



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 021 056.6**

(22) Anmeldetag: **22.10.2012**

(43) Offenlegungstag: **24.04.2014**

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

(71) Anmelder:
Creative Data AG, 50354, Hürth, DE

(74) Vertreter:
Schneider, Uwe, Dipl.-Ing., 59423, Unna, DE

(72) Erfinder:
**Alders, Daniel, 50171, Kerpen, DE; Baldus,
Torsten, 53474, Bad Neuenahr-Ahrweiler, DE;
Erbe, Peter, 34292, Ahnatal, DE; Deleski, Sergej,
51069, Köln, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

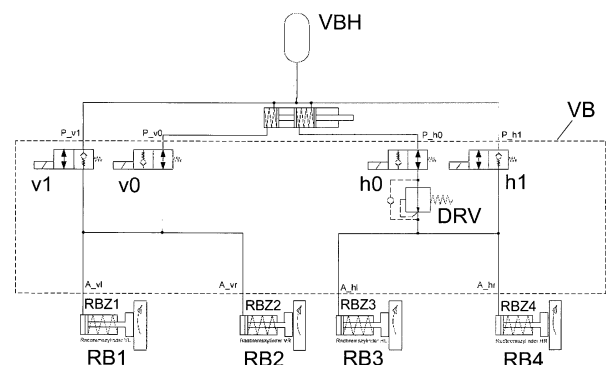
DE 10 2010 040 726 A1
DE 10 2010 046 286 A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Fahrzeugsbremssystem und Verfahren zur Steuerung und/oder Regelung eines Fahrzeugsbremssystems insbesondere an elektromotorisch angetriebenen Fahrzeugen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Fahrzeugbremssystem zum Einsatz an elektromotorisch angetriebenen Fahrzeugen, aufweisend mindestens eine Reibbremse (RB1, RB2, RB3, RB4) an den Rädern des Fahrzeugs mit hydraulischer Betätigung sowie mindestens ein elektrisch-regeneratives Bremssystem, in dem mindestens eine elektrische Maschine unter Aufbringung eines Bremsmoments zur Rekuperation von Bewegungsenergie des Fahrzeugs als elektrische Energie eingesetzt werden kann. Hierbei weist die mindestens eine Reibbremse (RB1, RB2, RB3, RB4) eine elektromechanische Bremse mit einem Kolben eines Radbremszylinders (RBZ1, RBZ2, RBZ3, RBZ4) auf, der sowohl hydraulisch über einen mit dem Bremspedal zusammenwirkenden Hauptbremszylinder (HBZ) als auch elektromechanisch verfahrbar ist und der auf die Reibbremse (RB1, RB2, RB3, RB4) einwirkt, wobei die elektromechanische Bremse in einem ersten Bereich des Hubs des Bremspedals ausschließlich elektromechanisch betätigbar und die hydraulische Betätigung der Reibbremse (RB1, RB2, RB3, RB4) dabei drucklos geschaltet ist, und in einem zweiten Bereich des Hubs des Bremspedals die Reibbremse (RB1, RB2, RB3, RB4) ausschließlich von der hydraulischen Betätigung betätigbar ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Fahrzeugbremsystem gemäß Oberbegriff von Anspruch 1 sowie ein Verfahren zur Steuerung und/oder Regelung eines Fahrzeugbremsystems gemäß Oberbegriff von Anspruch 16.

[0002] Bei Elektrofahrzeugen besteht ein wesentlicher Vorteil gegenüber Fahrzeugen mit Wärmekraftmaschine darin, dass ein Teil der Bremsenergie durch Rekuperation zurückgewonnen werden kann. Unter Rekuperation versteht man dabei, dass ein Teil der kinetischen Energie des Fahrzeuges bei einem Bremsvorgang dadurch zurück gewonnen werden kann, dass der Elektromotor oder die Elektromotoren des Fahrzeugs, die zum Antrieb dienen, im Bremsbetrieb auf den Generatorbetrieb umgeschaltet werden und in diesem Betriebszustand einen Strom erzeugen, der der Fahrzeugbatterie zugeführt und damit die Fahrzeugbatterie wieder aufgeladen werden kann.

[0003] Für diesen Zweck in Fahrzeugen vorgesehene sog. regenerative Bremssysteme erlauben es damit, zumindest einen Anteil der beim Bremsen sonst in Wärme umgewandelten Bremsenergie in der Batterie des Fahrzeuges zu speichern und für den späteren erneuten Fahrbetrieb des Fahrzeuges wiederzuverwenden. Dadurch kann der Energieverbrauch des Fahrzeuges insgesamt gesenkt und der Betrieb damit wirtschaftlicher gestaltet werden. Kraftfahrzeuge mit einem regenerativen Bremssystem weisen dazu in der Regel verschiedene Arten von Bremsaktuatoren auf.

[0004] Dabei werden bisher vornehmlich sog. Reibbremsen, die aus herkömmlichen Kraftfahrzeugen bekannt sind, und ein sogenanntes elektrisch-regeneratives Bremssystem eingesetzt. Der notwendige Bremsdruck für die Reibbremsen wird wie in konventionellen Fahrzeugreißbremsen über eine Einrichtung zur Erzeugung des Bremsdruck wie eine hydraulische Pumpe bzw. über die Druckerzeugung aufgrund der Bewegung des Bremspedals wie bei herkömmlichen hydraulischen Bremssystemen bekannt aufgebracht. Das elektrisch-regenerative Bremssystem weist normalerweise einen im Generatorbetrieb angesteuerten elektrischen Motor oder mehrere elektrische Motoren auf, die zumindest einen bestimmten Anteil der benötigten Bremsleistung aufbringen. Die derart zurück gewonnene elektrische Energie wird in ein normalerweise elektrisches Speichermedium wie beispielsweise einer Fahrzeugbatterie eingespeist und für den späteren Antrieb des Fahrzeuges wiederverwendet.

[0005] Für die Erzielung eines möglichst hohen Anteils an beim Bremsvorgang rekuperierter Energie ist es erforderlich, abhängig von dem jeweiligen Fahrzustand des Fahrzeuges den Anteil der sonst beim Bremsen in Wärme umgewandelten kinetischen Energie des Fahrzeuges über das elektrisch-regenerative Bremssystem abzubauen und dabei zu rekuperieren. Hierbei ist dieser Anteil maximal rückgewinnbarer kinetischer Energie zum einen von der jeweiligen Fahrzeuggeschwindigkeit abhängig, zum anderen aber auch von dem Ladezustand der Fahrzeugbatterie und anderen Faktoren. Diese Werte verändern sich in der Regel laufend während des Bremsvorgangs, so dass der Anteil der über das elektrisch-regenerative Bremssystem geleiteten und damit rekuperierbaren Energie und der durch die Reibbremsen abgebauten kinetischen Energie sich während des Bremsvorgangs laufend ändern sollte, um einen optimalen Rekuperationsanteil zu erhalten.

[0006] Ein hierfür notwendiges Balancing zwischen dem Anteil der hydraulischen Bremse und dem Anteil des elektrisch-regenerativen Bremssystems und damit der möglichen Rekuperation am gesamten Bremsvorgang ist in einem Elektrofahrzeug mit konventioneller hydraulischer Bremsanlage nicht rückwirkungsfrei möglich. Die Rekuperation kann zwar elektronisch gesteuert werden, doch sobald die Hydraulikflüssigkeit innerhalb des hydraulischen Bremssystems in die Radbremskolben verschoben wurde, kann diese nicht mehr rückwirkungsfrei entfernt werden, wie dies auch beim konventionellen Antiblockiersystem ABS bzw. dem elektronischen Stabilitätsprogramm ESP bekannt ist. Hier muss die Hydraulikflüssigkeit immer mit Hilfe einer Pumpe zurück in den Hauptbremszylinder gedrückt werden. Erst, wenn dieser hierdurch wieder in die Ausgangsstellung geschoben wurde, ist die Verbindung zwischen Hauptbremszylinder und Vorratsbehälter über die sog. Schnüffellöcher offen und die Bremsflüssigkeit kann in den Vorratsbehälter gefördert werden. Da Hauptbremszylinder und Bremspedal direkt verbunden sind, wird somit das Bremspedal auch in die Ausgangsstellung zurück gezwungen, was sich im Falle des Tätigwerdens des ABS in einem Ruckeln des Bremspedals äußert. Somit besteht in diesem Fall zwischen Verzögerungswunsch und Bremspedalstellung kein linearer Zusammenhang.

[0007] Zur Lösung dieses Problems und zur Erhöhung des Anteils rekuperierter Bremsenergie wird versucht, die Verzögerung über Rekuperation und die Verzögerung über die konventionelle hydraulische Bremsanlage zu trennen.

[0008] Bei einer bekannten Lösung wird eine sog. mechanische Lücke in die Pedalbetätigung des Bremspedals eingebaut, d. h. ein fester Anteil des Pedalwegs ist für die Rekuperation reserviert. Hierzu wird ein Leerweg des Bremspedal im ersten Bereich des Pedalhubs für die Rekuperation genutzt. In diesem Bereich des Pedalwegs führt die Pedalbetätigung des Bremspedals nicht direkt zur Betätigung der Hydraulik der Reibbremse, sondern die Pedalbetätigung wird nur messtechnisch erfasst und proportional über das elektrisch-regenerative Bremssystem verzögert und damit steht diese abzubauen kinetische Energie für die Rekuperation zur Verfügung.

[0009] Eine andere Lösung sieht vor, die Achsen eines Fahrzeugs unterschiedlich anzutreiben und zu bremsen, z. B. indem die Vorderachse rein hydraulisch gebremst und die Hinterachse rein elektromechanisch gebremst wird, wobei der Elektroantrieb des Fahrzeugs dann ebenfalls nur auf die Hinterachse wirkt. Diese Lösungen sind aufwändig und erfordern einen hohen Steuerungsaufwand zur Abstimmung der jeweiligen Bremswirkungen.

[0010] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren und ein geeignetes Bremssystem zur Verfügung zu stellen, das eine möglichst optimale Ausnutzung der für jeden Fahrzustand maximal zur Verfügung stehenden Rekuperationsenergie mit einem einheitlich gestalteten und gleichwohl den Sicherheitsanforderungen entsprechenden Bremssystem erlaubt.

[0011] Die Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe ergibt sich hinsichtlich des Bremssystems aus den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 1 und hinsichtlich des Verfahrens aus den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 16 in Zusammenwirken mit den Merkmalen des zugehörigen Oberbegriffes. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0012] Die Erfindung geht aus von einem Fahrzeugbremssystem zum Einsatz insbesondere an elektromotorisch angetriebenen Fahrzeugen, aufweisend mindestens eine Reibbremse an den Rädern des Fahrzeugs mit hydraulischer Betätigung sowie mindestens ein elektrisch-regeneratives Bremssystem, in dem mindestens eine elektrische Maschine unter Aufbringung eines Bremsmoments zur Rekuperation von Bewegungsenergie des Fahrzeugs als elektrische Energie eingesetzt werden kann. Ein derartiges Fahrzeugbremssystem wird dadurch weiter entwickelt, dass die mindestens eine Reibbremse eine elektromechanische Bremse mit einem Radbremskolben aufweist, der sowohl hydraulisch über einen mit dem Bremspedal zusammenwirkenden Hauptbremszylinder als auch elektromechanisch verfahrbar ist und der auf die Reibbremse einwirkt, wobei die elektromechanische Bremse in einem ersten Bereich des Hubs des Bremspedals ausschließlich elektromechanisch betätigbar und die hydraulische Betätigung der Reibbremse dabei drucklos geschaltet ist, und in einem zweiten Bereich des Hubs des Bremspedals die elektromechanische Bremse ausschließlich von der hydraulischen Betätigung betätigbar ist.

[0013] Mit dem erfindungsgemäßen Fahrzeugbremssystem ist es möglich, das gewünschte Ausbalancieren der Wirkung der elektromechanischen Reibbremse und des elektrisch-regenerativen Bremssystems zu realisieren, mit dem die Maximierung der rekuperierten Bremsenergie durch laufende Abstimmung der jeweiligen Anteile möglich wird, ohne dass die hydraulische Betätigung des Bremssystems negative Einflussgrößen ausübt. Hierdurch wird es möglich, eine serienmäßige elektromechanische Bremse wie etwa eine elektromechanische Parkbremse (EPB) als eine elektromechanische Betriebsbremse mit hydraulischer Rückfallebene zu nutzen. Dabei kann auf handelsübliche elektrische Bremsen zurückgegriffen werden, die in handelsüblichen Kraftfahrzeugen verbaut und genutzt werden. Diese Bremssysteme besitzen einen Radbremskolben, der sowohl hydraulisch als auch elektrisch/elektromechanisch verfahren werden kann und dadurch die Reibwirkung der Reibbremse bestimmt. Für die maximale Sicherheit bleibt die hydraulische Betätigung des Radbremskolbens als Rückfallebene als z. B. zweikreisiges konventionelles Bremssystem mit zwei oder mehreren, bevorzugt mit je einer elektrischen Bremse je Rad in einer schwarz-weiß Aufteilung erhalten.

[0014] Für das Ausbalancieren der Bremswirkungen der elektromechanischen Reibbremse und des elektrisch-regenerativen Bremssystems wird der Radbremskolben ausschließlich elektrisch verfahren. Die hydraulische Betätigung bleibt für die Rückfallebene erhalten. Der Weg des Bremspedals wird dabei in zwei Bereiche aufgeteilt, dass in einem ersten Bereich nur die jeweils aufeinander abgestimmte und im Hinblick auf die maximale Rekuperation optimierte Gesamtwirkung der Reibbremse und des elektrisch-regenerativen Bremssystems hervorgerufen wird. Das Bremspedal kann hierfür z. B. so am Hauptbremszylinder befestigt werden, dass x% des Bremspedalwegs entsprechend dem ersten Bereich nur messtechnisch erfasst werden. Erst die letzten y% entsprechend dem zweiten Bereich wirken, wie bei einer konventionellen Pedalanbindung, auf den Hauptbremszylinder und damit auf die hydraulische Betätigung der Reibbremse, wobei der gesamte Pedalweg $100\% = x\% + y\%$ beträgt.

[0015] So können x% des ersten Bereichs des Pedalwegs des Bremspedals zum elektrischen Bremsen genutzt werden, also zur Rekuperation und zum elektromechanischen Bremsen. Das heißt, dass bei Betätigung des Bremspedals im regulären Betrieb der Hydraulikzylinder sich nicht bewegt und auch nicht die Bremsflüssigkeit verschiebt, da nur die ersten x% des ersten Bereichs des Pedalweges genutzt werden. Unter normalen Betriebsbedingungen des Fahrzeugs wird der Durchgriff der Hydraulik auf die Reibbremse verhindert. Somit kann bei einer Vollbremsung bis Anschlag gebremst werden und das Bremspedal erreicht seinen Endanschlag am Ende des ersten Bereichs des Pedalhubs. Somit wird bis dahin nur rein elektrisch durch Rekuperation und elektromechanisch gebremst. Im Falle eines Fehlers oder bei manueller Auslösung (z. B. durch einen Not-Aus-Schalter) schalten Ventile die hydraulische Betätigung der Reibbremse frei und die letzten y% des zweiten Bereichs des Hubs des Bremspedals stehen als normale hydraulische Bremse zur Verfügung.

[0016] Die Funktionalität und der Aufbau der erfindungsgemäßen Fahrzeugbremse hat die Aufgabe, die hydraulische Betätigung der Reibbremse vom elektromechanischen Teil zu trennen, damit diese in der elektromechanischen Betriebsart als Betriebsbremse des Fahrzeugs genutzt und damit der Anteil der Rekuperation unbeeinflusst von der hydraulischen Betätigung optimiert werden kann. Ferner soll bei Betätigung der elektromechanischen Bremse die innere Mechanik der Reibbremse durch die blockierte Hydraulik nicht zerstört werden. Dies erfordert eine zusätzliche Ventilschaltung, da sich auch beim elektromechanischen Verfahren des Radbremskolbens der mit Hydraulikflüssigkeit gefüllte Raum innerhalb des Radbremskolbens vergrößert oder verkleinert. So trennt der Aufbau der erfindungsgemäßen Fahrzeugbremse nicht nur den Fahrer von dem hydraulischen Durchgriff über den Hauptbremszylinder zu den Rädern, sondern schafft gleichzeitig eine Verbindung der Kammern des Radbremskolbens direkt zu einem Ausgleichsbehälter der Bremsflüssigkeit der Hydraulik. Hiermit kann, wenn der Radbremskolben elektrisch verfahren wird, die Flüssigkeitssäule der Hydraulik widerstandsfrei verfahren werden, während das Fahrzeug ausschließlich elektromechanisch und im Rekuperationsbetrieb gebremst wird.

[0017] Von Vorteil ist es weiterhin, wenn die Steuereinrichtung die Wirkung der elektromechanischen Bremse und des elektrisch-regenerativen Bremssystems laufend aufeinander abstimmt und die Anteile der beiden Bremsen ausbalanciert. Hierdurch kann der jeweilige Anteil der rekuperierten Energie laufend an den Fahrzustand des Fahrzeugs wie z. B. die Fahrzeuggeschwindigkeit und z. B. den Ladezustand der Batterie angepasst werden.

[0018] Von besonderer Wichtigkeit für die rückwirkungsfreie Ausschaltung der hydraulischen Betätigung der Reibbremse im ersten Bereich des Pedalhubs ist es, dass der Radbremskolben im deaktivierten Zustand der hydraulischen Betätigung der elektromechanischen Bremse durch einen offenen Fluidweg mit einem drucklosen Ausgleichsbehälter für die Hydraulikflüssigkeit der hydraulischen Betätigung des Bremssystems in leitender Verbindung stehen. Hierdurch kann die Hydraulikflüssigkeit der hydraulischen Betätigung des Bremssystems widerstandsfrei zwischen dem Ausgleichsbehälter und dem Radbremskolben fließen, wenn die hydraulische Betätigung der elektromechanischen Bremse deaktiviert ist. Dadurch wird zum einen eine unzulässige Belastung oder Zerstörung einzelner Teile der hydraulischen Betätigung durch Verschiebungen von Kolben im Radbremskolben aufgrund der elektromechanischen Betätigung verhindert und gleichzeitig dafür gesorgt, dass keine Beeinflussung der elektromechanischen Betätigung durch das Fluidvolumen der hydraulischen Betätigung erfolgen kann. Damit ist ein wesentlicher Fehlereinfluss der hydraulischen Betätigung im deaktivierten Zustand beseitigt.

[0019] Hierzu kann in weiterer Ausgestaltung ein hydraulisches Ventil die Verbindung zwischen dem Ausgleichsbehälter und dem Radbremskolben öffnen, wenn die hydraulische Betätigung der elektromechanischen Bremse deaktiviert ist, und das Ventil kann die Verbindung schließen, wenn die hydraulische Betätigung der elektromechanischen Bremse aktiviert wird. Ein derartiges Ventil, das beispielsweise als 2/2 Wegevventil ausgebildet sein kann, ist dabei kostengünstig und zuverlässig einsetzbar.

[0020] Von Vorteil ist es weiterhin, wenn das hydraulische Ventil gemeinsam mit entsprechenden hydraulischen Ventilen für weitere Radbremskolben anderer elektromechanischer Bremsen in einem gemeinsamen Ventilblock angeordnet ist und z. B. zentral in der Nähe des Hauptbremszylinders angeordnet und mit Fluidleitungen mit den Radbremszylindern der Räder leitend verbunden ist.

[0021] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass für mehrere Räder oder jedes Rad des Fahrzeugs eine eigene elektromechanische Bremse vorgesehen ist, deren hydraulische Betätigung als hydraulische Rückfallebene aktivierbar ist und die zwei- oder mehrkreisig miteinander gekoppelt sind. Somit kann jedes Rad getrennt und gezielt angesteuert und hinsichtlich seines Bremsverhaltens in die Regelung einbezogen werden. Ebenso ist es denkbar, dass für mehrere Räder oder jedes Rad des Fahrzeugs ein eigenes elektrisch-

regeneratives Bremssystem, vorzugsweise in Form eines für die jeweiligen Räder vorgesehenen elektrischen Antriebsmotors ausgebildet ist, der sich zum rekuperierenden Bremsen in den Generatorbetrieb schalten lässt. Dies lässt z. B. dadurch erreichen, dass einzelne oder alle Räder des Fahrzeugs getrennt von einem eigenem Elektromotor antreibbar sind, wobei dieser Motor jeweils einzeln in den Generatorbetrieb geschaltet werden kann und dann einen Bestandteil des elektrisch-regenerativen Bremssystems bildet.

[0022] Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Steuerung und/oder Regelung eines Fahrzeugbremssystems zum Einsatz insbesondere an elektromotorisch angetriebenen Fahrzeugen, wobei das Fahrzeugbremssystem mindestens eine Reibbremse an den Rädern des Fahrzeugs mit hydraulischer Betätigung sowie mindestens ein elektrisch-regeneratives Bremssystem aufweist, in dem mindestens eine elektrische Maschine unter Aufbringung eines elektrisch-regenerativen Bremsmoments zur Rekuperation von Bewegungsenergie des Fahrzeugs als elektrische Energie eingesetzt werden kann. Ein derartiges Verfahren wird dadurch in erfindungsgemäßer Weise weiter entwickelt, dass die mindestens eine Reibbremse als elektromechanische Bremse mit einem Radbremskolben ausgebildet wird, der sowohl hydraulisch über einen mit dem Bremspedal zusammenwirkenden Hauptbremszylinder als auch elektromechanisch verfahren werden kann und der auf die Reibbremse einwirkt, wobei die elektromechanische Bremse in einem ersten Bereich des Hubs des Bremspedals ausschließlich elektromechanisch betätigt und die hydraulische Betätigung der Reibbremse dabei drucklos geschaltet wird, und in einem zweiten Bereich des maximalen Weges des Bremspedals die elektromechanische Bremse ausschließlich von der hydraulischen Betätigung betätigt wird. Denkbar ist auch eine Unterstützung der hydraulischen Betätigung durch eine überlagerte elektromechanische Betätigung, wobei elektromechanisch immer nur stärker verzögert werden kann, als es der anstehende Druck im Hydraulikteil zulässt.

[0023] Hinsichtlich der Eigenschaften und Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens kann auf die vorstehend zu dem erfindungsgemäßen Fahrzeugbremssystem verwiesen werden.

[0024] Von Vorteil ist es weiterhin, dass bei Eintreten eines Fehlzustandes im Fahrbetrieb des Fahrzeugs oder bei Erkennen einer Notsituation die elektromechanische Betätigung der Bremse deaktiviert und ausschließlich die hydraulische Betätigung der elektromechanischen Bremse aktiviert werden kann und damit alle Vorzüge herkömmlicher hydraulischer Bremssysteme wie z. B. auch ein Antiblockiersystem ABS und ein elektronisches Stabilitätsprogramm ESP für den Notfall zur Verfügung unabhängig von der elektromechanischen Fahrzeugbremsung stehen.

[0025] Die Erfindung betrifft weiterhin ein Fahrzeugbremssystem zum Einsatz an Kraftfahrzeugen, dass mindestens eine Reibbremse an den Rädern des Fahrzeugs mit hydraulischer Betätigung aufweist. Hierbei kann in erfindungsgemäßer Ausgestaltung die mindestens eine Reibbremse eine elektromechanische Bremse mit einem Kolben eines Radbremszylinders aufweisen, der sowohl hydraulisch über einen mit dem Bremspedal zusammenwirkenden Hauptbremszylinder als auch elektromechanisch verfahrbar ist und der auf die Reibbremse einwirkt, wobei die hydraulische Betätigung des Radbremszylinders auf einen Solldruck einstellbar ist und die elektromechanische Bremse nur den Differenz-Bremsdruck zwischen dem Solldruck der hydraulischen Betätigung des Radbremszylinders und dem durch Betätigung des Bremspedals jeweils aktuell angeforderten Bremsdruck erzeugt. Hierdurch können die hydraulische Betätigung des Radbremskolbens und die elektromechanische Betätigung des Radbremskolbens parallel zueinander arbeiten, wobei die elektromechanische Betätigung der Bremse quasi als radindividueller Bremskraftverstärker wirken kann. Wird beispielsweise der Solldruck der hydraulischen Betätigung des Radbremszylinders konstant gehalten, so können Abweichungen des jeweils aktuell angeforderten Bremsdrucks von der elektromechanischen Betätigung der Bremse bereit gestellt werden. Der Bremsdruck der elektromechanischen Betätigung der Bremse überlagert quasi den konstanten Bremsdruck aus der hydraulischen Betätigung der Bremse. Die Bremse wird immer nur dann elektromechanisch betätigt wird und erzeugt zusätzlichen Bremsdruck, wenn der durch Betätigung des Bremspedals jeweils aktuell angeforderte Bremsdrucks höher als der Solldruck der hydraulischen Betätigung des Radbremszylinders ist. Hierdurch ist ein ausfallsicheres Bremssystem erzeugbar, bei dem die hydraulische Rückfallebene immer drucklos mitgeführt werden kann. Mit der Gestaltung des Fahrzeugbremssystems gemäß Anspruch 1 lässt sich diese Funktionalität einfach dadurch erzeugen, dass die hydraulische Betätigung des Fahrzeugbremssystems gemäß Anspruch 1 aktiviert wird, der erste Bereich des Hubs des Pedals aber quasi auf 0 gesetzt wird und der Hub des Pedals messtechnisch für die Steuerung des Bremsdrucks für die elektromechanische Betätigung der Bremse genutzt wird. Dies ist auch für Fahrzeuge mit Brennkraftantrieb einsetzbar, da das derart gestaltete Fahrzeugbremssystem quasi wie ein elektromechanischer Bremskraftverstärker wirkt.

[0026] Eine besonders bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Fahrzeugbremssystems und des erfindungsgemäßen Verfahrens zeigt die Zeichnung.

[0027] Es zeigen:

[0028] **Fig. 1** – eine Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Fahrzeugbremsystems in einer schematischen Gesamt-Darstellung der hydraulischen Betätigung von vier Reibbremsen für jedes der Räder eines nicht weiter dargestellten Fahrzeugs,

[0029] **Fig. 2** – eine Teil-Darstellung eines Kreises der hydraulischen Betätigung des erfindungsgemäßen Fahrzeugbremsystems gemäß **Fig. 1** mit aktivierter hydraulischer Betätigung der beiden vorderen Radbremszylinder,

[0030] **Fig. 3** – eine Teil-Darstellung eines Kreises der hydraulischen Betätigung des erfindungsgemäßen Fahrzeugbremsystems gemäß **Fig. 1** bei einer Fehlfunktion eines Ventils in der hydraulischen Betätigung eines der beiden vorderen Radbremszylinder,

[0031] **Fig. 4** – eine Teil-Darstellung eines Kreises der hydraulischen Betätigung des erfindungsgemäßen Fahrzeugbremsystems gemäß **Fig. 1** bei einer Fehlfunktion eines Ventils in der hydraulischen Betätigung eines der beiden vorderen Radbremszylinder,

[0032] **Fig. 5** – eine Teil-Darstellung eines Kreises der hydraulischen Betätigung des erfindungsgemäßen Fahrzeugbremsystems gemäß **Fig. 1** bei Deaktivierung der hydraulischen Betätigung der beiden vorderen Radbremszylinder oder bei einer Fehlfunktion von beiden Ventilen in der hydraulischen Betätigung der beiden vorderen Radbremszylinder.

[0033] In der **Fig. 1** ist eine Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Fahrzeugbremsystems in einer schematischen Gesamt-Darstellung der hydraulischen Betätigung von vier Reibbremsen RB1, RB2, RB3 und RB4 für jedes der nicht weiter dargestellten Räder eines ebenfalls nicht weiter dargestellten Fahrzeugs zu erkennen. Die Darstellung bezieht sich ausschließlich auf die hydraulische Gestaltung der Reibbremsen RB1, RB2, RB3 und RB4 und deren hydraulischer Betätigung durch den Hauptbremszylinder HBZ und der in dem als gestrichelte Linie angedeuteten Ventilblock VB mit dem darin angeordneten hydraulischen Schaltventilen v0, v1, h0, h1 und dem Druckregelventil DRV zur Reduzierung des Bremsdrucks in den Radbremszylindern RB3 und RB4 der Hinterachse des Fahrzeugs für die Verbesserung der Bremssicherheit aufgrund fahrdynamischer Aspekte.

[0034] Die Gestaltung der vier Reibbremsen RB1, RB2, RB3 und RB4 im Hinblick auf die elektromechanische Betätigung ist hier nicht weiter dargestellt und unterscheidet sich nicht von der Gestaltung handelsüblicher elektromechanischer Bremsen, die zur elektromechanischen Verstellung der Radbremszylinder RBZ1, RBZ2, RBZ3 und RBZ4 entsprechende elektromechanische Aktuatoren aufweisen, die von einem Steuergerät elektrisch ansteuerbar sind und den Kolben der jeweiligen Reibbremse elektromechanisch bewegen können.

[0035] Die hydraulische Betätigung der Reibbremsen RB1, RB2, RB3 und RB4 steht insgesamt über Fluidleitungen mit einem Vorratsbehälter VBH für Hydraulikflüssigkeit in fluidisch leitender Verbindung, wobei die jeweilige Verschaltung der Leitungen zwischen Hauptbremszylinder HBZ, Radbremszylindern RBZ1, RBZ2, RBZ3 und RBZ4 und dem Vorratsbehälter VBH über die Ventile v0, v1, h0 und h1 in nachstehend beschriebener Weise erfolgt.

[0036] Die erfindungsgemäße Beeinflussung des hydraulischen Teils des Fahrzeugbremsystems wird über einen Ventilblock VB realisiert. Dieser Ventilblock VB dient als Aufnahme für die vier 2/2 Wegeventile v0, v1, h0 und h1 für die beiden Bremskreise sowie für ein Druckregelventil DRV als Druckbegrenzer. Das Druckregelventil DRV hat die Aufgabe, den Druck auf „p“ bar für die hinteren Bremsen RB3 und RB4 zu begrenzen.

[0037] Wenn im ersten Bereich des Pedalwegs des Bremspedals der Mischbetrieb der elektromechanischen Reibbremsen RB1, RB2, RB3 und RB4 und des nicht weiter dargestellten elektrisch-regenerativen Bremssystems zur Optimierung der Rekuperation aktiviert ist, sind die Ventile v0 und h0 geschlossen und die Ventile v1 und h1 geöffnet. Dadurch ist der Pedalweg für die hydraulische Betätigung gesperrt. Durch die geöffneten Ventile v1 und v2 kann die elektrische Bremse elektromechanisch frei bewegt werden. Die Kolben der Radbremszylinder RBZ1, RBZ2, RBZ3 und RBZ4 lassen sich frei in beide Richtungen bewegen, da die interne Bremsflüssigkeit über die Ventile v1 und h1 wieder zurück in den Vorratsbehälter VB der Bremsanlage fließen kann. Das Funktionsschema ist in der **Fig. 1** ersichtlich.

[0038] Auch undefinierte Betriebszuständen (wie z. B. Ventildefekte) können nicht zur Zerstörung der elektromechanischen Reibbremsen RB1, RB2, RB3 und RB4 führen, da Rückschlagventile der Ventile v0, v1, h0 und h1 so eingebaut sind, dass dies verhindert wird.

[0039] Bei Inaktivität der elektromechanischen Betätigung der Reibbremsen RB1, RB2, RB3 und RB4 im ersten Bereich des Hubs des Bremspedals ist die hydraulische Betätigung aktiv. Die vier Ventile v0, v1, h0 und h1 befinden sich dann jeweils in ihrer Ausgangslage. Aus Sicherheitsgründen sind die Ventile v0 und h0 stromlos geöffnet. Die Ventile v1 und h1 sind stromlos geschlossen. Dadurch ist die Sicherheit und Funktionalität der hydraulischen Betätigung gewährleistet. Bei einem Stromausfall im Bordnetz oder durch eine gezielte Abschaltung der elektromechanischen Betätigung der Reibbremsen RB1, RB2, RB3 und RB4 wird die hydraulische Bremsanlage automatisch aktiv. Somit ist die Bremse im zweiten Bereich des Hubs des Bremspedals ab y% des Pedalweges einsatzfähig und die Bewegung der Kolben der Radbremszylinder RBZ1, RBZ2, RBZ3 und RBZ4 verhält sich proportional zur Betätigung des Bremspedals.

[0040] Der Ventilblock VB dient als Aufnahme und Verteilerstelle für die vier 2/2 Wegeventile v0, v1, h0 und h1 sowie das Druckregelventil DRV als Druckbegrenzer. Der Ventilblock VB ist z. B. aus Aluminium gefräst und erhält gleichzeitig Aufnahmebohrungen für die Bremsleitungen. Die Leitungen werden nach dem Anschlussplan an den Ventilblock VB angeschlossen. Die Bremsleitungen werden z. B. mit Hilfe von Verschraubungen die für den Anschluss von Bremsleitungen geeignet sind am Ventilblock verschraubt.

[0041] Im Folgenden werden die Schaltzustände der Ventile v0, v1, h0 und h1 dargestellt. Der Einfachheit halber wird nur der vordere Bremskreis erläutert. Der Druckbegrenzer DRV ist für die Schaltzustände nicht relevant, da dies nur den maximale Bremsdruck an der hinteren Achse einstellt.

[0042] Das System ist zweikreisig aufgebaut um die Auswirkungen von auftretende Fehlfunktionen zu minimieren. Durch die Trennung der Bremskreise ist bei Ausfall eines Kreises der zusätzlich Bremskreis noch funktionsfähig. Dies entspricht dem Stand der Technik bei der Aufteilung des Bremskreises wie bei üblichen Bremssystemen.

Ventil	Ventil	Zustand
v1	v0	
0	0	Hydraulikbremse aktiv (Rückfallebene)
0	1	vorderer Bremskreis nicht aktiv/Hydraulik ausgesperrt = Kreisdefekt (zweiter Kreis dient hier als Rückfallebene)
1	0	vorderer Bremskreis nicht aktiv/Bremsdruck wird in den Vorratsbehälter abgeführt = Kreisdefekt (zweiter Kreis dient hier als Rückfallebene)
1	1	Hydraulikbremse nicht aktiv (gewollt ausgesperrt) wenn ungewollt ausgesperrt = Kreisdefekt (zweiter Kreis dient hier als Rückfallebene)

Tabelle 1: Schaltzustände der Ventile v0 und v1

Ventil v1 = Ruhelage geschlossen
 Ventil v0 = Ruhelage geöffnet
 Ventil h0 = Ruhelage geöffnet
 Ventil h1 = Ruhelage geschlossen

0 = Ruhelage/Ventil schaltet nicht bzw. Störung
 1 = geschaltet

Erster Schaltzustand (Hydraulikbremse aktiv gemäß Fig. 2)

[0043] Beide Ventile v0 und v1 befinden sich in der Ruhestellung. Somit ist die hydraulische Betätigung aktiv und es kann rein hydraulisch gebremst werden. Bei einem Ausfall des Fahrzeugbremssystems und mit dem Wegfall der Versorgungsspannung gehen die Ventile v1 und v0 in die Ruhelage. Bei der Betätigung des Bremspedals über den Leerweg hinaus wird die Bremsflüssigkeit durch den Hauptbremszylinder HBZ über das Ventil v0 zu den vorderen Radbremszylindern RB1 und RB2 geschoben. Da das Ventil v1 geschlossen ist,

kann die Bremsflüssigkeit nicht in den Vorratsbehälter VBH geschoben werden. Somit schiebt die Bremsflüssigkeit die Kolben der Radbremszylinder RBZ1 und RBZ2 des vorderen Kreises heraus und drückt dadurch die Bremsbeläge gegen die Bremsscheibe. Dadurch wird das Fahrzeug hydraulisch gebremst.

Zweiter Schaltzustand gemäß Fig. 3

[0044] Das Ventil v1 befindet sich in der Ruhestellung und das Ventil v0 ist geschaltet. Somit ist die hydraulische Betätigung deaktiviert. Dieser Fall tritt nur bei einem Fehler auf. Bei diesem Fall dient jedoch der zweite Kreis als Reserve. Da im Hauptbremszylinder HBZ ein Schwimmkolben untergebracht ist, stellt dies auch kein Problem dar. Bei diesem Fall würde nur der vordere Kreis hydraulisch keine Wirkung haben. Die elektromechanische Bremse kann jedoch weiterhin agieren. Beim elektrischen Zufahren der elektromechanischen Bremse gegen den Radbremszylinder RBZ1 bzw. RBZ2 würde die Bremsflüssigkeit aus dem Hauptbremszylinder HBZ gezogen werden und beim Auffahren schiebt der Radbremszylinder RBZ1 bzw. RBZ2 die Bremsflüssigkeit zurück in den Hauptbremszylinder HBZ.

Dritter Schaltzustand gemäß Fig. 4

[0045] Das Ventil v0 befindet sich in der Ruhestellung und das Ventil v1 ist geschaltet. Somit ist die hydraulische Betätigung außer Funktion. Dieser Fall tritt nur bei einem Fehler auf. Bei diesem Fall dient jedoch der zweite Kreis wieder als Reserve. Da im Hauptbremszylinder HBZ ein Schwimmkolben untergebracht ist, stellt dies auch wieder kein Problem dar. Bei diesem Fall würde nur der vordere Kreis hydraulisch keine Wirkung haben. Beim Betätigen des Bremspedals schiebt der Hauptbremszylinder HBZ die Bremsflüssigkeit durch das Ventil v0 über das Ventil v1 zurück in den Vorratsbehälter VBH. Die Funktion des anderen Bremskreises bleibt davon unberührt. Die elektromechanische Bremse kann auch bei diesem Fall weiterhin arbeiten. Beim Zufahren der elektromechanischen Bremse gegen den Radbremszylinder RBZ1 bzw. RBZ2 würde die Bremsflüssigkeit aus dem Hauptbremszylinder HBZ gezogen werden und beim Auffahren schiebt der Radbremszylinder RBZ1 bzw. RBZ2 die Bremsflüssigkeit zurück in den Hauptbremszylinder HBZ bzw. in den Vorratsbehälter VBH.

Vierter Schaltzustand gemäß Fig. 5

[0046] Beide Ventile v0 und v1 befinden sich in der geschalteten Stellung. Dadurch ist das Ventil v0 geschlossen und das Ventil v1 ist geöffnet. Die Ventile v0 und v1 werden geöffnet, sobald diese bestromt werden. Somit ist die hydraulische Betätigung nicht aktiv und es kann nicht hydraulisch gebremst werden. Die Bremsung erfolgt ausschließlich über die elektromechanische Betätigung der Reibbremsen RB1 bzw. RB2 und/oder über das elektrisch-regenerative Bremssystem erfolgen. Bei der Betätigung des Bremspedals über den Leerweg hinaus wird die Bremsflüssigkeit durch den Hauptbremszylinder HBZ zu dem Ventil v0 geschoben. Dieses ist geschlossen und durch die Inkompressibilität der Bremsflüssigkeit lässt sich das Bremspedal nicht weiter durch treten.

[0047] Sollte dieser Schaltzustand gewünscht sein, wird bei einer Betätigung des Bremspedals im Leerweg über einen Sensor der Pedalweg aufgenommen und die elektromechanische Reibbremse wird dadurch verfahren, dass der Kolben des Radbremszylinders RBZ1 bzw. RBZ2 des vorderen Kreises elektrisch verfahren wird und dadurch die Bremsbeläge gegen die Bremsscheibe drückt. Dadurch wird das Fahrzeug elektromechanisch gebremst. Durch das geöffnete Ventil v1 kann die Bremsflüssigkeit in den Vorratsbehälter VBH hin und her geschoben werden und das Verfahren des Radbremszylinders RBZ1 bzw. RBZ2 ist elektromechanisch und ohne Rückwirkungen zwischen hydraulischer und elektromechanischer Betätigung problemlos möglich.

[0048] Sollte dieser Schaltzustand nicht gewünscht sein, dient der zweite Bremskreis als Rückfallebene.

Patentansprüche

1. Fahrzeugbremssystem zum Einsatz insbesondere an elektromotorisch angetriebenen Fahrzeugen, aufweisend mindestens eine Reibbremse (RB1, RB2, RB3, RB4) an den Rädern des Fahrzeugs mit hydraulischer Betätigung sowie mindestens ein elektrisch-regeneratives Bremssystem, in dem mindestens eine elektrische Maschine unter Aufbringung eines Bremsmoments zur Rekuperation von Bewegungsenergie des Fahrzeugs als elektrische Energie eingesetzt werden kann, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine Reibbremse (RB1, RB2, RB3, RB4) eine elektromechanische Bremse mit einem Kolben eines Radbremszylinders (RBZ1, RBZ2, RBZ3, RBZ4) aufweist, der sowohl hydraulisch über einen mit dem Bremspedal zusammenwirkenden Hauptbremszylinder (HBZ) als auch elektromechanisch verfahrbar ist und der auf die Reibbremse (RB1, RB2, RB3, RB4) einwirkt, wobei die elektromechanische Bremse in einem ersten Bereich des Hubs des

Bremspedals ausschließlich elektromechanisch betätigbar und die hydraulische Betätigung der Reibbremse (RB1, RB2, RB3, RB4) dabei drucklos geschaltet ist, und in einem zweiten Bereich des Hubs des Bremspedals die Reibbremse (RB1, RB2, RB3, RB4) ausschließlich von der hydraulischen Betätigung betätigbar ist.

2. Fahrzeugbremsystem gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Bereich des Hubs des Bremspedals unmittelbar an den ersten Bereich des Hubs anschließt.

3. Fahrzeugbremsystem gemäß einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Steuereinrichtung die elektromechanische Bremse im ersten Bereich des Hubs des Bremspedals ansteuert und zusammen mit dem ebenfalls von der Steuereinrichtung angesteuerten elektrisch-regenerativen Bremssystem die mit dem Bremspedal einstellbare Verzögerung des Fahrzeuges bewirkt.

4. Fahrzeugbremsystem gemäß Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung die Wirkung der elektromechanischen Bremse (RB1, RB2, RB3, RB4) und des elektrisch-regenerativen Bremssystems laufend aufeinander abstimmt und die Anteile der beiden Bremsen ausbalanciert.

5. Fahrzeugbremsystem gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass während der Verstellung des Pedals im ersten Bereich des Hubs des Bremspedals die hydraulische Betätigung der elektromechanischen Bremse (RB1, RB2, RB3, RB4) deaktiviert ist.

6. Fahrzeugbremsystem gemäß Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Bremspedal derart an dem Hauptbremszylinder (HBZ) der hydraulischen Betätigung des Bremssystems angeordnet ist, dass im ersten Bereich des Hubs des Bremspedals das Bremspedal den Hauptbremszylinder (HBZ) nicht betätigt.

7. Fahrzeugbremsystem gemäß einem der Ansprüche 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Hauptbremszylinder (HBZ) und/oder der Kolben des Radbremszylinders (RBZ1, RBZ2, RBZ3, RBZ4) im deaktivierten Zustand der hydraulischen Betätigung der elektromechanischen Bremse (RB1, RB2, RB3, RB4) durch einen offenen Fluidweg mit einem drucklosen Ausgleichsbehälter (VBH) für die Hydraulikflüssigkeit der hydraulischen Betätigung des Bremssystems in leitender Verbindung stehen.

8. Fahrzeugbremsystem gemäß Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Hydraulikflüssigkeit der hydraulischen Betätigung des Bremssystems widerstandsfrei zwischen dem Ausgleichsbehälter (VBH) und dem Kolben des Radbremszylinders (RBZ1, RBZ2, RBZ3, RBZ4) fließen kann, wenn die hydraulische Betätigung der elektromechanischen Bremse (RB1, RB2, RB3, RB4) deaktiviert ist.

9. Fahrzeugbremsystem gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ab Erreichen des zweiten Bereichs des Hubs des Bremspedals die elektromechanische Betätigung der elektromechanischen Bremse (RB1, RB2, RB3, RB4) deaktiviert und ausschließlich die hydraulische Betätigung der elektromechanischen Bremse (RB1, RB2, RB3, RB4) aktiviert ist.

10. Fahrzeugbremsystem gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein hydraulisches Ventil (v1, h1) die Verbindung zwischen dem Ausgleichsbehälter (VBH) und dem Kolben des Radbremszylinders (RBZ1, RBZ2, RBZ3, RBZ4) öffnet, wenn die hydraulische Betätigung der elektromechanischen Bremse (RB1, RB2, RB3, RB4) deaktiviert ist, und das Ventil (v1, h1) die Verbindung schließt, wenn die hydraulische Betätigung der elektromechanischen Bremse (RB1, RB2, RB3, RB4) aktiviert wird.

11. Fahrzeugbremsystem gemäß Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das hydraulische Ventil (v1, h1) als 2/2 Wegeventil ausgebildet ist.

12. Fahrzeugbremsystem gemäß Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das hydraulische Ventil (v1, h1) gemeinsam mit entsprechenden hydraulischen Ventilen (v0, h0) für weitere Kolben des Radbremszylinders (RBZ1, RBZ2, RBZ3, RBZ4) anderer elektromechanischer Bremsen (RB1, RB2, RB3, RB4) in einem gemeinsamen Ventilblock (VB) angeordnet ist.

13. Fahrzeugbremsystem gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass für mehrere Räder oder jedes Rad des Fahrzeugs eine eigene elektromechanische Bremse (RB1, RB2, RB3, RB4) vorgesehen ist, deren hydraulische Betätigung als hydraulische Rückfallebene aktivierbar ist und die zwei- oder mehrkreisig miteinander gekoppelt sind.

14. Fahrzeugbremsystem gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass für mehrere Räder oder jedes Rad des Fahrzeugs ein eigenes elektrisch-regeneratives Bremsystem, vorzugsweise in Form eines für die jeweiligen Räder vorgesehenen elektrischen Antriebsmotors ausgebildet ist, der sich zum rekuperierenden Bremsen in den Generatorbetrieb schalten lässt.

15. Fahrzeugbremsystem gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in die hydraulische Betätigung der elektromechanischen Bremse (RB1, RB2, RB3, RB4) Funktionen von Antiblockiersystem ABS und Elektronischem Stabilitätsprogramm ESP integriert sind.

16. Verfahren zur Steuerung und/oder Regelung eines Fahrzeugbremsystems zum Einsatz insbesondere an elektromotorisch angetriebenen Fahrzeugen, wobei das Fahrzeugbremsystem mindestens eine Reibbremse (RB1, RB2, RB3, RB4) an den Rädern des Fahrzeugs mit hydraulischer Betätigung sowie mindestens ein elektrisch-regeneratives Bremsystem aufweist, in dem mindestens eine elektrische Maschine unter Aufbringung eines elektrisch-regenerativen Bremsmoments zur Rekuperation von Bewegungsenergie des Fahrzeugs als elektrische Energie eingesetzt werden kann, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine Reibbremse (RB1, RB2, RB3, RB4) als elektromechanische Bremse mit einem Kolben des Radbremszylinders (RBZ1, RBZ2, RBZ3, RBZ4) ausgebildet wird, der sowohl hydraulisch über einen mit dem Bremspedal zusammenwirkenden Hauptbremszylinder als auch elektromechanisch verfahren werden kann und der auf die Reibbremse (RB1, RB2, RB3, RB4) einwirkt, wobei die elektromechanische Bremse (RB1, RB2, RB3, RB4) in einem ersten Bereich des Hubs des Bremspedals ausschließlich elektromechanisch betätigt und die hydraulische Betätigung der Reibbremse (RB1, RB2, RB3, RB4) dabei drucklos geschaltet wird, und in einem zweiten Bereich des maximalen Weges des Bremspedals die elektromechanische Bremse (RB1, RB2, RB3, RB4) ausschließlich von der hydraulischen Betätigung betätigt wird.

17. Verfahren gemäß Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektromechanische Bremse (RB1, RB2, RB3, RB4) im normalen Fahrbetrieb des Fahrzeugs ausschließlich im elektromechanisch betätigbaren Zustand betrieben wird.

18. Verfahren gemäß Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektromechanische Bremse (RB1, RB2, RB3, RB4) im ersten Bereich des Hubs des Bremspedals von einer Steuereinrichtung angesteuert wird und zusammen mit dem ebenfalls von der Steuereinrichtung angesteuerten elektrisch-regenerativen Bremsystem die mit dem Bremspedal einstellbare Verzögerung des Fahrzeuges bewirkt.

19. Verfahren gemäß Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wirkung der elektromechanischen Bremse (RB1, RB2, RB3, RB4) und des elektrisch-regenerativen Bremsystems von der Steuereinrichtung laufend aufeinander abgestimmt wird und die Anteile der beiden Bremsen an der gesamten Bremswirkung ausbalanciert werden.

20. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 15 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die hydraulische Betätigung der elektromechanischen Bremse (RB1, RB2, RB3, RB4) während der Verstellung des Pedals im ersten Bereich des Hubs des Bremspedals deaktiviert wird.

21. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 15 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass ab Erreichen des zweiten Bereichs des Hubs des Bremspedals die elektromechanische Betätigung der elektromechanischen Bremse (RB1, RB2, RB3, RB4) deaktiviert und ausschließlich die hydraulische Betätigung der elektromechanischen Bremse (RB1, RB2, RB3, RB4) aktiviert wird.

22. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 15 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei Eintreten eines Fehlzustandes im Fahrbetrieb des Fahrzeugs oder bei Erkennen einer Notsituation die elektromechanische Betätigung der elektromechanischen Bremse (RB1, RB2, RB3, RB4) deaktiviert und ausschließlich die hydraulische Betätigung der elektromechanischen Bremse (RB1, RB2, RB3, RB4) aktiviert wird.

23. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 15 bis 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass im deaktivierten Zustand der hydraulischen Betätigung der elektromechanischen Bremse (RB1, RB2, RB3, RB4) zwischen Hauptbremszylinder (HBZ) und/oder Kolben des Radbremszylinders (RBZ1, RBZ2, RBZ3, RBZ4) und einem drucklosen Ausgleichsbehälter (VBH) für die Hydraulikflüssigkeit der hydraulischen Betätigung des Bremsystems ein Fluidweg geöffnet wird.

24. Verfahren gemäß Anspruch 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass im deaktivierten Zustand der hydraulischen Betätigung der elektromechanischen Bremse (RB1, RB2, RB3, RB4) die Hydraulikflüssigkeit wider-

standsfrei zwischen dem Ausgleichsbehälter (VBH) und dem Hauptbremszylinder (HBZ) und/oder dem Kolben des Radbremszylinders (RBZ1, RBZ2, RBZ3, RBZ4) fließen kann.

25. Verwendung eines Fahrzeugbremssystems nach Anspruch 1 in einem Kraftfahrzeug mit Elektroantrieb.

26. Fahrzeugbremssystem zum Einsatz an Kraftfahrzeugen, aufweisend mindestens eine Reibbremse (RB1, RB2, RB3, RB4) an den Rädern des Fahrzeugs mit hydraulischer Betätigung, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine Reibbremse (RB1, RB2, RB3, RB4) eine elektromechanische Bremse mit einem Kolben eines Radbremszylinders (RBZ1, RBZ2, RBZ3, RBZ4) aufweist, der sowohl hydraulisch über einen mit dem Bremspedal zusammenwirkenden Hauptbremszylinder (HBZ) als auch elektromechanisch verfahrbar ist und der auf die Reibbremse (RB1, RB2, RB3, RB4) einwirkt, wobei die hydraulische Betätigung des Radbremszylinders auf einen Solldruck einstellbar ist und die elektromechanische Bremse nur den Differenz-Bremsdruck zwischen dem Solldruck der hydraulischen Betätigung des Radbremszylinders und dem durch Betätigung des Bremspedals jeweils aktuell angeforderten Bremsdruck erzeugt.

27. Fahrzeugbremssystem gemäß Anspruch 26, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Solldruck der hydraulischen Betätigung des Radbremszylinders konstant gehalten ist.

28. Fahrzeugbremssystem gemäß einem der Ansprüche 26 oder 27, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bremse immer nur dann elektromechanisch betätigt wird und zusätzlichen Bremsdruck erzeugt, wenn der durch Betätigung des Bremspedals jeweils aktuell angeforderte Bremsdruck höher als der Solldruck der hydraulischen Betätigung des Radbremszylinders ist.

29. Fahrzeugbremssystem gemäß einem der Ansprüche 26 bis 28, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektromechanische Bremse als radindividueller Bremskraftverstärker wirkt.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

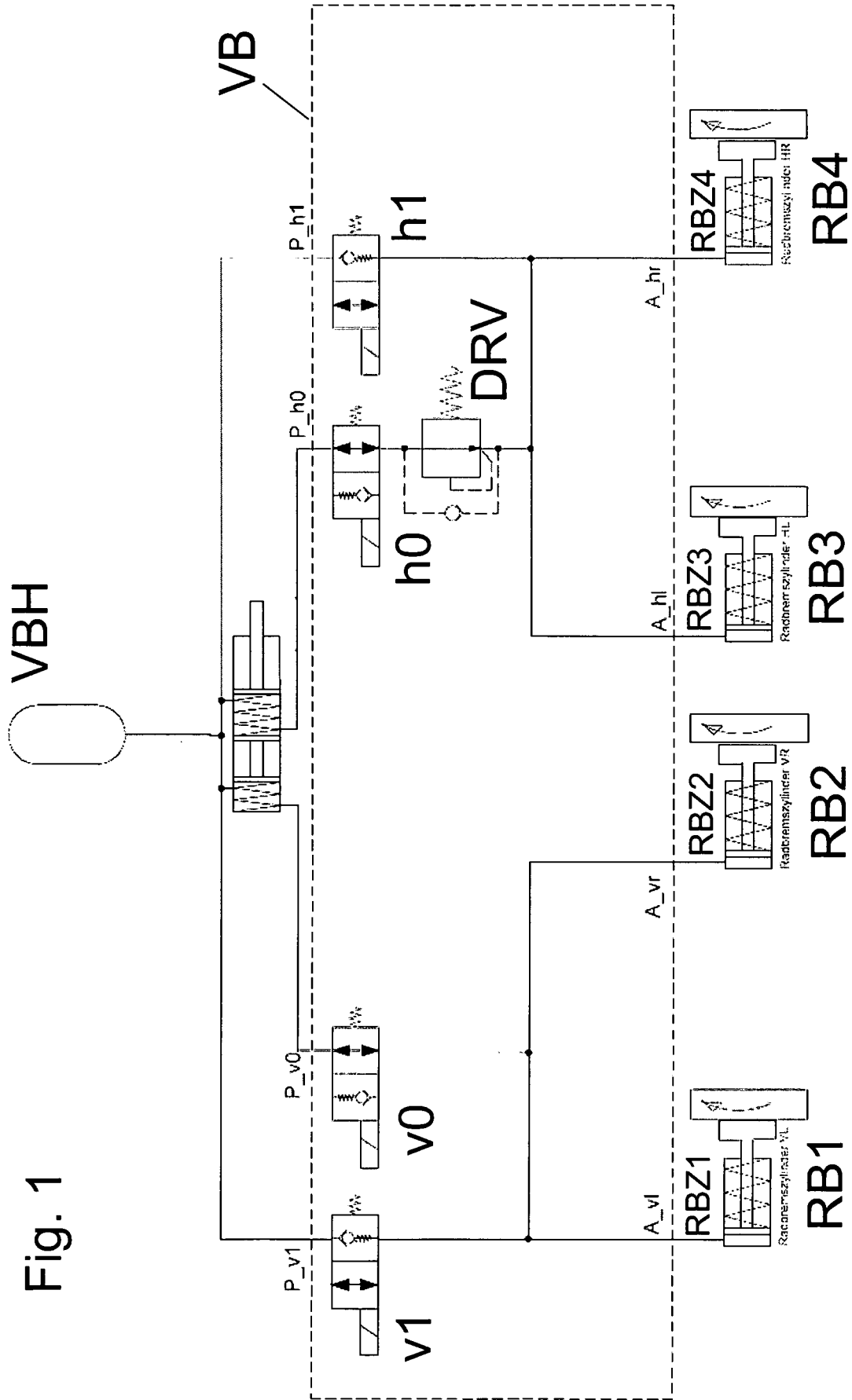


Fig. 1

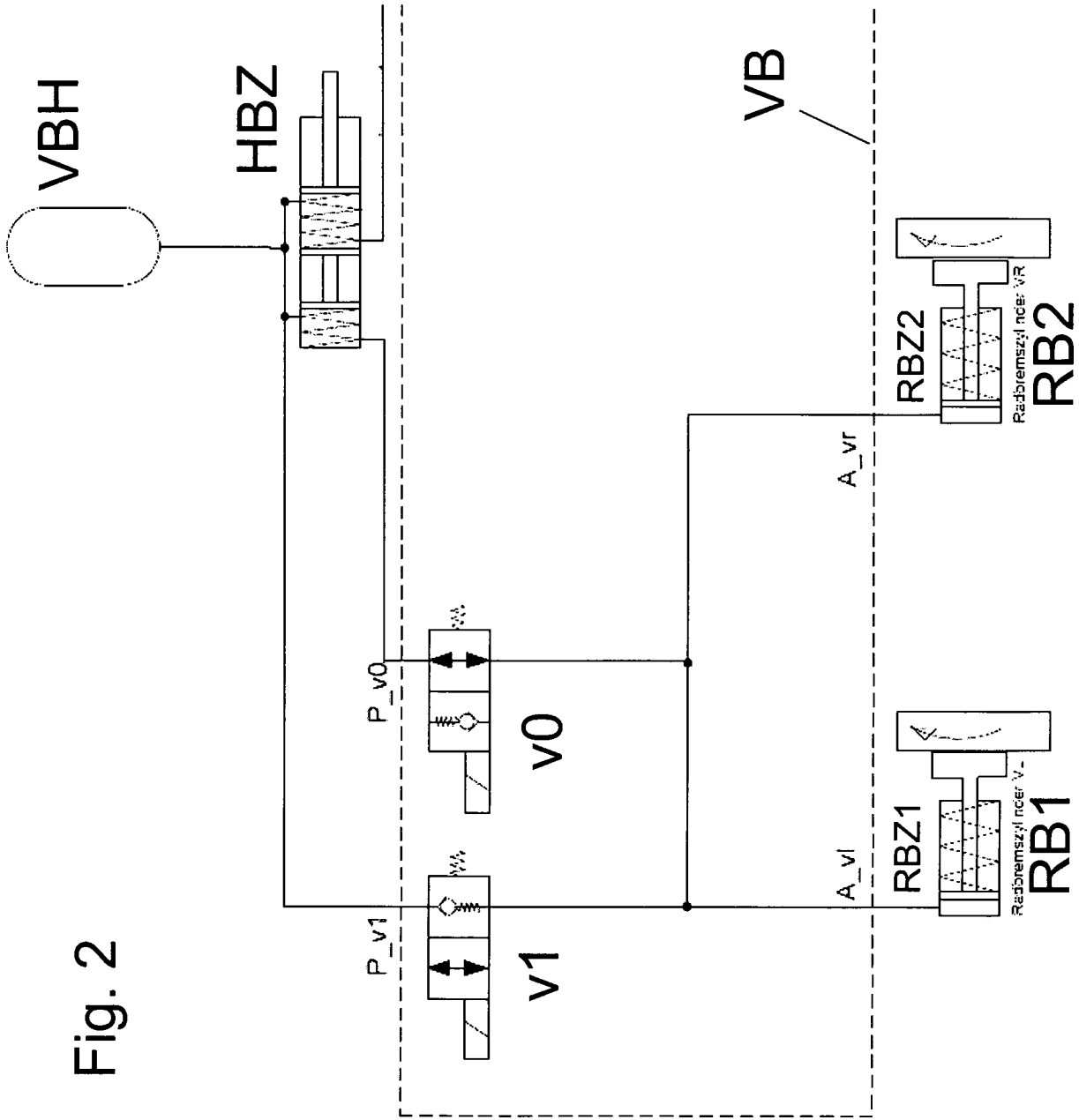


Fig. 2

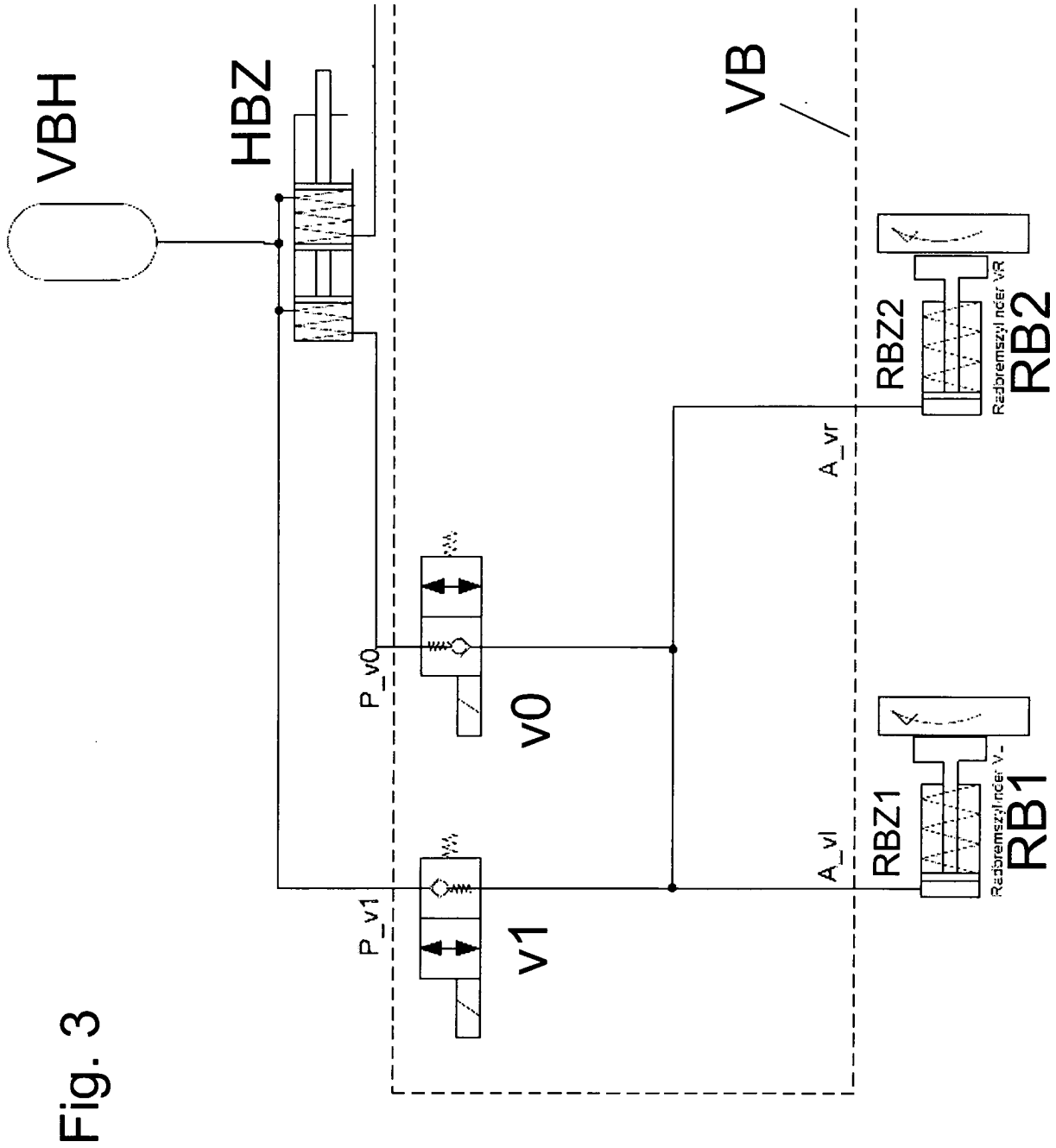


Fig. 3

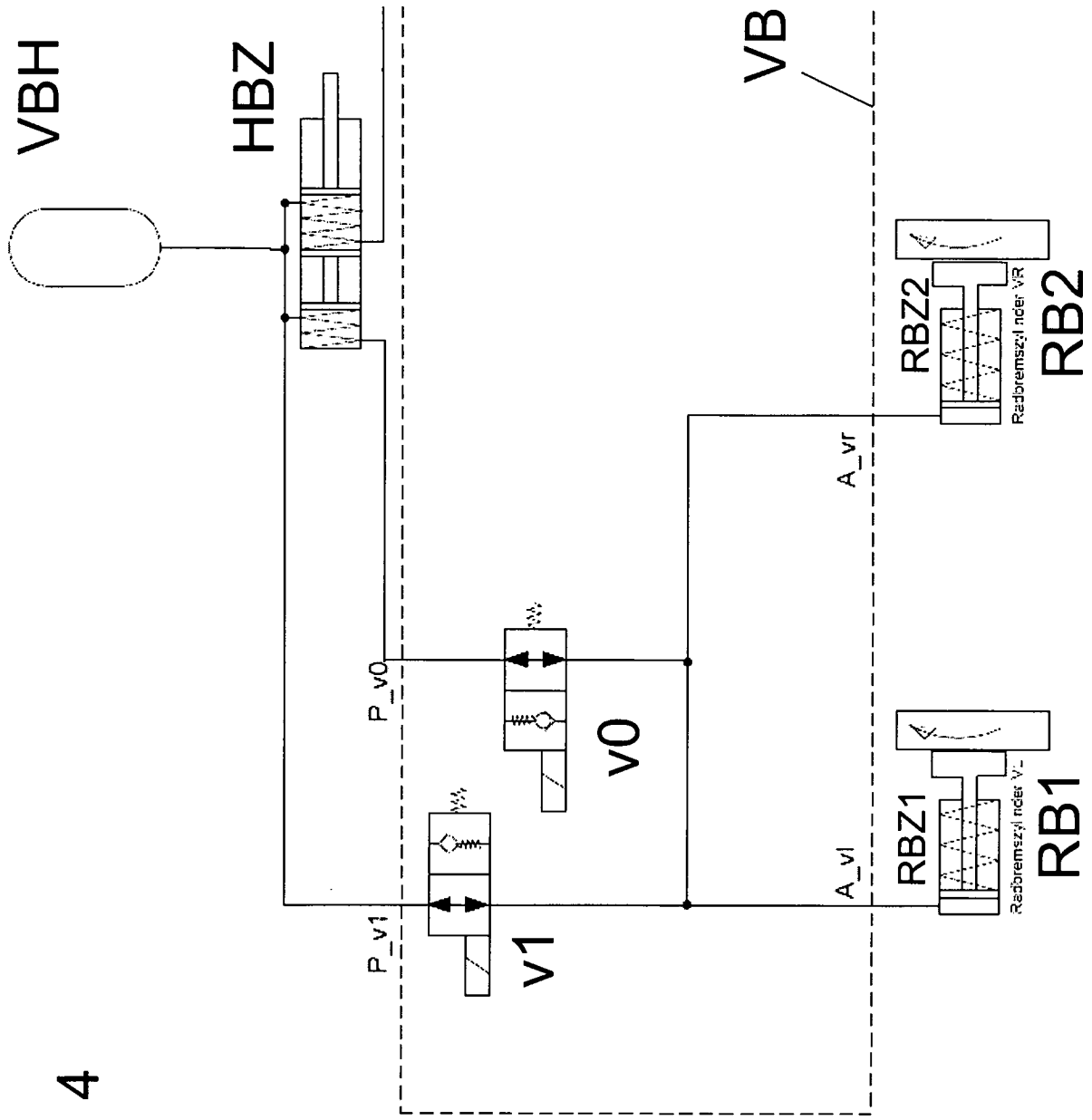


Fig. 4

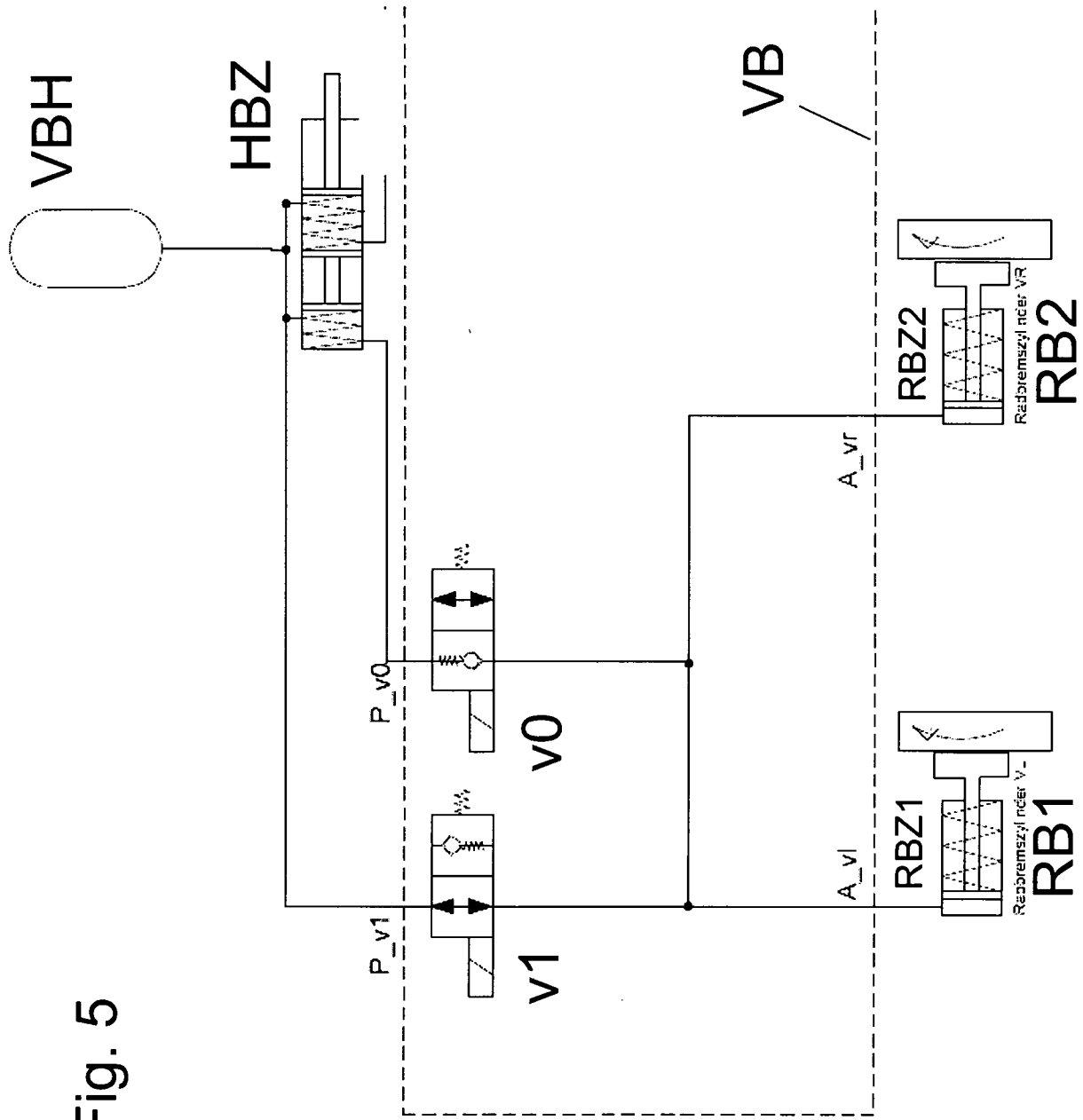


Fig. 5