

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
9. Februar 2012 (09.02.2012)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/017037 A2

(51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/063446

(22) Internationales Anmeldedatum:
4. August 2011 (04.08.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2010 038 956.0
5. August 2010 (05.08.2010) DE
10 2011 080 312.2
3. August 2011 (03.08.2011) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG** [DE/DE]; Guerickestraße 7, 60488 Frankfurt (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BESIER, Marco** [DE/DE]; Kemeler Weg 9, 65307 Bad Schwalbach (DE). **LIN-KENBACH, Steffen** [DE/DE]; Schöne Aussicht 60, 65760 Eschborn (DE). **DRUMM, Stefan A.** [DE/DE]; Burgunderstraße 18, 55291 Saulheim (DE). **SCHIEL, Lothar** [DE/DE]; An der Tann 16, 65719 Hofheim (DE).

BAYER, Ronald [DE/DE]; Schubertstraße 6, 63165 Mühlheim/Main (DE). **JUNGBECKER, Johann** [DE/DE]; Hauptstraße 60, 55576 Badenheim (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG**; Guerickestraße 7, 60488 Frankfurt (DE).

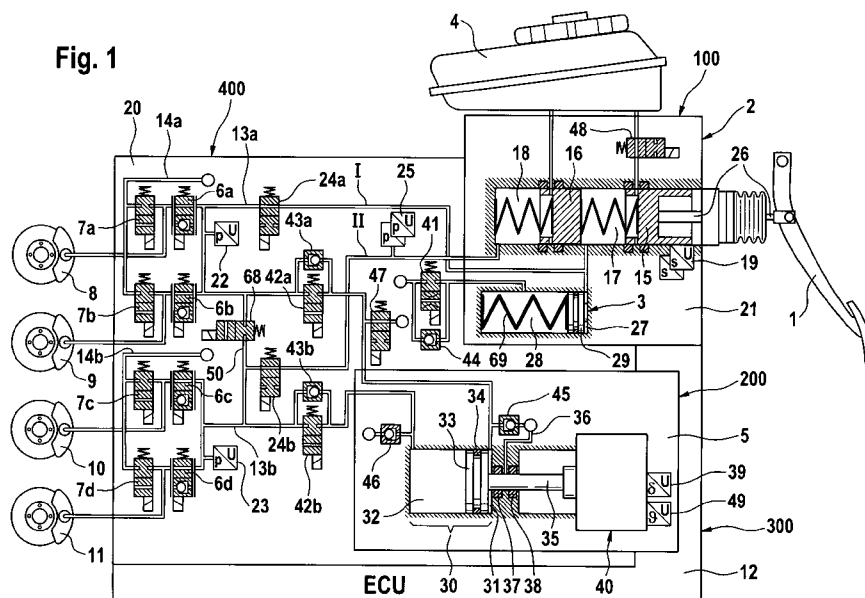
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, 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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: BRAKE SYSTEM FOR MOTOR VEHICLES

(54) Bezeichnung : BREMSANLAGE FÜR KRAFTFAHRZEUGE



(57) Abstract: The invention relates to a brake system for motor vehicles having a plurality of operating modes, which brake system can be actuated both by the vehicle driver and also independently from the vehicle driver in a preferentially used "brake-by-wire" operating mode, and can be actuated only directly by the vehicle driver in a fall-back operating mode, having a pedal decoupling unit (2) and having an electrohydraulic pressure generating device (5). To permit an uninterrupted pressure build-up by the pressure generating device (5), it is provided according to the invention that the pressure generating device (5) comprises a double-acting piston-cylinder arrangement (30).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/017037 A2



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 Bremsanlage für Kraftfahrzeuge mit mehreren Betriebsarten, die in einer vorzugsweise verwendeten "Brake-by-wire" Betriebsart sowohl vom Fahrzeugführer als auch unabhängig vom Fahrzeugführer ansteuerbar ist und in einer Rückfallbetriebsart nur direkt durch den Fahrzeugführer ansteuerbar ist, mit einer Pedalentkopplungseinheit (2) und einer elektrohydraulischen Druckbereitstellungseinrichtung (5). Um einen unterbrechungsfreien Druckaufbau durch die Druckbereitstellungseinrichtung (5) zu ermöglichen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Druckbereitstellungseinrichtung (5) eine doppelt wirkende Kolben-Zylinder-Anordnung (30) umfasst.

Bremsanlage für Kraftfahrzeuge

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Bremsanlage für Kraftfahrzeuge, die in einer "Brake-by-Wire" Betriebsart sowohl vom Fahrzeugführer als auch unabhängig vom Fahrzeugführer ansteuerbar ist, vorzugsweise in der "Brake-by-Wire" Betriebsart betrieben wird und in mindestens einer Rückfallbetriebsart betrieben werden kann, in der nur der Betrieb durch den Fahrzeugführer möglich ist, mit

- a) einem Bremspedal zum Betätigen einer Pedalentkopplungseinheit mit einem Gehäuse, zwei hintereinander angeordneten Kolben, die im Gehäuse zwei Druckkammern begrenzen, auf die bei der Betätigung der Bremsanlage durch den Fahrzeugführer eine Betätigungskraft (Pedalkraft) ausgeübt wird und die bei unbetätigtem Bremspedal von Rückstellfedern in eine Ausgangsstellung positioniert werden,
- b) einem den Druckkammern zugeordneten, unter Atmosphärendruck stehenden Druckmittelvorratsbehälter,
- c) einer Wegerfassungseinrichtung, die den Betätigungsweg des Bremspedals oder eines mit dem Bremspedal verbundenen Kolbens erfasst,
- d) einer elektronischen Steuer- und Regeleinheit, die den

- 2 -

Betätigungsweg verarbeitet,

e) einem Pedalgefühlssimulator, der in der Betriebsart „Brake-by-wire“ dem Fahrzeugführer das gewohnte Bremspedalgefühl vermittelt,

f) einer Druckmodulationseinheit, die pro Radbremse ein Einlassventil sowie ein Auslassventil zum Einstellen radindividueller Bremsdrücke aufweist, die aus einem Bremsssystemdruck abgeleitet werden,

g) mit Trennventilen zum Trennen der Druckkammern von der Druckmodulationseinheit,

sowie

h) einer an die Druckmodulationseinheit und den Druckmittelvorratsbehälter angeschlossenen elektrohydraulischen Druckbereitstellungseinrichtung, die einen Bremsssystemdruck an die Druckmodulationseinheit abgibt und zum Ausgleich ihrer Volumenbilanz aus dem Druckmittelvorratsbehälter Druckmittel nachsaugt.

Eine derartige Bremsanlage ist aus der DE 196 26 926 B4 bekannt. Als ein gravierender Nachteil der vorbekannten Bremsanlage wird die Tatsache empfunden, dass während die Druckbereitstellungseinrichtung Druckmittel nachsaugt, kein Bremsssystemdruck an die Druckmodulationseinheit abgegeben werden kann.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Bremsanlage der eingangs genannten Art dahingehend zu verbessern, dass eine kontinuierliche Abgabe von Bremsssystemdruck durch die Druckbereitstellungseinrichtung möglich

- 3 -

ist, die durch einen während der Druckabgabe möglicherweise notwendig werdenden Nachsaugprozess nicht unterbrochen wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im Hauptanspruch angegebenen technischen Merkmale gelöst. Ein Verfahren zum Betreiben der erfindungsgemäßen Bremsanlage ist im unabhängigen Patentanspruch 14 aufgeführt.

Vorteilhafte Weiterbindungen des Erfindungsgegenstandes sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die vorliegende Erfindung wird in der folgenden Beschreibung im Zusammenhang mit beiliegenden schematischen Zeichnungen an vier Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 ein hydraulisches Schaltbild eines ersten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Bremsanlage,

Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Bremsanlage in einer Fig. 1 entsprechenden schematischen Darstellung,

Fig. 3 ein drittes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Bremsanlage in einer Fig. 1 oder Fig. 2 entsprechenden schematischen Darstellung,

Fig. 4 ein viertes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Bremsanlage in einer Fig. 1, Fig. 2 oder Fig. 3 entsprechenden schematischen Darstellung.

Die in Fig. 1 dargestellte Bremsanlage besteht im Wesentli-

- 4 -

chen aus einer mittels eines Betätigungs- bzw. Bremspedals 1 betätigbaren hydraulischen Pedalentkopplungseinheit 2, einem mit der hydraulischen Pedalentkopplungseinheit 2 zusammen wirkenden Pedalgeföhlsimulator 3, einem der hydraulischen Pedalentkopplungseinheit 2 zugeordneten Druckmittelvorratsbehälter 4, einer elektrisch steuerbaren Druckbereitstellungseinrichtung 5, einer elektrisch steuerbaren Druckmodulationseinrichtung 20, die Einlass- und Auslassventile 6a-6d, 7a-7d umfasst und an deren Ausgangsanschlüsse Radbremsen 8, 9, 10, 11 eines nicht dargestellten Kraftfahrzeuges angeschlossen sind, sowie einer elektronischen Steuer- und Regeleinheit 12, die der Verarbeitung von Sensorsignalen und der Ansteuerung der elektrisch steuerbaren Komponenten dient. In der "Brake-by-Wire" Betriebsart werden die Eingangsanschlüsse der Einlassventile 6a-6d mittels Systemdruckleitungen 13a, 13b mit einem Druck versorgt, der als Systemdruck bezeichnet wird, wobei Drucksensoren 22, 23 zum Erfassen der in den Systemdruckleitungen 13a, 13b herrschenden Drücke vorgesehen sind. Die Systemdruckleitungen 13a, 13b bilden Bestandteile eines ersten sowie eines zweiten Bremskreises, die mit dem Bezugszeichen I bzw. II bezeichnet sind, wobei beispielsweise an den ersten Bremskreis I die einer Vorderachse zugeordneten Radbremsen 8, 9 und an den zweiten Bremskreis II die einer Hinterachse des Kraftfahrzeuges zugeordneten Radbremsen 10, 11 angeschlossen sind. Rücklaufleitungen 14a, 14b, die an die Ausgangsanschlüsse der Auslassventile 7a-7d angeschlossen sind, verbinden die Auslassventile 7a-7d mit dem drucklosen Druckmittelvorratsbehälter 4 (offenes System).

Wie der Fig. 1 weiterhin zu entnehmen ist, weist die hydraulische Pedalentkopplungseinheit 2, die als eine Betätigungseinheit der erfindungsgemäßen Bremsanlage angesehen werden kann, in einem (Hauptbremszylinder-)Gehäuse 21 zwei

- 5 -

hintereinander angeordnete hydraulische Kolben 15, 16 auf, die hydraulische Druckkammern 17, 18 begrenzen, die zusammen mit den Kolben 15, 16 einen zweikreisigen Hauptbremszylinder bzw. einen Tandemhauptzylinder bilden. Die Druckkammern 17, 18 stehen einerseits über in den Kolben 15, 16 ausgebildete radiale Bohrungen mit dem Druckmittelvorratsbehälter 4 in Verbindung, wobei diese Bohrungen durch eine Relativbewegung der Kolben 17, 18 im Gehäuse 21 absperrbar sind, und andererseits mit den vorhin erwähnten Systemdruckleitungen 13a, 13b, an die Eingangsanschlüsse der vorhin erwähnten Druckmodulations- bzw. Einlassventile 6a-6d angeschlossen sind. In den hydraulischen Systemdruckleitungen 13a, 13b sind je ein Trennventil 24a, 24b eingefügt, die als elektrisch betätigbare, vorzugsweise stromlos offene (SO-) 2/2-Wegeventile ausgebildet sind. Ein an den Druckraum 18 angeschlossener Drucksensor 25 erfasst den im Druckraum 18 durch ein Verschieben des zweiten Kolbens 16 aufgebauten Druck. Außerdem nehmen die Druckkammern 17, 18 nicht näher bezeichnete Rückstellfedern auf, die die Kolben 15, 16 entgegen der Betätigungsrichtung vorspannen. Eine am Bremspedal 1 angekoppelte Kolbenstange 26 wirkt dabei mit dem ersten (Hauptzylinder-)Kolben 15 zusammen, wobei der Betätigungsweg des Bremspedals 1 bzw. des mit dem Bremspedal gekoppelten Kolbens 15 von einem vorzugsweise redundant ausgeführten Wegsensor 19 erfasst wird.

Außerdem ist aus der zeichnerischen Darstellung der erfindungsgemäßen Bremsanlage ersichtlich, dass die vorhin genannte Pedalgefühlssimulatoreinrichtung 3 hydraulisch ausgeführt ist und im Wesentlichen aus einer Simulatorkammer 27, einer Simulatorfederkammer 28 mit Simulatorfeder 69 sowie einem die beiden Kammern 27, 28 voneinander trennenden Simulatorkolben 29 besteht. Dabei ist die Simulatorkammer 27 an den ersten Druckraum 17 der Tandemhauptzylinders 2 angeschlossen, während die Simulatorfederkammer 28 unter

- 6 -

Zwischenschaltung eines elektrisch betätigbaren Simulatorfreigabeventils 41 mit dem oben genannten Druckmittelvorratsbehälter 4 verbunden ist. Ein dem Simulatorfreigabeventil 41 parallel geschaltetes Rückschlagventil 44 ist an die Simulatorfederkammer 28 angeschlossen und ermöglicht unabhängig vom Schaltzustand des Simulatorfreigabeventils 41 und unabhängig von einer Drosselwirkung der hydraulischen Simulator-Abströmverbindungen ein weitgehend ungedrosseltes Einströmen des Druckmittels in die Simulatorfederkammer 28.

Weiterhin ist in der Fig. 1 erkennbar, dass die elektrohydraulische Druckbereitstellungseinrichtung 5 als eine hydraulische, doppelt wirkende Zylinder-Kolben-Anordnung 30 ausgebildet ist, deren Kolben 33 mittels einer Kraftübertragungsstange 35 von einem schematisch angedeuteten Elektromotor 40 unter Zwischenschaltung eines nicht dargestellten Rotations-Translationsgetriebes betätigbar ist. Der Elektromotor 40 sowie das Rotations-Translationsgetriebe bilden einen Linearaktuator, wobei ein der Erfassung der Rotorlage des Elektromotors 40 dienender, lediglich schematisch gezeichneter Rotorlagensensor mit dem Bezugszeichen 39 versehen ist. Weitere Sensoren, wie beispielsweise ein Temperatursensor 49, liefern der elektronischen Steuer- und Regeleinheit 12 Zustandsinformationen zum Elektromotor 40 bzw. zum Linearaktuator. Die dem Linearaktuator zugewandte Ringfläche des Kolbens 33 begrenzt einen ersten Druckraum 31, während seine in der Zeichnung nach links weisende Stirnfläche einen zweiten hydraulischen Druckraum 32 begrenzt. Die hydraulisch wirksame Querschnittsfläche des ersten Druckraums 31 ist um die Querschnittsfläche der Stange 35 vermindert, die der Kraftübertragung zwischen Linearaktuator 40 und Kolben-Zylinder-Anordnung 30 dient und die in den ersten Druckraum 31 eintaucht. Der erste Druck-

- 7 -

raum 31 ist dabei gegenüber einer schematisch angedeuteten, zum Druckmittelvorratsbehälter 4 führenden hydraulischen Anbindung 36 durch ein erstes Dichtelement 37 abgedichtet, das dazu eingerichtet ist, gegen ein Druckgefälle vom ersten Druckraum 31 zur hydraulischen Anbindung 36 abzudichten. Ein zweites Dichtelement 38 dichtet die hydraulische Anbindung 36 gegenüber dem Linearaktuator 40 ab. Ein drittes am Kolben 33 angeordnetes Dichtelement 34 dichtet den ersten Druckraum 31 gegenüber dem zweiten Druckraum 32 ab.

Außerdem stehen die beiden Druckräume 31, 32 über zum Druckmittelvorratsbehälter 4 schließende Rückschlagventile 45, 46 mit diesem in Verbindung, wobei zusätzlich zwischen dem ersten Druckraum 31 und dem Druckmittelvorratsbehälter 4 ein elektrisch betätigbares, vorzugsweise stromlos offenes (SO-) 2/2-Wegeventil 47 angeordnet ist. Fig. 1 ist schließlich zu entnehmen, dass die beiden Druckräume 31, 32 durch Öffnen von elektrisch betätigbaren Zuschaltventilen 42a, 42b, die in den vorhin erwähnten Systemdruckleitungen 13a, 13b eingefügt sind, mit den Bremskreisen I, II bzw. Eingangsanschlüssen der Einlassventile 6a-6d verbindbar sind. Dabei ist den Zuschaltventilen 42a, 42b je ein zu den Druckräumen 31, 32 schließendes Rückschlagventil 43a, 43b parallel geschaltet. Die beiden Bremskreise I, II bzw. die Systemdruckleitungen sind über eine weitere hydraulische Verbindung 50 verbunden, die mittels eines elektrisch betätigbaren, vorzugsweise stromlos geschlossenen (SG-) 2/2-Wegeventils 68 freigebbar bzw. absperrbar ist. Ergänzend ist noch zu erwähnen, dass sämtliche kreisförmigen Symbole, die beispielsweise den Leitungsabschnitten 14a, b, den Rückschlagventilen 45, 46, usw. zugeordnet werden, zum Druckmittelvorratsbehälter 4 führende hydraulische Leitungen darstellen.

- 8 -

Bei der in Fig. 2 gezeigten zweiten vorteilhaften Ausführung des erfindungsgemäßen Bremssystems sind die den Radbremsen 8-11 zugeordneten Druckmodulations-Einlassventile 60a-60d als elektrisch betätigbare, stromlos geschlossene (SG-) 2/2-Wege-Schaltventile ausgebildet, während die Auslassventile 70a-70d als analog regelbare, stromlos offene (SO-) 2/2-Wegeventile ausgebildet sind, die in der bestromten Schaltstellung die Funktion von zu den Radbremsen 8-11 hin öffnenden Rückschlagventilen erfüllen. Die Ausgangsanschlüsse der Auslassventile 70a-70d sind bremskreisweise an zum Druckmittelvorratsbehälter 4 führende Leitungsabschnitte 140a, b angeschlossen, in denen elektrisch betätigbare, stromlos geschlossene 2/2-Wegeventile 62, 63 eingefügt sind. Vor den Eingangsanschlüssen der 2/2-Wegeventile sind über die Trennventile 24a, b die Druckkammern 17, 18 des Hauptbremszylinders 2 angeschlossen. Die Druckräume 31, 32 der elektrohydraulischen Druckbereitstellungseinrichtung 5 sind über jeweils zugeordnete, zu den Druckräumen 31, 32 hin schließende Rückschlagventile 51, 52 mit einem Leitungsabschnitt 53 verbunden, an den die Druckmodulations-Einlassventile 60a-60d direkt angeschlossen sind.

Bei der in Fig. 3 gezeigten vorteilhaften Weiterbildung des Erfindungsgegenstandes sind die Druckräume 31, 32 der elektrohydraulischen Druckbereitstellungseinrichtung 5 über jeweils zugeordnete, zu den Druckräumen 31, 32 hin schließende Rückschlagventile 64, 65 mit einem Leitungsabschnitt 54 verbunden, an den über weitere, zu den Druckräumen 31, 32 hin schließende Rückschlagventile 55, 56 die Bremskreise I, II angeschlossen sind. Zwischen den Ausgangsanschlüssen der Auslassventile 7a-7d und dem Druckmittelvorratsbehälter 4 sind jeweils ein analog regelbares, stromlos geschlossenes (SG-) 2/2-Wegeventil 66, 67 geschaltet.

- 9 -

Bei der in Fig. 4 dargestellten Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Bremssystems entspricht die Ausführung der den Radbremsen 8-11 zugeordneten Druckmodulationsventile 6a-6d, 7a-7d der in Fig. 1 sowie Fig. 3 gezeigten Schaltung. Die Anbindung der Druckräume 31, 32 der elektrohydraulischen Druckbereitstellungseinrichtung 5 bzw. 30 an die Bremskreise I, II ist jedoch vorzugsweise derart getroffen, dass der erste Druckraum 31 über jeweils ein Rückschlagventil 57, 58, die antiparallel geschaltet sind, mit dem ersten (I) bzw. dem zweiten Bremskreis II verbunden ist. Dabei ist der Mittelpunkt der antiparallelen Anordnung der Rückschlagventile 57, 58 bzw. der erste Druckraum 31 über ein elektrisch betätigbares, stromlos offenes 2/2-Wegeventil 59 mit dem Druckmittelvorratsbehälter 4 verbindbar. Die Anbindung des zweiten Druckraums 32 an die beiden Bremskreise I, II erfolgt über Zuschaltventile 42c, 42d, denen jeweils ein zum Bremskreis I bzw. II hin öffnendes Rückschlagventil 61a, 61b parallel geschaltet ist. Der Rest der hydraulischen Schaltung entspricht der in Fig. 1 gezeigten Ausführung.

Abschließend sollte noch erwähnt werden, dass die in den Zeichnungen dargestellte Bremsanlage modular aufgebaut sein kann. Dabei würde am Beispiel der Fig. 1 ein erstes Modul 100 im Wesentlichen die Hauptbremszylinderanordnung 2, den Pedalwegsensoren 19, die hydraulische Pedalgefühlssimulationseinrichtung 3, den Druckmittelvorratsbehälter 4, Abschnitte der hydraulischen Leitungen 13a, 13b, sowie ggf. ein elektrisch betätigbares, stromlos offenes 2/2-Wegeventil 48 umfassen, das zwischen der ersten Druckkammer 17 und dem Druckmittelvorratsbehälter 4 geschaltet ist. Ein zweites Modul 200 wird durch den elektrohydraulischen Aktuator 5 gebildet, während ein drittes Modul 300 durch die elektronische Steuer- und Regeleinheit gebildet wird, die im vor-

- 10 -

her gehenden Text mit dem Bezugszeichen 12 bezeichnet ist. Schließlich sind sämtliche elektrisch betätigbaren Ventile 6a-6d, 7a-7d, 24a, 24b, 41, 42a, 42b, 47, 48, die Rückschlagventile 43a, 43b, 44 sowie sämtliche Drucksensoren 22, 23, 25 zu einem vierten Modul 400 zusammen gefasst, wobei alle Module 100 bis 400 als eigenständig montier- und prüfbare Einheiten aufgebaut sind.

Die Funktionsweise der erfindungsgemäßen Bremsanlage sowohl in der bevorzugten Betriebsart „Brake-by-wire“ als auch in der sog. Rückfallbetriebsart ergibt sich für den auf dem einschlägigen technischen Gebiet tätigen Fachmann aus dem Offenbarungsgehalt der vorliegenden Patentanmeldung und braucht deswegen nicht näher erläutert zu werden.

Patentansprüche:

1. Bremsanlage für Kraftfahrzeuge, die in einer "Brake-by-Wire" Betriebsart sowohl vom Fahrzeugführer als auch unabhängig vom Fahrzeugführer ansteuerbar ist, vorzugsweise in der "Brake-by-Wire"-Betriebsart betrieben wird und in mindestens einer Rückfallbetriebsart betrieben werden kann, in der nur der Betrieb durch den Fahrzeugführer möglich ist, mit
 - a) einem Bremspedal (1) zum Betätigen einer Pedalentkopplungseinheit (2) mit einem Gehäuse (21), zwei hintereinander angeordneten Kolben (15, 16), die im Gehäuse (21) zwei Druckkammern (17, 18) begrenzen, auf die bei der Betätigung der Bremsanlage durch den Fahrzeugführer eine Betätigungskraft (Pedalkraft) ausgeübt wird und die bei unbetätigtem Bremspedal (1) von Rückstellfedern in eine Ausgangsstellung positioniert werden
 - b) einem den Druckkammern (17, 18) zugeordneten, unter Atmosphärendruck stehenden Druckmittelvorratsbehälter (4),
 - c) einer Wegerfassungseinrichtung (19), die den Betätigungsweg des Bremspedals (1) oder eines mit dem Bremspedal verbundenen Kolbens (15) erfasst,
 - d) einer elektronischen Steuer- und Regeleinheit (12), die den Betätigungsweg verarbeitet,
 - e) einem Pedalgefühlssimulator (3) der in der Betriebsart „Brake-by-wire“ dem Fahrzeugführer das gewohnte Bremspedalgefühl vermittelt,
 - f) einer Druckmodulationseinheit (20), die pro Radbremse (8, 9, 10, 11) ein Einlassventil (6a-6d, 60a-60d) sowie ein Auslassventil (7a-7d, 70a-70d) zum Einstellen radindividueller Bremsdrücke aufweist, die aus dem Bremssystemdruck abgeleitet

- 12 -

werden,

- g) mit Trennventilen (24a, 24b) zum Trennen der Druckräume (17, 18) von der Druckmodulationseinheit (20), sowie
- h) einer an die Druckmodulationseinheit (20) und den Druckmittelvorratsbehälter (4) angeschlossenen elektrohydraulischen Druckbereitstellungseinrichtung (5), die den Bremssystemdruck an die Druckmodulationseinheit (20) abgibt und zum Ausgleich ihrer Volumenbilanz aus dem Druckmittelvorratsbehälter (4) Druckmittel nachsaugt,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Druckbereitstellungseinrichtung (5) eine doppelt wirkende Kolben-Zylinder-Anordnung (30) umfasst.

- 2. Bremsanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Kolben (33) der Kolben-Zylinder-Anordnung (30) zwei Druckräume (31, 32) voneinander trennt, wobei ein Druckaufbau im ersten Druckraum (31) bei einer Rückwärtsbewegung des Kolbens (33) und im zweiten Druckraum (32) bei einer Vorwärtsbewegung des Kolbens (33) erfolgt.
- 3. Bremsanlage nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kolben (33) mit mindestens einem Dichtelement (34) versehen ist, das die beiden Druckräume (31, 32) voneinander trennt und dazu eingerichtet ist, gegen ein Druckgefälle vom ersten (31) zum zweiten Druckraum (32) sowie vom zweiten (32) zum ersten Druckraum (31) abzudichten.
- 4. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrohydraulische Druckbe-

- 13 -

reitstellungseinrichtung (5) durch die Kolben-Zylinder-Anordnung (30) sowie einen die Kolben-Zylinder-Anordnung (30) betätigenden Linearaktuator (40) gebildet ist, wobei die Kraftübertragung zwischen Linearaktuator (40) und Kolben-Zylinder-Anordnung (40) mittels einer Stange (35) erfolgt, die in den ersten Druckraum (32) eintaucht.

5. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Druckraum (31) mittels einer hydraulischen Anbindung (36) mit dem Druckmittelvorratsbehälter (4) verbindbar ist, wobei der erste Druckraum (32) gegenüber der hydraulischen Anbindung (36) durch ein zweites Dichtelement (37) abgedichtet ist, das dazu eingerichtet ist, gegen ein Druckgefälle vom ersten Druckraum (31) zur hydraulischen Anbindung (36) abzudichten.
6. Bremsanlage nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein drittes Dichtelement (38) vorgesehen ist, das die hydraulische Anbindung (36) vom Linearaktuator (40) trennt.
7. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** den beiden Druckräumen (31, 32) jeweils ein Rückschlagventil (45, 46) zugeordnet ist, das ein Nachsaugen des Druckmittels aus dem Druckmittelvorratsbehälter (4) ermöglicht.
8. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Druckraum (31) über ein erstes Zuschaltventil (42a) mit einem ersten Bremskreis (I) und der zweite Druckraum (32) über ein zwei-

- 14 -

tes Zuschaltventil (42b) mit einem zweiten Bremskreis (II) verbindbar ist.

9. Bremsanlage nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine absperrbare Verbindung (50, 68) zwischen den Bremskreisen (I, II) vorgesehen ist.
10. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 2 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** sowohl der erste Druckraum (31) als auch der zweite Druckraum (32) über ein jeweils zugeordnetes Rückschlagventil (52, 53) mit einem Leitungsabschnitt (13a, 13b) verbunden ist, an den sämtliche, den Radbremsen (8, 9, 10, 11) zugeordneten Einlassventile (6a-6d) angeschlossen sind.
11. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 2 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** sowohl der erste Druckraum (31) als auch der zweite Druckraum (32) über ein jeweils zugeordnetes Rückschlagventil (64, 65) mit einem Leitungsabschnitt (54) verbunden ist, an den über jeweils ein Rückschlagventil (55, 56) die beiden Bremskreise (I, II) angeschlossen sind.
12. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 2 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Druckraum (32) über ein erstes Zuschaltventil (42c) mit dem ersten Bremskreis (I) und über ein zweites Zuschaltventil (42d) mit dem zweiten Bremskreis (II) verbindbar ist, während der erste Druckraum (31) über eine Kombination von antiparallel geschalteten Rückschlagventilen (57, 58) an beide Bremskreise (I, II) angebunden ist.
13. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch**

- 15 -

gekennzeichnet, dass der Wegsimulator (3) hydraulisch betätigbar ist und einen Simulatorkolben (29), eine Simulatorkammer (27) sowie eine von der Simulatorkammer (27) durch den Simulatorkolben (29) getrennte, eine Simulatorfeder (69) aufnehmende Simulatorfederkammer (28) aufweist, wobei die Simulatorkammer (27) mit einer der Druckkammern (17, 18) in hydraulischer Verbindung steht und die Wirkung des Wegsimulators (3) in der „Brake-by-wire“-Betriebsart mittels eines Simulatorfreigabeventils (41) zuschaltbar ist, das eine Verbindung der Simulatorfederkammer (28) mit dem Druckmittelvorratsbehälter (4) ermöglicht.

14. Verfahren zum Betrieb der Bremsanlage nach mindestens einem der Ansprüche 2 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einem Bremssystemdruckaufbau von einem Vorwärtshub des Kolbens (33) der Kolben-Zylinder-Anordnung (30) bzw. des Linearaktuators (40), in einen Rückwärtshub umgeschaltet wird, sobald das Druckmittelvolumen des zweiten hydraulischen Druckraums (32) nahezu vollständig verdrängt ist und dass bei einem Bremssystemdruckaufbau von einem Rückwärtshub des Kolbens (33) der Kolben-Zylinder-Anordnung (30) bzw. des Linearaktuators (40), in einen Vorwärtshub umgeschaltet wird, sobald das Druckmittelvolumen des ersten hydraulischen Druckraums (31) nahezu vollständig verdrängt ist.
15. Verfahren zum Betrieb der Bremsanlage nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Bedarf eines besonders hohen Bremssystemdrucks der Rückwärtshub des Kolbens (33) der Kolben-Zylinder-Anordnung (30) bzw. des Linearaktuators (40) genutzt wird, um bei betrags-

- 16 -

mäßig gleicher Aktuatorkraft durch die gegenüber der beim Vorwärtshub wirksamen geringeren Fläche des Kolbens (33) einen höheren Druck zu erzeugen.

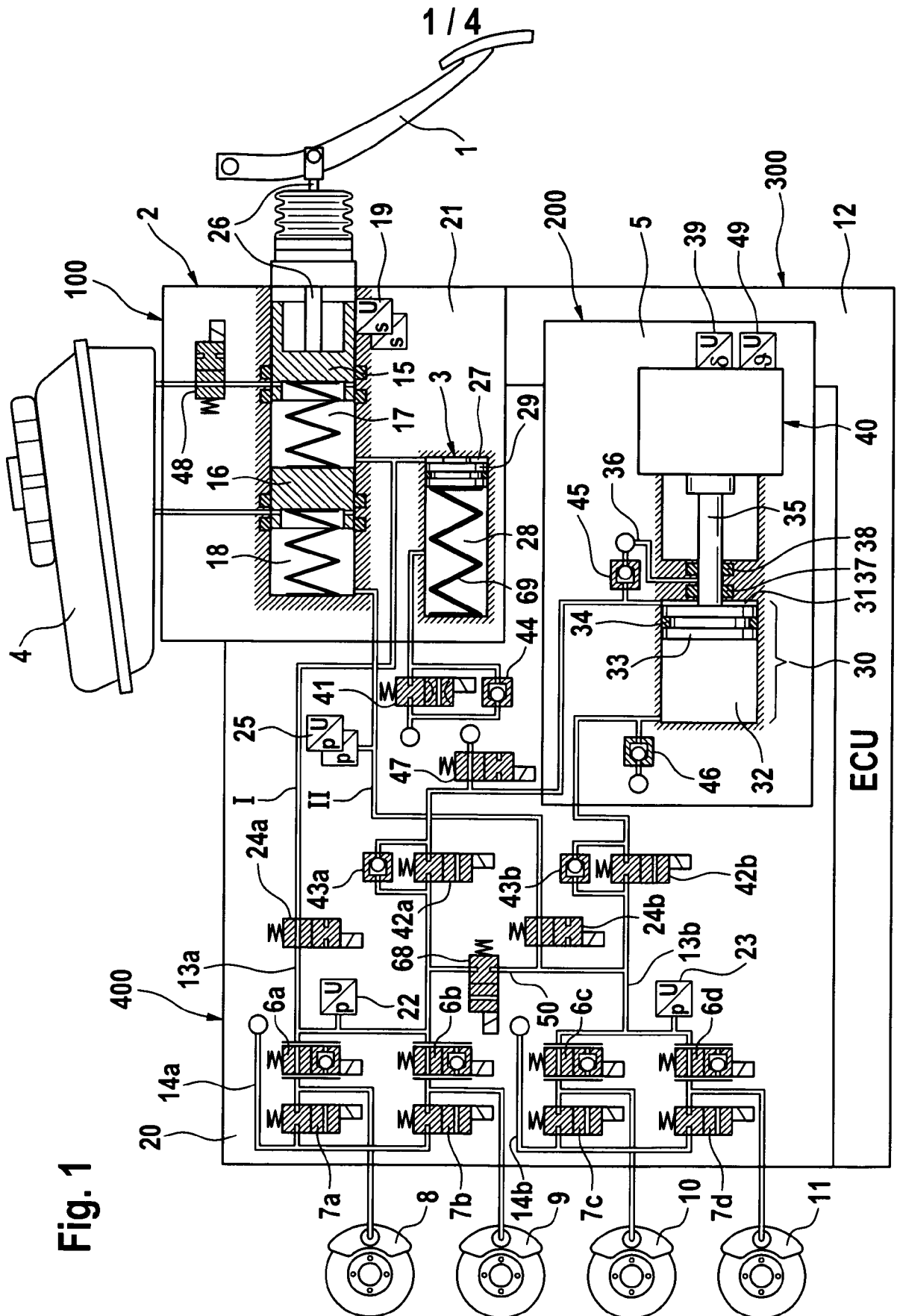


Fig. 1

Fig. 2

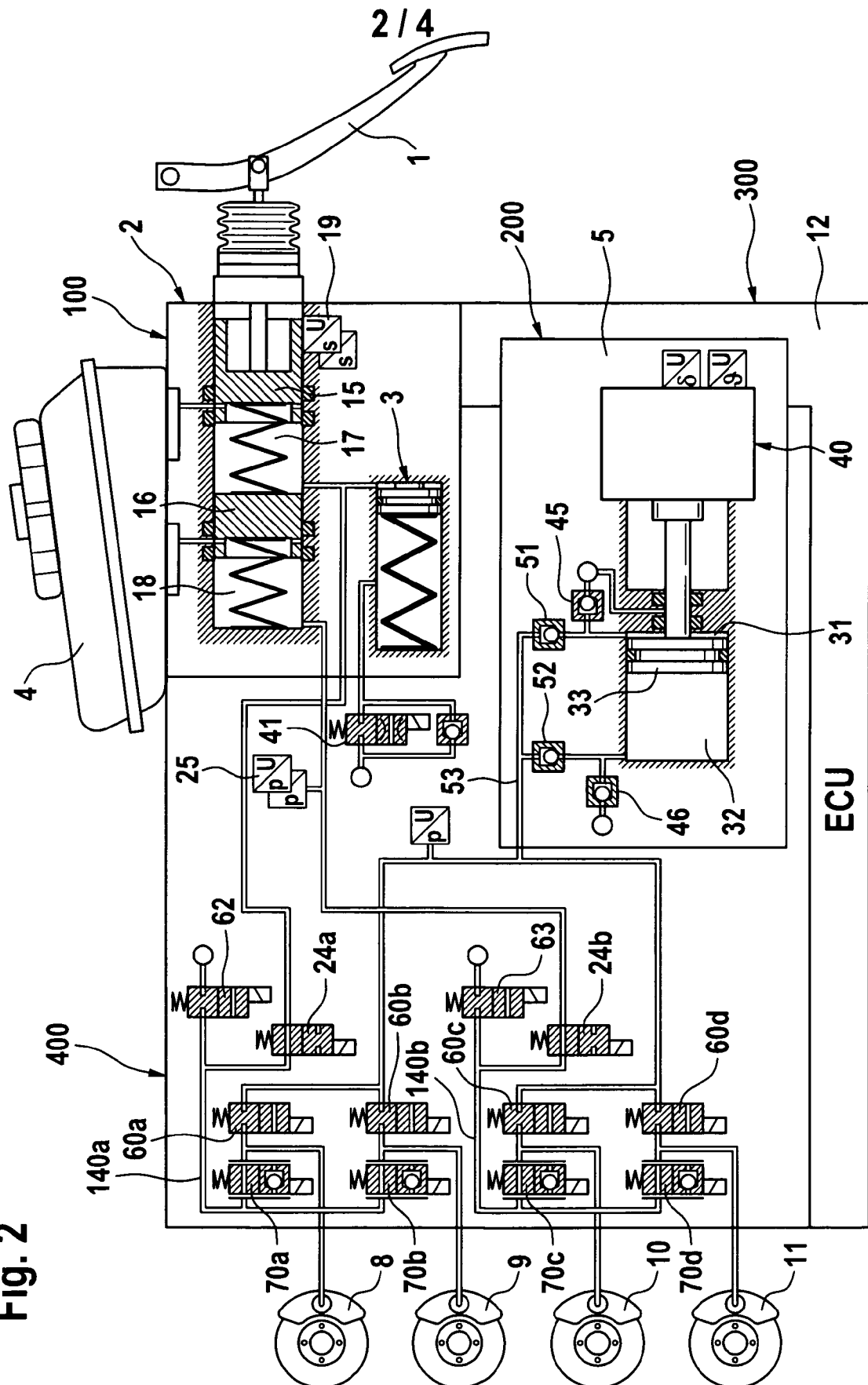
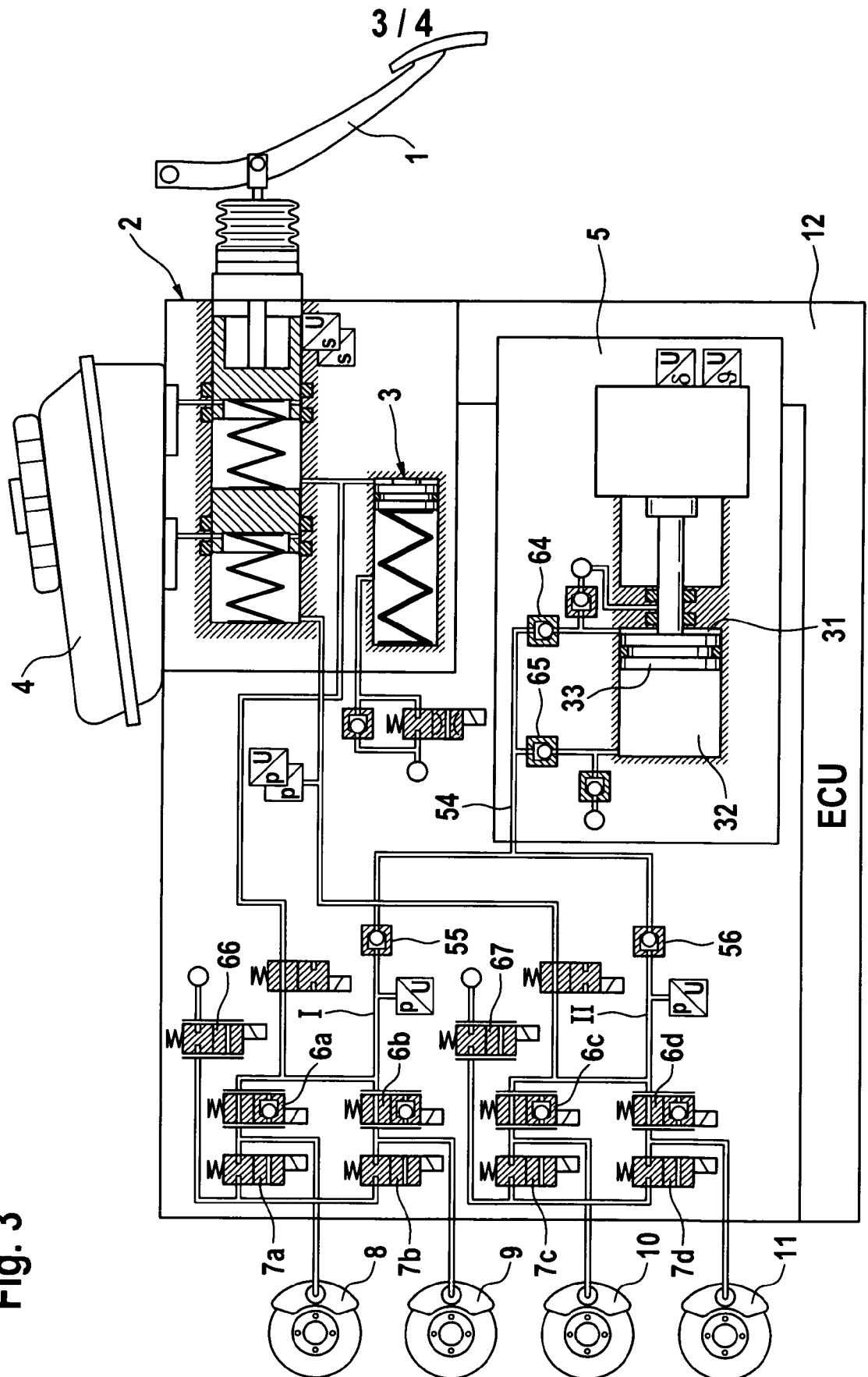


Fig. 3



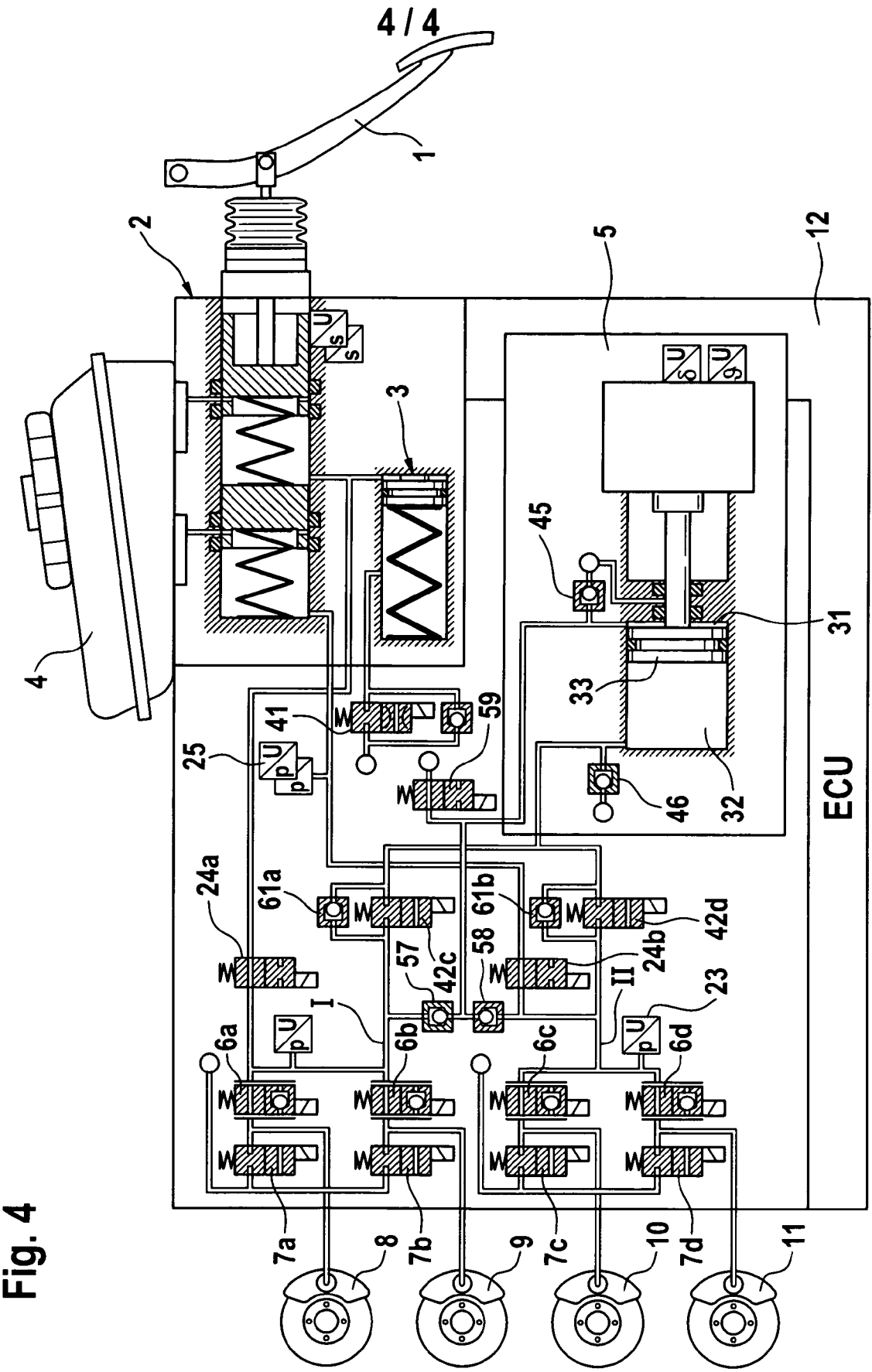


Fig. 4