



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Bremssystem mit hydraulisch betätigbaren Radbremsen, einem mit einem Bremspedal betätigbaren Hauptbremszylinder mit wenigstens einer Druckkammer, mit einer Hydraulikeinheit umfassend ein erstes Untermodul und ein zweites Untermodul, wobei jedes Untermodul eine elektronische Steuer- und Regeleinheit und eine elektrohydraulischen Druckquelle umfasst.

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

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

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

**[0005]** Die Druckbereitstellungseinrichtung in oben beschriebenen Bremssystemen wird auch als Aktuator bzw. hydraulischer Aktuator bezeichnet. Insbesondere werden Aktuatoren als Linearaktuatoren ausgebildet, bei denen zum Druckaufbau ein Kolben axial in einen hydraulischen Druckraum verschoben wird, der in Reihe mit einem Rotations-Translationsgetriebe gebaut ist. Die Motorwelle eines Elektromotors wird durch das Rotations-Translationsgetriebe in eine axiale Verschiebung des Kolbens umgewandelt.

**[0006]** Aus der DE 10 2013 204 778 A1 ist eine „Brake-by-Wire“-Bremsanlage für Kraftfahrzeuge bekannt, welche einen bremspedalbetätigbaren Tan-

demhauptbremszylinder, dessen Druckräume jeweils über ein elektrisch betätigbares Trennventil trennbar mit einem Bremskreis mit zwei Radbremsen verbunden sind, eine mit dem Hauptbremszylinder hydraulisch verbundene, zu- und abschaltbare Simulationseinrichtung, und eine elektrisch steuerbare Druckbereitstellungseinrichtung, welche durch eine Zylinder-Kolben-Anordnung mit einem hydraulischen Druckraum gebildet wird, deren Kolben durch einen elektromechanischen Aktuator verschiebbar ist, umfasst, wobei die Druckbereitstellungseinrichtung über zwei elektrisch betätigbare Zuschaltventile mit den Einlassventilen der Radbremsen verbunden ist.

**[0007]** In derartigen Bremssystemen ist gewöhnlich eine mechanische bzw. hydraulische Rückfallebene vorgesehen, durch die der Fahrer durch Muskelkraft bei Betätigung des Bremspedals das Fahrzeug abbremsen bzw. zum Stehen bringen kann, wenn die „By-Wire“-Betriebsart ausfällt oder gestört ist. Während im Normalbetrieb durch eine Pedalentkopplungseinheit die oben beschriebene hydraulische Entkopplung zwischen Bremspedalbetätigung und Bremsdruckaufbau erfolgt, wird in der Rückfallebene diese Entkopplung aufgehoben, so dass der Fahrer direkt Bremsmittel in die Bremskreise verschieben kann. In die Rückfallebene wird geschaltet, wenn mit Hilfe der Druckbereitstellungseinrichtung kein Druckaufbau mehr möglich ist.

**[0008]** Im Normalbetrieb betätigt bei einer derartigen Fremdkraftbremsanlage der Fahrer einen Pedalsimulator, wobei diese Pedalbetätigung durch Pedalsensoren erfasst wird und ein entsprechender Drucksollwert für den Linearaktuator zu Betätigung der Radbremsen ermittelt wird. Eine Bewegung des Linearactuators aus seiner Ruhelage nach vorn in den Druckraum hinein verschiebt Bremsflüssigkeitsvolumen vom Linearaktuator über die geöffneten Ventile in die Radbremsen und bewirkt somit einen Druckaufbau. Im umgekehrten Fall führt die Bewegung des Linearactuators zurück in Richtung seiner Ruhelage zu einem Druckabbau in den Radbremsen. Die Einstellung eines geforderten Systemdruckes erfolgt mit Hilfe eines geeigneten Druckreglers bzw. eines geeigneten Druckregelsystems, bei dem beispielsweise dem Druckregler ein Drehzahlregler unterlagert ist. Zur bedarfsweisen und präzisen Einstellung der geforderten Drücke ist im Bremssystem eine Druck-Volumen-Kennlinie hinterlegt, die das Verhältnis von Volumen und Druck abbildet, so dass zu jedem Volumen der zugehörige Druck ermittelt werden kann und umgekehrt.

**[0009]** Nachteilig bei einem derartigen Bremssystem ist, dass bei einem Ausfall der Druckbereitstellungseinrichtung die By-Wire-Betriebsart nicht mehr zur Verfügung steht und in eine mechanisch-hydraulische Rückfallebene geschaltet werden muss.

**[0010]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein derartiges Bremssystem dahingehend zu verbessern, dass es eine höhere Verfügbarkeit der By-Wire-Betriebsart aufweist.

**[0011]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Druckquelle des ersten Untermoduls als Linearaktuator ausgebildet ist und dass die Druckquelle des zweiten Untermoduls als Pumpeneinheit ausgebildet ist.

**[0012]** Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

**[0013]** Die Erfindung geht von der Überlegung aus, dass in elektrisch verstärkten Systemen, insbesondere aus Sicherheitsgründen, ein besonderes Augenmerk auf die Verfügbarkeit gelegt werden muss. Eine möglichst hohe Verfügbarkeit kann dadurch erreicht werden, dass das Bremssystem aus mindestens zwei voneinander unabhängigen elektrischen Energiequellen versorgt wird und außerdem die durch mögliche Ausfälle gefährdeten Komponenten wie ECUs und Aktuatoren mehrfach ausgeführt sind.

**[0014]** Wie nunmehr erkannt wurde, kann die Verfügbarkeit eines derartigen Bremssystems besonders vorteilhaft bereitgestellt werden, indem zwei unterschiedliche Druckquellen verwendet werden, nämlich ein Linearaktuator und eine Pumpe. Die beiden Druckquellen können dabei ergänzend miteinander wirken. Eine Kolbenpumpe, wie sie in ABS/ESP-Anlagen heute üblich ist, bietet die Möglichkeit, auch mit relativ geringer Motorleistung sehr hohe Drücke zu erzeugen. Darüber hinaus kann eine Pumpe kontinuierlich Volumen fördern. Die Pumpe kann während einer Druckregelung wie beispielsweise ABS das abgelassene Bremsflüssigkeitsvolumen wieder in den Systemdruckkreis zurückfördern, so dass ein Nachsaugen von Bremsflüssigkeit des Linearactuators nicht mehr notwendig ist.

**[0015]** Bevorzugt umfasst das Bremssystem vier hydraulisch betätigbare Radbremsen.

**[0016]** Vorteilhafterweise umfasst jedes der beiden Untermodule jeweils einen Fahrerdrucksensor, welcher den Fahrereingangsdruck misst, und/oder jedes der beiden Untermodule umfasst jeweils einen Aktuatordrucksensor, welcher den vom Linearaktuator bereitgestellten Systemdruck misst und/oder jedes der beiden Untermodule umfasst jeweils einen Pumpendrucksensor, welcher den von der Pumpeneinheit bereitgestellten Druck misst. Dadurch wird ermöglicht, dass bei einem Ausfall eines der beiden Untermodule das Bremssystem weiterhin im By-Wire-Modus betrieben werden kann.

**[0017]** Der Linearaktuator ist bevorzugt durch jeweils eine Aktuatorradbremsleitung mit zwei Rad-

bremsen hydraulisch verbunden, wobei die Pumpeneinheit durch jeweils eine Pumpeneinheitradbremsleitung mit zwei Radbremsen hydraulisch verbunden ist, und wobei jede der beiden Aktuatorradbremsleitungen jeweils hydraulisch trennbar durch eine Verbindungsleitung mit einer der beiden Pumpeneinheitradbremsleitungen verbunden ist. Auf diese Weise kann bei einem Ausfall einer der beiden Druckquellen die noch intakte über die entsprechenden Verbindungsleitungen in den Radbremsen Druck aufbauen, in denen im Normalfall und bei getrennter Verbindung die jetzt defekte Druckquelle Bremsdruck aufgebaut hätte.

**[0018]** Vorteilhafterweise ist in der jeweiligen Verbindungsleitung ein stromlos offenes Trennventil geschaltet, wodurch die hydraulische Trennbarkeit erreicht wird.

**[0019]** In einer bevorzugten Ausführungsform sind jeder Radbremse jeweils ein Einlassventil und ein Auslassventil zugeordnet, wobei alle Einlassventile und alle Auslassventile von beiden Steuer- und Regeleinheiten ansteuerbar sind. Bei Ausfall einer der beiden Steuer- und Regeleinheiten kann von der anderen Steuer- und Regeleinheit noch radindividuell der Druck in allen Radbremsen auf- und abgebaut werden, so dass auch Regelvorgänge wie beispielsweise ABS noch durchgeführt werden können.

**[0020]** Die jeweilige Druckkammer des Hauptbremszylinders ist bevorzugt jeweils durch ein Trennventil von den Radbremsen hydraulisch abtrennbar, wobei das jeweilige Trennventil von beiden Steuer- und Regeleinheiten ansteuerbar ist. Dadurch können auch bei dem Ausfall einer der beiden Steuer- und Regeleinheiten die Druckräume des Hauptbremszylinders von der noch intakten Steuer- und Regeleinheit hydraulisch von den Radbremsen getrennt werden, so dass das Bremssystem weiterhin im By-Wire-Modus betrieben werden kann.

**[0021]** Der Hauptbremszylinder ist vorteilhafterweise als Tandemhauptbremszylinder ausgebildet mit einem ersten Druckraum bzw. einer Primärdruckkammer und einem zweiten Druckraum bzw. einer Sekundärdruckkammer. Während die Bewegung des Primärkolbens bevorzugt über eine Kolbenstange mit der Bewegung des Bremspedals gekoppelt ist, ist der Sekundärkolben bevorzugt schwimmend gelagert.

**[0022]** Vorteilhafterweise ist ein Simulator vorgesehen mit einer hydraulischen Simulatorkammer, welche trennbar hydraulisch durch ein Simulatorventil mit einer Druckkammer des Hauptbremszylinders verbunden ist, und wobei das Simulatorventil von beiden Steuer- und Regeleinheiten ansteuerbar ist. Dadurch kann auch bei Ausfall einer der beiden Steuer- und Regeleinheiten noch von der intakten Steuer- und Regeleinheit der Simulator hydraulisch mit

dem Hauptbremszylinder verbunden werden. Die Simulator-kammer ist bevorzugt mit der Primärkammer eines Tandemhauptbremszylinders hydraulisch verbunden.

**[0023]** Zur Steuerung des Druckaufbaus durch die Pumpeneinheit ist bevorzugt wenigstens ein stromlos geschlossenes Ventil auf der Saugseite der Pumpeneinheit vorgesehen.

**[0024]** Bevorzugt sind zwei Auslassventile vorgesehen welche zwei Radbremsen zugeordnet sind und die analog ausgebildet sind, so dass das Auslassen bzw. Abführen von Druckmittel stufenlos eingestellt werden kann.

**[0025]** In Pumpeneinheitradbremsleitungen, die die Pumpeneinheit mit den Radbremsen verbinden, sind vorteilhafterweise Druckbegrenzungsventile angeordnet.

**[0026]** Die Pumpeneinheit ist bevorzugt als Mehrkolbenpumpe ausgebildet. Insbesondere umfasst sie bevorzugt zwei Pumpen, die von einem gemeinsamen Motor angetrieben werden.

**[0027]** Das Untermodul mit der Pumpeneinheit kann als optionale Erweiterung eines Bremssystems vorgesehen sein oder auch in ein Bremssystem integriert sein. In einer ersten bevorzugten Variante ist die Pumpeneinheit in einem separaten Hydraulikblock integriert und beispielsweise mechanisch an das Hauptmodul angeflanscht oder mit Hydraulikleitungen verbunden. In einer zweiten bevorzugten Variante ist die Pumpeneinheit direkt im Hydraulikblock der Haupteinheit verbaut.

**[0028]** Die Vorteile der Erfindung ergeben sich insbesondere wie folgt. Die funktionalen Stärken eines Linearaktuators sind stufenlose, geräuscharme und bedarfsweise hoch dynamische Druckstellung. Nachteilig ist jedoch die Volumenerschöpfbarkeit bei einfachwirkender Ausführung. Die Nutzung einer Pumpeneinheit bietet den Vorteil, dass hierzu kostengünstige Standard ABS/ESP-Pumpenmodule verwendet werden können.

**[0029]** Eine Kombination der Stärken der beiden Druckquellen führt zu folgenden Vorteilen des Bremssystems. Der Linearaktor kann auf geringe Maximaldrücke ausgelegt werden, da Bremsdrücke, die über bei der normalen Komfortbremsung bzw. Nutzung benötigten Drücke hinausgehen mit der Pumpe erzeugt bzw. angehoben werden können. Die Nutzung der beiden Druckquellen im Zusammenspiel mit jeweils einer getrennten ECU stellt eine hohe Redundanz der Bremsdruckerzeugung bereit mit geringem konstruktiven Aufwand im Verhältnis zur umfassenden Funktionalität. Durch doppelt ansteuerbare Modulatorventile wird eine redundante, radindivi-

duelle Druckstellung zur Verfügung gestellt. Wenn die Trennventile und das Simulatorventil von beiden ECUs ansteuerbar sind, kann bei Ausfall einer ECU durch die noch intakte ECU die By-Wire-Betriebsart des Bremssystems aufrechterhalten werden. Dadurch wird eine Redundanz der By-Wire-Bremse mit radindividueller Druckregelung bereitgestellt.

**[0030]** Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen in stark schematisierter Darstellung:

**Fig. 1** ein Bremssystem in einer ersten bevorzugten Ausführungsform;

**Fig. 2** ein Bremssystem in einer zweiten bevorzugten Ausführungsform;

**Fig. 3** ein Bremssystem in einer dritten bevorzugten Ausführungsform;

**Fig. 4** ein Bremssystem in einer vierten bevorzugten Ausführungsform;

**Fig. 5** ein Bremssystem in einer fünften bevorzugten Ausführungsform;

**Fig. 6** ein Bremssystem in einer sechsten bevorzugten Ausführungsform; und

**Fig. 7** ein Bremssystem in einer siebten bevorzugten Ausführungsform.

**[0031]** Gleiche Teile sind in allen Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen.

**[0032]** In **Fig. 1** ist ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Bremsanlage bzw. erfindungsgemäßen Bremssystems **2** dargestellt. Die Bremsanlage umfasst einen mittels eines Betätigungs- bzw. Bremspedals **6** betätigbaren Hauptbremszylinder **10**, eine mit dem Hauptbremszylinder **10** zusammenwirkende Simulationseinrichtung **14**, einen dem Hauptbremszylinder **10** zugeordneten, unter Atmosphärendruck stehenden Druckmittelvorratsbehälter **18**. Das Bremssystem **2** weist ein erstes Untermodul **12** und ein zweites Untermodul **16** auf.

**[0033]** Das erste Untermodul **12** umfasst eine elektrisch steuerbare und als Linearaktor ausgebildete Druckbereitstellungseinrichtung **20**, welche durch eine Zylinder-Kolben-Anordnung mit einem hydraulischen Druckraum **26** gebildet wird, deren Kolben **32** durch einen elektromechanischen Aktuator verschiebbar ist, eine elektrisch steuerbare Druckmodulationseinrichtung zum Einstellen radindividueller Bremsdrücke und eine elektronische Steuer- und Regeleinheit **40**.

**[0034]** Eine nicht näher bezeichnete Druckmodulationseinrichtung umfasst beispielsweise hydraulisch betätigbare Radbremsen **42**, **44**, **46**, **48** und je betätigbarer Radbremse **42** bis **48** ein, bevorzugt stromlos offenes, Einlassventil **50**, **52**, **54**, **56** und ein,

bevorzugt stromlos geschlossenes Auslassventil **60**, **62**, **64**, **66**, die paarweise über Mittenanschlüsse hydraulisch zusammengeschaltet und an die Radbremsen **42** bis **48** angeschlossen sind. Die Eingangsanschlüsse der Einlassventile **50**, **52** werden mittels Bremskreisversorgungsleitung **70** mit Drücken versorgt, die in einer „Brake-by-Wire“-Betriebsart aus einem Systemdruck abgeleitet werden, der in einer an den Druckraum **26** der Druckbereitstellungseinrichtung **20** angeschlossenen Systemdruckleitung **80** vorliegt und dem von der Druckbereitstellungseinrichtung bereitgestellten Druck entspricht.

**[0035]** In einer Rückfallebenenbetriebsart werden die Radbremsen **42-48** über hydraulische Leitungen **100**, **102** mit den Drücken des Bremsmittels aus Druckräumen **120**, **122** des Hauptbremszylinders **10** beaufschlagt. Die Ausgangsanschlüsse der Auslassventile **60** bis **66** sind über eine Rücklaufleitung (nicht dargestellt) mit dem Druckmittelvorratsbehälter **18** verbunden.

**[0036]** Der Hauptbremszylinder **10** weist in einem Gehäuse **136** zwei hintereinander angeordnete Kolben **140**, **142** auf, die jeweils die hydraulischen Druckräume **120**, **122** begrenzen. Die Druckräume **120**, **122** stehen einerseits über in den Kolben **140**, **142** ausgebildete radiale Bohrungen sowie entsprechende Druckausgleichsleitungen **150**, **152** mit dem Druckmittelvorratsbehälter **18** in Verbindung, wobei die Verbindungen durch eine Relativbewegung der Kolben **140**, **142** in dem Gehäuse **136** absperrbar sind. Die Druckräume **120**, **122** stehen andererseits mittels der hydraulischen Leitungen **100**, **102** mit den Radbremsen **42-48** in Verbindung.

**[0037]** Die Druckräume **120**, **122** nehmen nicht näher bezeichnete Rückstellfedern auf, die die Kolben **140**, **142** bei unbetätigtem Hauptbremszylinder **10** in einer Ausgangslage positionieren. Eine Kolbenstange **166** koppelt die Schwenkbewegung des Bremspedals **6** infolge einer Pedalbetätigung mit der Translationsbewegung des ersten Hauptbremszylinderkolbens **140** bzw. Primärkolbens, dessen Betätigungsweg von einem, vorzugsweise redundant ausgeführten, Wegsensor **170** erfasst wird. Dadurch ist das entsprechende Kolbenwegsignal ein Maß für den Bremspedalbetätigungswinkel. Es repräsentiert einen Bremswunsch des Fahrzeugführers bzw. dient als Größe zur Bestimmung des Bremswunsches des Fahrzeugführers. Es ist weiterhin ein, bevorzugt redundant ausgeführter, zweiter Pedalwegsensor **172** vorgesehen.

**[0038]** In den an die Druckräume **120**, **122** angeschlossenen Leitungsabschnitten **100**, **102** ist je ein Trennventil **180**, **182** angeordnet, welches als ein elektrisch betätigbares, vorzugsweise stromlos offenes, 2/2-Wegeventil ausgebildet ist. Durch die Trennventile **180**, **182** kann die hydraulische Verbindung

zwischen den Druckräumen **120**, **122** des Hauptbremszylinders **10** und den Radbremsen **42-48** abgesperrt werden. Ein an den Leitungsabschnitt **100** angeschlossener Drucksensor **188** erfasst den im Druckraum **120** durch ein Verschieben des zweiten Kolbens **140** aufgebauten Druck.

**[0039]** Die Simulationseinrichtung **14** ist hydraulisch an den Hauptbremszylinder **10** ankoppelbar und umfasst beispielsweise im Wesentlichen eine Simulatorkammer **190**, eine Simulatorfederkammer **194** sowie einen die beiden Kammern **190**, **194** voneinander trennenden Simulatorkolben **198**. Der Simulatorkolben **198** stützt sich durch ein in der Simulatorfederkammer **194** angeordnetes elastisches Element (z. B. eine Feder), welches vorteilhafterweise vorgespannt ist, am Gehäuse der Simulationseinrichtung **14** ab. Die Simulatorkammer **190** ist mittels eines elektrisch betätigbaren Simulatorventils **200** mit dem ersten Druckraum **120** des Hauptbremszylinders **10** verbindbar. Bei Vorgabe einer Pedalkraft und geöffnetem Simulatorventil **200** strömt Druckmittel vom Hauptbremszylinder-Druckraum **120** bzw. der Primärdruckkammer in die Simulatorkammer **190**. Ein hydraulisch antiparallel zum Simulatorventil **200** angeordnetes Rückschlagventil **210** ermöglicht unabhängig vom Schaltzustand des Simulatorventils **200** ein weitgehend ungehindertes Zurückströmen des Druckmittels von der Simulatorkammer **190** zum Hauptbremszylinder-Druckraum **120**. Andere Ausführungen und Anbindungen der Simulationseinrichtung **14** an den Hauptbremszylinder **10** sind denkbar.

**[0040]** Die elektrisch steuerbare Druckbereitstellungseinrichtung **20** ist als eine hydraulische Zylinder-Kolben-Anordnung bzw. ein einkreisiger elektrohydraulischer Aktuator ausgebildet, deren/ dessen Druckkolben **32**, welcher den Druckraum **26** begrenzt, von einem schematisch angedeuteten Elektromotor **220** unter Zwischenschaltung eines ebenfalls schematisch dargestellten Rotations-Translationsgetriebes (beide bilden zusammen einen Aktuator), welches bevorzugt als Kugelgewindetrieb (KGT) ausgebildet ist, betätigbar ist. Ein der Erfassung der Rotorlage des Elektromotors **220** dienender, lediglich schematisch angedeuteter Rotorlagesensor ist mit dem Bezugszeichen **226** bezeichnet. Zusätzlich kann auch ein Temperatursensor **228** zum Sensieren der Temperatur der Motorwicklung verwendet werden.

**[0041]** Der durch die Kraftwirkung des Kolbens **32** auf das in dem Druckraum **26** eingeschlossene Druckmittel erzeugte Aktuatordruck wird in die Systemdruckleitung **80** eingespeist und mit einem vorzugsweise redundant ausgeführten Drucksensor **230** erfasst. Bei geöffneten Druckzuschaltventilen **240**, **242** gelangt das Druckmittel in die Radbremsen **42** bis **48** zu deren Betätigung. Durch Vor- und Zurückschieben des Kolbens **32** erfolgt so bei öff-

neten Druckzuschaltventilen **240, 242** bei einer Normalbremsung in der „Brake-by-Wire“-Betriebsart ein Radbremsdruckaufbau und -abbau für alle Radbremsen **42 bis 48**.

**[0042]** Beim Druckabbau strömt dabei das vorher aus dem Druckraum **26** in die Radbremsen **42 bis 48** verschobene Druckmittel auf dem gleichen Wege wieder in den Druckraum **26** zurück. Dagegen strömt bei einer Bremsung mit radindividuell unterschiedlichen, mit Hilfe der Einlass- und Auslassventile **50 bis 56, 60 bis 66** geregelten Radbremsdrücken (z. B. bei einer Antiblockierregelung (ABS-Regelung) ) der über die Auslassventile **60 bis 66** abgelassene Druckmittelanteil in den Druckmittelvorratsbehälter **18** und steht somit zunächst der Druckbereitstellungseinrichtung **20** zur Betätigung der Radbremsen **42 bis 48** nicht mehr zur Verfügung.

**[0043]** Das Bremssystem **2** weist das zweite Untermodul **16** auf, welches eine Pumpeneinheit **270** umfasst, die im vorliegenden Ausführungsbeispiel zwei Pumpen **272, 274** bzw. zwei Kolben aufweist, die durch einen gemeinsamen Motor **280** bedarfsweise angetrieben werden. Bevorzugt ist die Pumpeneinheit **270** als Zweikolbenpumpe ausgebildet. In anderen bevorzugten Ausführungsformen ist die Pumpeneinheit **270** als Ein- oder Dreikolbenpumpe ausgebildet. Das zweite Untermodul **16** weist eine elektronische Steuer- und Regeleinheit **284** auf. Der von der Pumpeneinheit **270** bereitgestellte Druck wird von einem, bevorzugt redundant ausgeführten, Drucksensor **290** gemessen. Über Druckzufuhrleitungen **300, 302** werden die Radbremsen **46, 48** mit Druck von der Pumpeneinheit **270** beaufschlagt, wobei in die jeweilige Druckzufuhrleitung **300, 302** jeweils ein Pumpenzuschaltventil **304, 306** geschaltet ist. Das Untermodul **16** weist eine elektronische Steuer- und Regeleinheit **284** auf, sie signaleingangsseitig mit dem Pedalwegsensor **172** verbunden ist.

**[0044]** Eine erste Verbindungsleitung **310** verbindet eine Radbremsleitung **312** der Radbremse **48** mit einer Radbremsleitung **314** der Radbremse **44**, wobei die Verbindungsleitung **310** jeweils von der Radbremse **44, 48** aus gesehen hinter dem jeweiligen Einlassventil **52, 56** mit der jeweiligen Radbremsleitung **312, 314** hydraulisch verbunden ist bzw. von ihr abzweigt. In die Verbindungsleitung **310** ist ein stromlos offenes Trennventil **320** geschaltet.

**[0045]** Eine zweite Verbindungsleitung **326** verbindet eine Radbremsleitung **330** der Radbremse **46** mit einer Radbremsleitung **334** der Radbremse **42**, wobei die Verbindungsleitung **326** jeweils von der Radbremse **44, 46** aus gesehen hinter dem jeweiligen Einlassventil **50, 54** mit der jeweiligen Radbremsleitung **330, 334** hydraulisch verbunden ist bzw. von ihr abzweigt. In die Verbindungsleitung **326** ist ein stromlos offenes Trennventil **340** geschaltet.

**[0046]** Die Einlassventile **50-56** und die Auslassventile **60-66** sind von beiden Steuer- und Regeleinheiten **40, 284** bzw. beiden ECUs ansteuerbar. Im Falle des Ausfalles einer der beiden Steuer- und Regeleinheiten **40, 284** kann die noch intakte Steuer- und Regeleinheit **40, 284** alle diese Ventile **50-56, 60-66** schalten und auf diese Weise radindividuelle Bremsdrücke einstellen.

**[0047]** Die Pumpeneinheit **270** ist saugseitig über eine Saugleitung **350** mit dem Druckmittelvorratsbehälter **18** hydraulisch verbunden. Zwischen Druckseite der Pumpeneinheit **270** und Saugleitung **350** ist eine Leitung **360** angeordnet, in die ein Druckregelventil **364** geschaltet ist.

**[0048]** Bevorzugt ist der Pedalwegsensor **170** signaleingangsseitig mit der Steuer- und Regeleinheit **40** verbunden, während der Pedalwegsensor **172** signaleingangsseitig mit der Steuer- und Regeleinheit **284** verbunden ist (oder umgekehrt).

**[0049]** Das Bremssystem **2** weist pro Radbremse **42-48** jeweils wenigstens einen Raddrehzahlsensor **380, 382, 384, 386** auf, der jeweils bevorzugt redundant ausgebildet ist. Bevorzugt sind die Raddrehzahlsensoren **380-386** signaleingangsseitig mit beiden Steuer- und Regeleinheiten **40, 284** verbunden. Auf diese Weise können Regelvorgänge wie beispielsweise ABS-Regelvorgänge von jeder der beiden ECUs durchgeführt werden. Alternativ sind alle oder eine Auswahl der Raddrehzahlsensoren **380-386** mit nur einer ECU signaleingangsseitig verbunden.

**[0050]** Die Druckregelung des Pumpenmoduls erfolgt mit Hilfe des analogen Druckregelventils **364** und dem Drucksensor **290**. Zur Abtrennung des Pumpenmoduls bzw. der Pumpeneinheit **270** und Kreistreuerung in der Rückfallebene ist das Pumpenmodul über zwei stromlos geschlossene Pumpenzuschaltventile **304, 306** an die Bremskreise angeschlossen.

**[0051]** Der Hydraulikeinheit bzw. bevorzugt Untermodul **12** sind die vier Radbremsen **42-48** zugeordnet. Des Weiteren umfasst das erfindungsgemäße Bremssystem **2** eine Betätigungseinheit in der der Hauptbremszylinder **10** und ein Bremsflüssigkeitsbehälter bzw. Druckmittelvorratsbehälter **18** mit entsprechendem Bremsflüssigkeitslevelsensor, welcher optional an eine oder beide ECUs angebunden sein kann, angeordnet sind. Außerdem sind in der Betätigungseinheit Pedalwegsensoren **170** und **172** angeordnet die jeweils mit einer der ECUs elektrisch verbunden sind. Die Pedalwegsensoren sind vorzugsweise jeweils redundant ausgeführt. Des Weiteren sind mindestens einer der ECUs die Raddrehzahlsensoren **380-386** zugeordnet. Vorzugsweise stehen die Raddrehzahlinformationen beiden ECUs zur Verfügung.

**[0052]** Vorzugsweise ist die Betätigungseinheit von der Hydraulikeinheit baulich getrennt und mit Hydraulikleitungen und entsprechenden elektrischen Sensorverbindungen verbunden. Die Betätigungseinheit kann wie bei konventionellen Bremsbetätigungen üblich am Pedal **6** angebunden werden und entsprechend wie üblich an der Fahrzeug Trennwand zwischen Fahrgast und Motorraum befestigt werden.

**[0053]** Die Hydraulikeinheit kann durch die vorzugsweise bauliche Trennung beliebig an einem geeigneten freien Raum im Fahrzeug angeordnet werden, dies bietet u. a. Vorteile für NVH und flexible Integration in das Fahrzeugpackage. Bei geschickter Anordnung der Hydraulikeinheit im Fahrzeug bzw. Motorraum und ggf. geeigneter Entkopplung bzw. Dämpfung können wahrnehmbare oder störende Geräusche der Aktuatoren, wie Ventile oder Druckerzeuger, im Fahrgastraum vermieden werden. Optional ist eine Integration in ein Ein-Box-System natürlich auch möglich. Außerdem wäre es denkbar die in **Fig. 1** beispielhaft dargestellte Pumpeneinheit **270** baulich zu trennen, um eine Geräuschübertragung zu verhindern bzw. zu mindern. Die optionalen Trennventile **320, 340** dienen zur achsweisen Kreistrengung und ermöglichen eine achsweiser Druckstellung.

**[0054]** **Fig. 2** zeigt ein Bremssystem **2** in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform, das im Wesentlichen mit dem in **Fig. 1** gezeigten Bremssystem **2** übereinstimmt. Abweichen von dem in **Fig. 1** gezeigten Bremssystem **2** ist kein Druckregelventil **364** vorgesehen. Stattdessen ist bei jeder Pumpe **272, 274** jeweils ein stromlos geschlossenes Saugpfadventil **390, 392** vorgesehen, das jeweils zwischen Saugseite der jeweiligen Pumpe **272, 274** und Druckmittelvorratsbehälter in die Saugleitung **350** geschaltet ist.

**[0055]** Eine in **Fig. 3** dargestellte bevorzugte Ausführungsform eines Bremssystems **2** entspricht im Wesentlichen der in **Fig. 2** dargestellten Ausführungsform. Sie unterscheidet sich von der in **Fig. 2** dargestellten Ausführungsform dahingehend, dass die beiden Saugpfadventile **390, 392** nicht vorgesehen sind. Zwischen Saugseite der jeweiligen Pumpe **272, 274** und Druckmittelvorratsbehälter **18** ist somit kein Ventil angeordnet. Die Auslassventile **60, 62, 64, 66** sind in dieser Ausführung als analoge Ventile ausgebildet, so dass der Pumpendruck abgebaut werden kann.

**[0056]** Bei der in **Fig. 4** dargestellten bevorzugten Ausführungsform eines Bremssystems **2** sind keine Zuschaltventile **304, 306** vorgesehen. Die Auslassventile **64, 66** sind als analoge stromlos geschlossene Radauslassventile ausgebildet.

**[0057]** Eine Druckmittelvolumenförderung der Pumpeneinheit zu den Radbremsen **46, 48** der Hinterachse wird jeweils durch ein Rückschlagventil **400, 402** ermöglicht, welches Druckmittelfluss von der der

Pumpeneinheit **270** in Richtung der Radbremsen **36, 48** ermöglicht und in entgegengesetzter Richtung sperrt. Durch ein gezieltes Öffnen der Auslassventile **64, 66** kann Druckmittel, welches aus Richtung der Pumpeneinheit **270** in Richtung der Radbremsen **46, 48** strömt, gezielt und bedarfsweise in den Druckmittelvorratsbehälter **18** abgelassen werden. Dazu kann aufgrund der analogen Ausführung der Auslassventile **46, 48** gezielt der Volumenstrom der in den Druckmittelvorratsbehälter **18** abfließenden Bremsflüssigkeit dosiert werden.

**[0058]** Bei der in **Fig. 5** dargestellten bevorzugten Ausführungsform eines Bremssystems **2** sind die Auslassventile **64, 66** analog ausgeführt. In die jeweilige Druckzufuhrleitung **300, 302** ist jeweils ein Druckbegrenzungsventil (DBV) geschaltet. Die DBVs dienen dabei als Berstschutz für die Bremsanlage.

**[0059]** Bei der in **Fig. 6** dargestellten bevorzugten Ausführungsform eines Bremssystems **2** ist in einer Verbindungsleitung **336** zwischen Druckzufuhrleitung **300** und Saugleitung **350** ein analoges, stromlos geschlossenes Pumpendruckregelventil **440** angeordnet. In einer Verbindungsleitung **338** zwischen Druckzufuhrleitung **302** und Saugleitung **350** ist ein analoges, stromlos geschlossenes Pumpendruckregelventil **442** angeordnet. Die Pumpendruckregelventile **440, 442**, sind bevorzugt von der Steuer- und Regeleinheit **284** ansteuerbar.

**[0060]** Bei der in **Fig. 7** dargestellten bevorzugten Ausführungsform eines Bremssystems **2** verbindet eine Verbindungsleitung **502** die Druckzufuhrleitung **300** mit der Saugleitung **350**, wobei in die Verbindungsleitung **502** ein analoges, stromlos offenes Druckregelventil **504** geschaltet, zu dem ein Rückschlagventil **506** seriell geschaltet ist, welches den Druckmittelfluss von der Druckzufuhrleitung **300** in Richtung der Saugleitung **350** erlaubt und in entgegengesetzter Richtung sperrt. Eine Verbindungsleitung **510** verbindet die Druckzufuhrleitung **302** mit der Saugleitung **350**, wobei in die Verbindungsleitung **510** ein analoges, stromlos offenes Druckregelventil **512** geschaltet ist, zu dem ein Rückschlagventil **514** seriell geschaltet ist, welches den Druckmittelfluss von der Druckzufuhrleitung **302** in Richtung der Saugleitung **350** erlaubt und in entgegengesetzter Richtung sperrt. Zwischen dem jeweiligen Rückschlagventil **506, 514** und der Saugleitung **350** ist ein stromlos geschlossenes Kreistrengventil **520** angeordnet, welches in der hydraulischen Rückfallebene bei einer Fahrerbetätigung des Bremspedals verhindert, dass Druckmittelvolumen aus den Druckzufuhrleitungen **300, 302** zum Druckmittelvorratsbehälter abströmt.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

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

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 102013204778 A1 [0006]

### Patentansprüche

1. Bremssystem (2) mit

- hydraulisch betätigbaren Radbremsen (42, 44, 46, 48),
- einem mit einem Bremspedal (6) betätigbaren Hauptbremszylinder (10) mit wenigstens einer Druckkammer (120, 122), insbesondere mit zwei Druckkammern,
- einer Hydraulikeinheit umfassend ein erstes Untermodul (12) und ein zweites Untermodul (16), wobei jedes Untermodul (12, 16) eine elektronische Steuer- und Regeleinheit (40, 284) und eine elektrohydraulische Druckquelle umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass

die Druckquelle des ersten Untermoduls (12) als Linearaktuator (20) ausgebildet ist und dass die Druckquelle des zweiten Untermoduls (16) als Pumpeneinheit (270) ausgebildet ist.

2. Bremssystem (2) nach Anspruch 1, wobei jedes der beiden Untermodule (12, 16) jeweils einen Fahrerdrucksensor (188) umfasst, welcher den Fahreingangsdruck misst, und/oder wobei jedes der beiden Untermodule (12, 16) jeweils einen Aktuatordrucksensor (230) umfasst, welcher den vom Linearaktuator (20) bereitgestellten Systemdruck misst und/oder wobei jedes der beiden Untermodule (12, 16) jeweils einen Pumpendrucksensor (306) umfasst, welcher den von der Pumpeneinheit (270) bereitgestellten Druck misst.

3. Bremssystem (2) nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Linearaktuator (20) durch jeweils eine Aktuatorradbremsleitung mit zwei Radbremsen (42, 44) hydraulisch verbunden ist, und wobei die Pumpeneinheit (270) durch jeweils eine Pumpeneinheitradbremsleitung (300, 302) mit zwei, insbesondere anderen, Radbremsen (46, 48) hydraulisch verbunden ist, und wobei jede der beiden Aktuatorradbremsleitungen jeweils hydraulisch trennbar durch eine Verbindungsleitung (310, 326) mit einer der beiden Pumpeneinheitradbremsleitungen verbunden ist.

4. Bremssystem (2) nach Anspruch 3, wobei in der jeweiligen Verbindungsleitung (310, 326) ein stromlos offenes Trennventil (320, 340) geschaltet ist.

5. Bremssystem (2) nach Anspruch 3 oder 4, wobei in jeder der Aktuatorradbremsleitungen ein Druckzuschaltventil (240, 242) angeordnet ist.

6. Bremssystem (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei jeder Radbremse (42-48) jeweils ein Einlassventil (50-56) und ein Auslassventil (60-66) zugeordnet sind, und wobei alle Einlassventile (50-56) und alle Auslassventile (60-66) von beiden Steuer- und Regeleinheiten (40, 284) ansteuerbar sind.

7. Bremssystem (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei jede Druckkammer (120, 122) des Hauptbremszylinders (10) jeweils durch ein Trennventil (180, 182) von den Radbremsen (42-48) hydraulisch abtrennbar ist, und wobei das jeweilige Trennventil von beiden Steuer- und Regeleinheiten (40, 284) ansteuerbar ist.

8. Bremssystem (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei ein Simulator (14) vorgesehen ist mit einer hydraulischen Simulatorkammer (194), welche trennbar hydraulisch durch ein Simulatorventil (200) mit dem Hauptbremszylinder (10) verbunden ist, und wobei das Simulatorventil (200) von beiden Steuer- und Regeleinheiten (40, 284) ansteuerbar ist.

9. Bremssystem (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei zur Steuerung des Druckaufbaus durch die Pumpeneinheit (270) wenigstens ein stromlos geschlossenes Ventil (390, 392) auf der Saugseite der Pumpeneinheit (270) vorgesehen ist.

10. Bremssystem (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei wenigstens zwei Auslassventile (64, 66), die Radbremsen (46, 48) zugeordnet sind, analog ausgebildet sind.

11. Bremssystem (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, nach wobei in Pumpeneinheitradbremsleitungen (300, 302), die die Pumpeneinheit (270) mit den Radbremsen verbinden, (46, 48) Druckbegrenzungsventile (320, 324) angeordnet sind.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

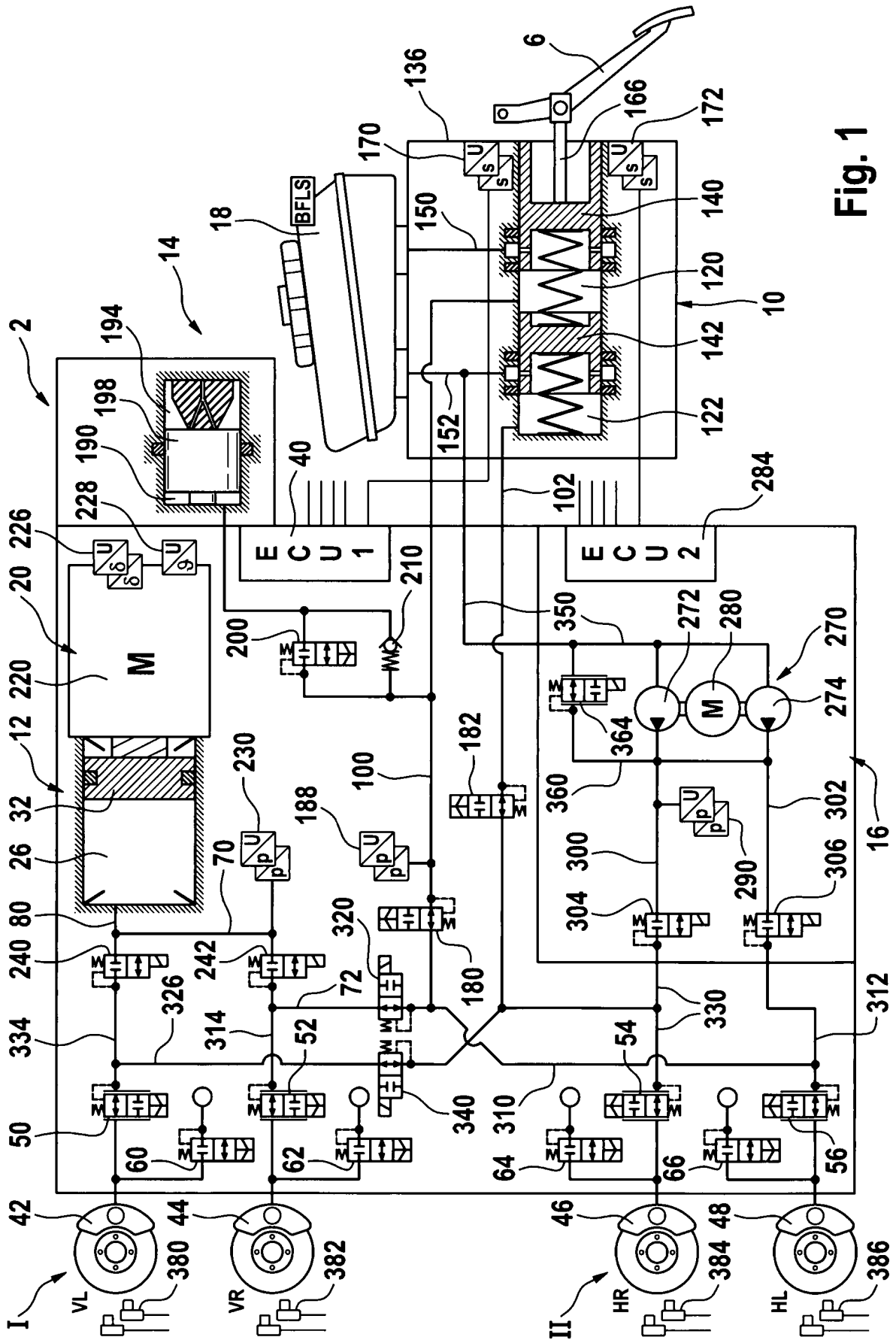


Fig. 1

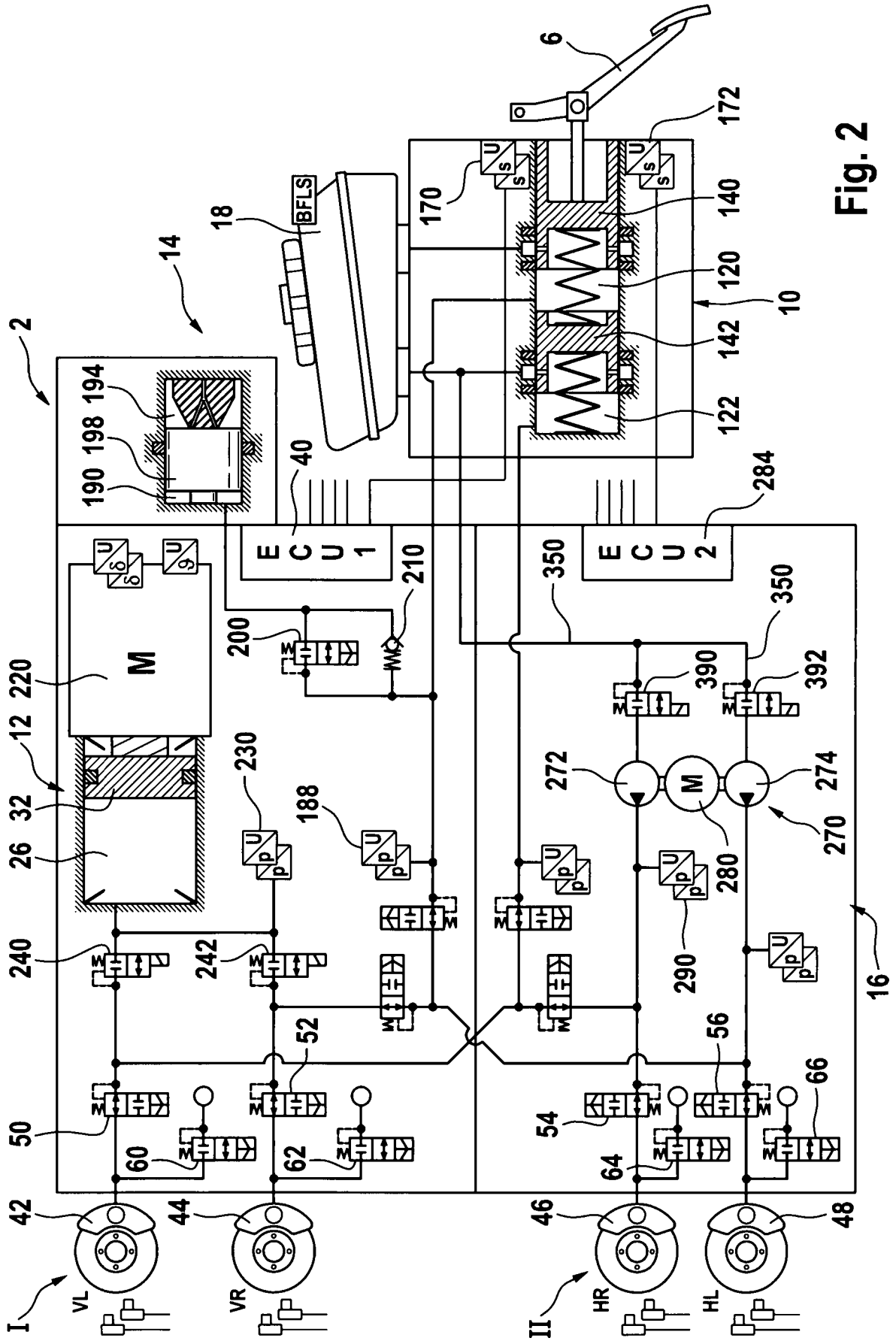


Fig. 2

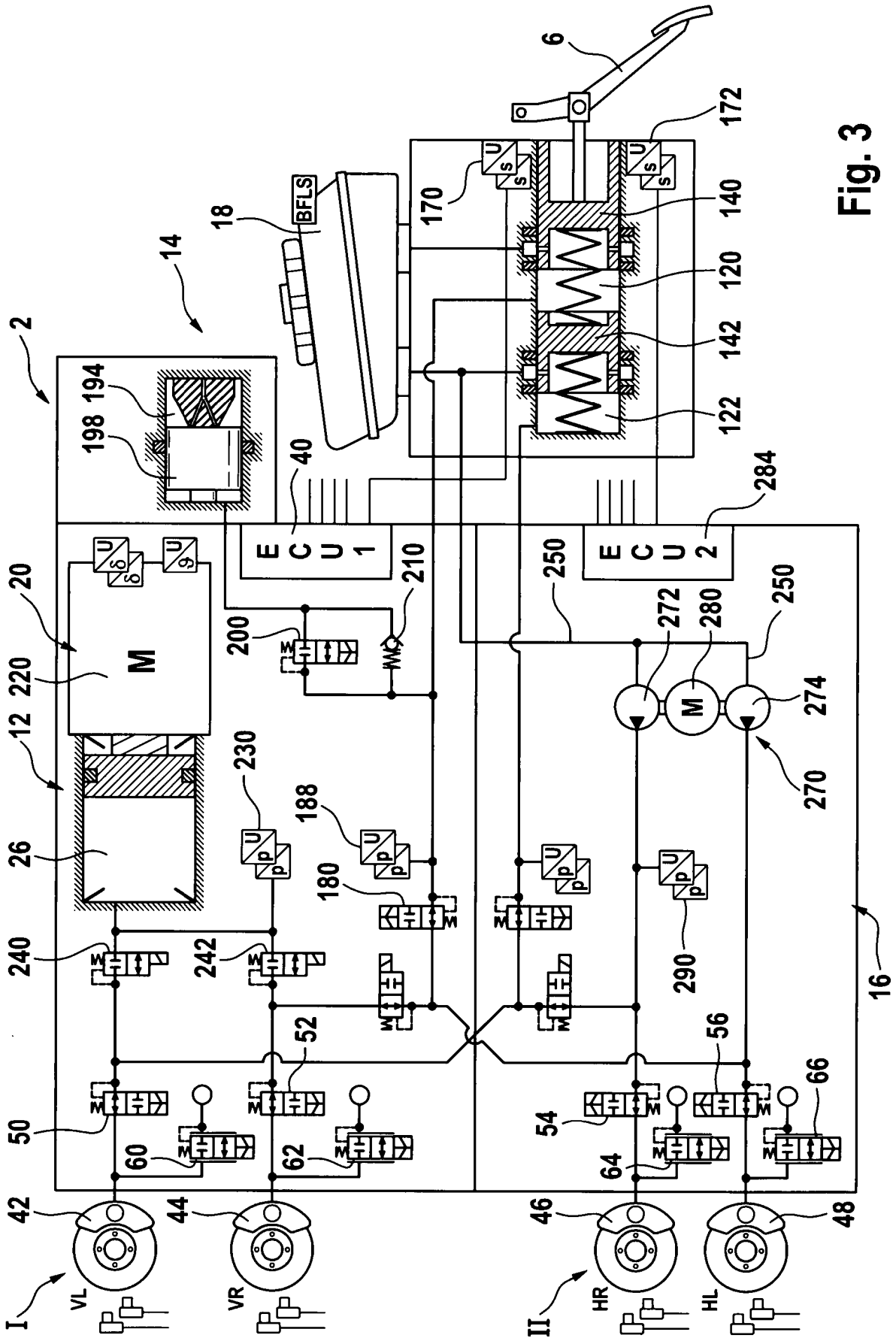


Fig. 3

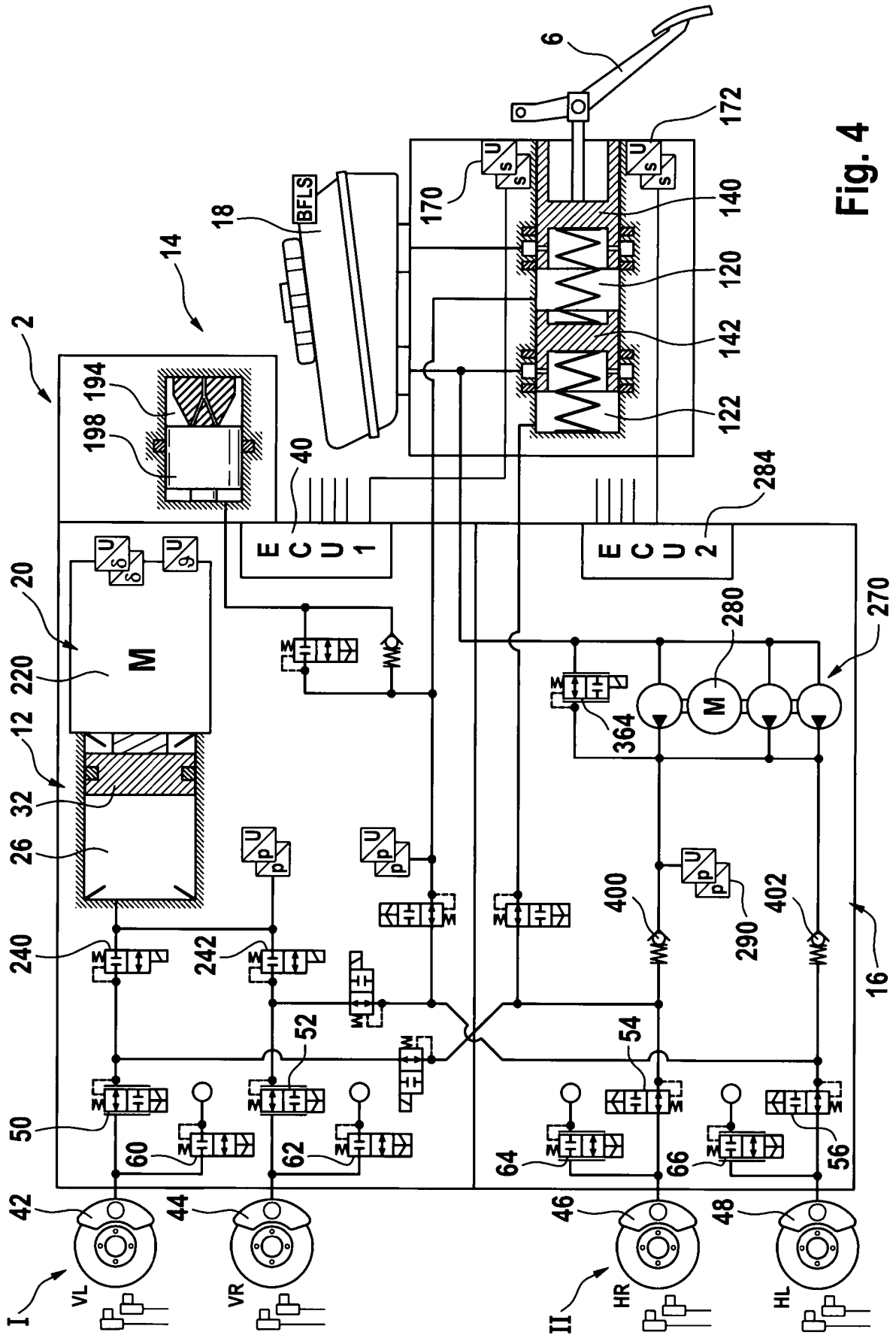


Fig. 4

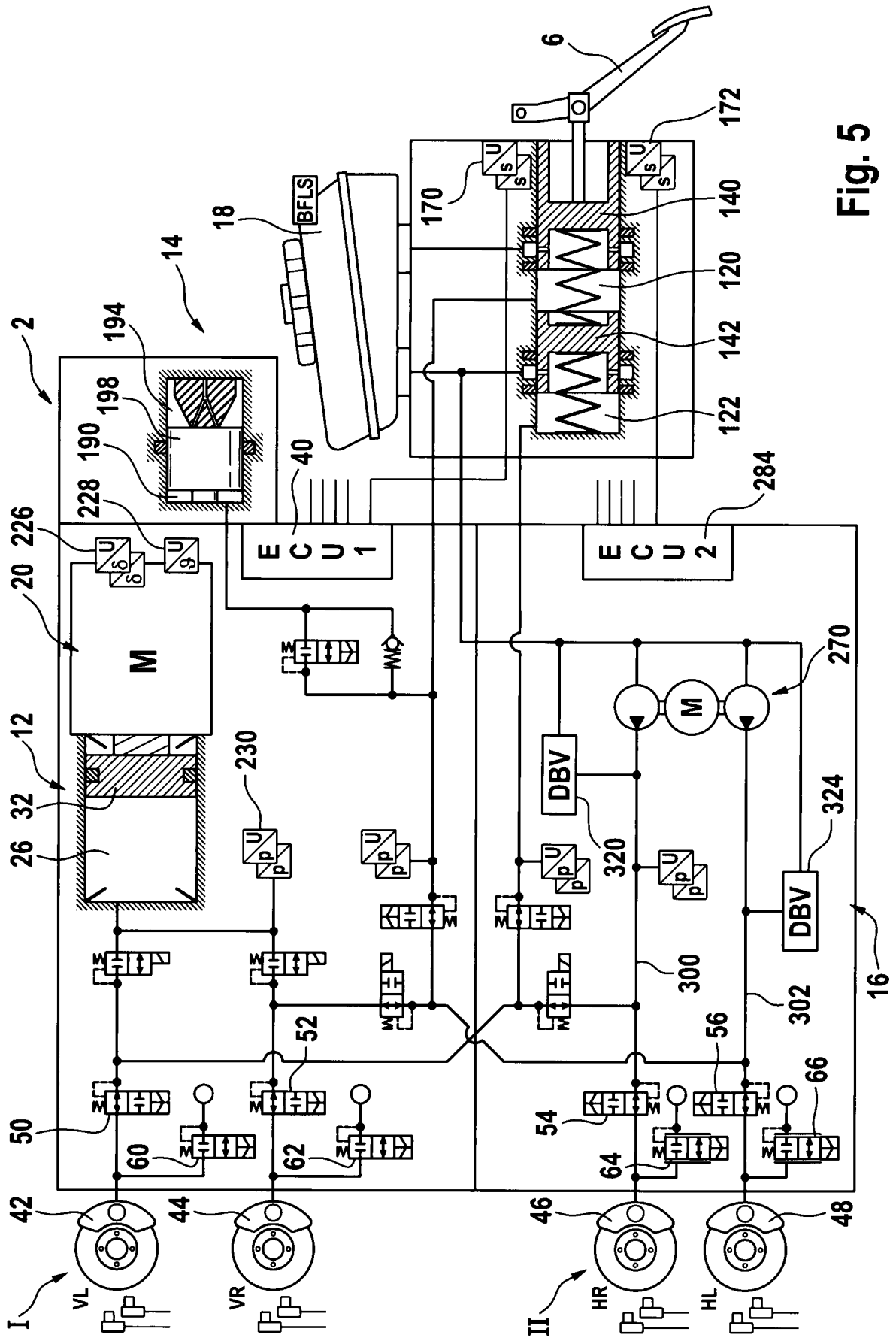


Fig. 5

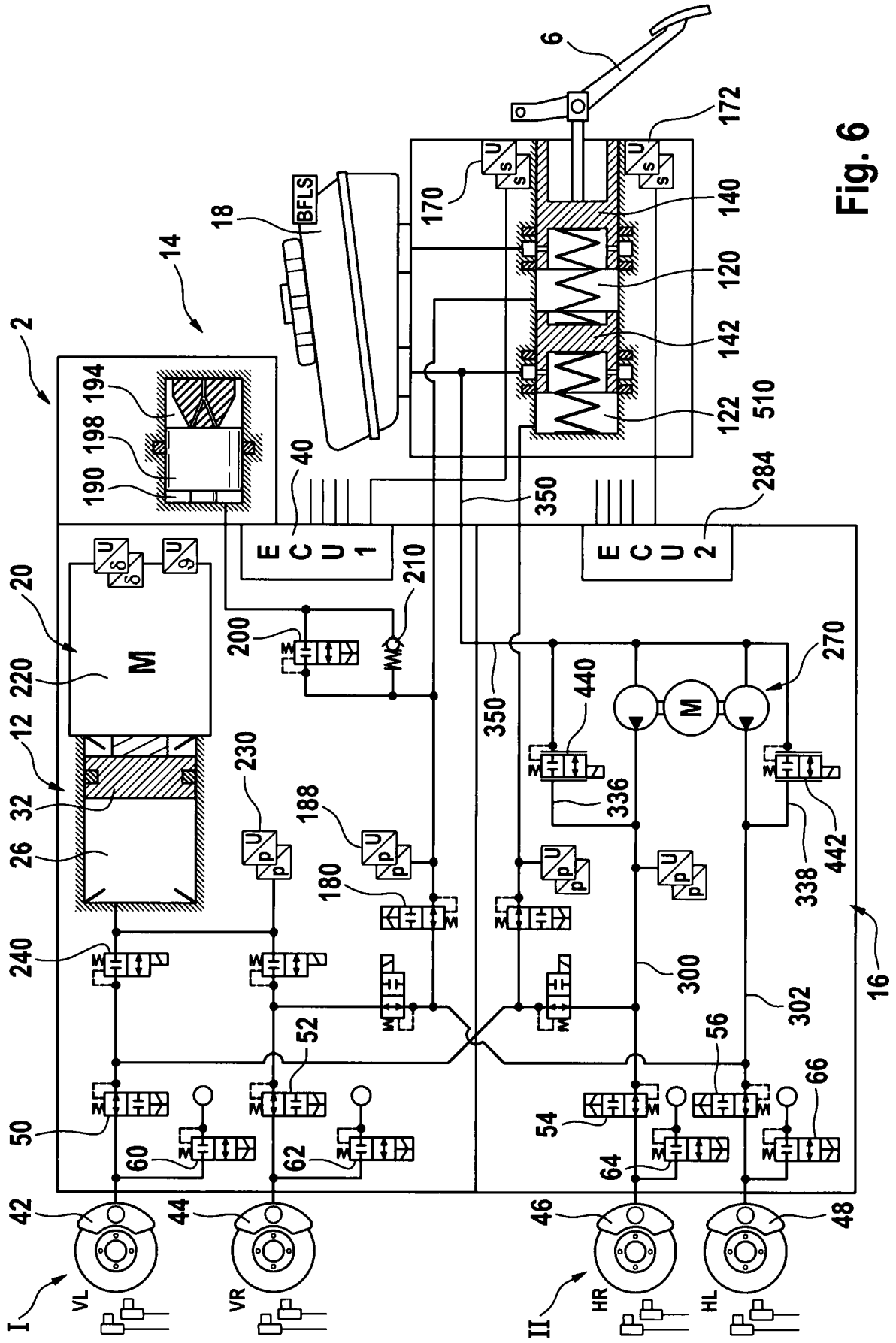


Fig. 6

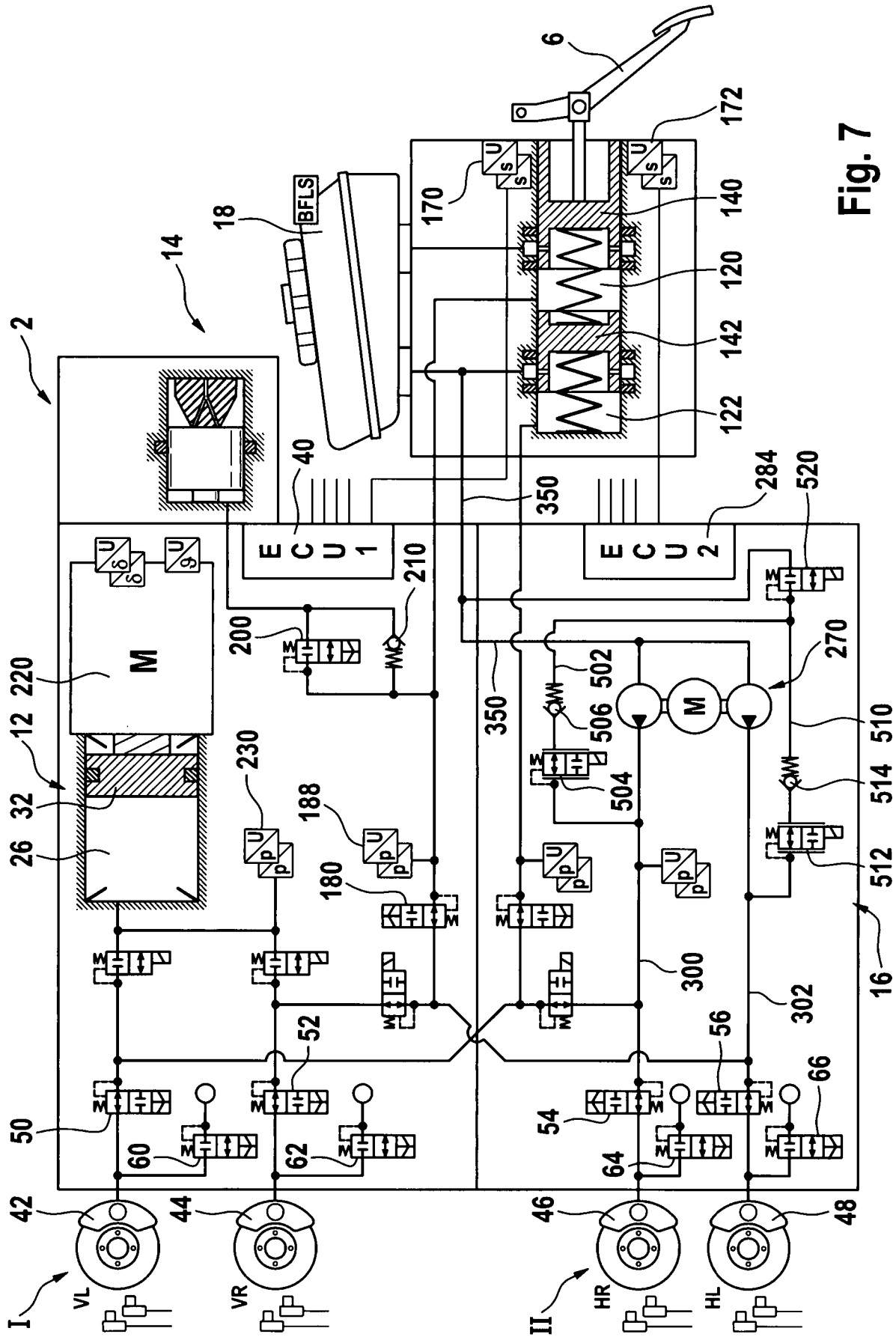


Fig. 7