



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 060 434 A1** 2008.06.26

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 060 434.2**

(22) Anmeldetag: **20.12.2006**

(43) Offenlegungstag: **26.06.2008**

(51) Int Cl.⁸: **B60T 13/14** (2006.01)

(71) Anmelder:
Lucas Automotive GmbH, 56070 Koblenz, DE

(74) Vertreter:
**WUESTHOFF & WUESTHOFF Patent- und
 Rechtsanwälte, 81541 München**

(72) Erfinder:
Ohlig, Benedikt, 56179 Vallendar, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu
 ziehende Druckschriften:

DE10 2006 009960 A1

US 59 24 775 A

US 58 82 092 A

EP 06 67 269 A1

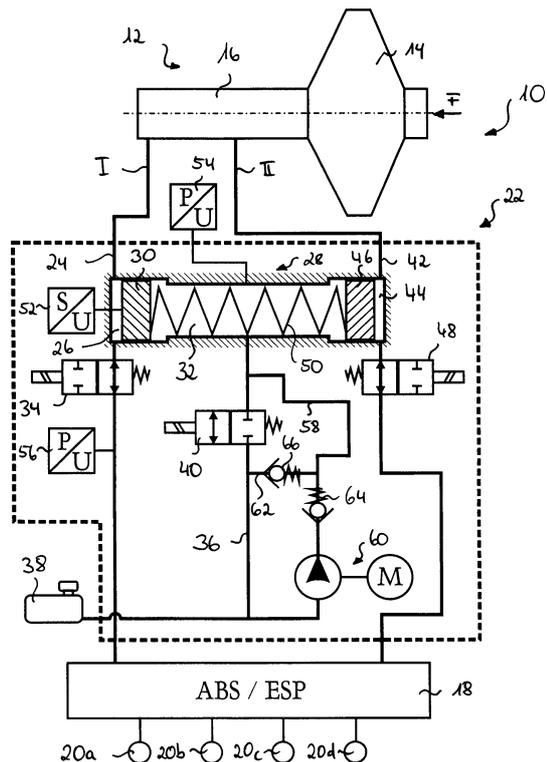
WO 05/1 02 806 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Elektrohydraulisches Steuermodul**

(57) Zusammenfassung: Ein elektrohydraulisches Steuermodul (22) zur Verwendung in einer regenerativ arbeitenden Kraftfahrzeugbremsanlage (10) umfasst eine erste Fluidleitung (24), die an einem ersten Ende mit einem Hauptbremszylinder (16) und an einem zweiten Ende mit mindestens einer Radbremseinheit (20a, 20b) der Kraftfahrzeugbremsanlage (10) verbindbar ist. Ein Fluidzwischenspeicher (28) umfasst eine mit der ersten Fluidleitung (24) verbundene erste Druckkammer (26) sowie eine durch einen ersten Kolben (30) von der ersten Druckkammer (26) getrennte zweite Druckkammer (32). Eine zweite Fluidleitung (36) ist an einem ersten Ende mit der zweiten Druckkammer (32) des Fluidzwischenspeichers (28) verbunden und an einem zweiten Ende mit einem Fluidspeicher (38; 68) verbindbar. Ein in der ersten Fluidleitung (24) angeordnetes erstes Ventil (34) ist dazu eingerichtet, in einer geöffneten Stellung die erste Druckkammer (26) des Fluidzwischenspeichers (28) mit der mindestens einen Radbremseinheit (20a, 20b) der Kraftfahrzeugbremsanlage (10) zu verbinden und in einer geschlossenen Stellung die erste Druckkammer (26) des Fluidzwischenspeichers (28) von der mindestens einen Radbremseinheit (20a, 20b) der Kraftfahrzeugbremsanlage (10) zu trennen. Ein in der zweiten Fluidleitung (36) angeordnetes zweites Ventil (40) ist dazu eingerichtet, in einer geöffneten Stellung die zweite Druckkammer (32) des Fluidzwischenspeichers (28) mit dem Fluidspeicher (38; 68) zu verbinden und in einer geschlossenen Stellung ...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein zur Verwendung in einer regenerativ arbeitenden Kraftfahrzeugbremsanlage vorgesehenes elektrohydraulisches Steuermodul sowie eine regenerativ arbeitende Kraftfahrzeugbremsanlage, die mit einem derartigen elektrohydraulischen Steuermodul ausgestattet ist.

[0002] Moderne Hybridfahrzeuge umfassen neben einem Verbrennungsmotor einen als zweite Antriebsquelle für das Hybridfahrzeug dienenden Elektromotor. Beim Abbremsen des Fahrzeugs kann der Elektromotor als Generator betrieben werden, der eine Verzögerung des Fahrzeugs bewirkt und gleichzeitig die bei der Verzögerung des Fahrzeugs abgebaute kinetische Energie in speicherbare elektrische Energie umwandelt. Eine Bremsanlage eines Hybridfahrzeugs, die neben einer primären Verzögerungseinrichtung, die beispielsweise durch konventionelle, auf die Räder des Fahrzeugs wirkende Reibungsbremsen gebildet sein kann, eine durch einen elektrischen Generator gebildete sekundäre Verzögerungseinrichtung umfasst, ermöglicht somit einen regenerativen Bremsbetrieb.

[0003] Im Betrieb einer derartigen regenerativ arbeitenden Kraftfahrzeugbremsanlage ist es üblicherweise erwünscht, bei Erfassung eines Fahrerbremswunschs zur Erzielung kleiner bis mittlerer Fahrzeugverzögerungswerte zunächst die Bremswirkung des Generators zu nutzen. Der Fahrerbremswunsch kann beispielsweise aus der vom Fahrer auf ein Bremspedal aufgebrachten Betätigungskraft und/oder der Bremspedalbetätigungsgeschwindigkeit abgeleitet werden. Wenn die von dem Generator bereitgestellte Bremswirkung jedoch nicht ausreicht, um eine dem Fahrerbremswunsch entsprechende Fahrzeugverzögerung zu bewirken, muss zusätzlich die primäre Verzögerungseinrichtung angesteuert werden, um die erforderlichen hohen bis sehr hohen Fahrzeugverzögerungswerte erzielen zu können. In einem vorab festgelegten Übergangsbereich findet somit eine als "Brake Blending" bezeichnete Übernahme der Bremseingriffe durch die primäre Verzögerungseinrichtung statt. Diese Übernahme der Bremseingriffe durch die primäre Verzögerungseinrichtung muss so gesteuert werden, dass sie vom Fahrer nicht bemerkt wird, d. h. während der Übernahme der Bremseingriffe durch die primäre Verzögerungseinrichtung dürfen keine sprunghaften Änderungen der Fahrzeugverzögerung auftreten.

[0004] Eine zum Einsatz in einem Hybridfahrzeug geeignete regenerativ arbeitende Kraftfahrzeugbremsanlage ist beispielsweise aus der DE 10 2006 009 960 A1 bekannt. Diese bekannte Bremsanlage hat jedoch den Nachteil, dass die einzelnen Systemkomponenten hochintegriert und verhältnismäßig aufwändig aufgebaut sind.

[0005] Die Erfindung ist auf die Aufgabe gerichtet, ein elektrohydraulisches Steuermodul bereitzustellen, das eine ordnungsgemäße Steuerung einer mit einer primären sowie einer sekundären Verzögerungseinrichtung ausgestatteten regenerativ arbeitenden Kraftfahrzeugbremsanlage ermöglicht und mit bestehenden konventionellen Bremssystemkomponenten kombiniert werden kann. Die Erfindung ist ferner auf die Aufgabe gerichtet, eine mit einem derartigen elektrohydraulischen Steuermodul ausgestattete regenerativ arbeitende Kraftfahrzeugbremsanlage bereitzustellen.

[0006] Diese Aufgabe wird durch ein elektrohydraulisches Steuermodul mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen sowie eine regenerativ arbeitende Kraftfahrzeugbremsanlage mit den im Anspruch 11 angegebenen Merkmalen gelöst.

[0007] Ein erfindungsgemäßes elektrohydraulisches Steuermodul zur Verwendung in einer regenerativ arbeitenden Kraftfahrzeugbremsanlage umfasst eine erste Fluidleitung, die an einem ersten Ende mit einem Hauptbremszylinder und an einem zweiten Ende mit mindestens einer Radbremseinheit der Kraftfahrzeugbremsanlage verbindbar ist. Die erste Fluidleitung kann somit einen Teil eines ersten Bremskreises der Kraftfahrzeugbremsanlage bilden und an ihrem ersten Ende mit einer Druckkammer eines konventionellen Hauptbremszylinders verbindbar sein. An ihrem zweiten Ende ist die erste Fluidleitung vorzugsweise über eine konventionelle Radschlupfregelungseinrichtung mit zwei entweder den Vorderrädern oder den Hinterrädern des Kraftfahrzeugs zugeordneten Radbremseinheiten verbindbar.

[0008] Das elektrohydraulische Steuermodul umfasst ferner einen Fluidzwischenpeicher, der eine mit der ersten Fluidleitung verbundene erste Druckkammer sowie eine durch einen ersten Kolben von der ersten Druckkammer getrennte zweite Druckkammer umfasst. Eine zweite Fluidleitung ist an einem ersten Ende mit der zweiten Druckkammer des FluidzwischenSpeichers verbunden und an einem zweiten Ende mit einem Fluidspeicher verbindbar. Der Fluidspeicher kann ein externer, nicht zu dem elektrohydraulischen Steuermodul gehöriger Fluidspeicher sein. Alternativ dazu kann der Fluidspeicher jedoch auch integriert mit dem elektrohydraulischen Steuermodul ausgebildet sein.

[0009] In der ersten Fluidleitung des erfindungsgemäßen elektrohydraulischen Steuermoduls ist ein erstes Ventil angeordnet, dass dazu eingerichtet ist, in einer geöffneten Stellung die erste Druckkammer des FluidzwischenSpeichers mit der mindestens einen Radbremseinheit der Kraftfahrzeugbremsanlage zu verbinden und in einer geschlossenen Stellung die erste Druckkammer des FluidzwischenSpeichers von der mindestens einen Radbremseinheit der Kraftfahr-

zeugbremsanlage zu trennen. In der zweiten Fluidleitung ist ein zweites Ventil angeordnet, das dazu eingerichtet ist, in einer geöffneten Stellung die zweite Druckkammer des Fluidzwichenspeichers mit dem Fluidspeicher zu verbinden und in einer geschlossenen Stellung die zweite Druckkammer des Fluidzwichenspeichers von dem Fluidspeicher zu trennen.

[0010] Bei dem erfindungsgemäßen elektrohydraulischen Steuermodul ist der erste Kolben des Fluidzwichenspeichers wahlweise zwischen der ersten und der zweiten Druckkammer des Fluidzwichenspeichers verschiebbar oder hydraulisch blockierbar. Im rein regenerativen Betrieb der Fahrzeugbremsanlage kann das in der ersten Fluidleitung angeordnete erste Ventil des Steuermoduls geschlossen und das in der zweiten Fluidleitung angeordnete zweite Ventil geöffnet werden. Durch das geschlossene erste Ventil wird die Fluidverbindung zwischen der Druckkammer des Hauptbremszylinders und der mindestens einen Radbremseinheit der Bremsanlage unterbrochen.

[0011] Infolge der Bremspedalbetätigung durch den Fahrer in der Druckkammer des Hauptbremszylinders unter Druck gesetztes Hydraulikfluid wird somit in die erste Druckkammer des Fluidzwichenspeichers geleitet und bewirkt dort eine Verschiebung des ersten Kolbens in Richtung der zweiten Druckkammer des Fluidzwichenspeichers. In der zweiten Druckkammer des Fluidzwichenspeichers enthaltenes Fluid wird dagegen durch das geöffnete zweite Ventil und die zweite Fluidleitung in den Fluidspeicher abgeführt. Im regenerativen Betrieb der Fahrzeugbremsanlage wirkt der Fluidzwichenspeicher somit als Pedalgegenkraft-Simulationseinrichtung, während die vom Fahrer durch die Bremspedalbetätigung angeforderte Fahrzeugverzögerung ausschließlich durch einen mit dem Antriebsstrang des Kraftfahrzeugs gekoppelten elektrischen Generator bewirkt wird.

[0012] Wenn die von dem elektrischen Generator bereitgestellte Bremswirkung nicht ausreicht, um eine dem Fahrerbremswunsch entsprechende Fahrzeugverzögerung zu bewirken, muss eine zusätzliche hydraulische Aktivierung der mindestens einen Radbremseinheit erfolgen. Zu diesem Zweck kann das erste Ventil des erfindungsgemäßen elektrohydraulischen Steuermoduls geöffnet und dadurch eine Fluidverbindung zwischen der Druckkammer des Hauptbremszylinders und der mindestens einen Radbremseinheit der Kraftfahrzeugbremsanlage hergestellt werden.

[0013] Während der "Brake Blending"-Phase, das heißt während der Phase, in der die Bremseingriffe durch die mindestens eine hydraulisch betätigte Radbremseinheit der Kraftfahrzeugbremsanlage übernommen werden, wird das in der ersten Fluidleitung

angeordnete erste Ventil wahlweise derart in seine geöffnete bzw. seine geschlossene Stellung gesteuert, dass in der ersten Fluidleitung ein gewünschter Hydraulikdruck aufgebaut wird, der dann der mindestens einen Radbremseinheit der Fahrzeugbremsanlage zugeführt werden kann. Gleichzeitig wird das in der zweiten Fluidleitung angeordnete zweite Ventil wahlweise derart in seine geöffnete bzw. seine geschlossene Stellung gesteuert, dass das in den Fluidspeicher überführte Fluid in die zweite Druckkammer des Fluidzwichenspeichers zurückgeleitet wird, wo es eine gewünschte Verschiebung des ersten Kolbens in Richtung der ersten Druckkammer bewirkt. Während der "Brake Blending"-Phase wird das im regenerativen Betrieb der Fahrzeugbremsanlage in den Fluidzwichenspeicher und den Fluidspeicher geleitete Fluid in den ersten Bremskreis zurückgeführt, wobei der Hydraulikdruckaufbau in der ersten Fluidleitung vorzugsweise an die Rücknahme der Generatorbremseingriffe angepasst wird.

[0014] Im rein hydraulischen Bremsbetrieb, in dem der Generator vom Antriebsstrang des Fahrzeugs abgekoppelt werden kann, ist das erste Ventil des elektrohydraulischen Steuermoduls geöffnet, so dass ungehindert Fluid aus der Druckkammer des Hauptbremszylinders in die Radbremseinheiten gefördert werden kann. Gleichzeitig befindet sich das zweite Ventil des elektrohydraulischen Steuermoduls in seiner geschlossenen Stellung, wodurch eine hydraulische Blockierung des ersten Kolbens des Fluidzwichenspeichers und somit eine Wirkungslosschaltung des Fluidzwichenspeichers bewirkt wird.

[0015] Das erfindungsgemäße elektrohydraulische Steuermodul ermöglicht somit eine ordnungsgemäße Steuerung einer regenerativ arbeitenden Kraftfahrzeugbremsanlage. Insbesondere kann eine regenerativ arbeitende Kraftfahrzeugbremsanlage mit Hilfe des erfindungsgemäßen elektrohydraulischen Steuermoduls während einer "Brake Blending"-Phase so gesteuert werden, dass während der Übernahme der Bremseingriffe durch eine hydraulische Radbremseinheit keine sprunghaften Änderungen der Fahrzeugverzögerung auftreten, die vom Fahrer des Kraftfahrzeugs bemerkt werden könnten.

[0016] Gleichzeitig kann das separat ausgebildete elektrohydraulische Steuermodul mit bestehenden Bremssystemkomponenten kombiniert werden. Beispielsweise kann das Steuermodul mit einem konventionellen Hauptbremszylinder bzw. einem den konventionellen Hauptbremszylinder sowie einen konventionellen Bremskraftverstärker umfassenden Bremsgerät kombiniert werden. Ferner ist die Verbindung des Steuermoduls mit konventionellen hydraulischen Radbremseinheiten bzw. einer konventionellen Radschlupfregelrichtung möglich.

[0017] Vorzugsweise umfasst das erfindungsgemä-

ße elektrohydraulische Steuermodul einen Wegsensor zur Erfassung des von dem ersten Kolben des FluidzwischenSpeichers zurückgelegten Wegs. Anhand des bei einer Bremsbetätigung durch den Fahrer von dem ersten Kolben des FluidzwischenSpeichers zurückgelegten Wegs können Rückschlüsse auf die vom Fahrer gewünschte Fahrzeugverzögerung gezogen werden. Von dem Wegsensor ausgegebene Signale können daher entweder an eine in das elektrohydraulische Steuermodul integrierte elektronische Steuereinheit oder eine übergeordnete elektronische Steuereinheit ausgegeben werden. Die elektronische Steuereinheit kann darüber hinaus Signale von einem weiteren Sensor erfassen, der die vom Fahrer auf das Bremspedal aufgebrachte Betätigungskraft erfasst. Die elektronische Steuereinheit kann dann die vom Fahrer angeforderte Verzögerungswirkung anhand der von dem Wegsensor und dem Betätigungskraftsensor ausgegebenen Signale ermitteln. Die Steuerung des elektrischen Generators und des elektrohydraulischen Steuermoduls erfolgt in Abhängigkeit der aus den Sensorsignalen ermittelten Fahrerbremsanforderung.

[0018] Darüber hinaus kann das erfindungsgemäße elektrohydraulische Steuermodul einen ersten Drucksensor zur Erfassung des Drucks in der zweiten Druckkammer des FluidzwischenSpeichers aufweisen. Von dem ersten Drucksensor ausgegebene Signale können ebenfalls der elektronischen Steuereinheit zugeführt werden.

[0019] Bei einer bevorzugten Ausführungsform des elektrohydraulischen Steuermoduls ist ein zweiter Drucksensor zur Erfassung des Drucks in der ersten Fluidleitung vorgesehen. Von dem zweiten Drucksensor ausgegebene Signale können ebenfalls der elektronischen Steuereinheit zugeführt werden. Die elektronische Steuereinheit kann dann anhand dieser Signale im Betrieb des Steuermoduls, insbesondere während der "Brake Blending"-Phasen den Druckanstieg in der ersten Fluidleitung überwachen. Diese Informationen können dann von der elektronischen Steuereinheit zur weiteren Ansteuerung der Komponenten des elektrohydraulischen Steuermoduls genutzt werden, um während der "Brake Blending"-Phasen eine sprunghafte Änderung der Fahrzeugverzögerung sicher zu vermeiden.

[0020] Wenn das erfindungsgemäße elektrohydraulische Steuermodul mit einem Tandemhauptbremszylinder kombiniert werden soll, der eine mit einem ersten Bremskreis verbindbare erste Druckkammer sowie eine mit einem zweiten Bremskreis verbindbare zweite Druckkammer umfasst, umfasst das Steuermodul vorzugsweise ferner eine dritte Fluidleitung, die an einem ersten Ende mit dem Hauptbremszylinder, insbesondere einer der beiden Druckkammern des Hauptbremszylinders und an einem zweiten Ende mit mindestens einer Radbremseinheit der

Kraftfahrzeugbremsanlage verbindbar ist. An ihrem zweiten Ende ist die dritte Fluidleitung vorzugsweise über eine konventionelle Radschlupfregelvorrichtung mit zwei entweder den Vorderrädern oder den Hinterrädern des Kraftfahrzeugs zugeordneten Radbremseinheiten verbindbar. Die dritte Fluidleitung kann somit einen Teil eines zweiten Bremskreises der Kraftfahrzeugbremsanlage bilden.

[0021] Die dritte Fluidleitung ist vorzugsweise mit einer dritten Druckkammer des FluidzwischenSpeichers verbunden, die durch einen zweiten Kolben von der zweiten Druckkammer des FluidzwischenSpeichers getrennt ist. Das erfindungsgemäße elektrohydraulische Steuermodul weist somit vorzugsweise lediglich einen einzigen FluidzwischenSpeicher mit drei Druckkammern auf, dessen erste und dritte Druckkammer jeweils mit der ersten bzw. der dritten Fluidleitung verbunden sind. Alternativ dazu ist es jedoch auch denkbar, in dem elektrohydraulischen Steuermodul zwei FluidzwischenSpeicher vorzusehen, von denen ein erster mit der ersten Fluidleitung und ein zweiter mit der dritten Fluidleitung in Verbindung steht.

[0022] Vorzugsweise ist in der dritten Fluidleitung ein drittes Ventil angeordnet, das dazu eingerichtet ist, in einer geöffneten Stellung die dritte Druckkammer des FluidzwischenSpeichers mit der mindestens einen Radbremseinheit der Kraftfahrzeugbremsanlage zu verbinden und in einer geschlossenen Stellung die dritte Druckkammer des FluidzwischenSpeichers von der mindestens einen Radbremseinheit der Kraftfahrzeugbremsanlage zu trennen. Das dritte Ventil erfüllt demnach eine ähnliche Funktion wie das in der ersten Fluidleitung angeordnete, oben beschriebene erste Ventil.

[0023] Der erste und/oder der zweite Kolben des FluidzwischenSpeichers ist/sind vorzugsweise durch die Kraft einer Feder in Richtung der ersten und/oder der dritten Druckkammer vorgespannt. Vorzugsweise ist in der zweiten Druckkammer des FluidzwischenSpeichers eine Rückstellfeder angeordnet, deren erstes Ende sich an dem ersten Kolben und deren zweites Ende sich an dem zweiten Kolben abstützt. Die Kraft der Rückstellfeder ist dabei so gewählt, dass der FluidzwischenSpeicher im regenerativen Betrieb der Kraftfahrzeugbremsanlage in ordnungsgemäßer Weise als Pedalgegenkraft-Simulationseinrichtung wirkt. Darüber hinaus sorgt die Kraft der Feder während der "Brake Blending"-Phasen für eine Rückstellung des ersten und/oder des zweiten Kolbens und damit zu einer Rückförderung des im regenerativen Bremsbetrieb in dem FluidzwischenSpeicher aufgenommenen Bremsfluids in den ersten und/oder den zweiten Bremskreis.

[0024] Der mit der zweiten Fluidleitung verbindbare Fluidspeicher kann ein druckloser Fluidvorratsbehäl-

ter sein, der in das elektrohydraulische Steuermodul integriert oder außerhalb des elektrohydraulischen Steuermoduls angeordnet ist.

[0025] Alternativ dazu kann der Fluidspeicher auch eine Expanderkammer mit einem federnd vorgespannten Kolben sein. Die Expanderkammer ermöglicht die Fluidspeicherung unter erhöhtem Druck und sorgt somit im Betrieb des elektrohydraulischen Steuermoduls, insbesondere während der "Brake Blending"-Phasen für einen raschen Rücktransport des während des regenerativen Bremsens in der Expanderkammer aufgenommenen Fluids in die zweite Druckkammer des Fluidzwichenspeichers. Dadurch wird gewährleistet, dass während des regenerativen Bremsens in dem Fluidzwichenspeicher zwischengespeichertes Fluid rascher in den Bremskreis oder die Bremskreise der Kraftfahrzeugbremsanlage zurückgeführt und dort zum Druckaufbau in den hydraulischen Radbremseinheiten genutzt werden kann.

[0026] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des elektrohydraulischen Steuermoduls ist in einer vierten Fluidleitung, die an einem ersten Ende mit der zweiten Druckkammer des Fluidzwichenspeichers verbunden und an einem zweiten Ende mit dem Fluidspeicher verbindbar ist, ein Druckerzeuger angeordnet, der dazu eingerichtet ist, Fluid unter Druck aus dem Fluidspeicher in die zweite Druckkammer des Fluidzwichenspeichers zu fördern. Der Druckerzeuger kann beispielsweise in Form einer Motor/Pumpenanordnung ausgebildet sein und ermöglicht insbesondere bei der Verwendung eines drucklosen Fluidvorratsbehälters als Fluidspeicher eine rasche Rückführung des während des regenerativen Bremsens in dem Fluidspeicher aufgenommenen Fluids in die zweite Druckkammer des Fluidzwichenspeichers und somit auch eine rasche Rückführung des in der ersten bzw. der dritten Druckkammer des Fluidzwichenspeichers aufgenommenen Fluids in den ersten bzw. den zweiten Bremskreis.

[0027] Alternativ oder zusätzlich dazu kann/können die erste und/oder die dritte Fluidleitung mit einer Saugseite eines in eine Radschlupfregelung der Kraftfahrzeugbremsanlage integrierten Druckerzeugers verbindbar sein. Ein elektrohydraulisches Steuermodul, bei dem auf die vierte Fluidleitung sowie den in der vierten Fluidleitung angeordneten zusätzlichen Druckerzeuger verzichtet wird, ist besonders einfach und kostengünstig aufgebaut. Während der "Brake Blending"-Phasen wird mit Hilfe des in die Radschlupfregelung integrierten Druckerzeugers das während des regenerativen Bremsens in der ersten bzw. dritten Druckkammer des Fluidzwichenspeichers zwischengespeicherte Fluid in den ersten bzw. zweiten Bremskreis zurückgefördert. Die Rückstellung des ersten und/oder des zweiten Kolbens des Fluidzwichenspeichers erfolgt vorzugsweise durch die Kraft der in der zweiten Druckkam-

mer des Fluidzwichenspeichers angeordneten Rückstellfeder.

[0028] Vorzugsweise umfasst das erfindungsgemäße elektrohydraulische Steuermodul eine fünfte Fluidleitung, die an einem ersten Ende mit der zweiten Druckkammer des Fluidzwichenspeichers und an einem zweiten Ende mit einem Druckspeicher verbunden ist. Ein in der fünften Fluidleitung angeordnetes viertes Ventil ist vorzugsweise dazu eingerichtet, in einer geöffneten Stellung die zweite Druckkammer des Fluidzwichenspeichers mit dem Druckspeicher zu verbinden und in einer geschlossenen Stellung die zweite Druckkammer des Fluidzwichenspeichers von dem Druckspeicher zu trennen. Der Druckspeicher kann beispielsweise eine Expanderkammer mit einem federnd vorgespannten Kolben sein. Während der "Brake Blending"-Phasen kann in dem Druckspeicher gespeichertes Fluid besonders rasch in die zweite Druckkammer des Fluidzwichenspeichers zurückgeführt werden. Dadurch wird auch eine besonders rasche Rückführung des während des regenerativen Bremsens in der ersten bzw. dritten Druckkammer des Fluidzwichenspeichers zwischengespeicherten Fluids in den ersten bzw. zweiten Bremskreis und damit ein besonders rasches Ansprechen der hydraulischen Radbremseinheiten ermöglicht.

[0029] Eine erfindungsgemäße regenerativ arbeitende Kraftfahrzeugbremsanlage umfasst einen Hauptbremszylinder sowie eine Mehrzahl von hydraulisch betätigbaren Radbremseinheiten, die als primäre Verzögerungseinrichtung der Bremsanlage wirken. Ferner ist ein als sekundäre Verzögerungseinrichtung wirkender elektrischer Generator vorhanden, der mit einem Antriebsstrang des Kraftfahrzeugs koppelbar ist, um im Betrieb eine Bremswirkung bereitzustellen. Schließlich umfasst die erfindungsgemäße Kraftfahrzeugbremsanlage ein oben beschriebenes elektrohydraulisches Steuermodul. In der erfindungsgemäßen Kraftfahrzeugbremsanlage können konventionelle Bremssystemkomponenten in vorteilhafter Weise mit dem elektrohydraulischen Steuermodul kombiniert werden. Die Kraftfahrzeugbremsanlage ist daher einfach, flexibel und kostengünstig aufgebaut.

[0030] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nun anhand der beigefügten schematischen Zeichnungen näher erläutert, von denen

[0031] [Fig. 1](#) eine regenerativ arbeitende Kraftfahrzeugbremsanlage mit einem elektrohydraulischen Steuermodul gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung in einer Lösestellung zeigt,

[0032] [Fig. 2](#) die in der [Fig. 1](#) dargestellte Kraftfahrzeugbremsanlage mit einem elektrohydraulischen Steuermodul in einer regenerativen Bremsphase mit-

tels eines elektrischen Generators zeigt,

[0033] **Fig. 3** die in der **Fig. 1** dargestellte Kraftfahrzeugbremsanlage mit einem elektrohydraulischen Steuermodul in einer "Brake Blending"-Phase zeigt,

[0034] **Fig. 4** eine regenerativ arbeitende Kraftfahrzeugbremsanlage mit einem elektrohydraulischen Steuermodul gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung in einer Lösestellung zeigt,

[0035] **Fig. 5** eine regenerativ arbeitende Kraftfahrzeugbremsanlage mit einem elektrohydraulischen Steuermodul gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung in einer Lösestellung zeigt, und

[0036] **Fig. 6** eine regenerativ arbeitende Kraftfahrzeugbremsanlage mit einem elektrohydraulischen Steuermodul gemäß einer vierten Ausführungsform der Erfindung in einer Lösestellung zeigt.

[0037] **Fig. 1** zeigt eine regenerativ arbeitende Kraftfahrzeugbremsanlage **10** mit einem konventionellen Bremsgerät **12**, das einen Bremskraftverstärker **14** sowie einen dem Bremskraftverstärker **14** nachgeschalteten Hauptbremszylinder **16** umfasst. Das Bremsgerät **12** ist durch eine über ein Bremspedal in das Bremsgerät **12** eingeleitete Betätigungskraft **F** betätigbar.

[0038] Der Hauptbremszylinder **16** des Bremsgeräts **12** ist in Form eines Tandem-Hauptbremszylinders aufgebaut und weist in den Figuren nicht gezeigte erste und zweite Druckkammern auf. Die erste Druckkammer des Hauptbremszylinders **12** ist über einen ersten Bremskreis **I** und eine konventionelle Radschlupfregelung **18** mit den Vorderrädern eines Kraftfahrzeugs zugeordneten Radbremsseinheiten **20a**, **20b** verbunden. Die zweite Druckkammer des Hauptbremszylinders **16** ist über einen zweiten Bremskreis **II** und die Radschlupfregelung **18** mit den Hinterrädern des Kraftfahrzeugs zugeordneten Radbremsseinheiten **20c**, **20d** verbunden.

[0039] Die modular aufgebaute Kraftfahrzeugbremsanlage **10** umfasst ferner ein zwischen dem Bremsgerät **12** und der Radschlupfregelung **18** angeordnetes elektrohydraulisches Steuermodul **22**. Darüber hinaus ist in der Bremsanlage **10** neben den eine primäre Verzögerungseinrichtung bildenden hydraulisch betätigbaren Radbremsseinheiten **20a**, **20b**, **20c**, **20d** eine in den Figuren nicht gezeigte sekundäre Verzögerungseinrichtung vorgesehen, die durch einen mit einem Antriebsstrang des Kraftfahrzeugs koppelbaren elektrischen Generator gebildet wird. Mit Hilfe des elektrohydraulischen Steuermoduls **22** kann die Bremsanlage **10** entweder rein regenerativ, rein hydraulisch oder in einem "Brake Blending"-Betrieb arbeiten, in dem die Bremseingriffe schrittweise durch die primäre Verzögerungseinrich-

tung, das heißt die hydraulischen Radbremsseinheiten **20a**, **20b**, **20c**, **20d** übernommen werden.

[0040] Das elektrohydraulische Steuermodul **22** umfasst eine in den ersten Bremskreis **I** integrierte erste Fluidleitung **24**. Die erste Fluidleitung **24** ist mit einer ersten Druckkammer **26** eines FluidzwischenSpeichers **28** verbunden. Die erste Druckkammer **26** des FluidzwischenSpeichers **28** ist durch einen ersten Kolben **30** von einer zweiten Druckkammer **32** des FluidzwischenSpeichers **28** getrennt. In der ersten Fluidleitung **24** ist ferner ein erstes elektromagnetisches Umschaltventil **34** angeordnet, das in einer geöffneten Stellung die erste Druckkammer **26** des FluidzwischenSpeichers **28** über die Radschlupfregelung **18** mit den Radbremsseinheiten **20a**, **20b** verbindet und in einer geschlossenen Stellung die erste Druckkammer **26** des FluidzwischenSpeichers **28** von der Radschlupfregelung **18** und damit von den Radbremsseinheiten **20a**, **20b** trennt.

[0041] Eine zweite Fluidleitung **36** ist an einem ersten Ende mit der zweiten Druckkammer **32** des FluidzwischenSpeichers **28** und an einem zweiten Ende mit einem drucklosen Fluidvorratsbehälter **38** verbunden. In der zweiten Fluidleitung **36** ist ein zweites elektromagnetisches Umschaltventil **40** angeordnet, das in einer geöffneten Stellung die zweite Druckkammer **32** des FluidzwischenSpeichers **28** mit dem Fluidvorratsbehälter **38** verbindet und in einer geschlossenen Stellung die zweite Druckkammer **32** des FluidzwischenSpeichers **28** von dem Fluidvorratsbehälter **38** trennt.

[0042] Eine dritte Fluidleitung **42** des elektrohydraulischen Steuermoduls **22** ist in den zweiten Bremskreis **II** integriert und mit einer dritten Druckkammer **44** des FluidzwischenSpeichers **28** verbunden. Die dritte Druckkammer **44** des FluidzwischenSpeichers **28** ist durch einen zweiten Kolben **46** von der zwischen der ersten und der dritten Druckkammer **26**, **44** angeordneten zweiten Druckkammer **32** getrennt. In der dritten Fluidleitung **42** ist ferner ein drittes elektromagnetisches Umschaltventil **48** angeordnet, dass in einer geöffneten Stellung die dritte Druckkammer **44** des FluidzwischenSpeichers **28** mit der Radschlupfregelung **18** und somit den Radbremsseinheiten **20c**, **20d** verbindet und in einer geschlossenen Stellung die dritte Druckkammer **44** des FluidzwischenSpeichers **28** von der Radschlupfregelung **18** und somit den Radbremsseinheiten **20c**, **20d** trennt.

[0043] In der zweiten Druckkammer **32** des FluidzwischenSpeichers **28** ist eine Rückstellfeder **50** angeordnet, deren erstes Ende sich an dem ersten Kolben **30** und deren zweites Ende sich an dem zweiten Kolben **46** abstützt. Durch die Kraft der Rückstellfeder **50** werden der erste und der zweite Kolben **30**, **46** des FluidzwischenSpeichers **28** in die in der **Fig. 1**

gezeigte Ruhestellung vorgespannt.

[0044] Ein Wegsensor **52** ist mit dem ersten Kolben **30** des FluidzwischenSpeichers **28** verbunden, um im Betrieb der Bremsanlage **10** eine Verschiebung des ersten Kolbens **30** in dem FluidzwischenSpeicher **28** zu erfassen. Ein erster Drucksensor **54** dient der Erfassung des Drucks in der zweiten Druckkammer **32** des FluidzwischenSpeichers **28**. Ein zweiter Drucksensor **56** ist stromabwärts von dem ersten Umschaltventil **34** mit der ersten Fluidleitung **24** verbunden, um einen Hydraulikdruck in der ersten Fluidleitung **24** zu messen. Die Signale des Wegsensors **52** und der Drucksensoren **54**, **56** werden einer in den Figuren nicht gezeigten übergeordneten elektronischen Steuereinheit zugeführt.

[0045] Das elektrohydraulische Steuermodul **22** umfasst ferner eine vierte Fluidleitung **58**, in der eine Motor/Pumpenanordnung **60** angeordnet ist. Eine Saugseite der Motor/Pumpenanordnung **60** ist mit dem Fluidvorratsbehälter **38** verbunden, so dass die Motor/Pumpenanordnung **60** im Betrieb Hydraulikfluid aus dem Fluidvorratsbehälter **38** in die zweite Druckkammer **32** des FluidzwischenSpeichers **28** fördern kann.

[0046] Bei dem in der [Fig. 1](#) gezeigten Steuermodul **22** mündet die vierte Fluidleitung **58** zwischen der zweiten Druckkammer **32** des FluidzwischenSpeichers **28** und dem zweiten Umschaltventil **40** in die zweite Fluidleitung **36**. Dadurch kann auf eine separate Verbindung der vierten Fluidleitung **58** mit der zweiten Druckkammer **32** des FluidzwischenSpeichers **28** verzichtet werden.

[0047] Schließlich ist eine zusätzliche Bypassleitung **62** zur Verbindung der vierten Fluidleitung **58** mit der zweiten Fluidleitung **36** vorgesehen. In der Bypassleitung **62** sowie stromabwärts von der Motor/Pumpenanordnung **60** in der vierten Fluidleitung **58** angeordnete Rückschlagventile **64**, **66** stellen eine definierte Fluidstömung durch die zweite und die vierte Fluidleitung **36**, **58** sicher und sorgen dafür, dass der gegebenenfalls in diesen Fluidleitungen **36**, **58** vorliegende Druck nicht permanent auf der Motor/Pumpenanordnung **60** lastet.

[0048] Im Folgenden wird die Funktionsweise der Kraftfahrzeugbremsanlage **10** erläutert. Bei der regenerativ arbeitenden Kraftfahrzeugbremsanlage **10** ist es erwünscht, bei Erfassung eines Fahrerbremswunschs zur Erzielung kleiner bis mittlerer Fahrzeugverzögerungswerte zunächst die von dem elektrischen Generator aufgebrachte Bremswirkung zu nutzen. Der Ansteuerzustand des elektrohydraulischen Steuermoduls **22** während einer rein regenerativen Bremsphase ist in [Fig. 2](#) dargestellt.

[0049] Bei einer Bremsbetätigung wird vom Fahrer

über das Bremspedal eine Betätigungskraft F in das Bremsgerät **12** eingeleitet, woraufhin sich in den Druckkammern des Hauptbremszylinders **12** in bekannter und daher nicht näher erläuterter Art und Weise ein Hydraulikdruck aufbaut. In Folge des Druckaufbaus in den Druckkammern des Hauptbremszylinders **16** strömt Hydraulikfluid über die erste und die dritte Fluidleitung **24**, **42** in der erste und die dritte Druckkammer **26**, **44** des FluidzwischenSpeichers **28**.

[0050] Im rein regenerativen Bremsbetrieb sind das erste und das dritte Umschaltventil **34**, **48** geschlossen, so dass die Fluidverbindungen zwischen der ersten bzw. der dritten Druckkammer **26**, **44** des FluidzwischenSpeichers **28** und der Radschlupfregelrichtung **18** und somit den Radbremseinheiten **20a**, **20b**, **20c**, **20d** unterbrochen sind. Das zweite Umschaltventil **40** ist dagegen geöffnet, so dass Hydraulikfluid aus der zweiten Druckkammer **32** des FluidzwischenSpeichers **28** in den Fluidvorratsbehälter **38** abgeführt werden kann.

[0051] Infolge des Druckaufbaus in der ersten Druckkammer **26** verschiebt sich der erste Kolben **30** gegen die Rückstellkraft der Feder **50** in Richtung der zweiten Druckkammer **32**, das heißt in den Figuren nach rechts. Der zweite Kolben **46** des FluidzwischenSpeichers **28** verschiebt sich infolge des Druckaufbaus in der dritten Druckkammer **44** gegen die Rückstellkraft der Feder **50** ebenfalls in Richtung der zweiten Druckkammer **32**, das heißt in den Figuren nach links. Im rein regenerativen Betrieb der Kraftfahrzeugbremsanlage **10** wirkt der FluidzwischenSpeicher **28** somit als Pedalgegenkraft-Simulationseinrichtung, während die hydraulisch betätigbaren Radbremseinheiten **20a**, **20b**, **20c**, **20d** unbetätigt bleiben.

[0052] Die vom Fahrer gewünschte Fahrzeugverzögerung wird im regenerativen Betrieb der Bremsanlage **10** ausschließlich durch den elektrischen Generator bewirkt. Die Ansteuerung des elektrischen Generator erfolgt durch die elektronische Steuereinheit entsprechend dem Fahrerbremswunsch. Der Fahrerbremswunsch wird dabei aus der mittels eines Kraftsensors erfassten, bei einem Bremsvorgang vom Fahrer auf das Bremspedal aufgebrachten Betätigungskraft sowie der von dem Wegsensor **52** erfassten Verschiebung des ersten Kolbens **30** des FluidzwischenSpeichers **28** ermittelt.

[0053] Wenn von der elektronischen Steuereinheit ermittelt wird, dass die von dem elektrischen Generator bereitgestellte Bremswirkung nicht ausreicht, um eine dem Fahrerbremswunsch entsprechende Fahrzeugverzögerung zu bewirken, steuert die elektronische Steuereinheit das Steuermodul **22** an, um zusätzlich die hydraulischen Radbremseinheiten **20a**, **20b**, **20c**, **20d** zu aktivieren. Dabei ist es wichtig,

dass während der "Brake Blending"-Phase, das heißt während der Phase, in der Bremseingriffe durch die Radbremseinheiten **20a**, **20b**, **20c**, **20d** übernommen werden, keine vom Fahrer des Fahrzeugs feststellbaren sprunghaften Änderungen der Fahrzeugverzögerung auftreten. Um dies zu erreichen, wird das elektrohydraulische Steuermodul **22** von der elektronischen Steuereinheit in den in [Fig. 3](#) gezeigten Betriebszustand versetzt.

[0054] Während der "Brake Blending"-Phase werden das erste und das dritte Umschaltventil **34**, **48** wahlweise in ihre geöffneten bzw. ihre geschlossenen Stellungen gesteuert, so dass sich in der ersten und der dritten Fluidleitung **24**, **42** ein gewünschter Hydraulikdruck aufbaut, der dann über die Radschlupfregelrichtung **18** den Radbremseinheiten **20a**, **20b**, **20c**, **20d** zugeführt wird. Der Druckaufbau in der ersten Fluidleitung **24** wird dabei mit Hilfe des zweiten Drucksensors **56** überwacht, so dass die elektronische Steuereinheit die von dem zweiten Drucksensor **56** empfangenen Signale zur weiteren Ansteuerung des Steuermoduls **22** nutzen kann.

[0055] Das in der zweiten Fluidleitung **36** angeordnete zweite Umschaltventil **40** wird ebenfalls wahlweise in seine geöffnete bzw. seine geschlossene Stellung gesteuert, so dass Fluid aus dem Fluidvorratsbehälter **38** durch die zweite Fluidleitung **36** in die zweite Druckkammer **32** des Fluidzwichenspeichers **28** zurückgeführt werden kann. Die Kraft der Rückstellfeder **50** drängt dabei den ersten Kolben **30** des Fluidzwichenspeichers **28** in Richtung der ersten Druckkammer **26**, das heißt in den Figuren nach links. Der zweite Kolben **46** des Fluidzwichenspeichers **28** wird dagegen durch die Kraft der Rückstellfeder **50** in Richtung der dritten Druckkammer **44** des Fluidzwichenspeichers **28**, das heißt in den Figuren nach rechts verschoben.

[0056] Falls erforderlich, wird zusätzlich die Motor/Pumpenanordnung **60** in Betrieb gesetzt, um Fluid aus dem Fluidvorratsbehälter **38** in die zweite Druckkammer **32** des Fluidzwichenspeichers **28** zurückzuführen. Durch diese Steuerung des Steuermoduls **22** kann somit eine schrittweise Übernahme der Bremseingriffe durch die hydraulischen Radbremseinheiten **20a**, **20b**, **20c**, **20d** erfolgen. Um sprunghafte Änderungen der Fahrzeugverzögerung zu vermeiden, wird dabei der Hydraulikdruck in den Radbremseinheiten **20a**, **20b**, **20c**, **20d** entsprechend der Verringerung der Verzögerungsleistung des Generators erhöht. Dadurch wird ein kontinuierlicher und vom Fahrer nicht bemerkbarer Übergang von einem rein regenerativen, ausschließlich durch den Generator bewirkten Bremsbetrieb zu einem hydraulischen Bremsbetrieb mit Hilfe der Radbremseinheiten **20a**, **20b**, **20c**, **20d** ermöglicht.

[0057] Im rein hydraulischen Bremsbetrieb befindet

sich das elektrohydraulische Steuermodul **22** in dem in [Fig. 1](#) gezeigten Betriebszustand, in dem das erste und das dritte Umschaltventil **34**, **48** geöffnet sind, das zweite Umschaltventil **40** dagegen geschlossen ist. In diesem Betriebszustand des Steuermoduls **22** sind der erste und der zweite Kolben **30**, **46** des Fluidzwichenspeichers **28** hydraulisch blockiert, so dass keine Verschiebung der Kolben **30**, **46** in Richtung der zweiten Druckkammer **32** des Fluidzwichenspeichers **28** möglich ist.

[0058] Die in [Fig. 4](#) gezeigte Kraftfahrzeugbremsanlage **10** unterscheidet sich von dem in den [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) gezeigten System durch die Ausgestaltung des elektrohydraulischen Steuermoduls **22**. Bei dem elektrohydraulischen Steuermodul **22** der in [Fig. 4](#) gezeigten Bremsanlage **10** wurde auf die Bereitstellung einer zusätzlichen Motor/Pumpenanordnung zur Förderung von Hydraulikfluid aus dem Fluidvorratsbehälter **38** in die zweite Druckkammer **32** des Fluidzwichenspeichers **28** verzichtet. Statt dessen sind die erste und die dritte Fluidleitung **24**, **42** mit einem in die Radschlupfregelrichtung **18** integrierten und in der [Fig. 4](#) nicht gezeigten elektromotorischen Druckerzeuger verbunden. Mit Hilfe dieses Druckerzeugers kann bei Bedarf während der "Brake Blending"-Phase Fluid aus der ersten und der dritten Druckkammer **26**, **44** des Fluidzwichenspeichers **28** in die Radbremseinheiten **20a**, **20b**, **20c**, **20d** gefördert werden. Im Übrigen entsprechen der Aufbau und die Funktionsweise der Kraftfahrzeugbremsanlage **10** gemäß [Fig. 4](#) dem Aufbau und der Funktionsweise des in den [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) dargestellten Systems.

[0059] Die in [Fig. 5](#) gezeigte Kraftfahrzeugbremsanlage **10** unterscheidet sich von der in den [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) dargestellten Anlage dadurch, dass das zweite Ende der zweiten Fluidleitung **36** nicht mit einem drucklosen Fluidvorratsbehälter sondern mit einer in das elektrohydraulische Steuermodul **22** integrierten Expanderkammer **68** verbunden ist. Die Expanderkammer **68** umfasst einen durch eine Rückstellfeder **70** vorgespannten Kolben **72** und ermöglicht die Speicherung von aus der zweiten Druckkammer **32** des Fluidzwichenspeichers **28** abgeleiteten Fluids unter erhöhtem Druck. Das in der Expanderkammer **68** aufgenommene Fluid kann somit während der "Brake Blending"-Phase besonders rasch in die zweite Druckkammer **32** des Fluidzwichenspeichers **28** zurückgeführt werden. Im Übrigen entsprechen der Aufbau und die Funktionsweise der Kraftfahrzeugbremsanlage **10** gemäß [Fig. 5](#) dem Aufbau und der Funktionsweise des in den [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) dargestellten Systems.

[0060] In [Fig. 6](#) ist schließlich eine Kraftfahrzeugbremsanlage **10** dargestellt, bei der das elektrohydraulische Steuermodul **22** eine fünfte Fluidleitung **74** umfasst. Ein erstes Ende der fünften Fluidleitung **74** mündet in die vierte Fluidleitung **58** und ist dadurch

mit der zweiten Druckkammer **32** des Fluidzwischen-speichers **28** verbunden. Ein zweites Ende der fünften Fluidleitung **74** ist mit einem in Form einer Expanderkammer ausgebildeten Druckspeicher **76** verbunden. Der Druckspeicher **76** umfasst eine Rückstellfeder **78** sowie einen durch die Kraft der Rückstellfeder **78** vorgespannten Kolben **80**.

[0061] In der fünften Fluidleitung **74** ist ein viertes elektromagnetisches Umschaltventil **82** angeordnet, das in einer geöffneten Stellung die zweite Druckkammer **32** des Fluidzwischen-speichers **28** mit dem Druckspeicher **76** verbindet und in einer geschlossenen Stellung die zweite Druckkammer **32** des Fluidzwischen-speichers **28** von dem Druckspeicher **76** trennt.

[0062] Während der "Brake Blending"-Phase kann das vierte Umschaltventil **82** geöffnet werden und dadurch eine Fluidverbindung zwischen dem Druckspeicher **76** und der zweiten Druckkammer **32** des Fluidzwischen-speichers **28** herstellen. Dadurch kann besonders rasch Fluid in die zweite Druckkammer **32** des Fluidzwischen-speichers **28** zurückgeführt werden. Infolge dessen wird ein besonders rascher Druckaufbau in der ersten und der dritten Fluidleitung **24**, **42** und damit ein besonders rasches Ansprechen der hydraulischen Radbremsen **20a**, **20b**, **20c**, **20d** ermöglicht. Im Übrigen entsprechen der Aufbau und die Funktionsweise der Kraftfahrzeugbremsanlage **10** gemäß [Fig. 6](#) dem Aufbau und der Funktionsweise des in den [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) gezeigten Systems.

Patentansprüche

1. Elektrohydraulisches Steuermodul (**22**) zur Verwendung in einer regenerativ arbeitenden Kraftfahrzeugbremsanlage (**10**), welches umfasst:

- eine erste Fluidleitung (**24**), die an einem ersten Ende mit einem Hauptbremszylinder (**16**) und an einem zweiten Ende mit mindestens einer Radbremsen-einheit (**20a**, **20b**) der Kraftfahrzeugbremsanlage (**10**) verbindbar ist,
- einen Fluidzwischen-speicher (**28**), der eine mit der ersten Fluidleitung (**24**) verbundene erste Druckkammer (**26**) sowie eine durch einen ersten Kolben (**30**) von der ersten Druckkammer (**24**) getrennte zweite Druckkammer (**32**) umfasst,
- eine zweite Fluidleitung (**36**), die an einem ersten Ende mit der zweiten Druckkammer (**32**) des Fluidzwischen-speichers (**28**) verbunden und an einem zweiten Ende mit einem Fluidspeicher (**38**; **68**) verbindbar ist,
- ein in der ersten Fluidleitung (**24**) angeordnetes erstes Ventil (**34**), das dazu eingerichtet ist, in einer geöffneten Stellung die erste Druckkammer (**26**) des Fluidzwischen-speichers (**28**) mit der mindestens einen Radbremsen-einheit (**20a**, **20b**) der Kraftfahrzeugbremsanlage (**10**) zu verbinden und in einer geschlossenen Stellung die erste Druckkammer (**26**) des

Fluidzwischen-speichers (**28**) von der mindestens einen Radbremsen-einheit (**20a**, **20b**) der Kraftfahrzeugbremsanlage (**10**) zu trennen, und

- ein in der zweiten Fluidleitung (**36**) angeordnetes zweites Ventil (**40**), das dazu eingerichtet ist, in einer geöffneten Stellung die zweite Druckkammer (**32**) des Fluidzwischen-speichers (**28**) mit dem Fluidspeicher (**38**; **68**) zu verbinden und in einer geschlossenen Stellung die zweite Druckkammer (**32**) des Fluidzwischen-speichers (**28**) von dem Fluidspeicher (**38**; **68**) zu trennen.

2. Elektrohydraulisches Steuermodul nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Wegsensor (**52**) zur Erfassung des von dem ersten Kolben (**30**) des Fluidzwischen-speichers (**28**) zurückgelegten Wegs und/oder einen ersten Drucksensor (**54**) zur Erfassung des Drucks in der zweiten Druckkammer (**32**) des Fluidzwischen-speichers (**28**).

3. Elektrohydraulisches Steuermodul nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch einen zweiten Drucksensor (**56**) zur Erfassung des Drucks in der ersten Fluidleitung (**24**).

4. Elektrohydraulisches Steuermodul nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch eine dritte Fluidleitung (**42**), die an einem ersten Ende mit dem Hauptbremszylinder (**16**) und an einem zweiten Ende mit mindestens einer Radbremsen-einheit (**20c**, **20d**) der Kraftfahrzeugbremsanlage (**10**) verbindbar ist, wobei die dritte Fluidleitung (**42**) mit einer dritten Druckkammer (**44**) des Fluidzwischen-speichers (**28**) verbunden ist, die durch einen zweiten Kolben (**46**) von der zweiten Druckkammer (**32**) des Fluidzwischen-speichers (**28**) getrennt ist, und wobei ein in der dritten Fluidleitung (**42**) angeordnetes drittes Ventil (**48**) dazu eingerichtet ist, in einer geöffneten Stellung die dritte Druckkammer (**44**) des Fluidzwischen-speichers (**28**) mit der mindestens einen Radbremsen-einheit (**20c**, **20d**) der Kraftfahrzeugbremsanlage (**10**) zu verbinden und in einer geschlossenen Stellung die dritte Druckkammer (**44**) des Fluidzwischen-speichers (**28**) von der mindestens einen Radbremsen-einheit (**20c**, **20d**) der Kraftfahrzeugbremsanlage (**10**) zu trennen.

5. Elektrohydraulisches Steuermodul nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der erste und/oder der zweite Kolben (**30**, **46**) des Fluidzwischen-speichers (**28**) durch die Kraft einer Feder (**50**) in Richtung der ersten und/oder der dritten Druckkammer (**26**, **44**) vorgespannt ist/sind.

6. Elektrohydraulisches Steuermodul nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Fluidspeicher (**38**; **68**) ein druckloser Fluidvorratsbehälter (**38**) ist.

7. Elektrohydraulisches Steuermodul nach einem

der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Fluidspeicher (38; 68) eine Expanderkammer (68) ist.

8. Elektrohydraulisches Steuermodul nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch einen in einer vierten Fluidleitung (58) angeordneten Druckerzeuger (60), der dazu eingerichtet ist, Fluid unter Druck aus dem Fluidspeicher (38, 68) in die zweite Druckkammer (32) des FluidzwischenSpeichers (28) zu fördern.

9. Elektrohydraulisches Steuermodul nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und/oder die dritte Fluidleitung (24, 42) mit einer Saugseite eines in eine Radschlupfregelrichtung (18) der Kraftfahrzeugbremsanlage (10) integrierten Druckerzeugers verbindbar ist/sind.

10. Elektrohydraulisches Steuermodul nach einem der Ansprüche 1 bis 9, gekennzeichnet durch eine fünfte Fluidleitung (74), die an einem ersten Ende mit der zweiten Druckkammer (32) des FluidzwischenSpeichers (28) und an einem zweiten Ende mit einem Druckspeicher (76) verbunden ist, wobei ein in der fünften Fluidleitung (74) angeordnetes viertes Ventil (82) dazu eingerichtet ist, in einer geöffneten Stellung die zweite Druckkammer (32) des FluidzwischenSpeichers (28) mit dem Druckspeicher (76) zu verbinden und in einer geschlossenen Stellung die zweite Druckkammer (32) des FluidzwischenSpeichers (28) von dem Druckspeicher (76) zu trennen.

11. Regenerativ arbeitende Kraftfahrzeugbremsanlage (10) mit:

- einem Hauptbremszylinder (16),
- einer Mehrzahl von hydraulisch betätigbaren Radbremsseinheiten (20a, 20b, 20c, 20d),
- einem mit einem Antriebstrang des Kraftfahrzeugs koppelbaren elektrischen Generator, und
- einem elektrohydraulischen Steuermodul (22) nach einem der Ansprüche 1 bis 10.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

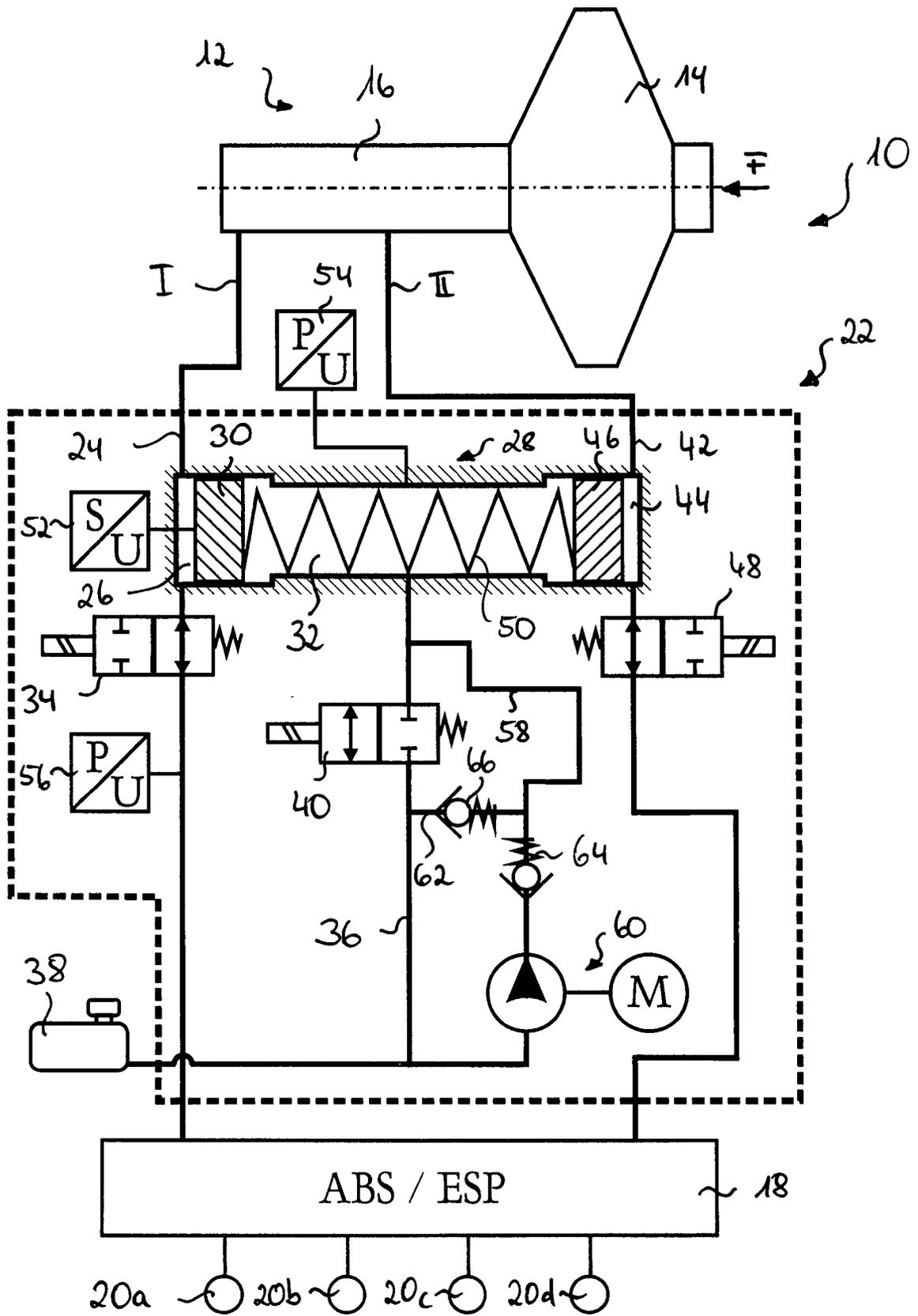


Fig. 1

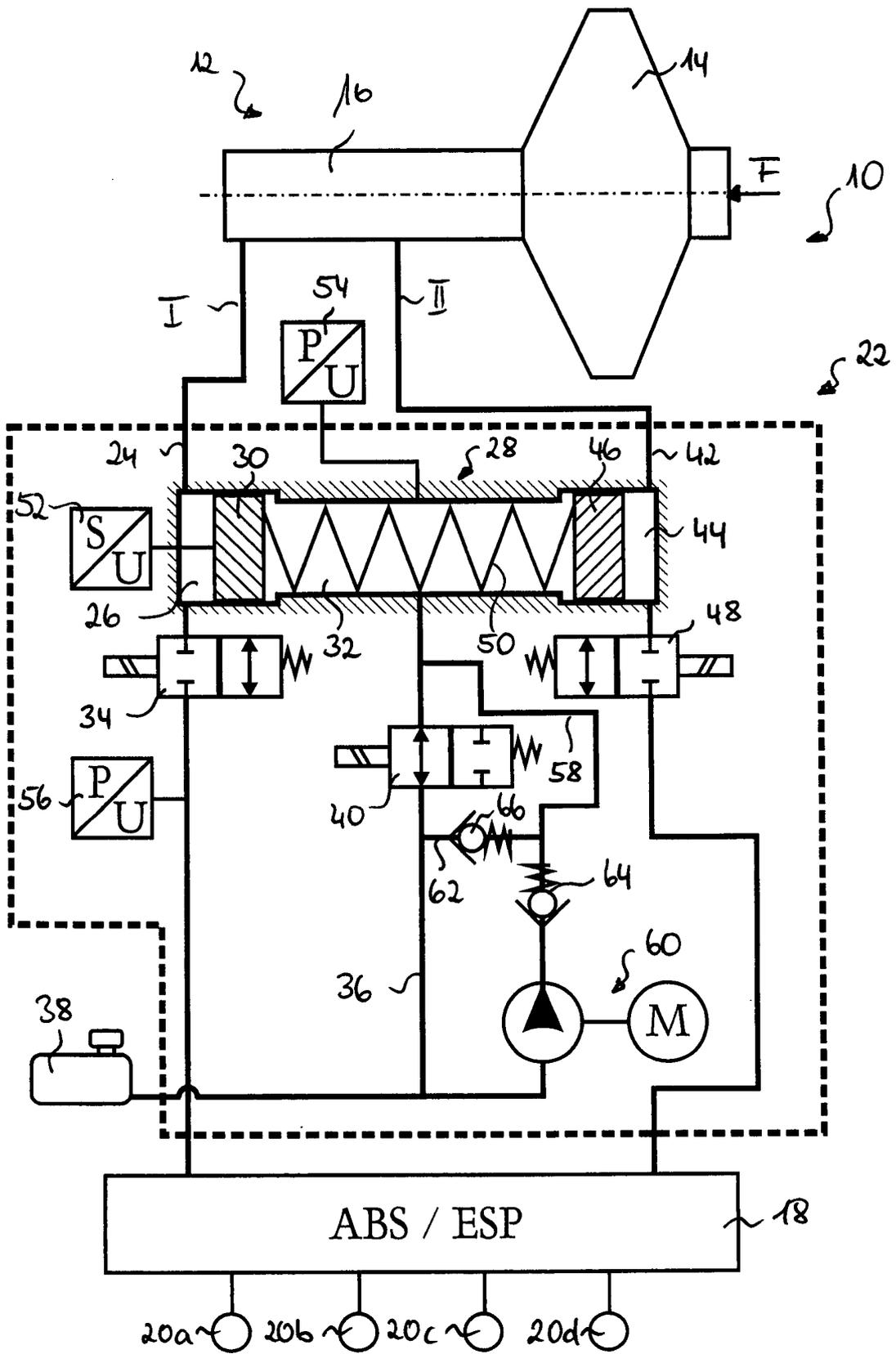


Fig. 2

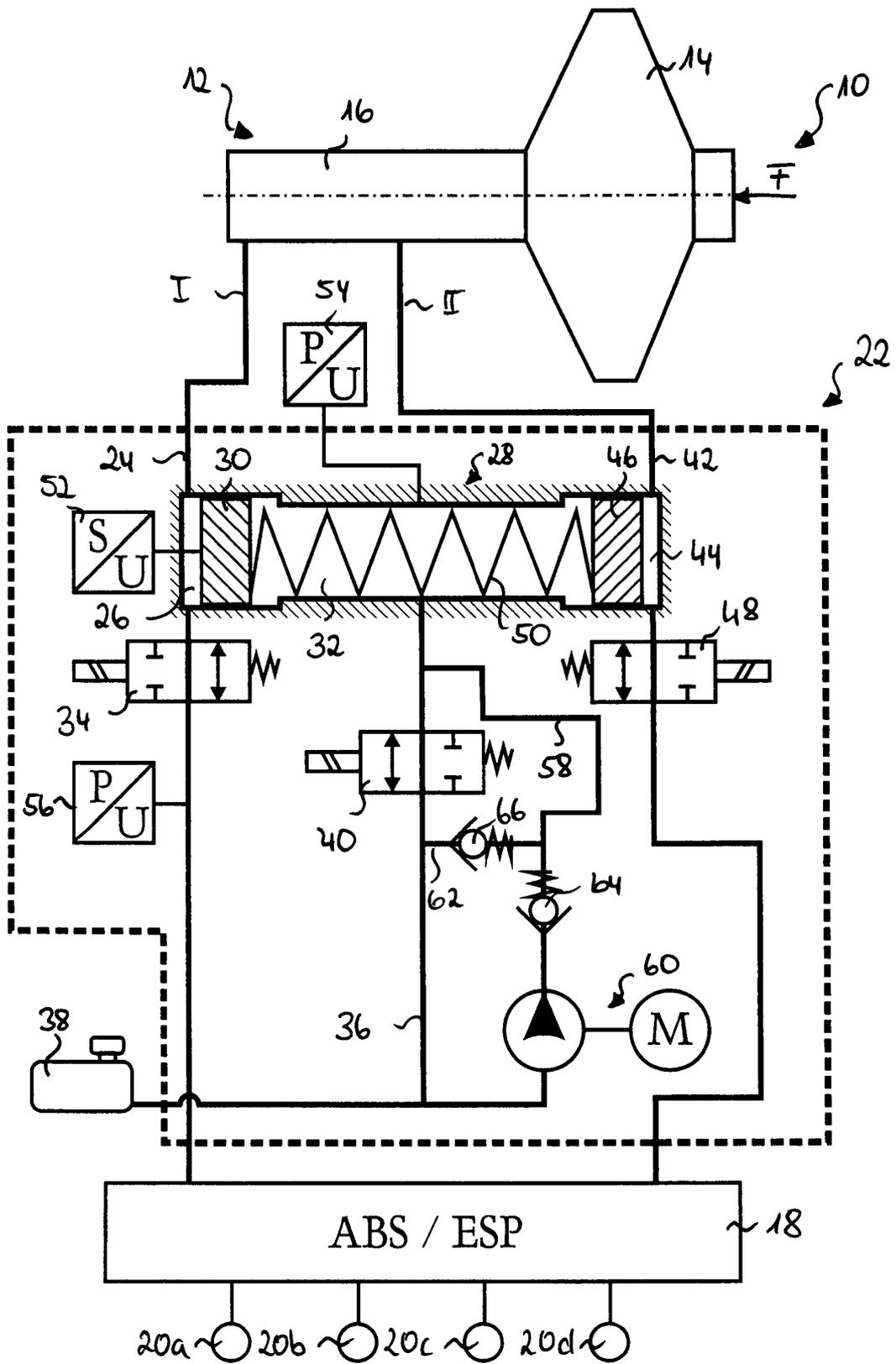


Fig. 3

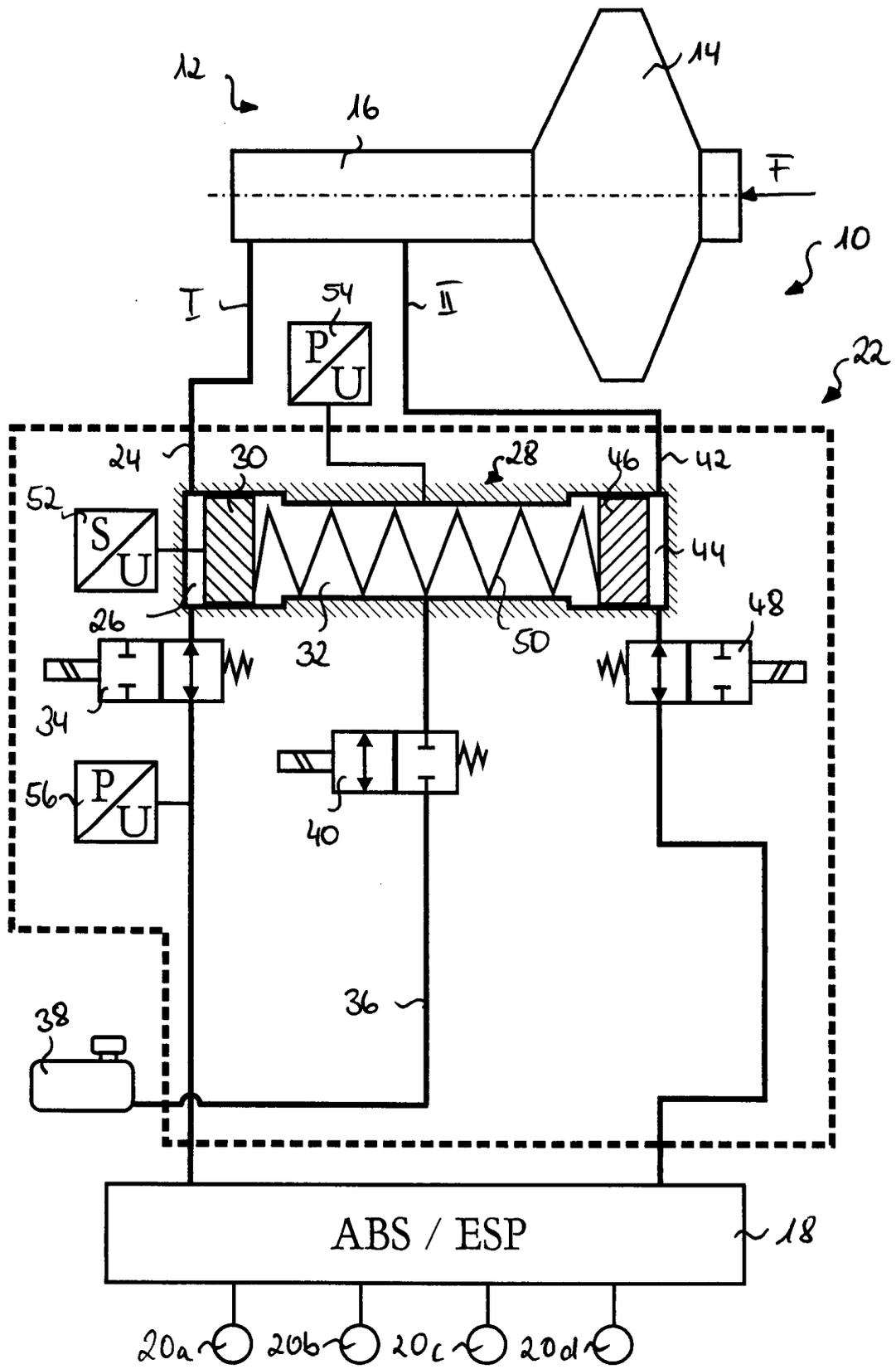


Fig. 4

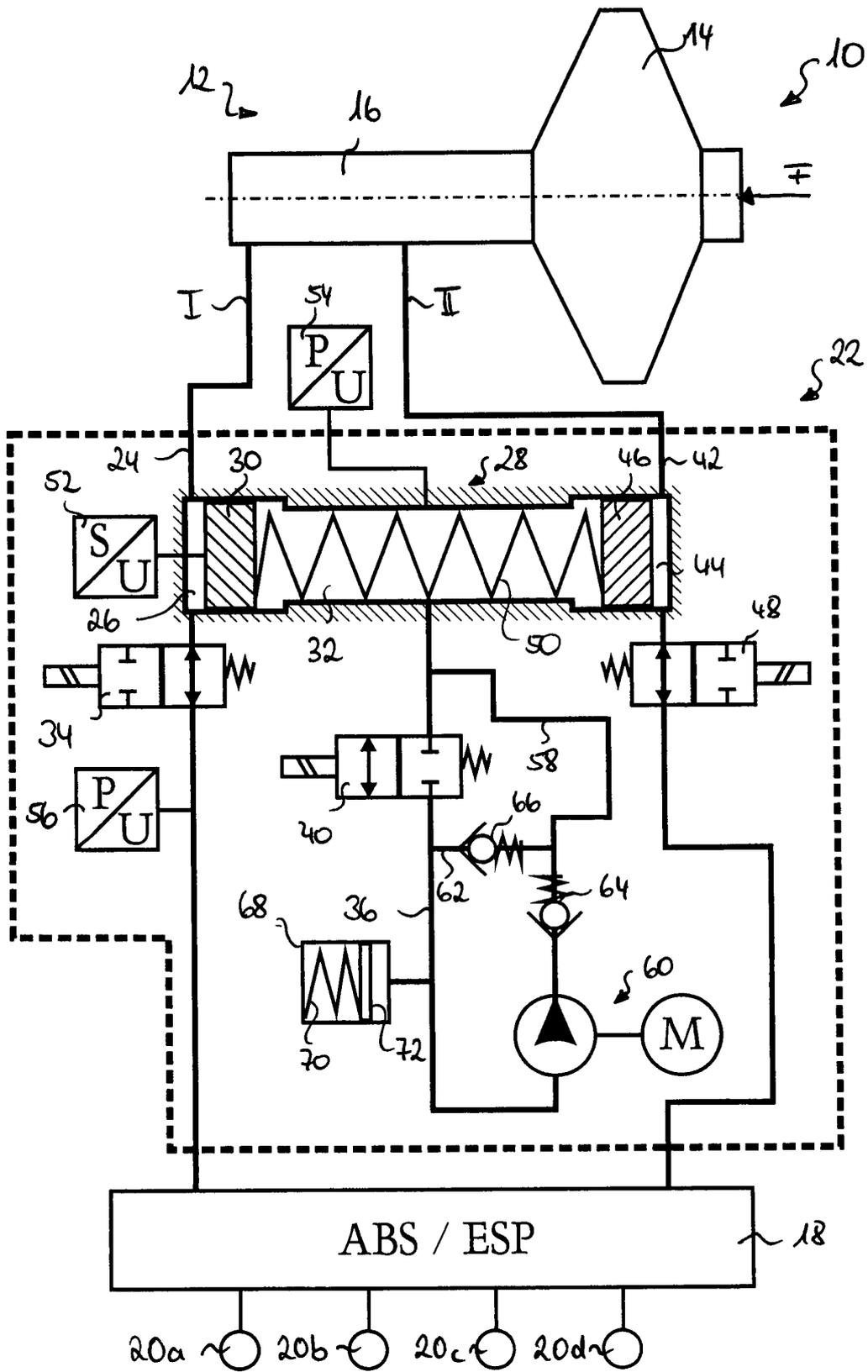


Fig. 5

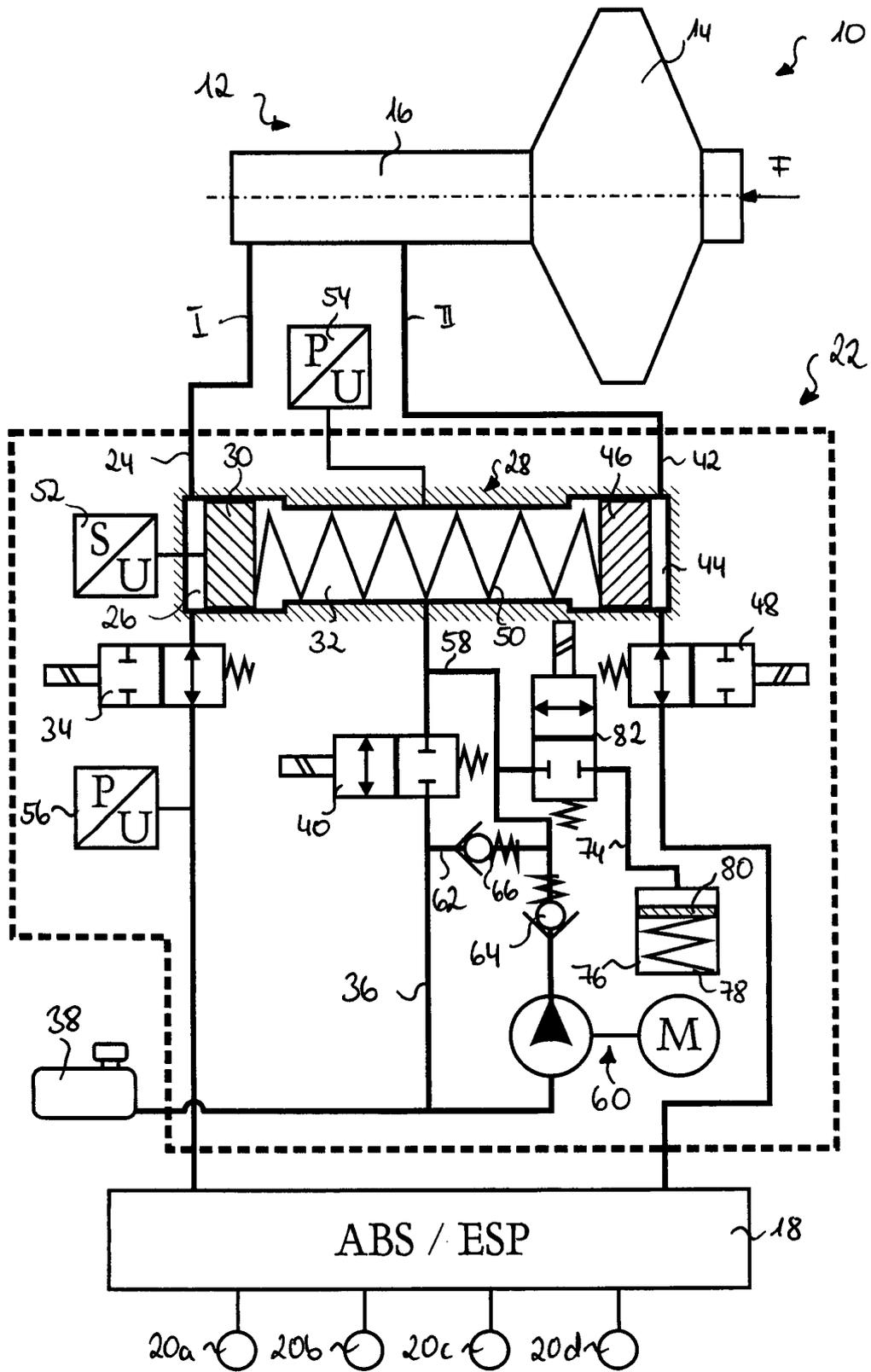


Fig. 6