



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

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

Die Erfindung betrifft eine Steuervorrichtung (10) für ein Bremssystem eines Fahrzeug, mittels welcher mindestens eine bereitgestellte Soll-Grösse bezüglich eines in einem ersten Bremskreis (50) einzustellenden Soll-Bremsdrucks und mindestens eine bereitgestellte Ist-Grösse bezüglich eines in dem ersten Bremskreis (50) vorliegenden Ist-Bremsdrucks und/oder eine Elastizitätsgrösse bezüglich einer Elastizität eines zweiten Bremskreises (52) des Bremssystems empfangbar ist, und eine Vorgabegre bezüglich eines Soll-Zusatzvolumens einer Bremsflüssigkeit des in einem Hauptbremszylinder- Einbrems-Modus vorliegenden zweiten Bremskreises (52), unter Berücksichtigung einer ersten Abweichungsgrösse der mindestens einen Ist-Grösse von der mindestens einen Soll-Grösse und/oder einer zweiten Abweichungsgrösse der Elastizitätsgrösse von einer vorgegebenen Soll-Elastizitätsgrösse festlegbar ist, so dass ein der festgelegten Vorgabegrösse entsprechendes Steuersignal (36) an mindestens eine Volumenförderereinrichtung(90) ausgebar ist. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines Bremssystems für ein Fahrzeug.

Beschreibung

5 Titel

Steuervorrichtung für ein Bremssystem eines Fahrzeugs, Bremssystem und Verfahren zum Betreiben eines Bremssystems für ein Fahrzeug

10 Die Erfindung betrifft eine Steuervorrichtung für ein Bremssystem eines Fahrzeugs und ein Bremssystem mit einer derartigen Steuervorrichtung. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines Bremssystems für ein Fahrzeug.

Stand der Technik

15 Aus dem Stand der Technik sind Bremssysteme für Kraftfahrzeuge mit zwei unabhängigen (getrennten) hydraulischen Bremskreisen bekannt. Aufgrund der unabhängigen Ausbildung der beiden Bremskreise soll es möglich sein, bei einem Kreisausfall aufgrund eines Bremskreisdefekts zumindest eine Mindestfunktion des Bremssystems noch zu gewährleisten und somit einen Totalausfall des Bremssystems zu
20 verhindern.

In der DE 102 24 590 A1 ist beispielsweise ein Verfahren zum Ermitteln einer Störung eines Drucksensors oder eines Bremskreises einer hydraulischen Fahrzeugbremsanlage mit zwei Bremskreisen beschrieben. Die Störung oder der Ausfall soll mittels eines
25 Vergleichs eines mittels des Drucksensors in einem Druckraum eines Hauptbremszylinders ermittelten hydraulischen Drucks (oder einer davon abgeleiteten Größe) mit einem Vakuumdruck mindestens eines an einem Vakuum-Bremskraftverstärker angeordneten Vakuumsensors (bzw. einer davon abgeleiteten Größe) erkennbar sein. Nach dem Erkennen der Störung oder des Ausfalls soll ein
30 Trennventil, welches in einer hydraulische Leitung zwischen dem Hauptbremszylinder und dem noch funktionsfähigen Bremskreis angeordnet ist, geschlossen und anschließend mittels einer hydraulischen Pumpe mindestens eine Radbremse des noch funktionsfähigen Bremskreises mit Druck beaufschlagt werden. Auf diese Weise soll trotz der Störung oder des Ausfalls eine hydraulische Bremskraftverstärkung erzeugbar sein.

35

Offenbarung der Erfindung

Die Erfindung schafft eine Steuervorrichtung für ein Bremssystem eines Fahrzeugs mit den Merkmalen des Anspruchs 1, ein Bremssystem für ein Fahrzeug mit den Merkmalen des Anspruchs 5 und ein Verfahren zum Betreiben eines Bremssystems für ein Fahrzeug mit den Merkmalen des Anspruchs 9.

Vorteile der Erfindung

Die Erfindung ermöglicht ein Fördern eines zusätzlichen Volumens in den zweiten Bremskreis zur zusätzlichen Bremskraftverstärkung, um insbesondere die gesetzlich geforderte Verzögerung auch bei einem Fehlerfall zu gewährleisten. Beispielsweise kann ein Defekt in dem ersten Bremskreis bei der Festlegung des Soll-Zusatzvolumens durch einen Vergleich der mindestens einen Soll-Größe mit der mindestens einen Ist-Größe erkannt und anschließend eine zusätzliche Bremskraftverstärkung in dem zweiten Bremskreis aktiviert werden. Auf diese Weise ist die Funktionsbeeinträchtigung des ersten Bremskreises, insbesondere ein Kreisausfall, kompensierbar.

Zusätzlich ist es mittels der vorliegenden Erfindung auch möglich, in dem zweiten Bremskreis vorliegende Luft mittels einer geeigneten Festlegung des Soll-Zusatzvolumens unter Berücksichtigung der Elastizitätsgröße zu kompensieren. Herkömmlicherweise wird die Volumenaufnahme einer standartgemäßen Bremsanlage durch das Vorliegen von Luft (in dem mindestens einen Bremskreis) deutlich erhöht. Dies kann zu einer Funktionsbeeinträchtigung des betroffenen Bremskreises führen. Mittels der vorliegenden Erfindung ist diese Funktionsbeeinträchtigung verhinderbar. Die vorliegende Erfindung ist deshalb vor allem bei By-Wire-Bremssystemen und Bremssystemen mit gealterter Bremsflüssigkeit vorteilhaft einsetzbar.

Bei einem Fahrzeug mit der erfindungsgemäßen Steuervorrichtung, dem damit ausgestatteten Bremssystem und mit einem Fahrzeugbetrieb unter Verwendung des entsprechenden Verfahrens ist die von dem Gesetzgeber für Kraftfahrzeuge geforderte Mindestfahrzeugverzögerung auf einfache Weise sowohl im fehlerfreien Normalbetrieb als auch im Fehlerfall, insbesondere bei einem Vorderachskreisausfall, gewährleistet. Beispielsweise kann das Kraftfahrzeug bei einem Kreisausfall mindestens eine Fahrzeugverzögerung von $2,44 \text{ m/s}^2$ ausführen. Somit kann der Fahrer auch nach einer Funktionsbeeinträchtigung das Fahrzeug auf komfortable Weise verlässlich abbremsen.

Unter dem Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus ist ein Modus/Zustand des zweiten Bremskreises zu verstehen, in welchem der zweite Bremskreis derart mit dem Hauptbremszylinder verbunden ist, dass der Fahrer über einen Druckaufbau in dem Hauptbremszylinder noch in den mindestens einen zweiten Radbremszylinder
5 hineinbremsen kann. Somit ist es bei der Ausführung der Erfindung nicht notwendig, vor dem Transferieren des Ist-Zusatzvolumens ein Trennventil zwischen dem Hauptbremszylinder und dem zweiten Bremskreis zu schließen. Stattdessen ist die vorliegende Erfindung auch bei einem Vorliegen eines derartigen Trennventils in einem zumindest teilgeöffneten Zustand, insbesondere in dem geöffneten Zustand, ausführbar.
10 Damit hat der Fahrer bei der vorliegenden Erfindung weiterhin einen direkten Zugriff auf den zweiten Bremskreis. Der Fahrer kann deshalb auch nach oder während des Transferierens des Ist-Zusatzvolumens den in den mindestens einen zweiten Radbremszylinder vorliegenden Bremsdruck steuern/aktiv einstellen. Man kann dies auch so umschreiben, dass der Fahrer über den aufgebrachten Pedalweg/Pedaldruck und die
15 angelegte Gegenkraft den Druck im zweiten (intakten) Bremskreis gegen den von der mindestens eine Volumenförderereinrichtung, wie beispielsweise einer Pumpe und/oder eines Plungers, vergrößerten Gegendruck regeln kann.

Es wird hier darauf hingewiesen, dass die vorliegende Erfindung ein Transferieren von
20 einem zusätzlichen Bremsflüssigkeitsvolumen in den mit dem Hauptbremszylinder hydraulisch verbundenen zweiten Bremskreis, in welchem über dem Hauptbremszylinder noch eingebremst werden kann, bietet, während bei dem herkömmlichen Verfahren ein Bremsdruck in einem intakten Bremskreis bei einem geschlossenen Trennventil durch Regelung aktiv eingestellt wird. Somit kann der Fahrer im Gegensatz zu der Regelung bei
25 geschlossenem Trennventil bei der vorliegenden Erfindung den in dem mindestens einen zweiten Radbremszylinder aufgebauten Bremsdruck schnell ändern, ohne dass dazu eine aufwendige oder teure Elektronik notwendig wäre.

Außerdem benötigt die vorliegende Erfindung gegenüber dem herkömmlichen Verfahren
30 keinen Unterdrucksensor. Somit ist die vorliegende Erfindung auch in einem Bremssystem ohne eine Unterdruckverstärkung vorteilhaft ausführbar. Da zur Anwendung der vorliegenden Erfindung kein Signal eines Unterdrucksensors benötigt wird, ist somit auch eine Ausführbarkeit unterhalb des Boosteraussteuerpunktes gewährleistet.

35 Während das herkömmliche Verfahren zu einem By-Wire-Bremskreis führt, in welchem ein Druckabbau nur durch Regeln über das stetig verstellbare Ventil möglich ist, ist es bei

der vorliegenden Erfindung nicht notwendig, den Druck im zweiten (verbliebenen intakten) Bremskreis oberhalb des vom Fahrer erzeugten Druckniveaus aktiv anhand des geschätzten Bremswunsches zu regeln. Somit ist für die Ausführbarkeit der vorliegenden Erfindung auch eine kostengünstigere und weniger Bauraum benötigende Elektronik
5 anwendbar.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend anhand
10 der Figuren erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 ein Flussdiagramm zum Erläutern einer ersten Ausführungsform des Verfahrens zum Betreiben eines Bremssystems;
- 15 Fig. 2 ein Koordinatensystem zum Darstellen einer zweiten Ausführungsform des Verfahrens zum Betreiben eines Bremssystems;
- Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform der
20 Steuervorrichtung; und
- Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform des Bremssystems.

25 Ausführungsformen der Erfindung

Fig. 1 zeigt ein Flussdiagramm zum Erläutern einer ersten Ausführungsform des Verfahrens zum Betreiben eines Bremssystems.

30 Das nachfolgend beschriebene Verfahren ist mit einem Bremssystem ausführbar, welches einen Hauptbremszylinder, ein mit einer Bremsflüssigkeit befüllbares bremskreis-externes Speichervolumen, einen ersten Bremskreis mit mindestens einem ersten Radbremszylinder, einen zweiten Bremskreis mit mindestens einem zweiten Radbremszylinder und mindestens eine Volumenfördereinrichtung umfasst. Die
35 mindestens eine Volumenfördereinrichtung kann beispielsweise eine Pumpe und/oder ein Plunger sein.

Der mindestens eine zweite Bremskreis ist zumindest in einem Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus betreibbar, in welchem ein Druck in dem zweiten Bremskreis mittels des Hauptbremszylinders steuerbar ist. Man kann darunter verstehen, dass der Fahrer die Möglichkeit hat, über eine Betätigung eines an dem Hauptbremszylinder angeordneten Bremsbetätigungselements, beispielsweise eines Bremspedals, über einen Druckaufbau in dem Hauptbremszylinder in den im Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus vorliegenden zweiten Bremskreis einzubremsen. Unter einem derartigen Einbremsen kann ein Aufbau eines Bremsdrucks in dem mindestens einen zweiten Radbremszylinder des zweiten Bremskreises verstanden werden. Auch der erste Bremskreis kann in einem derartigen Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus betreibbar sein.

Der zweite Bremskreis kann zusätzlich zu dem Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus auch in einem Fremdkraftbremsmodus betreibbar sein, in welchem eine in dem Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus vorliegende hydraulische Verbindung zwischen dem Hauptbremszylinder und dem zweiten Bremskreis geschlossen/unterbunden ist und der in dem mindestens einen zweiten Radbremszylinder des zweiten Bremskreises vorliegende Bremsdruck unabhängig von einem Innendruck des Hauptbremszylinders ist. Die Anwendbarkeit des im Weiteren beschriebenen Verfahrens ist jedoch nicht auf eine Betreibbarkeit des zweiten Bremskreises in einem derartigen Fremdkraftbremsmodus limitiert. Ebenso kann der erste Bremskreis lediglich in einem Fremdkraftbremsmodus, in welchem ein in dem ersten Bremskreis vorliegender Bremsdruck unabhängig von einem Innendruck des Hauptbremszylinders ist, oder wahlweise in einem Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus oder einem Fremdkraftbremsmodus betreibbar sein. Das im Weiteren beschriebene Verfahren ist somit mit vielen verschiedenen Typen von Bremssystemen ausführbar.

Das Verfahren kann einen Verfahrensschritt S1 umfassen, in welchem mindestens eine Soll-Größe bezüglich eines in dem ersten Bremskreis und/oder in dem mindestens einem ersten Radbremszylinder einzustellenden Soll-Bremsdrucks ermittelt wird. Als die mindestens eine erste Soll-Größe kann beispielsweise zumindest ein Bremsweg und/oder ein Bremsdruck einer Betätigung des Bremsbetätigungselements durch einen Fahrer des Fahrzeugs ermittelt werden. Darunter kann eine dem Bremsweg und/oder dem Bremsdruck entsprechende Größe, beispielsweise ein Verstellweg (Stangenweg) einer zwischen dem Hauptbremszylinder und dem Bremsbetätigungselement angeordneten Verbindungskomponente und/oder ein auf die Verbindungskomponente aufgebracht

Druck, verstanden werden. Auch eine Stangenweggeschwindigkeit ist als Ist-Größe ermittelbar. Die Soll-Größe bezüglich des in dem ersten Bremskreis und/oder in dem mindestens einem ersten Radbremszylinder einzustellenden Soll-Bremsdrucks kann auch ein in dem zweiten Bremskreis und/oder in dem mindestens einem zweiten
5 Radbremszylinder vorliegender Druck sein, sofern in beiden Bremskreisen die gleichen Druckverhältnisse vorliegen sollen.

Zusammen mit dem Verfahrensschritt S1 kann das Verfahren auch einen Verfahrensschritt S2 umfassen, in welchem mindestens eine Ist-Größe bezüglich eines in
10 dem ersten Bremskreis und/oder in dem mindestens einen ersten Radbremszylinder vorliegenden Ist-Bremsdrucks und/oder bezüglich eines von dem mindestens einen ersten Radbremszylinder auf mindestens ein Rad ausgeübtes Ist-Bremsmoment ermittelt wird. Beispielsweise kann ein in dem ersten Bremskreis und/oder in dem mindestens einen ersten Radbremszylinder vorliegender Druck, bzw. eine davon abgeleitete Größe, als die
15 mindestens eine Ist-Größe bezüglich des vorliegenden Ist-Bremsdrucks ermittelt werden. Ebenso kann eine zeitliche Änderung einer Drehgeschwindigkeit eines dem zweiten Radbremszylinder zugeordneten Rads als die mindestens eine Ist-Größe bezüglich des von dem mindestens einen ersten Radbremszylinder auf mindestens ein Rad ausgeübten Ist-Bremsmoments ermittelt werden. Möglich ist es jedoch auch, anhand eines zeitlichen
20 Verlaufs der Fahrzeuggeschwindigkeit eine aktuelle Fahrzeugverzögerung als die mindestens eine Ist-Größe zu ermitteln.

Für das Ausführen der Verfahrensschritte S1 und S2 besteht somit eine große Auswahl für die als Soll-Größe und als Ist-Größe ermittelbaren Sensorwerte. Dabei können zum
25 Ausführen der Verfahrensschritte S1 und S2 bereits an einem Fahrzeug in der Regel vorhandene Sensoren eingesetzt werden. Das Ausführen des hier beschriebenen Verfahrens erfordert somit keine zusätzlich am Fahrzeug zu verbauenden Sensoren.

Die Bezeichnungen der Verfahrensschritte S1 und S2 legen keine zeitliche Reihenfolge zum Ausführen dieser Verfahrensschritte fest. Beispielsweise kann der Verfahrensschritt
30 S2 auch vor dem Verfahrensschritt S1 oder gleichzeitig mit diesem ausgeführt werden.

Als Alternative oder als Ergänzung zu den Verfahrensschritten S1 und S2 kann das Verfahren auch den Verfahrensschritt S3 umfassen. In dem Verfahrensschritt S3 kann
35 eine Elastizitätsgröße bezüglich einer Elastizität des zweiten Bremskreises ermittelt werden. Unter einer derartigen Elastizitätsgröße kann beispielsweise eine Größe

bezüglich eines Verhältnisses zwischen mindestens einer Volumendifferenz des zweiten Bremskreises und/oder einer mit dem zweiten Bremskreis verbundenen Druckkammer des Hauptbremszylinders und einer Druckdifferenz in dem zweiten Bremskreis verstanden werden. Die Elastizitätsgröße kann auch die Volumendifferenz des zweiten Bremskreises
5 und/oder einer mit dem zweiten Bremskreis verbundenen Druckkammer des Hauptbremszylinders bei unterschiedlichen Systemdrücken sein. Da Verfahren zum Bestimmen einer derartigen Elastizitätsgröße/Elastizität des zweiten Bremskreises aus dem Stand der Technik bekannt sind, wird hier nicht genauer darauf eingegangen.

- 10 In einem Verfahrensschritt S4 wird eine Vorgabegröße bezüglich eines Soll-Zusatzvolumens der Bremsflüssigkeit des in dem Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus vorliegenden zweiten Bremskreises festgelegt. Die Vorgabegröße kann beispielsweise das Soll-Zusatzvolumen, eine Pumpfrequenz, eine Pumparbeit, eine Pumpleistung, eine Plungeransteuergröße und/oder eine Soll-Bestromung der mindestens einen
15 Volumenfördereinrichtung des Bremssystems umfassen.

Das Festlegen der Vorgabegröße kann beispielsweise unter Berücksichtigung einer ersten Abweichungsgröße der mindestens einen Ist-Größe von der mindestens einen Soll-Größe erfolgen. Die erste Abweichungsgröße kann beispielsweise eine Differenz der
20 mindestens einen Ist-Größe von der mindestens einen Soll-Größe sein. Weitere Möglichkeiten zum Ermitteln der ersten Abweichungsgröße sind ebenfalls möglich. Außerdem kann zusätzlich zu der ersten Abweichungsgröße auch eine Differenz zwischen der mindestens einen Ist-Größe und einer vorgegebenen Mindest-Größe bei der Festlegung der Vorgabegröße/des Soll-Zusatzvolumens berücksichtigt werden.
25 Insbesondere kann ein Festlegen eines Soll-Zusatzvolumens erst erfolgen, wenn die Differenz ungleich Null ist.

Als Alternative oder als Ergänzung dazu kann das Festlegen der Vorgabegröße auch unter Berücksichtigung einer zweiten Abweichungsgröße der mindestens einen
30 Elastizitätsgröße von einer vorgegebenen Soll-Elastizitätsgröße erfolgen. Die Soll-Elastizitätsgröße kann so vorgegeben sein, dass eine von der vorgegebenen Soll-Elastizitätsgröße abweichende Elastizitätsgröße bei einer erhöhten Bremskreiselastizität, d.h. bei einer Steigerung des in dem zweiten Bremskreis vorliegenden/benötigten Bremsflüssigkeitsvolumens, insbesondere bei Luft in dem zweiten Bremskreis, auftritt.

Mittels des Verfahrensschritts S4 ist somit eine Funktionsbeeinträchtigung des ersten Bremskreises, beispielsweise aufgrund von einem Austreten von Bremsflüssigkeit aus dem ersten Bremskreis, als auch eine Funktionsbeeinträchtigung des zweiten Bremskreises bei einer Steigerung des in dem zweiten Bremskreis vorliegenden Bremsflüssigkeitsvolumens/Bremsflüssigkeitsbedarfs, insbesondere durch Luft in dem zweiten Bremskreis, indirekt feststellbar. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass die Funktionsbeeinträchtigung des ersten Bremskreises und/oder die erhöhte Elastizität des zweiten Bremskreises nicht (eigens) "erkannt" werden muss, sondern dass automatisch kompensiert werden kann. Dies ist ein weiterer Vorteil des Verfahrens. Durch eine geeignete Festlegung der Vorgabegröße/des Soll-Zusatzvolumens können die Funktionsbeeinträchtigung des ersten Bremskreises, wie ein Kreisausfall und/oder die in dem zweiten Bremskreis vorliegende Luft kompensiert werden, wie unten noch genauer beschrieben wird.

Optionalerweise kann in dem Verfahrensschritt S4 zusätzlich zu einem Soll-Zusatzvolumen ungleich Null auch ein Fehlerzustand des ersten Bremskreises und/oder eine Überelastizität des zweiten Bremskreises erkannt/festgelegt werden. Für eine derartige Kreisausfallerkennung sind keine weiteren Verfahrensschritte auszuführen. Der erkannte/festgelegte Fehlerzustand des ersten Bremskreises und/oder die Überelastizität des zweiten Bremskreises können anschließend dem Fahrer und/oder einer Fahrzeugwerkstatt mittels einer Informationsanzeige, einer Tonausgabe und/oder eines Funksignals mitgeteilt werden. Der Fahrer hat somit zusätzlich zu einem sicheren Abbremsen des Fahrzeugs die Möglichkeit, die Zustände seines Bremssystems zur Kenntnis zu nehmen und zeitig beheben zu lassen.

In einem weiteren Verfahrensschritt S5 wird ein der festgelegten Vorgabegröße/dem Soll-Zusatzvolumen entsprechendes Ist-Zusatzvolumen der Bremsflüssigkeit aus dem außerhalb des zweiten Bremskreises angeordneten Speichervolumen in den zweiten Bremskreis, welcher in dem Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus vorliegt, mittels der mindestens einen Volumenfördereinrichtung eingebracht. In einer vorteilhaften Ausführungsform wird das Ist-Zusatzvolumen der Bremsflüssigkeit mittels der mindestens einen Volumenfördereinrichtung aus dem Speichervolumen über eine Reservoirleitung, welche den zweiten Bremskreis parallel zu dem Hauptbremszylinder mit dem Speichervolumen verbindet, in den im Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus vorliegenden zweiten Bremskreis transferiert.

Als Alternative dazu kann auch eine Dichtungseinrichtung einer Austauschbohrung, welche das Speichervolumen mit dem Hauptbremszylinder verbindet, zumindest teilweise geöffnet, bevorzugter Weise vollständig geöffnet, werden. Dies kann beispielsweise durch eine Überstromung der Dichtungseinrichtung auf einfache Weise ausgeführt werden. Anschließend kann das Ist-Zusatzvolumen der Bremsflüssigkeit mittels der mindestens einen Volumenfördereinrichtung aus dem Speichervolumen über die zumindest teilweise geöffnete Dichtungseinrichtung (und mindestens einer Druckkammer des Hauptbremszylinders) in den im Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus vorliegenden zweiten Bremskreis transferiert werden.

10

Es wird darauf hingewiesen, dass die Ausführbarkeit des Verfahrensschritts S5 kein Abtrennen des zweiten Bremskreises durch ein Schließen eines zwischen dem zweiten Bremskreis und dem Hauptbremszylinder angeordneten Trennventils erfordert. Somit hat der Fahrer auch während des Verfahrensschritts und/oder nach dem Verfahrensschritt S5 die Möglichkeit, direkt in den zweiten Bremskreis hineinzubremsen. Ebenso ist ein Druckabbau in dem zweiten Bremskreis auch nach dem Verfahrensschritt S5 ausführbar, indem die Bremsflüssigkeit auf einfache Weise aus dem zweiten Bremskreis in dem Hauptbremszylinder verschoben wird, indem der Fahrer das Bremspedal löst.

15

20

Das vorliegende Verfahren ermöglicht damit ein Kompensieren einer Funktionsbeeinträchtigung des ersten Bremskreises und/oder einer von einer Soll-Elastizitätsgröße abweichenden Bremskreiselastizität des zweiten Bremskreises.

25

Gleichzeitig ist gewährleistet, dass der zweite Bremskreis weiterhin mit dem Hauptbremszylinder hydraulisch verbunden ist und somit über die hydraulische Verbindung zwischen dem zweiten Bremskreis und dem Hauptbremszylinder ein zusätzlicher Bremsdruckaufbau in dem zweiten Bremskreis mittels eines Druckaufbaus in dem Hauptbremszylinder schnell, verlässlich und auf einfache Weise vom Fahrer ausführbar ist. Dies ist ein wesentlicher Vorteil, welcher für den zweiten Bremskreis bei dem hier beschriebenen Verfahren gewährleistet ist, welcher jedoch bei einem By-Wire-Bremskreis nicht vorliegt.

30

Fig. 2 zeigt ein Koordinatensystem zum Darstellen einer zweiten Ausführungsform des Verfahrens zum Betreiben eines Bremssystems.

35

Die Abszisse des Koordinatensystems entspricht einer Zeit t . Die Ordinate des Koordinatensystems gibt eine Fahrzeuggeschwindigkeit v (in m/s), einen Bremspedalweg

s (in mm), einen ersten Bremsdruck p_1 (in bar) in einem ersten Bremskreis an einer Vorderachse eines Fahrzeugs, einen zweiten Bremsdruck p_2 (in bar) in einem zweiten Bremskreis an einer Hinterachse des Fahrzeugs und eine Förderarbeit W einer Volumenfördereinrichtung des Bremssystems, beispielsweise einer Pumpe, wieder.

5

Bei dem zum Ausführen des Verfahrens verwendeten Bremssystem liegt eine Funktionsbeeinträchtigung des ersten Bremskreises, mittels welchem im fehlerfreien Zustand des Bremssystems die Räder der Vorderachse abbremsbar sind, vor. Diese Funktionsbeeinträchtigung kann entweder vor dem Zeitpunkt t_0 oder zwischen den Zeiten t_0 und t_1 mittels der oben schon beschriebenen Verfahrensschritte, beispielsweise durch Ermitteln von Ist-Größe und Soll-Größe und miteinander vergleichen der ermittelten Werte, erkannt werden. Da die Verfahrensschritte zum Ermitteln der Ist-Größe und der Soll-Größe, zum Erkennen der Funktionsbeeinträchtigung des ersten Bremskreises und zum Festlegen eines entsprechenden Soll-Zusatzvolumens des zweiten Bremskreises, welcher in dem oben schon genannten Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus vorliegt, schon beschrieben sind, wird hier nicht noch einmal darauf eingegangen. Es wird nur darauf hingewiesen, dass die Verfahrensschritte so schnell ausführbar sind, dass die im Weiteren beschriebene Antwort des Bremssystems auf das festgelegte Soll-Zusatzvolumen des zweiten Bremskreises nicht/kaum davon beeinträchtigt wird, ob die Verfahrensschritte bereits vor dem Zeitpunkt t_0 oder zwischen den Zeiten t_0 und t_1 ausgeführt werden.

25

Ab dem Zeitpunkt t_0 betätigt der Fahrer das Bremspedal. Somit liegt ab dem Zeitpunkt t_0 ein Bremspedalweg s ungleich Null vor.

30

35

Ab dem Zeitpunkt t_1 erfolgt eine Ansteuerung der Volumenfördereinrichtung derart, dass mittels der Volumenfördereinrichtung ein dem (indirekt) festgelegten Soll-Zusatzvolumen entsprechendes Ist-Zusatzvolumen in den zweiten Bremskreis eingebracht wird. Dazu ist es nicht notwendig, das Soll-Zusatzvolumen direkt festzulegen. Stattdessen kann eine einfachere Methode ausgeführt werden, indem als Vorgabegröße ein Aktivierungssignal der mindestens einen Volumenfördereinrichtung und/oder ein einzustellender Soll-Druck in dem zweiten Bremskreis festgelegt wird. Die Förderarbeit W weist somit ab der Zeit t_1 Werte ungleich 0 auf. Entsprechend nimmt der zweite Bremsdruck p_2 des zweiten Bremskreises ab der Zeit t_1 deutlich zu. Somit ist das Fahrzeug, wie anhand der abnehmenden Fahrzeuggeschwindigkeit v erkennbar ist, trotz des geringen ersten Bremsdrucks p_1 verlässlich abbremsbar.

Eine Deaktivierung der mindestens einen Volumenfördereinrichtung kann erst erfolgen, wenn der als Vorgabegröße festgelegte Soll-Druck in dem zweiten Bremskreis ermittelt wird. Damit kann der zweite Bremsdruck p_2 des zweiten Bremskreises auch mittels der
5 Betätigung der Volumenfördereinrichtung bei einem konstant bleibenden Bremspedalweg s gesteigert werden, beispielsweise wenn das zu verschiebende Volumen aus dem Hauptbremszylinder erschöpft ist (Anschlag).

Ab der Zeit t_2 ist eine gewünschte Fahrzeugverzögerung erreicht.

10

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung einer Ausführungsform der Steuervorrichtung.

Die schematisch dargestellte Steuervorrichtung 10 ist für ein (nicht skizziertes) Bremssystem eines Fahrzeugs verwendbar. Die Steuervorrichtung 10 umfasst eine erste
15 Empfangseinrichtung 12 und eine zweite Empfangseinrichtung 14 und/oder eine dritte Empfangseinrichtung 16. Bei der dargestellten Ausführungsform weist die Steuervorrichtung 10 drei Empfangseinrichtungen 12 bis 16 auf. Die Steuervorrichtung 10 ist jedoch nicht auf die Ausstattung mit allen drei Empfangseinrichtungen 12 bis 16
limitiert. Bei der Ausbildung der Steuervorrichtung 10 besteht somit eine große Freiheit
20 bezüglich der Ausstattung mit mindestens einer Empfangseinrichtung 12 bis 16.

Mittels der ersten Empfangseinrichtung 12 ist mindestens eine bereitgestellte Soll-Größe bezüglich eines in einem ersten Bremskreis des Bremssystems und/oder in mindestens
einen ersten Radbremszylinder des ersten Bremskreises einzustellenden Soll-
25 Bremsdrucks empfangbar. Als die mindestens eine Soll-Größe kann beispielsweise mindestens ein Sensorsignal 18 eines Bremswegsensors und/oder eines Bremsdrucksensors empfangbar sein. Das mindestens eine Sensorsignal 18 kann einen Bremsweg/Verstellweg, eine zeitliche Ableitung des Bremswegs/Verstellwegs, einen Bremsdruck und/oder eine zeitliche Ableitung des Bremsdrucks umfassen.

30

Die zweite Empfangseinrichtung 14 ist derart ausgebildet, dass mittels der zweiten Empfangseinrichtung 14 mindestens eine bereitgestellte Ist-Größe bezüglich eines in dem
ersten Bremskreis und/oder in dem mindestens ersten Radbremszylinder vorliegenden Ist-Bremsdrucks und/oder bezüglich eines von dem mindestens einen ersten
35 Radbremszylinder auf mindestens ein Rad ausgeübten Ist-Bremsmoments empfangbar sind. Insbesondere kann als die mindestens eine Ist-Größe mindestens ein

Ausgabesignal 20 eines Bremsdrucksensors, eines Raddrehgeschwindigkeitssensors und/oder eines Fahrzeuggeschwindigkeitssensors empfangbar sein. Somit kann das Ausgabesignal 20 einen Bremsdruck, eine zeitliche Ableitung des Bremsdrucks, einen Raddrehgeschwindigkeit, eine zeitliche Ableitung der Raddrehgeschwindigkeit, eine Fahrzeuggeschwindigkeit und/oder eine zeitliche Ableitung der Fahrzeuggeschwindigkeit umfassen.

Mit der dritten Empfangseinrichtung 16 ist eine Elastizitätsgröße bezüglich einer Elastizität eines zweiten Bremskreises des Bremssystems empfangbar. Unter der Elastizitätsgröße kann eine über ein Elastizitätssignal 22 empfangene Größe bezüglich eines Verhältnisses mindestens einer Volumendifferenz des zweiten Bremskreises und/oder einer mit dem zweiten Bremskreis verbundenen Hauptbremszylinder-Kammer und einer Druckdifferenz in dem zweiten Bremskreis verstanden werden. (Mittels der dritten Empfangseinrichtung 16 oder einer weiteren Empfangseinrichtung kann in einer Weiterbildung auch der im zweiten Bremskreis vorliegende Druck empfangbar sein.)

Die Steuervorrichtung 10 umfasst eine Auswerteeinrichtung 24, mittels welcher eine Vorgabegröße bezüglich eines Soll-Zusatzvolumens einer Bremsflüssigkeit des in einem Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus vorliegenden zweiten Bremskreises festlegbar ist. Die Vorgabegröße kann beispielsweise das Soll-Zusatzvolumen, eine Pumpfrequenz, eine Pumparbeit, eine Pumpleistung, eine Plungeransteuergröße und/oder eine Soll-Bestromung mindestens einer Volumenfördereinrichtung des Bremssystems, wie beispielsweise einer Pumpe und/oder eines Plungers, sein. Unter dem Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus kann ein Modus des zweiten Bremskreises verstanden werden, in welchem ein Druck in dem zweiten Bremskreis mittels eines Hauptbremszylinders des Bremssystems, beispielsweise über eine Drucksteigerung oder eine Druckreduzierung in der mit dem zweiten Bremskreis hydraulisch verbundenen Hauptbremszylinder-Kammer, vom Fahrer steuerbar ist.

Das Festlegen der Vorgabegröße/des Soll-Zusatzvolumens ist mittels der Auswerteeinrichtung 24 unter Berücksichtigung einer ersten Abweichungsgröße der mindestens einen Ist-Größe von der mindestens einen Soll-Größe und/oder unter Berücksichtigung einer zweiten Abweichungsgröße der Elastizitätsgröße von einer vorgegebenen Soll-Elastizitätsgröße ausführbar. Dazu empfängt die Auswerteeinrichtung 24 beispielsweise ein Soll-Größe-Signal 26 und ein Ist-Größe-Signal 28 und legt anschließend die erste Abweichungsgröße, insbesondere als Differenz, fest. Ebenso kann

die Auswerteeinrichtung 24 nach einem Empfangen eines Elastizitätsgröße-Signals 30 die zweite Abweichungsgröße als Differenz der Elastizitätsgröße von der vorgegebenen Soll-Elastizitätsgröße festlegen.

- 5 Die Auswerteeinrichtung 24 gibt anschließend ein der festgelegten Vorgabegröße/dem Soll-Zusatzvolumen entsprechendes Vorgabesignal 32 an eine Steuereinrichtung 34 aus. Mittels der Steuereinrichtung 34 ist ein dem festgelegten Soll-Zusatzvolumen entsprechendes Steuersignal 36 an mindestens eine Volumenfördereinrichtung des Bremssystems so ausgebbar, dass mittels der mindestens einen
- 10 Volumenfördereinrichtung ein dem Soll-Zusatzvolumen entsprechendes Ist-Zusatzvolumen der Bremsflüssigkeit aus einem bremskreis-externen Speichervolumen des Bremssystems in den im Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus vorliegenden zweiten Bremskreis einbringbar ist. Dies gewährleistet die oben schon beschriebenen Vorteile.
- 15 Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung einer Ausführungsform des Bremssystems.

Das in Fig. 4 schematisch wiedergegebene Bremssystem mit der oben schon beschriebenen Steuervorrichtung 10 weist einen ersten Bremskreis 50 und einen zweiten Bremskreis 52 mit jeweils zwei Radbremszylindern 54a und 54b auf. Den beiden

20 Radbremszylindern 54a des ersten Bremskreises 50 sind zwei an der Vorderachse angeordneten Rädern 56 zugeordnet. An der Vorderachse kann auch ein (nicht skizzierter) Generator angeordnet sein. Den beiden Radbremszylindern 54b des zweiten Bremskreises 52 sind die Räder 60 an der Hinterachse zugeordnet. Das hier beschriebene Bremssystem ist jedoch nicht auf eine achsweise Bremskreisaufteilung

25 beschränkt. Stattdessen ist das Bremssystem auch einsetzbar, wenn die einem gemeinsamen Bremskreis 50 oder 52 zugeordneten Räder 56 und 60 auf einer Seite des Fahrzeugs oder diagonal am Fahrzeug angeordnet sind.

Es wird ausdrücklich drauf hingewiesen, dass die im Weiteren beschriebenen

30 Komponenten des Bremssystems lediglich ein Beispiel für eine mögliche Ausbildung des vorteilhaften Bremssystems mit der Steuervorrichtung 10 darstellen. Ein Vorteil des Bremssystems liegt vor allem darin, dass die Bremskreise 50 und 52 nicht auf eine bestimmte Ausbildung oder auf das Einsetzen bestimmter Komponenten festgelegt sind. Stattdessen können die Bremskreise 50 und 52 mit einer hohen Wahlfreiheit modifiziert

35 werden, ohne dass die Vorteile der Ausstattung des Bremssystems mit der Steuervorrichtung 10 beeinträchtigt werden.

Das Bremssystem weist ein an einem Hauptbremszylinder 62 angeordnetes
Bremseingabeelement 64, beispielsweise ein Bremspedal, auf. Zur Bereitstellung der
Soll-Größe kann ein Bremswegsensor 66 an dem Bremseingabeelement 64 angeordnet
5 sein. Als Alternative zu dem Bremswegsensor 66 kann auch ein
Bremskraftsensor/Bremsdrucksensor eingesetzt werden. Optionaler Weise kann das
Bremssystem auch einen Bremskraftverstärker 68, beispielsweise einen hydraulischen
Bremskraftverstärker oder einen elektromechanischen Bremskraftverstärker, umfassen.

10 Der erste Bremskreis 50 ist mit einem Hauptschaltventil 70 und einem Umschaltventil 72
so ausgebildet, dass der Fahrer über den Hauptbremszylinder 62 direkt in die
Radbremsszylinder 54a des ersten Bremskreises 50 hineinbremsen kann. Jedem der
beiden Radbremszylinder 54a des ersten Bremskreises 50 sind ein Radeinlassventil 74a
mit einer parallel dazu verlaufenden Bypassleitung 76a, ein in jeder Bypassleitung 76a
15 angeordnetes Rückschlagventil 77a und ein Radauslassventil 78a zugeordnet. Außerdem
umfasst der erste Bremskreis 50 eine erste Pumpe 80, deren Ansaugseite mit den
Radauslassventilen 78a verbunden ist und deren Förderseite zu dem Umschaltventil 72
gerichtet ist, eine zwischen den Radauslassventilen 78a und der Pumpe 80 angekoppelte
Speicherammer 82 und ein zwischen der ersten Pumpe 80 und der Speicherammer 82
20 angeordnetes Überdruckventil 84.

Der zweite Bremskreis 52 ist als ein von dem Hauptbremszylinder 62 entkoppelbarer
Bremskreis ausgebildet. Dazu weist der zweite Bremskreis 52 ein Trennventil 86 auf,
mittels welchem die Radbremszylinder 54b des zweiten Bremskreises 52, die den
25 Radbremszylindern 54b zugeordneten Radeinlassventile 74b mit parallel angeordneten
Bypassleitungen 76b mit Rückschlagventilen 77b und die den Radbremszylinder 54b
zugeordneten Radauslassventile 78b von dem Hauptbremszylinder 62 abkoppelbar sind.
Über ein Schließen des Trennventils 86 kann verhindert werden, dass das Betätigen des
Bremseingabeelements 64 eine Steigerung des Bremsdrucks in den Radbremszylindern
30 54b des zweiten Bremskreises 52 bewirkt. Dies ist insbesondere vorteilhaft, wenn zum
Aufladen der (nicht dargestellten) Fahrzeugbatterie der Generator während eines
Abbremsvorgangs eingesetzt werden soll. Da der Generator ein zusätzliches Generator-
Bremsmoment auf das Fahrzeug ausübt, kann durch Entkoppeln der Radbremszylinder
54b des zweiten Bremskreises 52 verhindert werden, dass die Gesamt-Verzögerung des
35 Fahrzeugs größer als eine von dem Fahrer vorgegebene Soll-Fahrzeugverzögerung ist.

Außerdem weist der zweite Bremskreis 52 ein stetig regelbares/verstellbares/steuerbares Ventil 88 und eine zweite Pumpe 90 auf. Das stetig regelbare Ventil 88 ist über eine Reservoirleitung 89 mit einem Bremsmediumreservoir 92 an dem Hauptbremszylinder 62 hydraulisch verbunden. Das Bremsmediumreservoir 92 stellt lediglich ein Beispiel für ein
5 in dem Bremssystem einsetzbares Speichervolumen, welches mit einer Bremsflüssigkeit des Bremssystems befüllbar ist, dar. Als Alternative zu dem Bremsmediumreservoir 92 kann auch ein anders ausgebildetes Speichervolumen zum Einsetzen der Steuervorrichtung 10 verwendet werden, welches vorzugsweise extern angeordnet und/oder keine Komponente des zweiten Bremskreises 52 ist.

10

Die Ansaugseite der zweiten Pumpe 90 ist ebenfalls mit dem Bremsmediumreservoir 92 über eine parallel zu dem stetig regelbaren Ventil 88 und der zweiten Pumpe 90 verlaufende Leitung 91 und die Reservoirleitung 89 hydraulisch so verbunden, dass nach einem Schließen des Trennventils 86 ein Bremsmediumvolumen mittels der zweiten
15 Pumpe 90 über die (zumindest teilgeöffneten) Radeinlassventile 74b in die Radbremszylinder 54b des zweiten Bremskreises 52 ablassbar ist. Die Förderseite der zweiten Pumpe 90 ist über das stetig regelbare Ventil 88 so mit dem Bremsmediumreservoir 92 verbunden, dass nach dem Schließen des Trennventils 86 ein Bremsmediumvolumen aus den Radbremszylindern 54b des zweiten Bremskreises 52
20 über die (zumindest teilgeöffneten) Radauslassventile 78b und das (zumindest teilgeöffnete) stetig regelbare Ventil 88 in das Bremsmediumreservoir 92 pumpbar ist. Somit kann nach dem Schließen des Trennventils 86 das hydraulische Bremsmoment der Radbremszylinder 54b des zweiten Bremskreises 52 mittels der zweiten Pumpe 90 und dem stetig regelbaren Ventil 88 aktiv eingestellt werden. Insbesondere kann das
25 hydraulische Bremsmoment der von dem Hauptbremszylinder 62 entkoppelten Radbremszylinder 54b des zweiten Bremskreises 52 entsprechend einer Differenz zwischen einem von dem Fahrer vorgegebenen Soll-Gesamtbremsmoment und einem Ist-Gesamtbremsmoment aus dem Generator-Bremsmoment des Generators und dem hydraulischen Bremsmoment der Radbremszylinder 54a des ersten Bremskreises 50
30 eingestellt werden.

Die Pumpen 80 und 90 können jeweils als Drei-Kolben-Pumpen auf einer gemeinsamen Welle 94 eines Motors 96 angeordnet sein. Anstelle von Drei-Kolben-Pumpen sind beispielsweise auch andere Pumpentypen für die Pumpen 80 und 90 verwendbar. Die
35 Pumpe 90 ist lediglich ein Beispiel für eine verwendbare Volumenförderereinrichtung.

Anstelle oder als Ergänzung zu der Pumpe 90 kann das Bremssystem auch ein anderes Volumenförderereinrichtung, wie beispielsweise einen Plunger, umfassen.

Die in den oberen Absätzen beschriebenen Komponenten 70 bis 96 des Bremssystems stellen lediglich Beispiele für eine Ausstattung eines mit der nachfolgend genauer beschriebenen Steuervorrichtung 10 ausgestatteten Bremssystems dar.

Der zweite Bremskreis 52 ist in einem Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus betreibbar, in welchem ein Druck in dem zweiten Bremskreis 52 mittels des Hauptbremszylinders 62 steuerbar ist. Der Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus des zweiten Bremskreises 52 liegt vor, wenn das Trennventil 86 zumindest in einen teilgeöffneten Zustand gesteuert ist. Insbesondere liegt der zweite Bremskreis 52 in dem Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus vor, wenn das Trennventil 86 offen ist.

Über ein Schließen des Trennventils 86 ist der zweite Bremskreis 52 zusätzlich in einen Fremdkraftbremsmodus steuerbar, in welchem ein in dem zweiten Bremskreis 52 vorliegender Bremsdruck aktiv mittels der zweiten Pumpe 90 und dem stetig verstellbaren Ventil 88 einstellbar ist. Der Fremdkraftbremsmodus des zweiten Bremskreises 52 kann beispielsweise dazu genutzt werden, um ein auf die Achse der Räder 56 des ersten Bremskreises ausgeübtes rekuperatives Bremsmoment des Generators zu verblenden. Dazu kann der Bremsdruck in dem zweiten Bremskreis 52 mittels der zweiten Pumpe 90 und dem stetig verstellbaren Ventil 88 aktiv so eingestellt werden, dass er einer Differenz zwischen einem bevorzugten Gesamt-Bremsmoment und der auf die Räder 56 des ersten Bremskreises 50 ausgeübten Summe der hydraulischen Bremsmomente und der rekuperativen Bremsmomente entspricht. Das hier beschriebene Bremssystem ist somit auch insbesondere in einem Elektro- oder in einem Hybridfahrzeug vorteilhaft einsetzbar.

Jeder der beiden Bremskreise 50 und 52 weist mindestens einen Drucksensor 98 bis 100 auf, welcher zum Ermitteln eines Kreisdrucks und/oder eines Raddrucks ausgebildet ist. Somit ist eine Information/Größe bezüglich eines in dem zugehörigen Bremskreis 50 oder 52, bzw. in den zugehörigen Radbremszylindern 56 und 60 vorliegenden Ist-Bremsdrucks ermittelbar/messbar. Die von dem Drucksensor 98 des ersten Bremskreises 50 ermittelte Information/Größe bezüglich des in dem ersten Bremskreis 50, bzw. in den Radbremszylindern 54a, vorliegenden Ist-Bremsdrucks ist als Ausgabesignal 20/Ist-Größe an die Steuervorrichtung 10 bereitstellbar.

Mittels der Steuervorrichtung 10 ist die von dem Sensor 98 bereitgestellte Ist-Größe empfangbar. Als Alternative oder als Ergänzung zu der Ist-Größe des Sensors 98 können mittels der Steuervorrichtung 10 auch andere Ist-Größen bezüglich eines von mindestens einem Radbremszylinder 54a auf mindestens ein Rad 56 ausgeübten Ist-Bremsmoments empfangbar sein. Die Steuervorrichtung 10 ist zusätzlich dazu ausgelegt, eine von dem Sensor 66 über ein Sensorsignal 18 bereitgestellte Soll-Größe zu empfangen. (Optionalerweise ist die Steuervorrichtung 10 zusätzlich dazu ausgelegt, eine Elastizitätsgröße bezüglich einer Elastizität des zweiten Bremskreises 52 zu empfangen, was im Weiteren jedoch nicht beschrieben ist.)

10

Die Steuervorrichtung 10 ist dazu ausgelegt, die oben schon beschriebene Vorgabegröße bezüglich eines Soll-Zusatzvolumens der Bremsflüssigkeit des in dem Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus vorliegenden zweiten Bremskreises 52 unter Berücksichtigung der mindestens einen Soll-Größe und der mindestens einen Ist-Größe festzulegen. (Optionalerweise kann bei der Festlegung der Vorgabegröße/des Soll-Zusatzvolumens auch die mindestens eine Elastizitätsgröße berücksichtigt werden.) Des Weiteren ist die Steuervorrichtung 10 dazu ausgelegt, die Pumpe 90 mittels des Steuersignals 36 derart anzusteuern, dass ein dem festgelegten Soll-Zusatzvolumen entsprechendes Ist-Zusatzvolumen der Bremsflüssigkeit aus dem Bremsmediumreservoir 92 in den zweiten Bremskreis 52 pumpbar ist. (Anstelle oder als Ergänzung zu der Pumpe 90 kann dazu auch ein Plunger verwendet werden.) Man kann dies als Befüllen des zweiten Bremskreises 62 aus dem Bremsmediumreservoir 92 umschreiben. Dieses ist ausführbar, während der zweite Bremskreis 52 aufgrund des Vorliegens des Trennventils 86 zumindest in einem teilgeöffneten Zustand in dem Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus vorliegt. Auf diese Weise sind mittels der Steuervorrichtung 10 die oben schon genannten Vorteile realisierbar. Die Ausführbarkeit ist nicht auf das dargestellte Modulationssystem beschränkt, sondern lässt sich auch auf Modulationssysteme übertragen, die es ermöglichen, externes Volumen in zumindest den zweiten Bremskreis 52 zu fördern.

30

Bei der dargestellten Ausführungsform ist der zweite Bremskreis 52 über die parallel zu dem Hauptbremszylinder 62 verlaufende Reservoirleitung 89 mit dem Bremsmediumreservoir 92 verbunden. In diesem Fall kann das Ist-Zusatzvolumen mittels der Pumpe 90 aus dem Bremsmediumreservoir 92 über die Reservoirleitung 89 in den zweiten Bremskreis 52 gepumpt werden, während dieser in dem Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus vorliegt. (Die Verschiebung des Ist-Zusatzvolumens kann zusätzlich zu

35

dem vom Fahrer aus dem Hauptbremszylinder 62 in den zweiten Bremskreis 52 verschobenen Volumen erfolgen.)

Das hier beschriebene Bremssystem ist jedoch nicht auf eine Ausstattung mit einer
5 derartigen Reservoirleitung beschränkt. Stattdessen kann das Ist-Zusatzvolumen auch
über eine Austauschbohrung mit einer Dichtungseinrichtung, welche das hier mit dem
Bremsmediumreservoir 92 beispielhaft wiedergegebene Speichervolumen mit dem
Hauptbremszylinder 62 verbindet, gepumpt werden. Eine derartige Austauschbohrung
10 kann beispielsweise eine Schnüffelbohrung mit Zentralventil sein. Somit kann das
Befüllen des zweiten Bremskreises 52 mit dem Ist-Zusatzvolumen der Bremsflüssigkeit
auch über die in einen zumindest teilgeöffneten Zustand gesteuerte Dichtungseinrichtung
erfolgen, während der zweite Bremskreis 52 in dem Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus
vorliegt.

15 In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst der Hauptbremszylinder 62 eine dem
ersten Bremskreis 50 zugeordnete erste Druckkammer 102 und eine dem zweiten
Bremskreis 52 zugeordnete zweite Druckkammer 104. Darunter kann verstanden werden,
dass die Zuführungsleitung des ersten Bremskreises 50 zu der ersten Druckkammer 102
führt, während die Zuführungsleitung des zweiten Bremskreises 52 in der zweiten
20 Druckkammer 104 mündet. Vorteilhafterweise ist ein erstes Maximalvolumen der ersten
Druckkammer 102, welches vorliegt, sofern das Bremsbetätigungselement 64 nicht
betätigt wird, größer als ein zweites Maximalvolumen der zweiten Druckkammer 104,
welches bei Nichtbetätigung des Bremsbetätigungselements 64 eingenommen wird.

25 Das Einsetzen der Steuervorrichtung 10 eröffnet somit die Möglichkeit, das
Kammervolumen des zweiten Bremskreises 52 deutlich geringer zu dimensionieren.
Sofern der zweite Bremskreis 52 in einem By-Wire-System ausgebildet wird, kann das
Kammervolumen insbesondere komplett entfallen. Diese Verkleinerung des zweiten
Maximalvolumens der zweiten Druckkammer 104 gegenüber dem ersten
30 Maximalvolumen der ersten Druckkammer 102 ist bei gleichzeitiger Erfüllung der
gesetzlichen Anforderung ausführbar. Der in dem Bremssystem einsetzbare
Hauptbremszylinder 62 kann somit in seiner Länge verkürzt werden. Auf diese Weise ist
der Bauraumbedarf des Hauptbremszylinders 62 reduzierbar. Die kürzere Gestaltung des
Hauptbremszylinders 62 (in seiner Längsrichtung) bietet auch Vorteile beim Packaging.

Die Steuervorrichtung 10 gewährleistet eine Kompensation einer Funktionsbeeinträchtigung des ersten Bremskreises 50. Somit muss das Bremssystem nicht mit komplexen oder fehleranfälligen Sensoren zum Feststellen einer Leakage in dem ersten Bremskreis 50 ausgestattet werden. (Optional kann mittels der Steuervorrichtung 10 auch eine Überelastizität des zweiten Bremskreises 52, beispielsweise aufgrund von eingeschlossener Luft, kompensiert werden, weshalb auf Sensoren zum Feststellen von Luft in dem zweiten Bremskreis 52 verzichtet werden kann.) Auf diese Weise ist die Robustheit des Bremssystems steigerbar.

Bei der Festlegung des Soll-Zusatzvolumens des zweiten Bremskreises 52 und bei der Ausgabe des Steuersignals 36 können auch vorgegebene Abschaltsschwellen, welche insbesondere Höchstwerte vorgeben, und/oder Regelschwellen, welche bevorzugte Wertebereiche für die Pumpgeschwindigkeiten festlegen, berücksichtigt werden. Bevorzugter Weise kann die Aktivierung der Pumpe 90 in einem geräuschoptimierten Betriebsbereich erfolgen bei gleichzeitiger Deaktivierung/Abschaltung der Pumpe 90 im Fahrzeugstillstand.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird die Pumpe 90 angesteuert, wenn anhand der Überschreitung eines Schwellwerts des Pedalwegs ein Fahrerbremswunsch erkannt wird und der in dem ersten Bremskreis 50 vorliegende Bremsdruck kleiner als ein Schwellwert ist, welcher der gesetzlich geforderten Verzögerung oder einer höheren Schwelle entspricht. Auf diese Weise ist eine gute Unterstützung des Fahrers im unteren Verzögerungsbereich bei gleichzeitig bestmöglicher Dosierbarkeit der Fahrzeugverzögerung im mittleren bis höheren Verzögerungsbereich gewährleistet.

Eine Ansteuerung der Pumpe kann ebenso erfolgen, sofern beispielsweise der Pedalwegsensoren eine Bremsbetätigung erkennen lässt, jedoch kein Druckaufbau am Drucksensor 98 des ersten Bremskreises 50 gemessen wird. (Ebenso kann das Ist-Zusatzvolumen in den zweiten Bremskreis 52 gepumpt werden, sofern die Elastizität des zweiten Bremskreises 52 über einem vorgegebenen Schwellwert liegt und auf Luft im zweiten Bremskreis 52 oder sonstige die Volumenaufnahme der Bremsen 54b erhöhende Effekte geschlossen werden kann.)

Das hier beschriebene Bremssystem gewährleistet selbst bei der vorliegenden achsweisen Bremskreis aufteilung und einer evtl. vorliegenden vorderachslastigen Verteilung des Fahrzeuggewichts ein sicheres Abbremsen des Fahrzeugs auch bei

einem Auftreten einer Funktionsbeeinträchtigung, wie insbesondere einem Ausfall, des ersten Bremskreises 50 und/oder bei einer von einem Normalwertebereich abweichenden Elastizität des zweiten Bremskreises 52.

Ansprüche

- 5 1. Steuervorrichtung (10) für ein Bremssystem eines Fahrzeug mit:
- einer ersten Empfangseinrichtung (12) und einer zweiten Empfangseinrichtung (14),
wobei mittels der ersten Empfangseinrichtung (12) mindestens eine bereitgestellte Soll-
Größe (s) bezüglich eines in einem ersten Bremskreis (50) des Bremssystems und/oder in
10 mindestens einem ersten Radbremszylinder (54a) des ersten Bremskreises (50)
einzustellenden Soll-Bremsdrucks und mittels der zweiten Empfangseinrichtung (14)
mindestens eine bereitgestellte Ist-Größe (p1) bezüglich eines in dem ersten Bremskreis
(50) und/oder in dem mindestens einen ersten Radbremszylinder (54a) vorliegenden Ist-
Bremsdrucks (p1) und/oder bezüglich eines von dem mindestens einen ersten
15 Radbremszylinder (54a) auf mindestens ein Rad (56) ausgeübten Ist-Bremsmoments
empfangbar sind; und/oder
- einer dritten Empfangseinrichtung (16), mittels welcher eine Elastizitätsgröße bezüglich
einer Elastizität eines zweiten Bremskreises (52) des Bremssystems empfangbar ist; und
20
- einer Auswerteeinrichtung (24), mittels welcher eine Vorgabegröße bezüglich eines Soll-
Zusatzvolumens einer Bremsflüssigkeit des in einem Hauptbremszylinder-Einbrems-
Modus vorliegenden zweiten Bremskreises (52), wobei ein Druck (p2) in dem im
Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus vorliegenden zweiten Bremskreis (52) mittels eines
25 Hauptbremszylinders (62) des Bremssystems steuerbar ist, unter Berücksichtigung einer
ersten Abweichungsgröße der mindestens einen Ist-Größe (p1) von der mindestens einen
Soll-Größe (s) und/oder einer zweiten Abweichungsgröße der Elastizitätsgröße von einer
vorgegebenen Soll-Elastizitätsgröße festlegbar ist; und
- 30 einer Steuereinrichtung (34), mittels welcher ein der festgelegten Vorgabegröße
entsprechendes Steuersignal (36) an mindestens eine Volumenfördereinrichtung (90) des
Bremssystems so ausgebar ist, dass mittels der mindestens einen
Volumenfördereinrichtung (90) ein dem Soll-Zusatzvolumen entsprechendes Ist-
Zusatzvolumen der Bremsflüssigkeit aus einem Speichervolumen (92) des Bremssystems
35 in den in dem Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus vorliegenden zweiten Bremskreis
(52) einbringbar ist.

2. Steuervorrichtung (10) nach Anspruch 1, wobei als die mindestens eine Soll-Größe (s) mindestens ein Sensorsignal (18) eines Bremswegensors (66) und/oder eines Bremsdrucksensors empfangbar und berücksichtigbar sind.

5

3. Steuervorrichtung (10) nach Anspruch 1 oder 2, wobei als die mindestens eine Ist-Größe (p1) mindestens ein Ausgabesignal (20) eines Bremsdrucksensors (98), eines Raddrehgeschwindigkeitssensors und/oder eines Fahrzeuggeschwindigkeitssensors empfangbar und berücksichtigbar sind.

10

4. Steuervorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei als die Elastizitätsgröße bezüglich der Elastizität des zweiten Bremskreises (52) eine Größe bezüglich eines Verhältnisses mindestens einer Volumendifferenz des zweiten Bremskreises (52) und/oder einer mit dem zweiten Bremskreis (52) verbundenen Hauptbremszylinder-Kammer (104) und einer Druckdifferenz in dem zweiten Bremskreis (52) empfangbar und berücksichtigbar ist.

15

5. Bremssystem für ein Fahrzeug mit:

20

einem Hauptbremszylinder (62);

einem mit einer Bremsflüssigkeit befüllbaren Speichervolumen (92);

25

einem ersten Bremskreis (50) mit mindestens einem ersten Radbremszylinder (54a) und einem zweiten Bremskreis (52) mit mindestens einem zweiten Radbremszylinder (52b), wobei der zweite Bremskreis (52) zumindest in einem Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus betreibbar ist, in welchem ein Druck (p2) in dem zweiten Bremskreis (52) mittels des Hauptbremszylinders (62) steuerbar ist;

30

mindesten einer Volumenfördereinrichtung (90); und

eine Steuervorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

35

6. Bremssystem nach Anspruch 5, wobei der zweite Bremskreis (52) über eine parallel zu dem Hauptbremszylinder (62) verlaufende Reservoirleitung (89) mit dem Speichervolumen (92) verbunden ist und das Ist-Zusatzvolumen der Bremsflüssigkeit

mittels der mindestens einen Volumenfördereinrichtung (90) aus dem Speichervolumen (92) über die Reservoirleitung (89) in den in dem Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus vorliegenden zweiten Bremskreis (52) einbringbar ist.

5 7. Bremssystem nach Anspruch 5, wobei das Speichervolumen (92) über eine Austauschbohrung mit einer Dichtungseinrichtung mit dem Hauptbremszylinder (62) verbunden ist, und wobei das Ist-Zusatzvolumen der Bremsflüssigkeit mittels der mindestens einen Volumenfördereinrichtung (90) aus dem Speichervolumen (92) über die
10 in einen zumindest teilgeöffneten Zustand gesteuerte Dichtungseinrichtung in den in dem Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus vorliegenden zweiten Bremskreis (52) einbringbar ist.

8. Bremssystem nach einem der Ansprüche 5 bis 7, wobei der Hauptbremszylinder (62) eine dem ersten Bremskreis (50) zugeordnete erste Druckkammer (102) und eine dem
15 zweiten Bremskreis (52) zugeordnete zweite Druckkammer (104) umfasst, und wobei ein erstes Maximalvolumen der ersten Druckkammer (102) größer als ein zweites Maximalvolumen der zweiten Druckkammer (104) ist.

9. Verfahren zum Betreiben eines Bremssystems für ein Fahrzeug, mit einem
20 Hauptbremszylinder (62), einem mit einer Bremsflüssigkeit befüllbaren Speichervolumen (92), einem ersten Bremskreis (50) mit mindestens einem ersten Radbremszylinder (54a), einem zweiten Bremskreis (52) mit mindestens einem zweiten Radbremszylinder (54b), wobei der zweite Bremskreis (52) zumindest in einem Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus betreibbar ist, in welchem ein Druck (p_2) in dem zweiten Bremskreis (52) mittels
25 des Hauptbremszylinders (62) steuerbar ist, und mindestens einer Volumenfördereinrichtung (90), mit den Schritten:

Ermitteln mindestens einer Soll-Größe (s) bezüglich eines in dem ersten Bremskreis (50) und/oder in dem mindestens einen ersten Radbremszylinder (54a) einzustellenden Soll-
30 Bremsdrucks und Ermitteln mindestens einer Ist-Größe (p_1) bezüglich eines in dem ersten Bremskreis (50) und/oder in dem mindestens einen ersten Radbremszylinder (54a) vorliegenden Ist-Bremsdrucks (p_1) und/oder bezüglich eines von dem mindestens einen ersten Radbremszylinder (54a) auf mindestens ein Rad (56) ausgeübten Ist-Bremsmoments; und/oder

35

Ermitteln einer Elastizitätsgröße bezüglich einer Elastizität des zweiten Bremskreises (52);

Festlegen einer Vorgabegröße bezüglich eines Soll-Zusatzvolumens der Bremsflüssigkeit des in dem Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus vorliegenden zweiten Bremskreises (52) unter Berücksichtigung einer ersten Abweichungsgröße der mindestens einen Ist-Größe (p_1) von der mindestens einen Soll-Größe (s) und/oder einer zweiten Abweichungsgröße der Elastizitätsgröße von einer vorgegebenen Soll-Elastizitätsgröße; und

Einbringen eines der Vorgabegröße entsprechenden Ist-Zusatzvolumens der Bremsflüssigkeit aus dem Speichervolumen (92) in den in dem Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus vorliegenden zweiten Bremskreis (52) mittels der mindestens einen Volumenfördereinrichtung (90).

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das Ist-Zusatzvolumen der Bremsflüssigkeit mittels der mindestens einen Volumenfördereinrichtung (90) aus dem Speichervolumen (92) über eine Reservoirleitung (89), welche den zweiten Bremskreis (52) parallel zu dem Hauptbremszylinder (62) mit dem Speichervolumen (92) verbindet, in den in dem Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus vorliegenden zweiten Bremskreis (52) eingebracht wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9, wobei eine Dichtungseinrichtung einer Austauschbohrung, welche das Speichervolumen (92) mit dem Hauptbremszylinder (62) verbindet, zumindest teilgeöffnet wird und das Ist-Zusatzvolumen der Bremsflüssigkeit mittels der mindestens einen Volumenfördereinrichtung (90) aus dem Speichervolumen (92) über die zumindest teilgeöffnete Dichtungseinrichtung in den in dem Hauptbremszylinder-Einbrems-Modus vorliegenden zweiten Bremskreis (52) eingebracht wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, wobei zumindest ein Bremsweg (s) und/oder ein Bremsdruck einer Betätigung eines Bremsbetätigungselements (64) durch einen Fahrer des Fahrzeugs als die mindestens eine Soll-Größe (s) ermittelt werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, wobei zumindest ein Druck (p_1) in dem ersten Bremskreis (50) und/oder in dem mindestens einen ersten Radbremszylinder (54a), eine zeitliche Änderung einer Drehgeschwindigkeit eines Rads (56) und/oder eine Fahrzeugverzögerung als die mindestens eine Ist-Größe (p_1) ermittelt werden.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, wobei eine Größe bezüglich eines Verhältnisses mindestens einer Volumendifferenz des zweiten Bremskreises (52) und/oder einer mit dem zweiten Bremskreis (52) verbundenen Druckkammer (104) des Hauptbremszylinders (62) und einer Druckdifferenz in dem zweiten Bremskreis als die
- 5 Elastizitätsgröße bezüglich der Elastizität des zweiten Bremskreises (52) ermittelt wird.

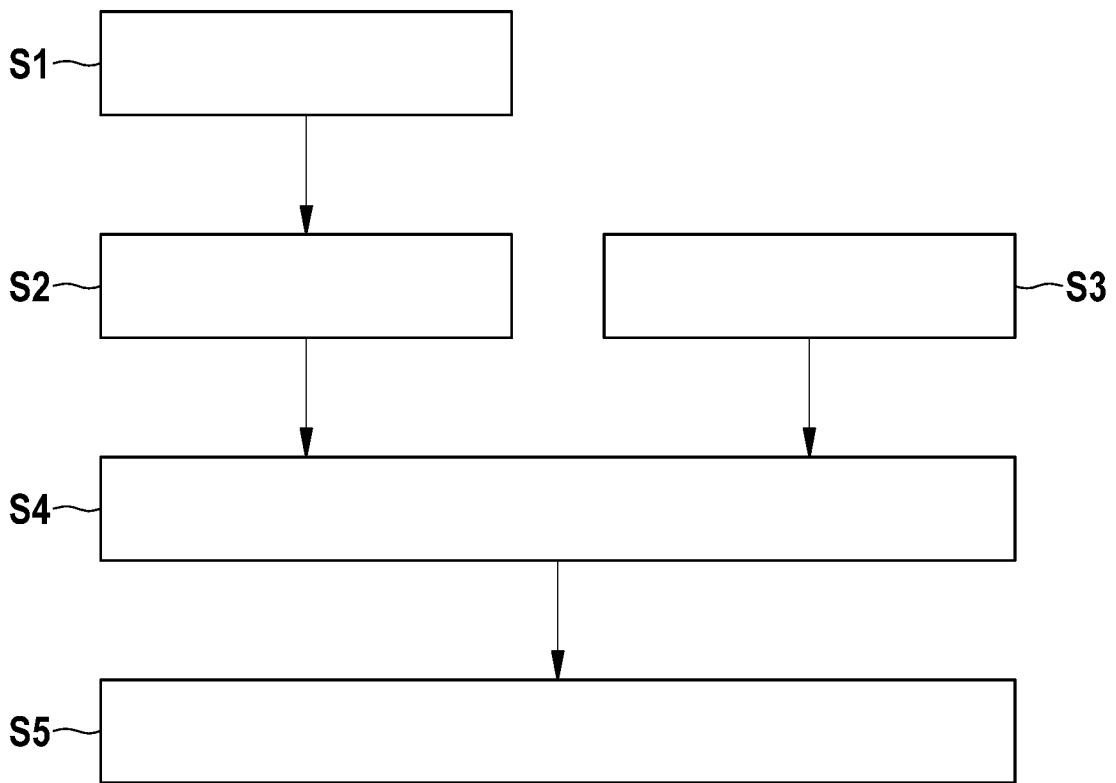


Fig. 1

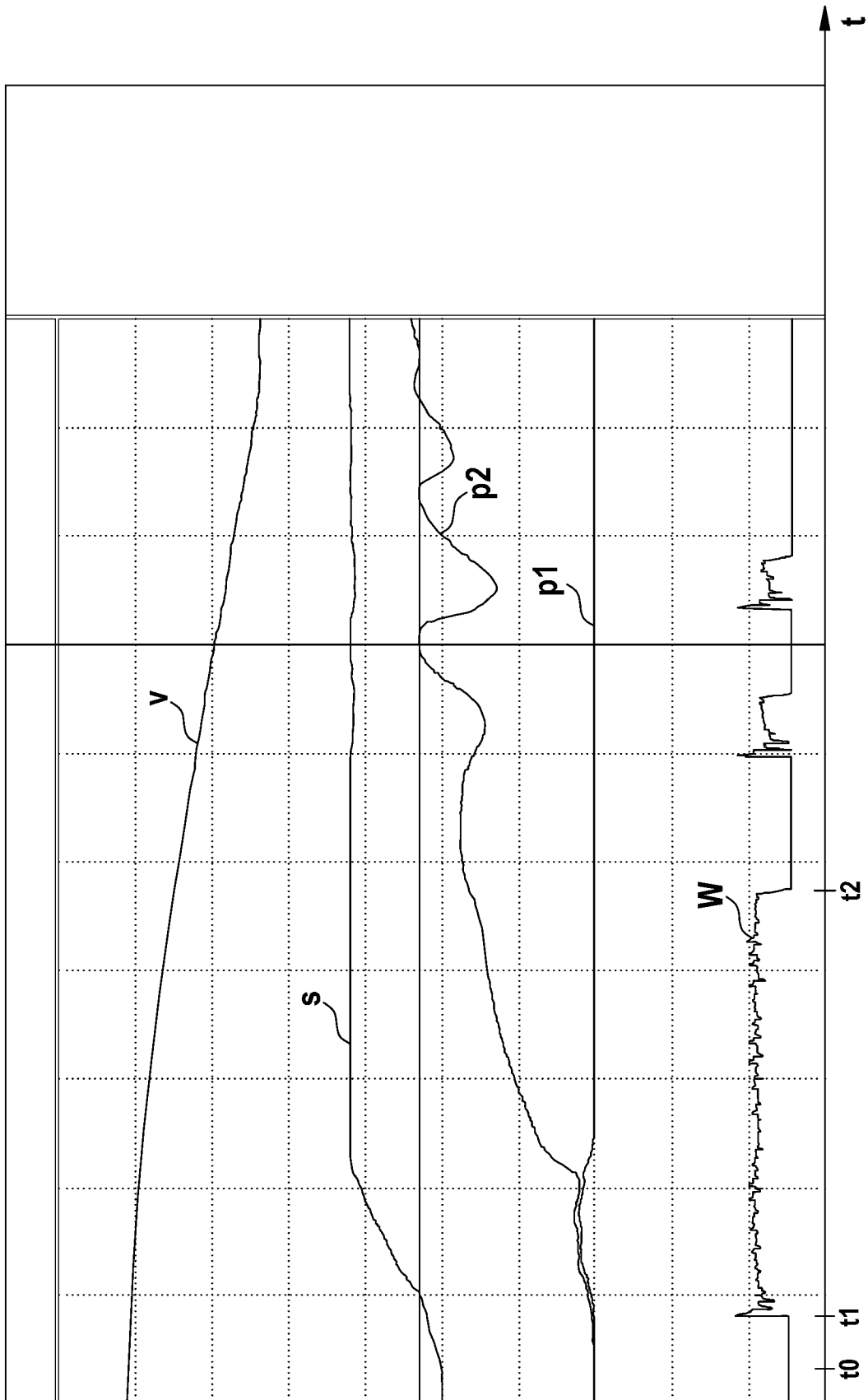


Fig. 2

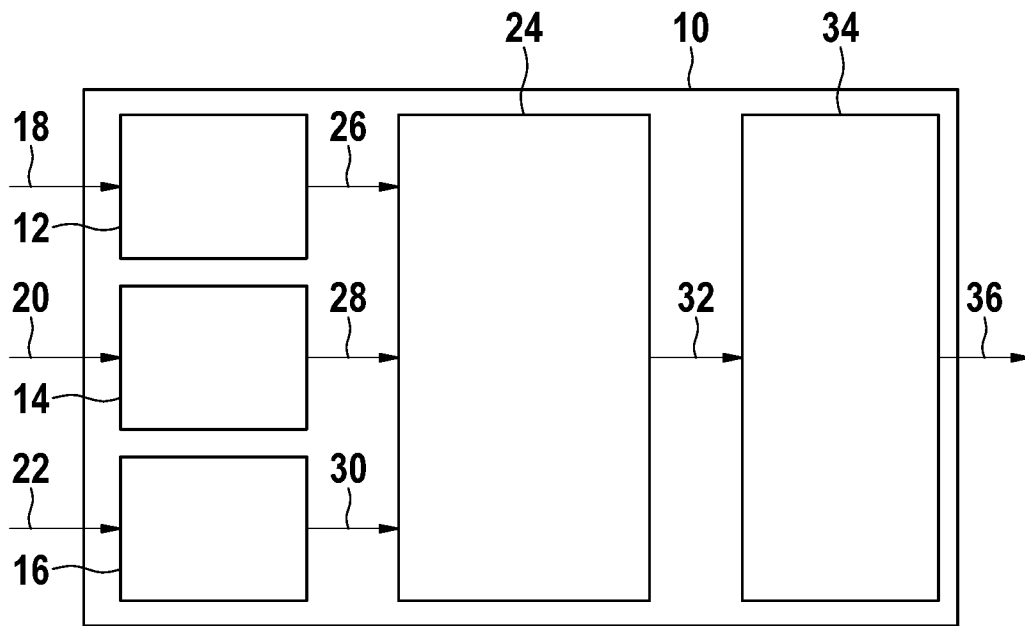


Fig. 3

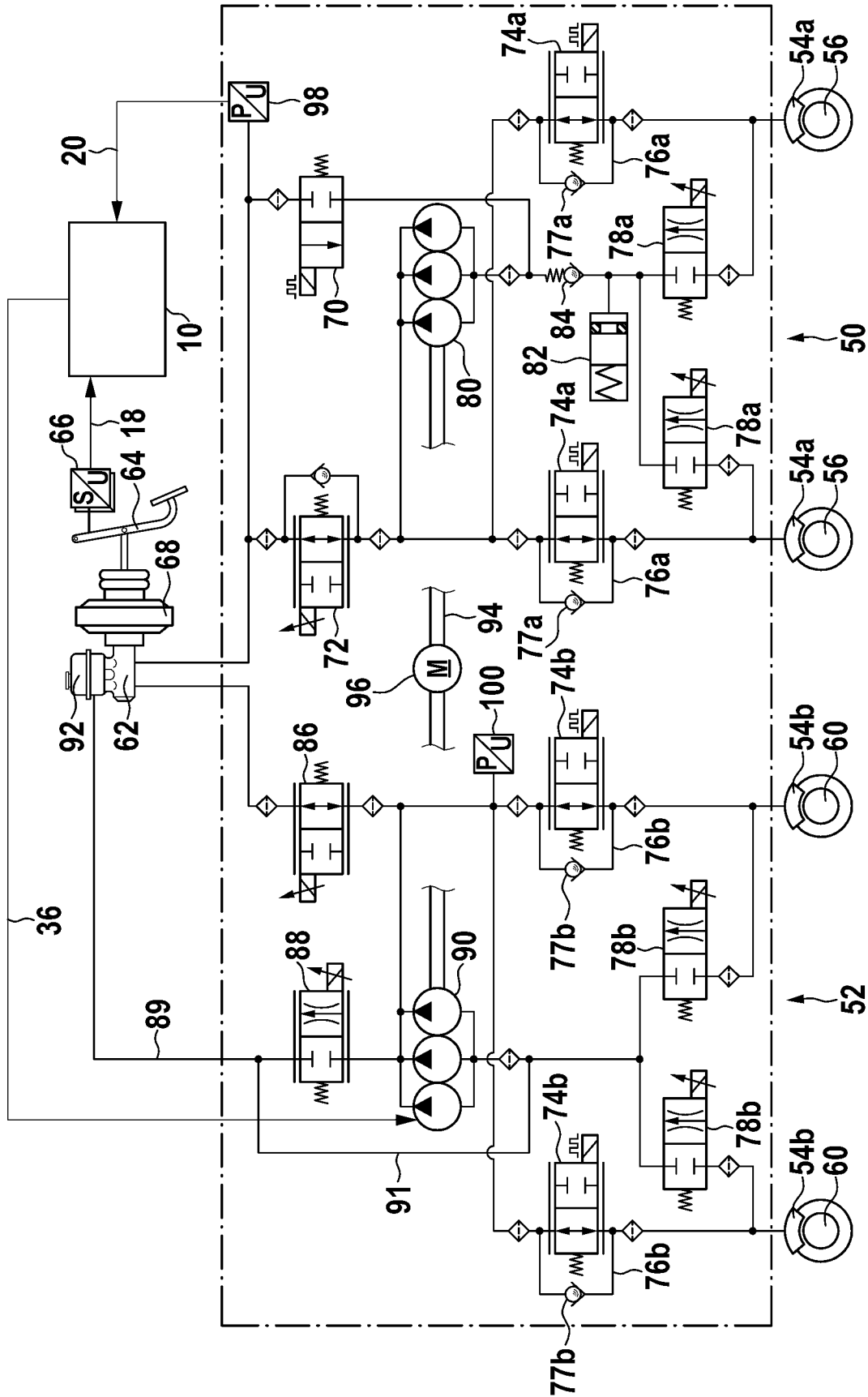


Fig. 4