbundene, zu- und abschaltbare Simulationseinrichtung, und eine elektrisch steuerbare Druckbereitstellungseinrichtung, welche durch eine Zylinder-Kolben-Anordnung mit einem hydraulischen Druckraum gebildet wird, deren Kolben durch einen elektromechanischen Aktuator verschiebbar ist, umfasst, wobei die Druckbereitstellungseinrichtung über zwei elektrisch betätigbare Zuschaltventile mit den Einlassventilen der Radbremsen verbunden ist.

[0008] Durch die modernen Entwicklungen in der Motoren- und Getriebetechnik wie beispielsweise bei Benzin-, Direkteinspritzmotoren oder auch Elektrofahrzeugen, ist eine hinreichende Unterdruckversorgung zur Bremskraftunterstützung immer seltener gegeben. Dies erfordert Bremssysteme mit aktivem hydraulischen Bremsdruckaufbau, hydraulische Bremskraftverstärker oder zusätzliche Vakuumpumpen zum Betreiben eines Vakuumbremskraftverstärkers.

[0009] Offene Bremssysteme bzw. Bremsanlagen mit aktivem hydraulischem Bremsdruckaufbau ohne Rückförderung des bei einer fahrdynamischen Regelung wie beispielsweise einer Antischlupfregelung für den Druckaufbau verbrauchten Volumens haben einen begrenzten Volumenvorrat, der die Bremsanlage zum Nachsaugen zwingt, wenn der Verfahrweg des Bremszylinders am Linearaktuator erschöpft ist. Das Nachsaugen von Druckmittel, durch das der be-

nötigte Volumenvorrat wieder hergestellt wird, kann durch tiefe Temperaturen und/oder hohe Viskosität der Bremsflüssigkeit bzw. des Druckmittels behindert werden.

[0010] Fahrdynamische Regelungen erfordern daher schnelle Abfolgen von Druckaufbau und Druckabbau. Um die Nachsaugzeit so gering wie möglich zu halten, wird der Kolben gewöhnlich so schnell wie möglich zurückgefahren. Dies kann bei den genannten Randbedingungen zum Aufziehen einer Unterdruckblase bzw. Kavitation führen, da die Bremsflüssigkeit nicht schnell genug aus dem Vorratsbehälter nachgesaugt werden kann. Das Volumen der Blase geht dem Volumenvorrat für die weitere Regelung verloren, da der Druckkolben des Linearaktuators gewöhnlich sofort wieder vorgefahren wird, um den zuvor eingestellten Druck wieder einzustellen und die Regelung, z. B. ABS, fortzuführen. Ist kein entsprechender Volumenvorrat vorhanden, was im Extremfall bedeuten kann, dass gar kein Volumenvorrat vorhanden ist, ist kein entsprechender Druckaufbau mehr möglich und es kann zur Unterbremzung oder sogar zur Entbremsung kommen.

[0011] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben einer Bremsanlage dahingehend zu verbessern, dass für einen Druckaufbau ausreichend Druckmittelvorrat zur Verfügung steht. Weiterhin soll eine entsprechende Bremsanlage bereitgestellt werden, die zur Durchführung eines derartigen Verfahrens ertüchtigt ist.

[0012] In Bezug auf das Verfahren wird diese Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass bei einem Druckeinstellen während eines Nachsaugvorganges durch die Druckbereitstellungseinrichtung überprüft wird, ob eine Kavitation im Druckraum der Druckbereitstellungseinrichtung vorliegt, wobei, wenn das Vorliegen einer Kavitation erkannt wird, ein Sonder-nachsaugvorgang durchgeführt wird.

[0013] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0014] Die Erfindung geht von der Überlegung aus, dass fahrdynamische Regelungen für eine deutliche Sicherheit des Fahrzeugführers sorgen. Diese Regelungen sollten zuverlässig und bedarfsweise möglich sein. Damit im Rahmen dieser Regelungen Druck aufgebaut werden kann, muss genug Druckmittel zur Verfügung stehen, was bei dem Entstehen von Blasen bzw. Kavitationen nicht der Fall ist, wenn diesem Zustand nicht Rechnung getragen wird. In einem solchen Fall sollte ein Zustand der Bremsanlage, in dem die Regelung fortgeführt werden wird, möglichst schnell wieder hergestellt werden.

[0015] Wie nunmehr erkannt wurde, lässt sich ein erneuter Druckaufbau schnell und zuverlässig ermög-

lichen, indem während des Druckaufbaus überprüft wird, ob eine Kavitation im Druckraum vorliegt, und dass bei dem Vorliegen einer derartigen Unterdruckblase möglichst schnell wieder durch einen speziellen Nachsaugvorgang Druckmittel in der Druckbereitstellungseinrichtung bereitgestellt werden kann.

[0016] Ein Nachsaugvorgang umfasst hierbei das Zurückfahren des Druckkolbens im Druckraum, wodurch, insbesondere [oder immer?] Druckmittel aus dem Vorratsbehälter angesaugt wird und in den Druckraum nachströmt, sowie ein unmittelbar danach folgendes Einstellen von Druck im Druckraum durch Vorfahren des Druckkolbens. Ein Nachsaugvorgang erfolgt im regulären Betrieb der Bremsanlage, beispielsweise während Bremsvorgängen und/oder Re-gelvorgängen wie ABS, ASR, ESP.

[0017] Ein Sonder-nachsaugvorgang ist ein zusätzlicher Nachsaugvorgang, bei dem das Zurückfahren des Kolbens und/oder das erneute Druckeinstellen anders durchgeführt bzw. gewählt werden als bei einem oben beschriebenen regulären Nachsaugvorgang.

[0018] Eine Kavitation wird bevorzugt erkannt anhand der Verfahrgeschwindigkeit des Druckkolbens bei einem Druckaufbau. Der Druckkolben verhält sich auf detektierbare Weise anders beim Zusammenschieben einer Kavitation als bei einem unmittelbaren Verschieben von Druckmittel.

[0019] Vorteilhafterweise wird nach dem Sonder-nachsaugvorgang für eine vorgegebene Zeitspanne gewartet, bevor wieder Druck von der Druckbe-reitstellungseinrichtung Druck aufgebaut wird. Da-durch wird erreicht, dass sich die Kavitation, die einen Unterdruckbereich darstellt, mit nachströmendem Druckmittel füllt, so dass die Druckkammer vollständig mit Druckmittel gefüllt ist.

[0020] Bevorzugt wird die vorgegebene Zeitspanne in Abhängigkeit von der Temperatur des Druckmittels gewählt wird. Die Viskosität des Druckmittels hängt gewöhnlich von der Temperatur ab. Je niedriger die Temperatur, umso viskoser verhält sich das Druck-mittel, so dass seine Fließgeschwindigkeit mit sinken-der Temperatur abnimmt. Durch eine Wahl der Zeit-spanne in Abhängigkeit von der Temperatur kann die-ser Eigenschaft des Druckmittels Rechnung getragen werden. Die vorgegebene Zeitspanne liegt bevorzugt zwischen 30 und 200 ms.

[0021] Beim Sonder-nachsaugvorgang erfolgt das Nachsaugen bevorzugt mit einer Verfahrgeschwin-digkeit des Druckkolbens, die geringer als eine vor-gegebene Schwellengeschwindigkeit. Durch das ver-gleichsweise langsame Zurückfahren des Druckkol-bens wird dem Druckmittel genug Zeit gegeben, vor

dem nächsten Druckaufbau in die Druckkammer zu strömen.

[0022] In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird der Sondernachsaugvorgang unmittelbar nach Erkennen der Kavitation durchgeführt. Auf diese Weise wird zuverlässig sichergestellt, dass bei dem nächsten Druckaufbau bzw. der nächsten Druckversorgung wieder ausreichend Druckmittel zur Verfügung steht.

[0023] Vorteilhafterweise wird demnach eine Kavitation erkannt, wenn die Verfahrgeschwindigkeit größer ist als eine vorgegebene oder erwartete Grenzverfahrgeschwindigkeit.

[0024] Bevorzugt wird eine Kavitation erkannt aufgrund des Druckes in dem Druckraum der Druckbereitstellungseinrichtung während eines Druckeinstellens in einem Nachsaugvorgang.

[0025] Demnach wird bevorzugt eine Kavitation erkannt, wenn der Druck geringer ist als ein vorgegebener Grenzdruck, der insbesondere aufgrund des Verfahrtsweges erwartet wird bzw. vorgegeben wird. Der geringere Druck ergibt sich aufgrund des Fehlens von Druckmittel aufgrund der vorliegenden Kavitation.

[0026] In Bezug auf die Bremsanlage wird die oben genannte Aufgabe erfindungsgemäß gelöst durch Mittel zur Durchführung eines oben beschriebenen Verfahrens vorgesehen sind.

[0027] Bevorzugt ist eine Steuer- und Regeleinheit vorgesehen, die eingangsseitig mit einem Sensor zur Messung des Verfahrtsweges des Druckkolbens und/oder mit einem Drucksensor zur Bestimmung des Drucks im Druckraum der Druckbereitstellungseinrichtung verbunden ist, und wobei in der Steuer- und Regeleinheit das Verfahren software- und/oder hardwaremäßig implementiert ist.

[0028] Die Bremsanlage umfasst bevorzugt einen Simulator, der von dem Fahrer durch Betätigung einer Betätigungsseinheit betätigt wird. Im Brake-by-Wire-Betrieb kann auf diese Weise der Fahrerbremswunsch erfasst werden und dem Fahrer, der von dem direkten Betätigen der Radbremsen entkoppelt ist, ein konventionelles bzw. vertrautes Pedalgefühl bereitgestellt werden.

[0029] Das Rotations-Translationsgetriebe, welches die Rotation der Motorwelle in eine Translationsbewegung eines Druckkolbens umwandelt, ist bevorzugt als Kugelgewindetrieb ausgebildet.

[0030] Die Vorteile der Erfindung liegen insbesondere darin, dass die Zuverlässigkeit von fahrdynamischen Eingriffen verbessert wird, da durch die vorgenommenen Nahsaugmaßnahmen die Gefahr der dauer-

haften Unterbremsung vermindert wird. Dadurch sind Abschaltungen des Fahrdynamikreglers, die gegebenenfalls notwendig wären, wenn eine Unterbremsung nicht auszuschließen ist, ebenfalls nicht notwendig. Auf diese Weise werden die Verfügbarkeit des Systems und die Sicherheit des Fahrzeugführers erhöht.

[0031] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen in stark schematisierter Darstellung:

[0032] **Fig. 1** ein beispielhaftes Diagramm eines Verfahrtsweges eines Druckkolbens einer Druckbereitstellungseinrichtung während einer ABS-Regelung bei einem Nachsaugvorgang ohne Kavitationsblase;

[0033] **Fig. 2** ein beispielhaftes Diagramm eines Verfahrtsweges eines Druckkolbens einer Druckbereitstellungseinrichtung während einer ABS-Regelung bei einem Nachsaugvorgang mit Kavitationsblase;

[0034] **Fig. 3** ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens in einer bevorzugten Ausführungsform; und

[0035] **Fig. 4** eine Bremsanlage in einer bevorzugten Ausführungsform.

[0036] Gleiche Teile sind in allen Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0037] Bei einem in **Fig. 1** dargestellten Diagramm ist auf der x-Achse **2** die Zeit und auf der y-Achse **6** der Verfahrtsweg eines Druckkolbens bzw. Kolbens eines Linearaktuators dargestellt. Der Linearaktuator weist eine hydraulische Druckkammer auf, in die der Kolben zum Druckaufbau in den Bremsen verschoben wird. Dies erfolgt mit Hilfe eines Elektromotors, dessen Rotation der Motorwelle über ein rotations-Translationsgetriebe, bevorzugt ein Kugelgewindetrieb, in einer Translation des Kolbens übersetzt wird.

[0038] Eine Kurve **10** zeigt den Verfahrtsweg des Kolbens während einer ABS-Bremsung bzw. ABS-Regelung. In einem ersten Abschnitt **14** fährt der Kolben nach vorne, um Druck aufzubauen. Es erfolgt in einem zweiten Abschnitt **18** ein schnelles Zurückfahren des Kolbens, was durch ein stufenförmiges Signal erkennbar ist. In einem dritten Abschnitt **20**, der Teil eines regulären Regelvorganges ist, fährt der Kolben wieder schnell vor mit einem steilen Gradienten, bis in einem Punkt **24** wieder der gewünschte Zieldruck aufgebaut ist. Dieser Regelungsprozess wiederholt sich in der Abbildung noch zwei weitere Male. Der dargestellte Regelungsprozess entspricht dem Normalfall, bei dem beim Nachsaugen die Druckkammer mit Druckmittel vollständig gefüllt wird.

[0039] Bei einem in **Fig. 2** dargestellten Diagramm sind wieder auf der x-Achse **2** die Zeit und auf der

y-Achse **6** der Verfahrweg eines Kolbens eines Linearaktuators dargestellt. Eine Kurve **30** zeigt den Verfahrweg des Kolbens während einer ABS-Bremsung. In einem ersten Abschnitt **34** wird durch langsames Verfahren des Kolbens zu größeren Verfahrwegen der Druck langsam erhöht bzw. im Wesentlichen gehalten, was einem regulären Druckaufbau entspricht, beispielsweise während einer ABS-Regelung. In einem zweiten Abschnitt **38** fährt der Kolben zum Nachsaugen schnell zurück, um die Druckkammer wieder mit Druckmittel zu füllen. Der Verfahrweg des Kolbens in einem dritten Abschnitt **42** weist eine deutlich geringere Steigung auf als der Verfahrweg bei dem in **Fig. 1** dargestellten Regelvorgang in Abschnitt **20**. Dies röhrt daher, dass in diesem Fall beim Nachsaugen eine Unterdruckblase bzw. Kavitation entstanden ist. In dem Abschnitt **42** wird daher die Kavitation zusammengeschoben, so dass nur sehr langsam Druck aufgebaut werden kann, bis in einem Punkt **46** der Zieldruck wieder erreicht ist.

[0040] Wie anhand des Vergleichs von **Fig. 1** und **Fig. 2** deutlich wird, beeinträchtigt eine Kavitation stark den Regelvorgang. Der benötigte Druck kann nur verspätet aufgebaut werden, und es kann zu Unterbremsungen kommen, wodurch die Sicherheit des Fahrzeugführers beeinträchtigt wird.

[0041] Das erfindungsgemäße Verfahren zielt darauf ab, derartige Kavitationen zu erkennen und dafür zu sorgen, dass für weitere Regelvorgänge genug Bremsflüssigkeit zur Verfügung steht. Eine bevorzugte Ausführungsform des Verfahrens wird anhand eines in **Fig. 3** dargestellten Ablaufdiagramms beschrieben.

[0042] In einem ersten Block **50** wird durch einen Linearaktuator Druck in wenigstens einer Bremse aufgebaut. Während des Druckaufbaus wird in einem Block **56** wenigstens ein Signal, das für den Druckaufbau charakteristisch ist, überprüft. Dabei wird bevorzugt der Verfahrweg und/oder der Druck in der Druckkammer des Linearaktuators überwacht. In einer Entscheidung **60** wird anhand des Signals überprüft, ob während des Druckaufbauvorgangs eine Kavitation zusammengedrückt wurde, so dass für weitere Druckaufbauvorgänge zu wenig Druckmittel zur Verfügung stehen kann. Liegt keine Kavitation vor, verzweigt das Verfahren zu einem Block **66**, in dem der Regelvorgang fortgesetzt wird, wobei bei dem nächsten Druckaufbau wieder in Block **50** fortgefahren wird.

[0043] Wurde in der Entscheidung **60** eine Kavitation erkannt, verzweigt das Verfahren zu einem Block **70**, in dem ein Nachsaugvorgang erneut gestartet wird. Nach dem Nachsaugen wird in einem Block **76** vor einem erneuten Druckaufbauvorgang für eine vorgegebene Zeitspanne gewartet, bevor der Kolben wieder in den Druckraum geschoben wird. Die vorgegebene

Zeitspanne liegt vorliegend zwischen 30 und 200 ms. Auf diese Weise wird erreicht, dass sich eine gebildete Kavitation füllt, so dass nach der vorgegebenen Zeitspanne ein gewünschter Druckaufbau unmittelbar erfolgen kann. Durch den Unterdruck der Kavitation wird auf diese Weise gewissermaßen Druckmittel nachgesaugt bzw. wieder aufgefüllt.

[0044] In alternativer Ausgestaltung oder in Kombination zu den beschriebenen Verfahrensschritten kann in Block **70** der Nachsaugvorgang mit einer Geschwindigkeit durchgeführt werden, die niedriger als eine vorgegebene Nachsauggrenzgeschwindigkeit ist, so dass die Bildung einer Kavitation von vorne herein vermieden wird. Das Verfahren fährt dann wieder in Block **60** fort.

[0045] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens werden die Verfahrensschritte in den Blöcken **56**, **70**, **76** und der Entscheidung **60** nur durchgeführt, wenn vorher zumindest ein Parameter validiert wurde. Insbesondere werden sie bevorzugt nur ausgeführt, wenn die gemessene Temperatur eine vorgegebene Grenztemperatur unterschreitet. Aufgrund der dann erhöhten Viskosität des Druckmittels ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich Kavitationen bilden, größer als bei entsprechend wärmerem Druckmittel. Statt der Temperatur oder in Kombination dazu kann auch direkt die Viskosität des Druckmittels gemessen werden.

[0046] Eine Bremsanlage **101** in einer bevorzugten Ausführungsform, die zur Durchführung des Verfahrens ertüchtigt ist, ist in **Fig. 4** dargestellt. Die Bremsanlage **101** umfasst einen mittels eines Betätigungs- bzw. Bremspedals **1a** betätigbaren Hauptbremszylinder **102**, der als Betätigungsseinheit fungiert, eine mit dem Hauptbremszylinder **102** zusammen wirkende Simulationseinrichtung **103**, einen dem Hauptbremszylinder **102** zugeordneten, unter Atmosphärendruck stehenden Druckmittelvorratsbehälter **104**, eine elektrisch steuerbare Druckbereitstellungseinrichtung **105**, welche durch eine Zylinder-Kolben-Anordnung mit einem hydraulischen Druckraum **137** gebildet wird, deren Kolben **136** durch einen Elektromotor **140** verschiebbar ist, eine elektrisch steuerbare Druckmodulationseinrichtung zum Einstellen radindividueller Bremsdrücke und eine elektronische Steuer- und Regeleinheit **112**.

[0047] Die nicht näher bezeichnete Druckmodulationseinrichtung umfasst beispielsgemäß je hydraulisch betätigbare Radbremsen **108**, **109**, **110**, **111** und je betätigbarer Radbremse **108**, **109**, **110**, **111** eines nicht dargestellten Kraftfahrzeuges ein Einlassventil **106a–106d** und ein Auslassventil **107a–107d**, die paarweise über Mittenanschlüsse hydraulisch zusammengeschaltet und an die Radbremsen **108**, **109**, **110**, **111** angeschlossen sind. Die Eingangsanschlüsse der Einlassventile **6a–6d** werden mit-

tels Bremskreisversorgungsleitungen **113a**, **113b** mit Drücken versorgt, die in einer „Brake-by-Wire“-Betriebsart aus einem Systemdruck abgeleitet werden, der in einer an den Druckraum **137** der Druckbereitstellungseinrichtung **5** angeschlossenen Systemdruckleitung **138** vorliegt.

[0048] Den Einlassventilen **106a–106d** ist jeweils ein zu den Bremskreisversorgungsleitungen **113a**, **113b** hin öffnendes Rückschlagventil **150a–150d** parallel geschaltet. In einer Rückfallbetriebsart werden die Bremskreisversorgungsleitungen **113a**, **113b** über hydraulische Leitungen **122a**, **122b** mit den Drücken der Druckräume **117**, **118** des Hauptbremszylinders **102** beaufschlagt. Die Ausgangsanschlüsse der Auslassventile **107a–107d** sind über eine Rücklaufleitung **14b** mit dem Druckmittelvorratsbehälter **104** verbunden.

[0049] Der Hauptbremszylinder **102** weist zwei hintereinander angeordnete Kolben **115**, **116** auf, die die hydraulischen Druckräume **117**, **118** begrenzen. Die Druckräume **117**, **118** stehen einerseits über in den Kolben **115**, **116** ausgebildete radiale Bohrungen sowie entsprechende Druckausgleichsleitungen **141a**, **141b** mit dem Druckmittelvorratsbehälter **104** in Verbindung, wobei die Verbindungen durch eine Relativbewegung der Kolben **117**, **118** in einem Gehäuse **121** absperrbare sind. Die Druckräume **117**, **118** stehen andererseits mittels der hydraulischen Leitungen **122a**, **122b** mit den bereits genannten Bremskreisversorgungsleitungen **113a**, **113b** in Verbindung.

[0050] In der Druckausgleichsleitung **141a** ist ein stromlos offenes Ventil **128** enthalten. Die Druckräume **117**, **118** nehmen nicht näher bezeichnete Rückstellfedern auf, die die Kolben **115**, **116** bei unbetätigtem Hauptbremszylinder **102** in einer Ausgangslage positionieren. Eine Kolbenstange **124** koppelt die Schwenkbewegung des Bremspedals **1** infolge einer Pedalbetätigung mit der Translationsbewegung des ersten Hauptbremszylinderkolbens **115**, dessen Betätigungs weg von einem, vorzugsweise redundant ausgeführten, Wegsensor **125** erfasst wird. Dadurch ist das entsprechende Kolbenwegsignal ein Maß für den Bremspedalbetätigungsinkel. Es repräsentiert einen Bremswunsch des Fahrzeugführers.

[0051] In den an die Druckräume **117**, **118** angeschlossenen Leitungsabschnitten **122a**, **122b** ist je ein Trennventil **123a**, **123b** angeordnet, welches als ein elektrisch betätigbares, vorzugsweise stromlos offenes, 2/2-Wegeventil ausgebildet ist. Durch die Trennventile **123a**, **123b** kann die hydraulische Verbindung zwischen den Druckräumen **117**, **118** des Hauptbremszylinders und den Bremskreisversorgungsleitungen **113a**, **113b** abgesperrt werden. Ein an den Leitungsabschnitt **22b** angeschlossener Drucksensor **120** erfasst den im Druckraum **118**

durch ein Verschieben des zweiten Kolbens **116** aufgebauten Druck.

[0052] Die Simulationseinrichtung **103** ist hydraulisch an den Hauptbremszylinder **102** ankoppelbar und besteht beispielsgemäß im Wesentlichen aus einer Simulatorkammer **129**, einer Simulatorfederkammer **130** sowie einem die beiden Kammern **129**, **130** voneinander trennenden Simulatorkolben **131**. Der Simulatorkolben **131** stützt sich durch ein in der Simulatorfederkammer **130** angeordnetes elastisches Element (z. B. eine Feder), welches vorteilhafterweise vorgespannt ist, an dem Gehäuse **121** ab. Die Simulatorkammer **129** ist mittels eines elektrisch betätigbaren Simulatorventils **132** mit dem ersten Druckraum **117** des Hauptbremszylinders **102** verbindbar. Bei Vorgabe einer Pedalkraft und geöffnetem Simulatorventil **132** strömt Druckmittel vom Hauptbremszylinder-Druckraum **117** in die Simulatorkammer **129**. Ein hydraulisch antiparallel zum Simulatorventil **132** angeordnetes Rückschlagventil **34** ermöglicht unabhängig vom Schaltzustand des Simulatorventils **132** ein weitgehend ungehindertes Zurückströmen des Druckmittels von der Simulatorkammer **129** zum Hauptbremszylinder-Druckraum **117**. Andere Ausführungen und Anbindungen der Simulationseinrichtung an den Hauptbremszylinder **102** sind denkbar.

[0053] Die elektrisch steuerbare Druckbereitstellungseinrichtung **105** ist als eine hydraulische Zylinder-Kolben-Anordnung bzw. ein einkreisiger elektrohydraulischer Aktuator ausgebildet, deren/ dessen Druckkolben **136**, welcher den Druckraum **137** begrenzt, von einem schematisch angedeuteten Elektromotor **35** unter Zwischenschaltung eines ebenfalls schematisch dargestellten Rotations-Translationsgetriebes betätigbar ist. Ein der Erfassung der Rotorlage des Elektromotors **135** dienender, lediglich schematisch angedeuteter Rotorlagensensor ist mit dem Bezugssymbol **144** bezeichnet. Zusätzlich kann auch ein Temperatursensor zum Sensieren der Temperatur der Motorwicklung verwendet werden.

[0054] Der durch die Kraftwirkung des Kolbens **136** auf das in dem Druckraum **137** eingeschlossene Druckmittel erzeugte Aktuatordruck wird in die Systemdruckleitung **138** eingespeist und mit einem vorzugsweise redundant ausgeführten Drucksensor **119** erfasst. Bei geöffneten Zuschaltventilen **126a**, **126b** gelangt das Druckmittel in die Radbremsen **108**, **109**, **110**, **111** zu deren Betätigung. Durch Vor- und Zurückschieben des Kolbens **136** erfolgt so bei geöffneten Zuschaltventilen **126a**, **126b** bei einer Normalbremsung in der „Brake-by-Wire“-Betriebsart ein Radbremsdruckaufbau und -abbau für alle Radbremsen **108**, **109**, **110**, **111**. Beim Druckabbau strömt dabei das vorher aus dem Druckraum **137** in die Radbremsen **108**, **109**, **110**, **111** verschobene Druckmittel auf dem gleichen Wege wieder in den Druckraum

137 zurück. Dagegen strömt bei einer Bremsung mit radindividuell unterschiedlichen, mit Hilfe der Einlass- und Auslassventile **106a–106d, 107a–107d** geregelten Radbremsdrücken (z. B. bei einer Antiblockierregelung (ABS-Regelung)) der über die Auslassventile **107a–107d** abgelassene Druckmittelanteil in den Druckmittelvorratsbehälter **104** und steht somit zunächst der Druckbereitstellungseinrichtung **105** zur Betätigung der Radbremsen **108, 109, 110, 111** nicht mehr zur Verfügung. Ein Nachsaugen von Druckmittel in den Druckraum **137** ist durch ein Zurückfahren des Kolbens **136** bei geschlossenen Zuschaltventilen **126a, 126b** möglich.

[0055] Bei einem Nachsaugen der Druckbereitstellungseinrichtung **105** wird der Kolben **136** im Druckraum **137** zurückgefahren, während er für einen Druckaufbau in dem Druckraum **137** vorgefahren wird. Die Steuer- und Regeleinheit **112** ist signaleingangsseitig mit dem Sensor **144** verbunden, dessen Signal eine Aussage über den momentanen Verfahrweg des Kolbens **136** erlaubt. Wenn beim Druckaufbau der Verfahrweg auf ein Zusammenschieben einer Kavitation hindeutet, wird wie oben beschrieben ein Nachsaugvorgang eingeleitet.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102013204778 A1 [0007]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Bremsanlage (101), umfassend

- hydraulisch betätigbare Radbremsen (108, 109, 110, 111);
- zumindest ein elektrisch betätigbares Radventil (106a–106d, 107a–107d) je Radbremse zum Einstellen radindividueller Bremsdrücke;
- einen unter Atmosphärendruck stehenden Druckmittelvorratsbehälter (104); und
- eine elektrisch steuerbare Druckbereitstellungseinrichtung (105) zur Betätigung der Radbremsen (108, 109, 110, 111), welche durch eine Zylinder-Kolben-Anordnung mit einem hydraulischen Druckraum (137) gebildet ist, deren Druckkolben (136) durch einen Elektromotor (140) und ein dahinter geschaltetes Rotations-Translationsgetriebe verschiebbar ist, wobei der Druckraum (137) mit dem Druckmittelvorratsbehälter (104) über eine hydraulische Nachsaugleitung (184) zum Nachsaugen von Druckmittel in einem Nachsaugvorgang verbunden ist;

dadurch gekennzeichnet, dass

bei einem Druckeinstellen während eines Nachsaugvorganges durch die Druckbereitstellungseinrichtung (105) überprüft wird, ob eine Kavitation im Druckraum (137) der Druckbereitstellungseinrichtung (105) vorliegt, wobei, wenn das Vorliegen einer Kavitation erkannt wird, ein Sondernachsaugvorgang durchgeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei nach dem Sondernachsaugvorgang für eine vorgegebene Zeitspanne gewartet wird, bevor wieder Druck von der Druckbereitstellungseinrichtung (105) Druck aufgebaut wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die vorgegebene Zeitspanne in Abhängigkeit von der Temperatur des Druckmittels gewählt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, wobei die vorgegebene Zeitspanne zwischen 30 und 200 ms liegt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei beim Sondernachsaugvorgang das Nachsaugen mit einer Verfahrgeschwindigkeit des Druckkolbens (136) erfolgt, die geringer als eine vorgegebene Schwellengeschwindigkeit ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Sondernachsaugvorgang unmittelbar nach Erkennen der Kavitation durchgeführt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei eine Kavitation erkannt wird anhand der Verfahrgeschwindigkeit des Druckkolbens (136) bei einem Druckaufbau.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei eine Kavitation erkannt wird, wenn die Verfahrgeschwindigkeit größer ist als eine vorgegebene Grenzverfahrgeschwindigkeit.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei eine Kavitation erkannt wird aufgrund des Drucks in dem Druckraum (137) der Druckbereitstellungseinrichtung während eines Druckeinstellens in einem Nachsaugvorgang.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei eine Kavitation erkannt wird, wenn der Druck geringer ist als ein vorgegebener Grenzdruck.

11. Bremsanlage (101), umfassend,

- hydraulisch betätigbare Radbremsen (108, 109, 110, 111);
- zumindest ein elektrisch betätigbares Radventil (106a–106d, 107a–107d) je Radbremse zum Einstellen radindividueller Bremsdrücke;
- einen unter Atmosphärendruck stehenden Druckmittelvorratsbehälter (104); und
- eine elektrisch steuerbare Druckbereitstellungseinrichtung (5) zur Betätigung der Radbremsen (108, 109, 110, 111), welche durch eine Zylinder-Kolben-Anordnung mit einem hydraulischen Druckraum (137) gebildet ist, deren Druckkolben (136) durch einen Elektromotor (140) und ein dahinter geschaltetes Rotations-Translationsgetriebe verschiebbar ist, wobei der Druckraum (137) mit dem Druckmittelvorratsbehälter (4) über eine hydraulische Nachsaugleitung (184) zum Nachsaugen von Druckmittel verbunden ist;

gekennzeichnet durch

Mittel zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorherigen Ansprüche.

12. Bremsanlage (101) nach Anspruch 11, wobei eine Steuer- und Regeleinheit (112) eingangsseitig mit einem Sensor zur Messung des Verfahrweges des Druckkolbens (136) und/oder mit einem Drucksensor (119) zur Bestimmung des Drucks im Druckraum (317) der Druckbereitstellungseinrichtung (105) verbunden ist, und wobei in der Steuer- und Regeleinheit das Verfahren software- und/oder hardwaremäßig implementiert ist.

13. Bremsanlage (101) nach Anspruch 11 oder 12, umfassend einen Simulator (103), der von dem Fahrer durch Betätigung einer Betätigungsseinheit (102) betätigt wird.

14. Bremsanlage (101) nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei das Rotations-Translationsgetriebe als Kugelgewindetrieb ausgebildet ist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

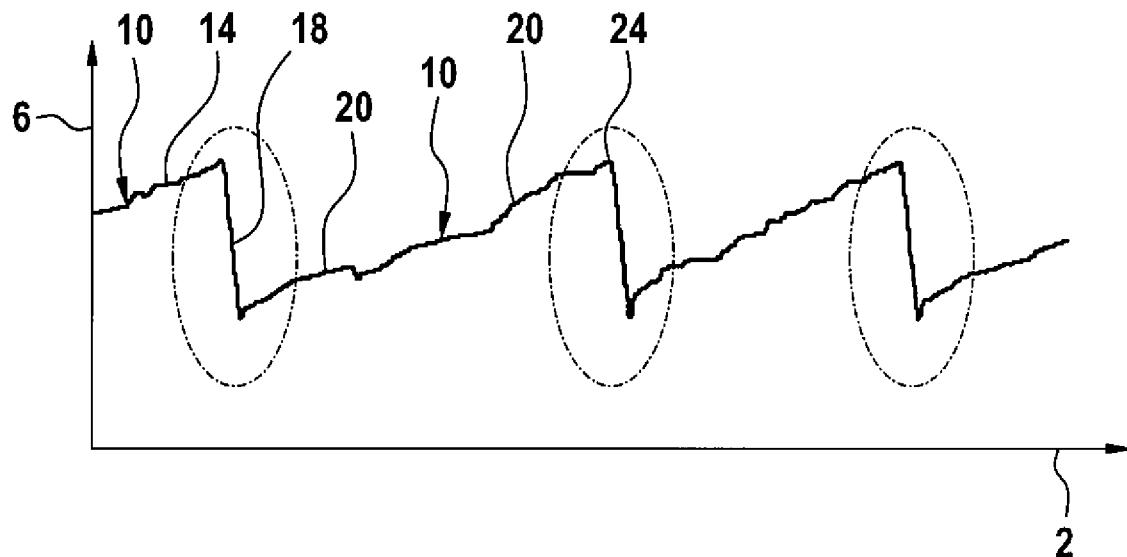
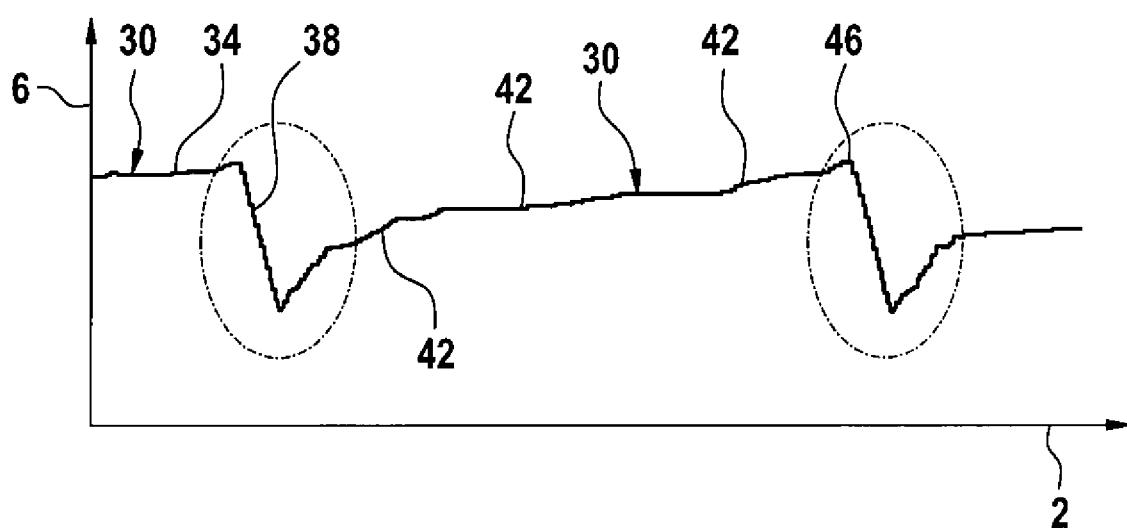
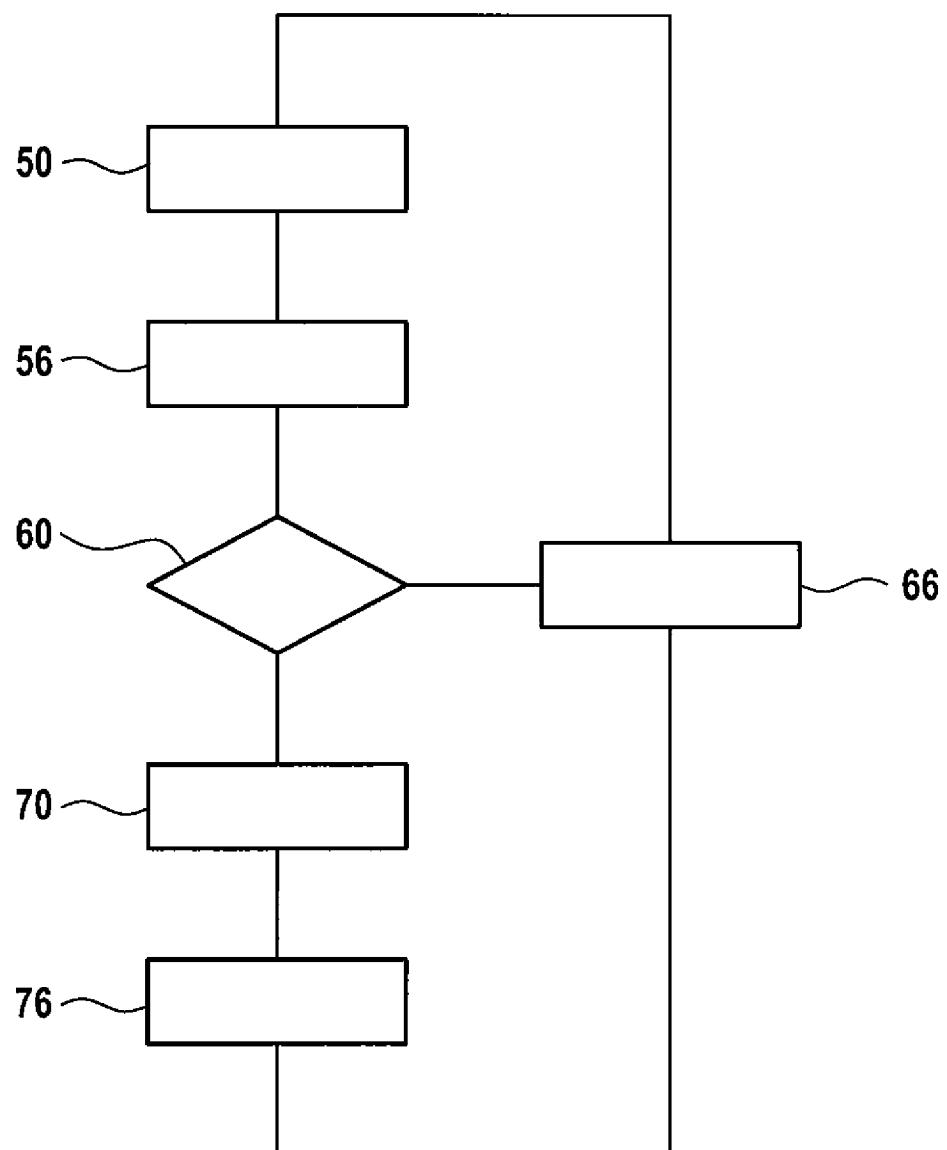
Fig. 1**Fig. 2**

Fig. 3



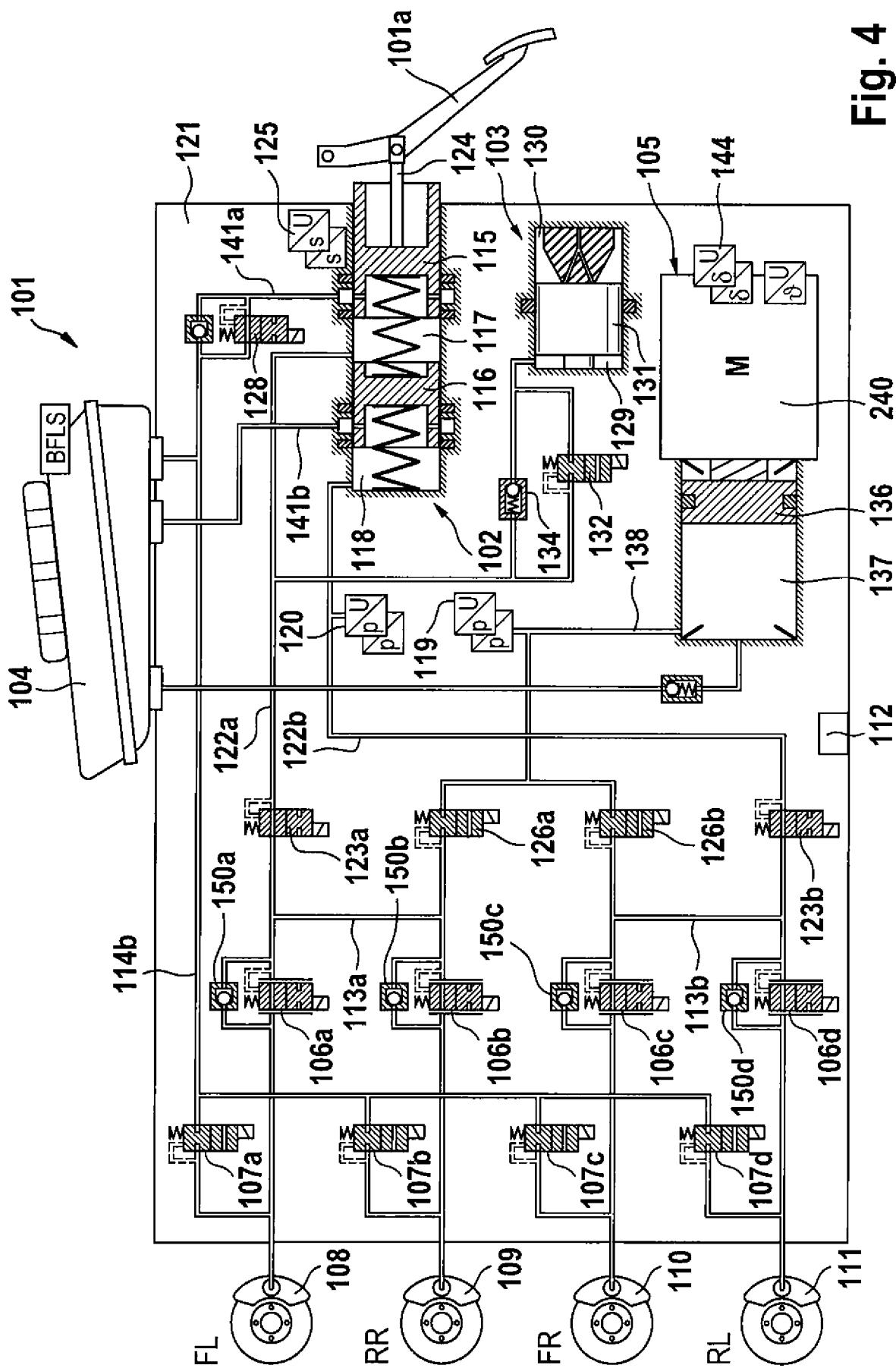


Fig. 4