



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 207 277.4**

(22) Anmeldetag: **18.07.2022**

(43) Offenlegungstag: **18.01.2024**

(51) Int Cl.: **B60T 17/22 (2006.01)**

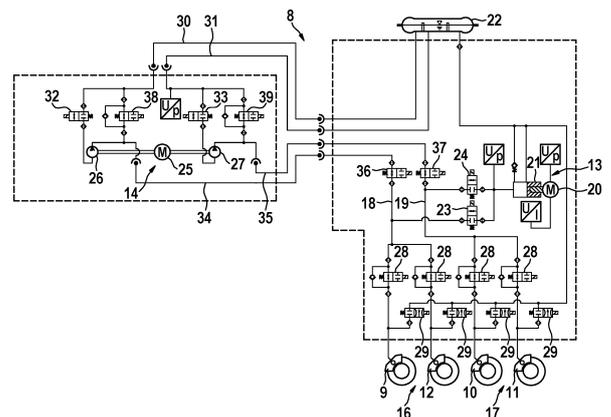
(71) Anmelder:  
**Robert Bosch Gesellschaft mit beschränkter  
Haftung, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Yao, Xun, 71717 Beilstein, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Prüfen eines Hydraulikaktuators eines Bremssystems eines Kraftfahrzeugs, Vorrichtung zum Prüfen eines Hydraulikaktuators eines Bremssystems eines Kraftfahrzeugs, Bremssystem eines Kraftfahrzeugs**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Prüfen eines Hydraulikaktuators (14) eines Bremssystems (8) eines Kraftfahrzeugs (1), wobei das Bremssystem (8) einen ansteuerbaren primären Hydraulikaktuator (13) zum Erzeugen eines hydraulischen Bremsdrucks in dem Bremssystem (8) und einen ansteuerbaren sekundären Hydraulikaktuator (14) zum ersatzweisen Erzeugen des Bremsdrucks in dem Bremssystem (8) aufweist, und wobei der sekundäre Hydraulikaktuator (14) durch Einstellen eines vorgegebenen Prüfbremsdrucks in dem Bremssystem (8) und durch Ansteuern des sekundären Hydraulikactuators (14) mit einer vorgegebenen elektrischen Prüfspannung bei eingestelltem Prüfbremsdruck auf Fehlfunktionen geprüft wird. Es ist vorgesehen, dass die Prüfung des sekundären Hydraulikactuators (14) auf Fehlfunktionen in Abhängigkeit von einer Prüfvorgabe bei Erfassen einer Stillstandsbremsung des Kraftfahrzeugs (1) durchgeführt wird.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Prüfen eines Hydraulikaktuators eines Bremssystems eines Kraftfahrzeugs, wobei das Bremssystem einen ansteuerbaren primären Hydraulikaktor zum Erzeugen eines hydraulischen Bremsdrucks in dem Bremssystem und einen ansteuerbaren sekundären Hydraulikaktor zum ersatzweisen Erzeugen des Bremsdrucks in dem Bremssystem aufweist, und wobei der sekundäre Hydraulikaktor durch Einstellen eines vorgegebenen Prüfbremsdrucks in dem Bremssystem und durch Ansteuern des sekundären Hydraulikaktors mit einer vorgegebenen elektrischen Prüfspannung bei eingestelltem Prüfbremsdruck auf Fehlfunktionen geprüft wird.

**[0002]** Außerdem betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum Prüfen eines Hydraulikaktuators eines Bremssystems eines Kraftfahrzeugs, wobei das Bremssystem einen ansteuerbaren primären Hydraulikaktor zum Erzeugen eines hydraulischen Bremsdrucks in dem Bremssystem und einen ansteuerbaren sekundären Hydraulikaktor zum ersatzweisen Erzeugen des Bremsdrucks in dem Bremssystem aufweist.

**[0003]** Ferner betrifft die Erfindung ein Bremssystem eines Kraftfahrzeugs, mit einem ansteuerbaren primären Hydraulikaktor zum Erzeugen eines hydraulischen Bremsdrucks in dem Bremssystem, und mit einem ansteuerbaren sekundären Hydraulikaktor zum ersatzweisen Erzeugen des Bremsdrucks in dem Bremssystem.

## Stand der Technik

**[0004]** Mit der zunehmenden Elektrifizierung von Kraftfahrzeugen werden auch hydraulische Bremssysteme der Kraftfahrzeuge zunehmend elektrifiziert. Bekannt sind dabei Bremssysteme, die einen ansteuerbaren primären Hydraulikaktor und einen ansteuerbaren sekundären Hydraulikaktor aufweisen. Typischerweise wird im Betrieb der primäre Hydraulikaktor zum Erzeugen eines hydraulischen Bremsdrucks in dem Bremssystem angesteuert. Die Erzeugung des Bremsdrucks in dem Bremssystem führt zu einer Betätigung von Reibbremseinrichtungen des Bremssystems und somit zumindest bei fahrendem Kraftfahrzeug zu einer Verzögerung des Kraftfahrzeugs. Der sekundäre Hydraulikaktor ist zum ersatzweisen Erzeugen des Bremsdrucks in dem Bremssystem ausgebildet. Durch Vorhandensein des sekundären Hydraulikaktors ist das Bremssystem also bezüglich der Ausstattung mit Hydraulikaktoren redundant ausgeführt. Beispielsweise wird der sekundäre Hydraulikaktor bei einem Ausfall des primären Hydraulikaktors zum Erzeugen des Bremsdrucks angesteuert. Insbesondere bei hochautomatisierten

und autonomen Kraftfahrzeugen sowie bei Fahrzeugen mit einem brake-by-wire-Bremssystem, bei welchem die Betätigung eines Bremspedals des Kraftfahrzeugs mechanisch und hydraulisch unabhängig von einer Betätigung der Reibbremseinrichtungen ist, ist eine regelmäßige Prüfung der Hydraulikaktoren auf Fehlfunktionen notwendig. Im Hinblick auf den sekundären Hydraulikaktor wird die Prüfung typischerweise derart durchgeführt, dass zunächst ein vorgegebener Prüfbremsdruck in dem Bremssystem eingestellt wird. Der sekundäre Hydraulikaktor wird dann bei eingestelltem Prüfbremsdruck mit einer vorgegebenen Prüfspannung angesteuert. Kann der sekundäre Hydraulikaktor den Prüfbremsdruck überwinden, so wird davon ausgegangen, dass der sekundäre Hydraulikaktor frei von Fehlfunktionen ist. Kann der sekundäre Hydraulikaktor den Prüfbremsdruck jedoch nicht überwinden, so wird davon ausgegangen, dass der sekundäre Hydraulikaktor von einer Fehlfunktion betroffen ist.

**[0005]** Typischerweise wird die Prüfung des sekundären Hydraulikaktors derzeit nur im Nachlauf durchgeführt, also bei Erfassen einer vorübergehenden Außerbetriebnahme des Kraftfahrzeugs. Dies führt dazu, dass eine Fehlfunktion des sekundären Hydraulikaktors gegebenenfalls erst spät erkannt wird.

## Offenbarung der Erfindung

**[0006]** Das erfindungsgemäße Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil, dass eine frühzeitige Erkennung einer vorhandenen Fehlfunktion des sekundären Hydraulikaktors gewährleistet wird. Erfindungsgemäß ist hierzu vorgesehen, dass die Prüfung des sekundären Hydraulikaktors auf Fehlfunktionen in Abhängigkeit von einer Prüfvorgabe bei Erfassen einer Stillstandsbremsung des Kraftfahrzeugs durchgeführt wird. Der Trigger für die Durchführung der Prüfung des sekundären Hydraulikaktors wird also nicht durch das Erfassen der Außerbetriebnahme des Kraftfahrzeugs gebildet, sondern durch das Erfassen der Stillstandsbremsung des Kraftfahrzeugs. Insbesondere wird die Prüfung des sekundären Hydraulikaktors bei Erfassen der Stillstandsbremsung im betriebsbereiten Zustand des Kraftfahrzeugs durchgeführt. Durch die erfindungsgemäße Vorgehensweise kann das Intervall zwischen aufeinanderfolgenden Prüfungen des sekundären Hydraulikaktors insbesondere bei solchen Kraftfahrzeugen deutlich verringert werden, die nur selten außer Betrieb genommen werden. Dies ist rein beispielhalber bei Taxis der Fall. Eine Stillstandsbremsung ist eine Bremsung, bei der das Kraftfahrzeug bis in den Stillstand verzögert wird. Wird eine Stillstandsbremsung erfasst, so ist das Kraftfahrzeug bis in den Stillstand verzögert und die Stillstandsbremsung insofern abgeschlos-

sen. Vorzugsweise wird die Stillstandsbremung in Abhängigkeit von einer Fahrtgeschwindigkeit des Kraftfahrzeugs erfasst. Eine abgeschlossene Stillstandsbremung ist als Zeitpunkt für die Durchführung der Prüfung des sekundären Hydraulikaktuators besonders geeignet. Dies ergibt sich zum einen daraus, dass die Prüfung des sekundären Hydraulikaktuators durch einen Fahrer des Kraftfahrzeugs oder durch Passagiere des Kraftfahrzeugs im Stillstand des Kraftfahrzeugs nicht als störend empfunden wird. Zudem ist der Bremsdruck in dem Bremssystem nach Abschluss einer Stillstandsbremung typischerweise ohnehin bereits erhöht und muss insofern nicht erst von einem Neutraldruck aus auf den Prüfbremsdruck erhöht werden. Erfindungsgemäß wird die Prüfung in Abhängigkeit von der Prüfvorgabe durchgeführt. Liegt beispielsweise keine Prüfvorgabe vor, so wird die Prüfung des sekundären Hydraulikaktuators trotz Erfassen einer Stillstandsbremung vorzugsweise nicht durchgeführt. Liegt die Prüfvorgabe jedoch vor, so wird die Prüfung des sekundären Hydraulikaktuators vorzugsweise bei Erfassen der nächsten Stillstandsbremung durchgeführt.

**[0007]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass eine seit Durchführung einer vorausgegangenen Prüfung des sekundären Hydraulikaktuators vergangene Zeitdauer ermittelt wird, und dass die Prüfvorgabe bei Ermitteln einer vorgegebene Schwellenzeitdauer überschreitenden Zeitdauer bereitgestellt wird. Durch Vorgeben der Schwellenzeitdauer lassen sich geeignete Zeitpunkte für die Durchführung der Prüfung des sekundären Hydraulikaktuators vorteilhaft festlegen. Übersteigt die ermittelte Zeitdauer die vorgegebene Schwellenzeitdauer, so liegt die vorausgegangene Prüfung des sekundären Hydraulikaktuators bereits derart lange zurück, dass eine erneute Prüfung des sekundären Hydraulikaktuators durchgeführt werden sollte. Die Vorgabe der Schwellenzeitdauer ermöglicht es zudem, je nach Kraftfahrzeug unterschiedliche Intervalle zwischen aufeinanderfolgenden Prüfungen des sekundären Hydraulikaktuators zu definieren.

**[0008]** Vorzugsweise werden beim Ermitteln der Zeitdauer sowohl Betriebszeiten des Kraftfahrzeugs als auch Außerbetriebszeiten des Kraftfahrzeugs berücksichtigt. Die ermittelte Zeitdauer wird also sowohl durch Betriebszeiten des Kraftfahrzeugs als auch durch Außerbetriebszeiten des Kraftfahrzeugs gesteigert. Betriebszeiten sind solche Zeiten, während denen sich das Kraftfahrzeug im betriebsbereiten Zustand befindet. Außerbetriebszeiten hingegen sind solche Zeiten, während denen das Kraftfahrzeug vorübergehend außer Betrieb genommen ist. Sowohl Betriebszeiten als auch Außerbetriebszeiten des Kraftfahrzeugs steigern die Wahrscheinlichkeit einer Fehlfunktion des sekundären Hydraulikaktua-

tors. Entsprechend werden durch die Berücksichtigung sowohl der Betriebszeiten als auch der Außerbetriebszeiten besonders geeignete Zeitpunkte für die Durchführung der Prüfung des sekundären Hydraulikaktuators gewählt.

**[0009]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass Betriebszeiten und Außerbetriebszeiten beim Ermitteln der Zeitdauer jeweils unterschiedlich gewichtet werden. Dem liegt die Erkenntnis zugrunde, dass Betriebszeiten und Außerbetriebszeiten die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Fehlfunktion des sekundären Hydraulikaktuators jeweils unterschiedlich beeinflussen. Beispielsweise werden Außerbetriebszeiten beim Ermitteln der Zeitdauer mit einem geringeren Faktor beaufschlagt als Betriebszeiten.

**[0010]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass ein bei Erreichen des Stillstands erfasster Bremsdruck mit dem Prüfbremsdruck verglichen wird, wobei bei Vorliegen eines den Prüfbremsdruck übersteigenden Bremsdrucks der Bremsdruck durch Ansteuern zumindest eines dem sekundären Hydraulikaktor zugeordneten Umschaltventils auf den Prüfbremsdruck verringert wird. Wie zuvor erwähnt wurde, ist der Bremsdruck bei Erreichen des Stillstands typischerweise erhöht. Dies folgt daraus, dass zum Erreichen des Stillstands der primäre Hydraulikaktor angesteuert wird. Übersteigt der Bremsdruck den Prüfbremsdruck, so kann mittels des Umschaltventils der Prüfbremsdruck präzise eingestellt beziehungsweise verringert werden. Eine Einstellung des Prüfbremsdrucks durch Ansteuern eines der Hydraulikaktuatoren ist nicht notwendig. Entsprechend geht die Einstellung des Prüfbremsdrucks mit einer geringen Belastung der Hydraulikaktuatoren und einem geringen Energieverbrauch einher.

**[0011]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass ein bei Erreichen des Stillstands erfasster Bremsdruck mit dem Prüfbremsdruck verglichen wird, wobei bei Vorliegen eines den Prüfbremsdruck unterschreitenden Bremsdrucks der Bremsdruck durch Ansteuern des primären Hydraulikaktuators auf den Prüfbremsdruck gesteigert wird. Auch bei dieser Vorgehensweise kann ein bereits erhöhter Bremsdruck, der aber geringer als der Prüfbremsdruck ist, vorteilhaft genutzt werden. Weil der Bremsdruck durch Ansteuern des primären Hydraulikaktuators auf den Prüfbremsdruck gesteigert wird, kann eine schnelle Einstellung des Prüfbremsdrucks realisiert werden.

**[0012]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass in Abhängigkeit von einem erfassten Bremsdruck und einem zugehörigen Verzögerungswert geprüft wird, ob eine oder mehrere der Reibbremseinrichtungen des Bremssystems

eine Fehlfunktion aufweisen, und dass bei Feststellen einer Fehlfunktion einer oder mehrerer der Reibbremseinrichtungen die Prüfung des sekundären Hydraulikaktuators ausgesetzt wird. Weist eine der Reibbremseinrichtungen des Bremssystems eine Fehlfunktion auf, so wäre die Prüfung des sekundären Hydraulikaktuators gegebenenfalls nicht aussagekräftig. Beispielsweise kann eine Reibbremseinrichtung mit einem mechanisch verklemmten Bremskörper dazu führen, dass eine die Prüfspannung übersteigende elektrische Spannung notwendig ist, um den Bremsdruck ausgehend von dem eingestellten Prüfbremsdruck zu steigern. In diesem Fall könnte die Prüfung des sekundären Hydraulikaktuators also fälschlicherweise ergeben, dass der sekundäre Hydraulikaktor eine Fehlfunktion aufweist. Vorzugsweise wird bei der Prüfung, ob eine oder mehrere Reibbremseinrichtungen eine Fehlfunktion aufweisen, ein gegebenenfalls durch eine elektrische Maschine des Kraftfahrzeugs erzeugtes generatorisches Verzögerungsmoment berücksichtigt.

**[0013]** Vorzugsweise wird ein Prüfbremsdruck vorgegeben, durch den eine Verzögerung des Kraftfahrzeugs mit einem Verzögerungswert von zumindest  $2,44 \text{ m/s}^2$  erzeugbar ist. Kann der sekundäre Hydraulikaktor durch Ansteuern mit der vorgegebenen Prüfspannung einen derart vorgegeben beziehungsweise eingestellten Prüfbremsdruck überwinden, so wird davon ausgegangen, dass der sekundäre Hydraulikaktor im Betrieb des Kraftfahrzeugs eine ausreichende Verzögerung des Kraftfahrzeugs bewirken kann.

**[0014]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung zeichnet sich mit den Merkmalen des Anspruchs 9 dadurch aus, dass die Vorrichtung ein Steuergerät aufweist und speziell dazu hergerichtet ist, bei bestimmungsgemäßem Gebrauch mittels des Steuergerätes das Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche durchzuführen. Auch daraus ergeben sich die bereits genannten Vorteile. Weitere bevorzugte Merkmale und Merkmalskombinationen ergeben sich aus dem zuvor Beschriebenen sowie aus den Ansprüchen.

**[0015]** Das erfindungsgemäße Bremssystem zeichnet sich mit den Merkmalen des Anspruchs 10 durch die erfindungsgemäße Vorrichtung aus. Auch daraus ergeben sich die bereits genannten Vorteile. Weitere bevorzugte Merkmale und Merkmalskombinationen ergeben sich aus dem zuvor Beschriebenen sowie aus den Ansprüchen. Vorzugsweise weist das Bremssystem ein betätigbares Bremspedal auf, wobei die Reibbremseinrichtungen von dem Bremspedal mechanisch und hydraulisch entkoppelt sind. Alternativ dazu ist das Bremssystem beispielsweise bremspedalfrei ausgebildet.

**[0016]** Im Folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert. Dazu zeigen

**Fig. 1** eine schematische Darstellung eines Kraftfahrzeugs,

**Fig. 2** ein hydraulisches Bremssystem,

**Fig. 3** ein weiteres hydraulisches Bremssystem und

**Fig. 4** ein Verfahren zum Prüfen eines Hydraulikaktuators.

**[0017]** **Fig. 1** zeigt in einer schematischen Darstellung ein Kraftfahrzeug 1. Das Kraftfahrzeug 1 weist eine Vorderradachse 2 mit einem linken Vorderrad 3 und einem rechten Vorderrad 4 sowie eine Hinterradachse 5 mit einem linken Hinterrad 6 und einem rechten Hinterrad 7 auf. Das Kraftfahrzeug 1 weist außerdem ein nur schematisch dargestelltes hydraulisches Bremssystem 8 auf. Konkrete mögliche Ausführungen des Bremssystems 8 werden später mit Bezug auf die **Fig. 2** und **Fig. 3** näher erläutert. Das Bremssystem 8 weist eine der Anzahl an Rädern 3, 4, 6 und 7 entsprechende Anzahl an betätigbaren Reibbremseinrichtungen 9, 10, 11 und 12 auf. Dem linken Vorderrad 3 ist eine erste Reibbremseinrichtung 9 zugeordnet. Dem rechten Vorderrad 4 ist eine zweite Reibbremseinrichtung 10 zugeordnet. Dem linken Hinterrad 6 ist eine dritte Reibbremseinrichtung 11 zugeordnet. Dem rechten Hinterrad 7 ist eine vierte Reibbremseinrichtung 12 zugeordnet.

**[0018]** Das Bremssystem 8 weist einen ansteuerbaren primären Hydraulikaktor 13 zum Erzeugen eines hydraulischen Bremsdrucks in dem Bremssystem 8 auf. Durch den hydraulischen Bremsdruck werden die Reibbremseinrichtungen 9, 10, 11 und 12 betätigt, sodass das Kraftfahrzeug 1 verzögert wird. Das Bremssystem 8 weist außerdem einen ansteuerbaren sekundären Hydraulikaktor 14 auf. Der sekundäre Hydraulikaktor 14 ist zum ersatzweisen Erzeugen des hydraulischen Bremsdrucks in dem Bremssystem 8 ausgebildet. Es kann also auch durch Ansteuern des sekundären Hydraulikaktuators 14 der Bremsdruck in dem Bremssystem 8 erzeugt werden. Insofern ist das Bremssystem 8 im Hinblick auf seine Ausstattung mit Hydraulikaktuatoren redundant ausgeführt.

**[0019]** Das Bremssystem 8 weist außerdem ein Steuergerät 15 zum Ansteuern der Hydraulikaktuatoren 13 und 14 auf. Zur Durchführung eines Bremsvorgangs steuert das Steuergerät 15 typischerweise den primären Hydraulikaktor 13 an. Der sekundäre Hydraulikaktor 14 wird typischerweise nur dann zur Durchführung eines Bremsvorgangs durch das Steuergerät 15 angesteuert, wenn der primäre Hydraulikaktor 13 von einer Fehlfunktion betroffen ist.

**[0020]** Im Folgenden wird eine erste vorteilhafte Ausführung des Bremssystems 8 mit Bezug auf **Fig. 2** näher erläutert. Bei dem in **Fig. 2** dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Reibbremseinrichtungen 9, 10, 11 und 12 auf einen ersten Bremskreis 16 und einen zweiten Bremskreis 17 aufgeteilt. Der erste Bremskreis 16 weist die erste Reibbremseinrichtung 9 und die vierte Reibbremseinrichtung 12 auf. Der zweite Bremskreis 17 weist die zweite Reibbremseinrichtung 10 und die dritte Reibbremseinrichtung 11 auf. Die erste Reibbremseinrichtung 9 und die vierte Reibbremseinrichtung 12 sind durch ein jeweils anderes ansteuerbares Einlassventil 28 mit einer Hydraulikleitung 18 des ersten Bremskreises 16 fluidtechnisch verbunden. Die zweite Reibbremseinrichtung 10 und die dritte Reibbremseinrichtung 11 sind durch ein jeweils anderes ansteuerbares Einlassventil 28 mit einer Hydraulikleitung 19 des zweiten Bremskreises 17 fluidtechnisch verbunden. Außerdem sind die Reibbremseinrichtungen 9, 10, 11 und 12 durch ein jeweils anderes ansteuerbares Auslassventil 29 mit einem Flüssigkeitsreservoir 22 des Bremssystems 8 fluidtechnisch verbunden.

**[0021]** Der primäre Hydraulikaktuator 13 weist bei dem in **Fig. 2** dargestellten Ausführungsbeispiel einen ansteuerbaren Elektromotor 20 und eine durch den Elektromotor 20 betätigbare Fluidpumpe 21 auf. Vorliegend ist die Fluidpumpe 21 als Kolbenpumpe 21 ausgebildet. Der primäre Hydraulikaktuator 13 kann jedoch auch eine andere Art von Fluidpumpe 21 aufweisen. Die Fluidpumpe 21 ist dazu ausgebildet, eine Hydraulikflüssigkeit aus dem Flüssigkeitsreservoir 22 in die Hydraulikleitungen 18 und 19 zu fördern, um dadurch den hydraulischen Bremsdruck in dem Bremssystem 8 zu steigern. Eine Druckseite der Fluidpumpe 21 ist hierzu durch ein erstes ansteuerbares Trennventil 23 mit der Hydraulikleitung 18 und durch ein zweites ansteuerbares Trennventil 24 mit der Hydraulikleitung 19 fluidtechnisch verbunden.

**[0022]** Der sekundäre Hydraulikaktuator 14 weist bei dem in **Fig. 2** dargestellten Ausführungsbeispiel einen ansteuerbaren Elektromotor 25 sowie eine erste Pumpeneinheit 26 und eine zweite Pumpeneinheit 27 auf. Der Elektromotor 25 ist zur Betätigung der Pumpeneinheiten 26 und 27 ausgebildet. Die Saugseite der ersten Pumpeneinheit 26 ist durch eine Hydraulikleitung 30 mit dem Flüssigkeitsreservoir 22 fluidtechnisch verbunden. Die Saugseite der zweiten Pumpeneinheit 27 ist durch eine Hydraulikleitung 31 mit dem Flüssigkeitsreservoir 22 fluidtechnisch verbunden. Die Hydraulikleitungen 30 und 31 weisen jeweils ein ansteuerbares Trennventil 32 beziehungsweise 33 auf. Die Druckseite der ersten Pumpeneinheit 26 ist durch eine Hydraulikleitung 34 mit der Hydraulikleitung 18 fluidtechnisch verbunden. Die Druckseite der zweiten Pumpeneinheit 27 ist

durch eine Hydraulikleitung 35 mit der Hydraulikleitung 19 fluidtechnisch verbunden. Ein der Hydraulikleitung 34 zugeordneter Abschnitt der Hydraulikleitung 18 weist ein ansteuerbares Trennventil 36 auf. Ein der Hydraulikleitung 35 zugeordneter Abschnitt der Hydraulikleitung 19 weist ein ansteuerbares Trennventil 37 auf. Außerdem ist jeder Pumpeneinheit 26 und 27 des sekundären Hydraulikaktors 14 ein jeweils anderes regelbares Umschaltventil 38 beziehungsweise 39 zugeordnet. Durch das Umschaltventil 38 ist die Hydraulikleitung 30 mit der Hydraulikleitung 34 fluidtechnisch verbunden. Durch das Umschaltventil 39 ist die Hydraulikleitung 31 mit der Hydraulikleitung 35 fluidtechnisch verbunden. Sind die Umschaltventile 38 und 39 geöffnet beziehungsweise leitendgeschaltet, so kann Hydraulikflüssigkeit unter Umgehung der Pumpeneinheiten 26 und 27 aus den Hydraulikleitungen 34 und 35 in die Hydraulikleitungen 30 und 31 zurückströmen.

**[0023]** Das in **Fig. 2** dargestellte Bremssystem 8 ist frei von einem Bremspedal. Ein derartig ausgebildetes Bremssystem kommt beispielsweise dann zum Einsatz, wenn das Kraftfahrzeug 1 als Robotaxi ausgebildet ist.

**[0024]** **Fig. 3** zeigt eine zweite vorteilhafte Ausführung des Bremssystems 8. Im Folgenden wird im Wesentlichen auf die Unterschiede zu dem in **Fig. 2** dargestellten Bremssystem 8 eingegangen.

**[0025]** Das in **Fig. 3** dargestellte Bremssystem 8 weist ein betätigbares Bremspedal 40 auf. Das Bremspedal 40 ist mit einem Hauptbremszylinder 41 des Bremssystems 8 derart wirkverbunden, dass Hydraulikkolben 42 und 43 des Hauptbremszylinders 41 durch eine Betätigung des Bremspedals 40 verschiebbar sind. Im Normalbetrieb ist das Bremspedal 40 von den Reibbremseinrichtungen 9, 10, 11 und 12 mechanisch und hydraulisch entkoppelt. Ein Pedalwegsimulator 44 stellt eine Federkraft bereit, welche einer Betätigung des Bremspedals 40 entgegenwirkt. Das Steuergerät 15 ist dazu ausgebildet, den primären Hydraulikaktuator 13 oder den sekundären Hydraulikaktuator 14 in Abhängigkeit von einer erfassten Betätigungsstellung des Bremspedals 40 anzusteuern.

**[0026]** Wie zuvor erwähnt wurde, werden Bremsungen des Kraftfahrzeugs 1 typischerweise durch Ansteuern des primären Hydraulikaktors 13 realisiert. Der sekundäre Hydraulikaktuator 14 ist in der Regel funktionslos. Damit sichergestellt ist, dass der sekundäre Hydraulikaktuator 14 beispielsweise bei einer Fehlfunktion des primären Hydraulikaktors 13 das Kraftfahrzeug 1 ausreichend verzögern kann, ist es notwendig, den sekundären Hydraulikaktuator 14 regelmäßig auf Fehlfunktionen zu prüfen. Im Folgenden wird mit Bezug auf **Fig. 4** ein vorteilhaftes Verfahren zum Prüfen des sekundären Hydraulik-

kaktuators 14 näher erläutert. **Fig. 4** zeigt das Verfahren anhand eines Flussdiagramms. Das Verfahren kann sowohl bei dem gemäß **Fig. 2** dargestellten Bremssystem 8 als auch bei dem gemäß **Fig. 3** dargestellten Bremssystem 8 durchgeführt werden. Das Verfahren wird im Wesentlichen durch das Steuergerät 15 durchgeführt. Das Steuergerät ist somit Teil einer Vorrichtung 45 zum Prüfen des sekundären Hydraulikaktuators 14.

**[0027]** In einem ersten Schritt S1 ermittelt das Steuergerät 15 laufend eine Zeitdauer, die seit Durchführung einer vorausgegangenen Prüfung des sekundären Hydraulikaktuators 14 bereits vergangen ist. Das Steuergerät 15 startet das Ermitteln der Zeitdauer also mit Abschluss der vorausgegangenen Prüfung des sekundären Hydraulikaktuators 14. Beim Ermitteln der Zeitdauer berücksichtigt das Steuergerät 15 sowohl Betriebszeiten des Kraftfahrzeug 1 als auch Außerbetriebszeiten des Kraftfahrzeugs 1. Betriebszeiten sind solche Zeiten, während denen sich das Kraftfahrzeug 1 im betriebsbereiten Zustand befindet. Außerbetriebszeiten hingegen sind solche Zeiten, während denen das Kraftfahrzeug 1 vorübergehend außer Betrieb genommen ist. Dabei gewichtet das Steuergerät 15 beim Ermitteln der Zeitdauer Betriebszeiten stärker als Außerbetriebszeiten. Beispielsweise beaufschlagt das Steuergerät 15 hierzu Betriebszeiten mit einem größeren Faktor als Außerbetriebszeiten.

**[0028]** In einem zweiten Schritt S2 vergleicht das Steuergerät 15 die in dem Schritt S1 ermittelte Zeitdauer mit einer vorgegebenen Schwellenzeitdauer. Übersteigt die ermittelte Zeitdauer die vorgegebene Schwellenzeitdauer, so stellt das Steuergerät 15 fest, dass eine Prüfung des sekundären Hydraulikaktuators 14 auf Fehlfunktionen durchgeführt werden sollte. Das Steuergerät 15 stellt dann eine Prüfvorgabe bereit und es wird auf einen dritten Schritt S3 verwiesen.

**[0029]** In dem dritten Schritt S3 überwacht das Steuergerät 15 den Fahrbetrieb des Kraftfahrzeugs 1 auf das Vorliegen einer Stillstandsbremsung. Eine Stillstandsbremsung ist eine Verzögerung des Kraftfahrzeugs 1 bis in den Stillstand. Beispielsweise überwacht das Steuergerät 15 in Abhängigkeit von einer erfassten Fahrtgeschwindigkeit des Kraftfahrzeugs 1, ob eine Stillstandsbremsung vorliegt. Wird die Fahrtgeschwindigkeit des Kraftfahrzeugs auf einen Geschwindigkeitswert von 0 km/h verringert, so liegt eine Stillstandsbremsung vor. Erfasst das Steuergerät 15 in dem dritten Schritt S3 eine Stillstandsbremsung, so wird auf einen vierten Schritt S4 verwiesen. Es wird dann die Prüfung des sekundären Hydraulikaktuators 14 auf Fehlfunktionen durchgeführt.

**[0030]** In dem vierten Schritt S4 vergleicht das Steuergerät 15 einen bei Erreichen des Stillstands erfassten Bremsdruck in dem Bremssystem 8 mit einem vorgegebenen Prüfbremsdruck. Der Bremsdruck wird vorliegend zwischen der Druckseite des primären Hydraulikaktuators 13 und den Trennventilen 23 und 24 erfasst. Der Prüfbremsdruck ist der Druck, bei dem die Prüfung des sekundären Hydraulikaktuators 14 auf Fehlfunktionen durchgeführt werden soll.

**[0031]** Ergibt der Vergleich, dass der bei Erreichen des Stillstands erfasste Bremsdruck den Prüfbremsdruck unterschreitet, so wird auf einen fünften Schritt S5 verwiesen. Der Bremsdruck in dem Bremssystem 8 wird dann durch Ansteuern des ersten Hydraulikaktuators 13 auf den Prüfbremsdruck gesteigert. Hat der Bremsdruck den Prüfbremsdruck erreicht, so werden die Trennventile 23 und 24 geschlossen beziehungsweise nichtleitend geschaltet. Der primäre Hydraulikaktuator 13 wird dadurch von den Hydraulikleitungen 18 und 19 sowie den Reibbremsseinrichtungen 9, 10, 11 und 12 getrennt.

**[0032]** Ergibt der Vergleich in dem vierten Schritt S4 jedoch, dass der bei Erreichen des Stillstands erfasste Bremsdruck den Prüfbremsdruck übersteigt, so wird auf einen sechsten Schritt S6 verwiesen. Es werden dann die Trennventile 23 und 24 geschlossen und die Umschaltventile 38 und 39 werden derart geregelt angesteuert, dass der Bremsdruck in dem Bremssystem 8 auf den Prüfbremsdruck verringert wird. Der Prüfbremsdruck wird also durch Ansteuern der Umschaltventile 38 und 39 eingestellt.

**[0033]** Ist der Prüfbremsdruck eingestellt, so wird sowohl bei vorheriger Durchführung des Schritts S5 als auch bei vorheriger Durchführung des Schritts S6 auf einen siebten Schritt S7 verwiesen. In dem siebten Schritt S7 wird der sekundäre Hydraulikaktuator 14 bei eingestelltem Prüfbremsdruck mit einer vorgegebenen elektrischen Prüfspannung angesteuert. Die Trennventile 32 und 33 sind dabei geöffnet. Durch das Ansteuern mit der elektrischen Prüfspannung wird der sekundäre Hydraulikaktuator 14 auf Fehlfunktionen geprüft. Kann der Elektromotor 25 bei Ansteuerung mit der elektrischen Prüfspannung rotieren und insofern den eingestellten Prüfbremsdruck überwinden, so wird davon ausgegangen, dass der sekundäre Hydraulikaktuator 14 frei von Fehlfunktionen ist. Kann der Elektromotor 25 bei Ansteuerung mit der elektrischen Prüfspannung nicht rotieren, so wird davon ausgegangen, dass der sekundäre Hydraulikaktuator von einer Fehlfunktion betroffen ist. In diesem Fall wird dann vorzugsweise zumindest eine Sicherheitsfunktion durchgeführt. Beispielsweise wird im Rahmen der Sicherheitsfunktion eine Warnmeldung für einen Fahrer des Kraftfahrzeugs 1 bereitgestellt.

**[0034]** Vorzugsweise ist der Prüfung des sekundären Hydraulikaktuators 14 auf Fehlfunktionen eine Prüfung der Reibbremseinrichtungen 9, 10, 11 und 12 auf Fehlfunktionen vorgelagert. Hierzu vergleicht das Steuergerät 15 einen erfassten Bremsdruck mit einem zugehörigen Verzögerungswert. Entspricht der zugehörige Verzögerungswert einem erwarteten Verzögerungswert, so stellt das Steuergerät 15 fest, dass die Reibbremseinrichtungen 9, 10, 11 und 12 frei von Fehlfunktionen sind. Ist der zugehörige Verzögerungswert jedoch beispielsweise geringer als der erwartete Verzögerungswert, so stellt das Steuergerät 15 fest, dass zumindest eine der Reibbremseinrichtungen 9, 10, 11 und 12 von einer Fehlfunktion betroffen ist. Beispielsweise ist ein Bremskörper zumindest einer der Reibbremseinrichtungen 9, 10, 11 und 12 mechanisch verklemmt. Stellt das Steuergerät 15 fest, dass zumindest eine der Reibbremseinrichtungen 9, 10, 11 und 12 von einer Fehlfunktion betroffen ist, so wird die Prüfung des sekundären Hydraulikaktuators 14 auf Fehlfunktionen vorzugsweise trotz Vorliegen der Prüfvorgabe ausgesetzt. Eine Fehlfunktion einer der Reibbremseinrichtungen 9, 10, 11 und 12 könnte das Ergebnis der Prüfung des sekundären Hydraulikaktuators 14 auf Fehlfunktionen verfälschen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Prüfen eines Hydraulikaktuators eines Bremssystems eines Kraftfahrzeugs, wobei das Bremssystem (8) einen ansteuerbaren primären Hydraulikaktor (13) zum Erzeugen eines hydraulischen Bremsdrucks in dem Bremssystem (8) und einen ansteuerbaren sekundären Hydraulikaktor (14) zum ersatzweisen Erzeugen des Bremsdrucks in dem Bremssystem (8) aufweist, und wobei der sekundäre Hydraulikaktor (14) durch Einstellen eines vorgegebenen Prüfbremsdrucks in dem Bremssystem (8) und durch Ansteuern des sekundären Hydraulikaktuators (14) mit einer vorgegebenen elektrischen Prüfspannung bei eingestelltem Prüfbremsdruck auf Fehlfunktionen geprüft wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Prüfung des sekundären Hydraulikaktuators (14) auf Fehlfunktionen in Abhängigkeit von einer Prüfvorgabe bei Erfassen einer Stillstandsbremsung des Kraftfahrzeugs (1) durchgeführt wird.

2. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine seit Durchführung einer vorausgegangenen Prüfung des sekundären Hydraulikaktuators (14) vergangene Zeitdauer ermittelt wird, und dass die Prüfvorgabe bei Ermitteln einer vorgegebenen Schwellenzeitdauer überschreitenden Zeitdauer bereitgestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Ermitteln der Zeitdauer

sowohl Betriebszeiten des Kraftfahrzeugs (1) als auch Außerbetriebszeiten des Kraftfahrzeugs (1) berücksichtigt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass Betriebszeiten und Außerbetriebszeiten beim Ermitteln der Zeitdauer jeweils unterschiedlich gewichtet werden.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein bei Erreichen des Stillstands erfasster Bremsdruck mit dem Prüfbremsdruck verglichen wird, wobei bei Vorliegen eines den Prüfbremsdruck übersteigenden Bremsdrucks der Bremsdruck durch Ansteuern zumindest eines dem sekundären Hydraulikaktor (14) zugeordneten Umschaltventils (38,39) auf den Prüfbremsdruck verringert wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein bei Erreichen des Stillstands erfasster Bremsdruck mit dem Prüfbremsdruck verglichen wird, wobei bei Vorliegen eines den Prüfbremsdruck unterschreitenden Bremsdrucks der Bremsdruck durch Ansteuern des primären Hydraulikaktuators (13) auf den Prüfbremsdruck gesteigert wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Abhängigkeit von einem erfassten Bremsdruck und einem zugehörigen Verzögerungswert geprüft wird, ob eine oder mehrere Reibbremseinrichtungen (9,10,11,12) des Bremssystems (8) eine Fehlfunktion aufweisen, und dass bei Feststellen einer Fehlfunktion einer oder mehrerer der Reibbremseinrichtungen (9,10,11,12) die Prüfung des sekundären Hydraulikaktuators (14) ausgesetzt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Prüfbremsdruck vorgegeben wird, durch den eine Verzögerung des Kraftfahrzeugs (1) mit einem Verzögerungswert von zumindest  $2,44 \text{ m/s}^2$  erzeugbar ist.

9. Vorrichtung zum Prüfen eines Hydraulikaktuators eines Bremssystems eines Kraftfahrzeugs, wobei das Bremssystem (8) einen ansteuerbaren primären Hydraulikaktor (13) zum Erzeugen eines hydraulischen Bremsdrucks in dem Bremssystem (8) und einen ansteuerbaren sekundären Hydraulikaktor (14) zum ersatzweisen Erzeugen des Bremsdrucks in dem Bremssystem (8) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung (45) ein Steuergerät (15) aufweist und speziell dazu hergerichtet ist, bei bestimmungsgemäßem Gebrauch mittels des Steuergerätes (15) das Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche durchzuführen.

10. Bremssystem eines Kraftfahrzeugs, mit einem ansteuerbaren primären Hydraulikaktuator (13) zum Erzeugen eines hydraulischen Bremsdrucks in dem Bremssystem (8), und mit einem ansteuerbaren sekundären Hydraulikaktuator (14) zum ersatzweisen Erzeugen des Bremsdrucks in dem Bremssystem (8), **gekennzeichnet durch** eine Vorrichtung (45) gemäß dem vorhergehenden Anspruch zum Prüfen des sekundären Hydraulikactuators (14).

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

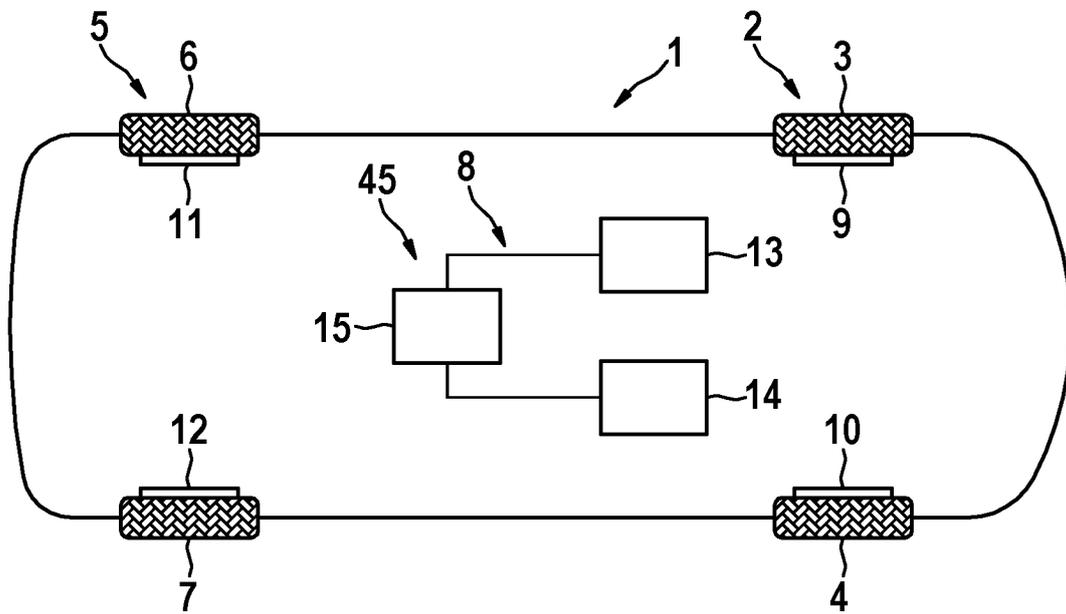


Fig. 1

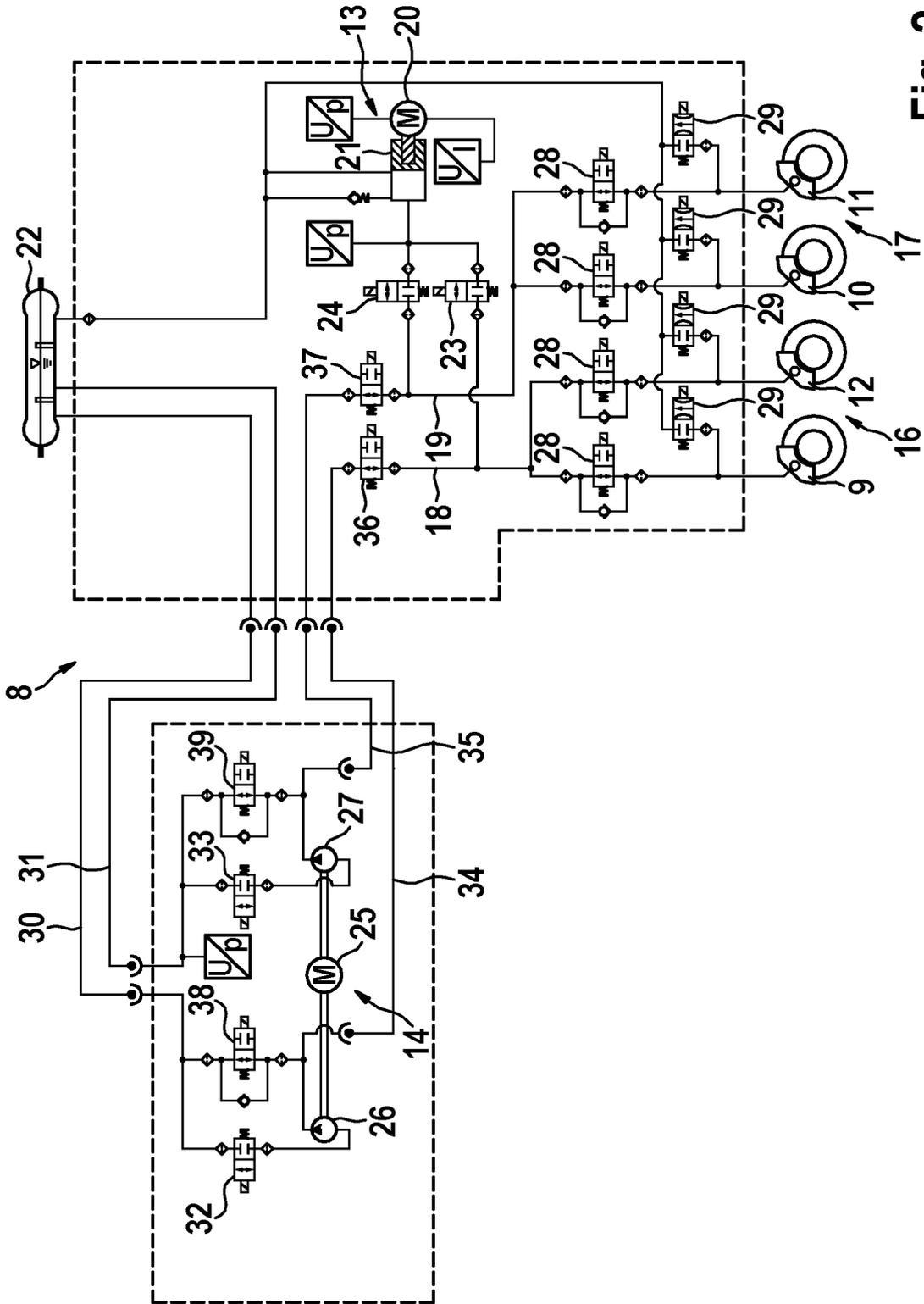


Fig. 2

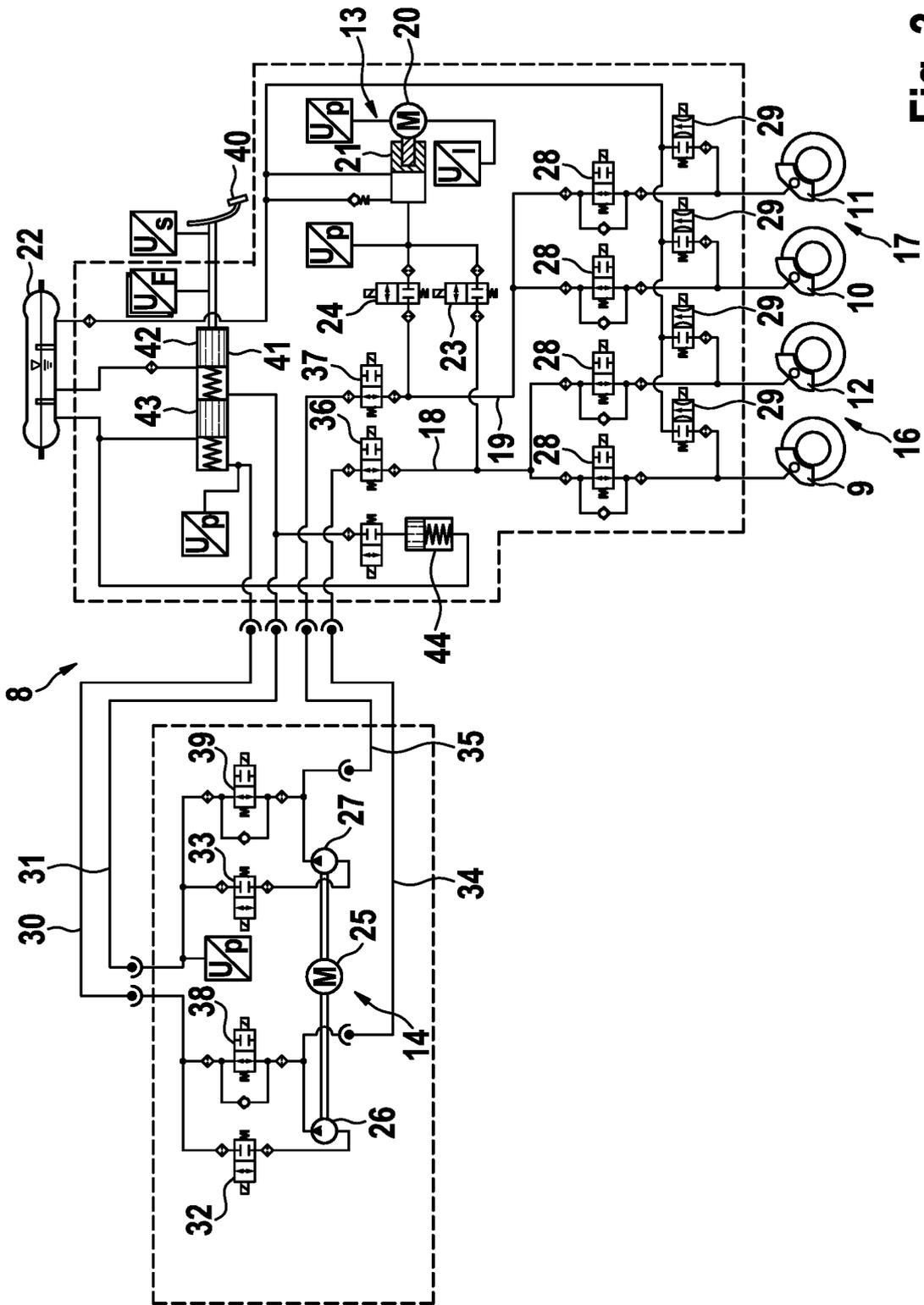
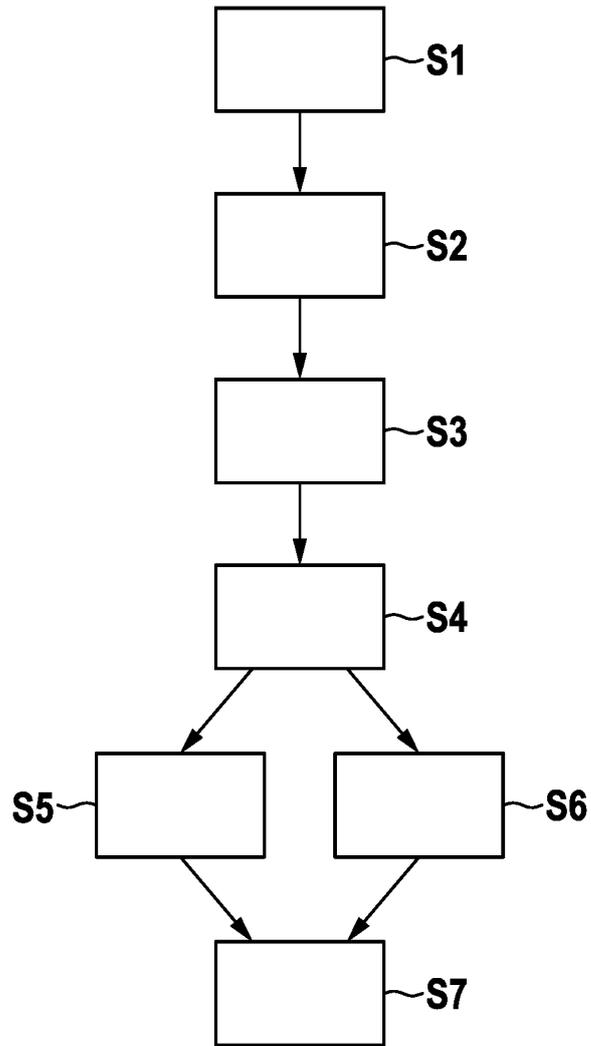


Fig. 3



**Fig. 4**