

(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
09. Mai 2019 (09.05.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/086502 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B60T 8/88 (2006.01) *B60T 11/232* (2006.01)
B60T 8/38 (2006.01) *B60T 11/236* (2006.01)
B60T 8/40 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/079791

(22) Internationales Anmeldedatum:
31. Oktober 2018 (31.10.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2017 125 696.2
03. November 2017 (03.11.2017) DE

(71) Anmelder: **IPGATE AG** [CH/CH]; Churerstraße 160a,
8808 Pfäffikon (CH).

(72) Erfinder: **LEIBER, Heinz**; Theodor-Heuss-Straße 34,
71739 Oberriexingen (DE). **VAN ZANTEN, Anton**; Wald-
str. 15/2, 71254 Ditzingen (DE). **LEIBER, Thomas**; Zato-
glav 27p, 22203 Rogoznica (HR).

(74) Anwalt: **LENZING GERBER STUTE PART-
NERSCHAFTSGESELLSCHAFT VON PATENTAN-
WÄLTEN M.B.B.**; Bahnstraße 9, 40212 Düsseldorf (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,

(54) Title: PISTON-CYLINDER UNITS AND HYDRAULIC DEVICES WITH DIAGNOSIS OR MONITORING FUNCTION OF
THE CONTROL AND REGULATING DEVICE

(54) Bezeichnung: KOLBEN-ZYLINDER-EINHEITEN UND HYDRAULISCHE EINRICHTUNGEN MIT DIAGNOSE- ODER
ÜBERWACHUNGSFUNKTION DER STEUER- UND REGELVORRICHTUNG

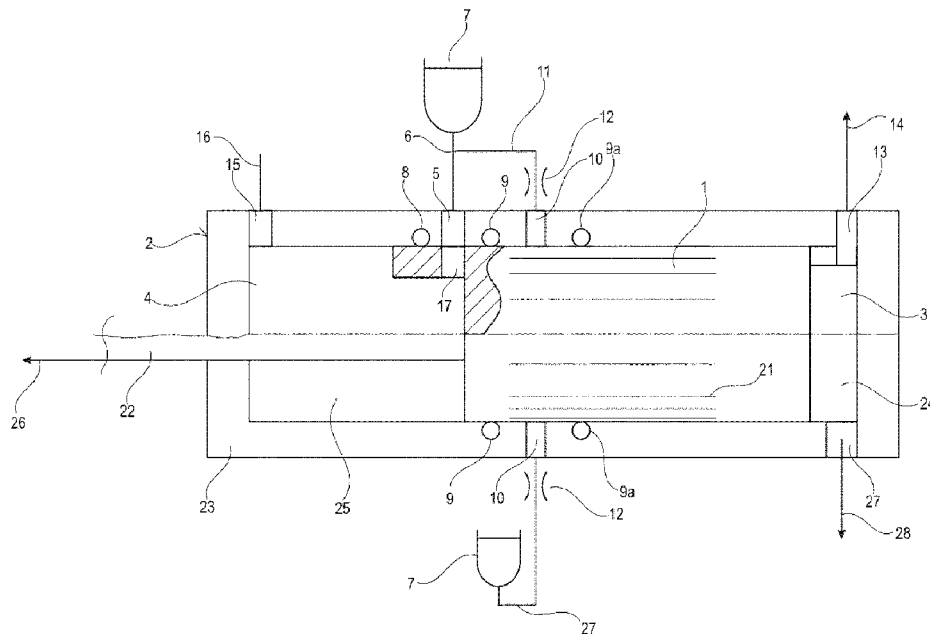


Fig. 1

(57) Abstract: The first inventions relate to a piston-cylinder unit (2, 42, 72) comprising a piston (1, 41, 71) which delimits at least one working chamber (3, 43, 86, 87), wherein a first seal (9, 49, 79) for sealing at least one first working chamber (3, 43, 86, 87) is sealingly arranged either between the piston (1, 41, 71) and cylinder (23, 42, 72) or between a plunger (88) connected to the piston (71) and the cylinder (23, 42, 72), and that a second seal (9a, 49a, 80, 83) is arranged between the first seal (9, 49, 79) and the first working chamber (3, 43, 86, 87), and the piston-cylinder unit (2, 42, 72) comprises a first channel (10, 46, 78, 81, 81a) which is arranged in the wall of



WO 2019/086502 A1

ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SA, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

the cylinder (23, 42, 72) or in the piston (1, 41, 71) and joins between the first seal (9) and the second seal (9a), in particular in the inner chamber of the cylinder, such that the first channel (10) and/or a hydraulic line (11, 51, 76) connected thereto has a throttle device (12) and/or a valve device, and that an electronic control and regulating device (ECU) comprises a diagnosis or monitoring function in order to diagnose or monitor a possible defect or failure of a seal. The present application comprises, similar to other inventions, a number of hydraulic devices having a piston-cylinder unit and a control and regulating device having a diagnosis or monitoring function.

(57) Zusammenfassung: Die ersten Erfindungen betreffen eine Kolben-Zylinder-Einheit (2, 42, 72), - welche einen Kolben (1, 41, 71) aufweist, der zumindest einen Arbeitsraum (3, 43, 86, 87) begrenzt, - wobei eine erste Dichtung (9, 49, 79) zur Abdichtung zumindest eines ersten Arbeitsraumes (3, 43, 86, 87) abdichtend entweder zwischen Kolben (1, 41, 71) und Zylinder (23, 42, 72) oder zwischen einem mit dem Kolben (71) verbundenen Stößel (88) und dem Zylinder (23, 42, 72) angeordnet ist, - und dass eine zweite Dichtung (9a, 49a, 80, 83) zwischen der ersten Dichtung (9, 49, 79) und dem ersten Arbeitsraum (3, 43, 86, 87) angeordnet ist, - und die Kolben-Zylinder-Einheit (2, 42, 72) einen ersten Kanal (10, 46, 78, 81, 81a) aufweist, welcher in der Wandung des Zylinders (23, 42, 72) oder im Kolben (1, 41, 71) angeordnet ist und zwischen der ersten Dichtung (9) und der zweiten Dichtung (9a), insbesondere im Innenraum des Zylinders, mündet, - dass der erste Kanal (10) und/oder eine damit verbundene hydraulische Leitung (11, 51, 76) eine Drosseleinrichtung (12) und/ oder einer Ventileinrichtung aufweist, - und dass eine elektronische Steuer- und Regelvorrichtung (ECU) mit einer Diagnose- bzw. Überwachungsfunktion vorgesehen ist, um einen möglichen Defekt bzw. Ausfall einer Dichtung zu diagnostizieren bzw. zu überwachen. Die vorliegende Anmeldung umfasst als weitere Erfindungen eine Anzahl von hydraulischen Einrichtungen mit Kolben-Zylinder-Einheit und Steuer- und Regelvorrichtung mit Diagnose- bzw. Überwachungsfunktion.

5

KOLBEN-ZYLINDER-EINHEITEN UND HYDRAULISCHE EINRICHTUNGEN MIT
DIAGNOSE- ODER ÜBERWACHUNGSFUNKTION DER STEUER- UND
REGELVORRICHTUNG

10

Die Erfindung betrifft eine hydraulische Einrichtung und eine Kolben-Zylinder-
Einheit Dichtungssystem für derartige Einrichtungen, insbesondere für Brems-
und Kupplungseinrichtungen für automatisiertes Fahren, sowie deren Kompo-
nenten.

Stand der Technik

Hydraulische Einrichtungen und Kolben-Zylinder-Einheiten der eingangs ge-
nannten Art sind bekannt.

20 So ist beispielsweise aus der DE 11 2015 00 39 89 bereits ein Bremssystem
bekannt bei dem für höhere Anforderungen den Einsatz einer zweiten Dichtung
vorgesehen ist, wodurch die Ausfallwahrscheinlichkeit deutlich kleiner, aber
nicht Null, wird. Hierbei wird der der Kugel-Gewinde-Trieb (KGT) und der Mo-
tor der Bremsvorrichtung durch die zweite Dichtung gegen Eindringen von
25 Bremsflüssigkeit geschützt.

In Verbindung mit der Einführung von automatisiertem Fahren steigen die An-
forderungen an die Sicherheit bei Komponentenausfall allerdings sehr stark an,
vor allem ab Stufe 3. Es genügt nicht mehr das System „Fail Safe“ (FS) auszu-
legen, z.B. bei Ausfall des ABS wirkt als Rückfallebene die normale Bremse
30 ohne Regelfunktion.

- Ab Stufe 3 des automatisierten Fahrens (HAF, Hoch Automatisiertes Fahren) wird die Bedingung „Fail Operational“ (FO) gefordert, bei der bei Ausfall einer Komponente des ABS immer noch zumindest eine ABS-Notfunktion gegeben sein muss, um die Längs- und Querstabilität des Fahrzeugs beim Bremsen zu gewährleisten. Bei ABS werden die Spulen der Ventile elektrisch auf Unterbrechung und Kurzschluss geprüft. Größere Herausforderungen sind bei der Erfüllung dieser Forderung in der Aktuatorik zu finden, z.B. Undichtigkeit durch Schmutz in Ventilsitzen und Dichtungen, insbesondere bei schlafenden Fehlern.
- 10 Besonders kritisch ist der Übergang von automatisiertem Fahren (HAF) zum Pilotierten Fahren (PF) da hier andere Komponenten zusätzlich wirken, welche bei automatisiertem Fahren (HAF) nicht genutzt werden, so z.B. das Pedalinterface mit Hauptbremszylinder. Hierbei sollte die gewohnte Charakteristik der Pedalbetätigung sich nicht ändern, da andernfalls der Fahrer irritiert wird, und
- 15 eine Notbremsung nicht optimal gestaltet. Hier muss z.B. sichergestellt sein, dass alle Dichtungen funktionieren.

Aufgabe der Erfindung

- Aufgabe der Erfindung ist es, eine hydraulische Einrichtung und eine Kolben-
- 20 Zylinder-Einheit Dichtungssystem für derartige Einrichtungen, wie insbesondere für Brems- und Kupplungseinrichtungen und dergleichen, insbesondere für automatisiertes Fahren zu schaffen, welches bei einem funktionellen Versagen der Einrichtung oder einer sicherheitsrelevanten Baugruppe oder Komponente, wie z.B. einer Dichtung noch eine ausreichende Funktion der Einrichtung sicherstellt.
- 25

Erfindungsgemäße Lösung

- Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 oder 251 gelöst auf die hier Bezug genommen wird. In den Ansprüchen
- 30 angegebene Figurenbezeichnungen dienen lediglich dem leichteren Verständ-

nis der Erfindung und ihrer Ausgestaltungen und haben keinerlei einschrän-
kenden Charakter.

Mit der erfindungsgemäßen Lösung wird in vorteilhafter Weise erreicht, dass
ein hydraulisches System, wie z.B. Bremssystem bei Funktionsbeeinträchti-
5 gungen oder Ausfall einer Baugruppe bzw. Komponente noch insoweit funkti-
onsfähig bleibt, wie dies bei erhöhten Anforderungen, wie z.B. automatisiertes
Fahren, wie oben beschrieben, erforderlich ist.

Mit anderen Worten werden im weitesten Sinne der Erfindung alle Basisfunktio-
nen der Systeme ganz oder teilweise in beschränktem Umfang aufrechterhal-
10 ten, wobei mittels Redundanz ein sog. Erstfehlermittels Diagnose oder Über-
wachung erkannt wird, damit der Zweitfehler sich nicht auswirken kann bzw.
zu einem Versagen des Systems führt. Derartige Basisfunktionen können bei
Bremssystemen beispielsweise sein, die Bremskraftverstärkung, die Pedalcha-
rakteristik, insbesondere beim Wechsel vom automatisierten zum pilotierten
15 Fahren, Aufrechterhaltung der Längs- und Querstabilität (ESP mit „Fail Opera-
tional“-Sensoren, Vollfunktion bei ABS auf allen Fahrbahnen, Erkennung von
Leckagen in Radbremskreisen mit entsprechenden Abhilfemaßnahmen, z.B.
gegen Bremskreisausfall.

Hierbei kommen in weitestem Sinne redundante Baugruppen bzw. Komponen-
20 ten, wie auch Dichtungen, Ventile, Druckversorgungen, Vorratsbehälter, Steu-
er- und Regeleinheiten zum Einsatz, wobei zweckmäßig Diagnoseeinrichtungen
bzw. Überwachungseinrichtungen vorgesehen sein können, um Funkti-
onsbeeinträchtigungen oder Ausfälle auf einfache Weise zu diagnostizieren
bzw. zu überwachen und ggf. erforderliche Maßnahmen einzuleiten, um bei
25 redundanten Komponenten Einzelfehler zu erkennen.

In den weiteren Ansprüchen sind zweckmäßige bzw. vorteilhafte Ausführungen
und Ausgestaltungen der Erfindung enthalten, sowie Anwendungen bei ver-
schiedensten hydraulischen Systemen, wie Brems- und Kupplungseinrichtungen
und dergleichen, bei denen ein rechtzeitiges Erkennen von funktionellen Män-
30 geln der Dichtungen wichtig ist, um Systemausfälle möglichst zu verhindern.

Die erfindungsgemäße Lösung bzw. ihre vorteilhaften Ausführungen bzw. Ausgestaltungen können prinzipiell bei allen Zylindern / Kolben in hydraulischen Systemen mit erhöhter Sicherheit eingesetzt werden. Die Redundanz kann ferner dadurch erweitert werden auf das gesamte System, z.B. ECU, Ventile, Wegsimulator (WS) (ohne Simulatorventil), ABS (ohne Auslassventil) mit Multiplex (MUX), zusätzliche Einlassventile und Drossel, Druckversorgung, elektrische Spannungsversorgung mit Antrieb und Motor.

Bei Anwendung der erfindungsgemäßen Redundanz bei Dichtungen ist insbesondere der Einsatz einer zweiten (redundanten) Dichtung zusammen mit einem gedrosselten Rücklauf in einen drucklosen Raum, insbesondere einen Vorratsbehälter oder ins Freie vorgesehen. Die Drossel hat den Effekt, dass bei einem Ausfall der zweiten Dichtung der Leckfluss so gering ist, dass dieser vom System noch toleriert werden kann, mit anderen Worten, dass z.B. bei einem Bremssystem es nicht zu einem Systemausfall kommt bzw. noch ausreichende Bremswirkung bzw. Brems- und Querstabilität vorhanden ist. Hierbei kann ggf. z.B. ein Ausgleich des Volumenverlustes durch die Druckversorgung oder nur leichte unbeabsichtigte Pedalbewegung jedenfalls akzeptabel sein, wenn der Pedalwegverlust über die Bremszeit akzeptabel ist. Beides kann durch Sensoren während des Betriebs durch Überwachung und in der Diagnose erfasst werden. Die Begrenzung des Leckflusses kann auch durch ein geeignetes Ventil erfolgen.

Die erfindungsgemässen Lösungen mit Redundanz setzen eine fehlersichere Diagnose bzw. Überwachung von Erstfehlern voraus, um u.a. auch zu warnen, dass ggf. ein möglicher Zweitfehler kritische Auswirkungen haben kann.

Bei Einsatz einer einzelnen Komponente ohne Redundanz muss, durch Diagnose im passiven Bereich sichergestellt werden, dass im aktiven Bereich, z.B. bei Bremsbetätigung, kein Ausfall möglich ist. Dies kann erreicht werden, indem bei einer Bremsung mit anschließendem Fahrzeug-Stopp, der Restdruck im System, bei entsprechender Ventilschaltung „zu – auf – zu“, für die Diagnose der Dichtheit genutzt wird. Damit wird ein separater Pre-Drive-Check (PDC), der die Belastungszyklen insbesondere der Dichtungen erhöht, vermieden.

So können diese Maßnahmen z.B. im Fall von Bremssystemen beim Tandem-Hauptbremszylinders (THZ), beim Kolben einer Druckversorgung und auch beim Kolben eines Wegsimulators und ggf. weiteren Dichtungen eingesetzt werden. Damit kann das System „Wegsimulator mit THZ“ Fail Operational (FO) Anforderungen genügen.

Üblich ist z.B. bei Bremssystemen ein Wegsimulator mit Abschaltventil. Fällt diese aus, wirkt der Wegsimulator nicht mehr, so dass das Bremspedal hart wird und die Bremskraftverstärkung wird abgeschaltet. Bei einem System mit redundanter Druckversorgung ist die Wahrscheinlichkeit des Ausfalls sehr gering, so dass in der Rückfallebene eine schlechtere Pedalcharakteristik akzeptiert werden kann. Somit kann auf das ausfallkritische Ventil verzichtet werden.

Vorteilhaft kann erfindungsgemäß auch ein Wegsimulatorsystem ohne Ventil vorgesehen sein wobei eine Rückstellfeder der Kolben-Zylinder-Einheit (Hauptzylinder) den ersten Flächenteil der Wegsimulatorkennlinie übernimmt, indem insbesondere ein an der Kolben-Zylinder-Einheit (Hauptzylinder) vorgesehenes Schnüffelloch um den entsprechenden Betrag (Abstand Schnüffelloch / Kolben in der zurückgezogenen Position) axial verlegt wird.

Die ABS- bzw. Bremswirkung kann gestört werden, wenn durch Schmutzpartikel das Ventil nicht mehr schließen kann. Wenn dies am Ende einer Abbremsung geschieht, kann dies ggf. von einer weiteren Bremsung von der Diagnose sehr schwer erkannt werden. Ggf. durch Messung der Induktionsspannung beim Schließen des Ventils, da durch die Schmutzpartikel keine oder nur eine kleine Ankerbewegung möglich ist, was durch Messung von Spannung V erkannt werden kann. Als Verbesserung ist auch möglich, durch das Multiplexverfahren (MUX) kein Auslassventil vorzusehen bzw. nur ein Auslassventil.

Weiterhin ist wichtig, dass bei ABS-Funktion mindestens immer ein Rad pro Achse geregelt wird, um Längs- und Querstabilität zu gewährleisten. Dies ist möglich durch ein zusätzliches redundantes Schaltventil in Reihe, vorzugsweise bei Multiplex (MUX) in diagonalen Anordnung. Dieses Ventil kann auch zur Schließung der Verbindung zum Radzylinder verwendet werden, wenn z.B. dieser undicht wird. Dies kann bekannterweise durch die Volumenaufnahme

bzw. Volumen Anforderung der Druckversorgung diagnostiziert werden. In diesem Fall wird das entsprechende Schaltventil oder Einlassventil bei bekannten Systemen geschlossen.

Zur vollen Redundanz gehört auch, trotz zweikreisiger Druckversorgung über einen Doppelhubkolben, der z.B. mittels zweimal dreiphasigem Motor angetrieben ist, eine zweite zweikreisige Druckversorgung über einen Doppelhubkolben, der z.B. mittels zweimal dreiphasigem Motor angetrieben ist, und mit zusätzlichen Trennventilen zwischen den Bremskreisen und der Druckversorgung.

- 5 Zur Redundanz gehört weiter die redundante Spannungsversorgung, möglichst aus zwei verschiedenen Energiespeichern. Bei Level 5 von AD (gem. VDA-Definition) erfolgt ggf. wie in der Flugzeugtechnik eine Versorgung aus zwei oder drei Bordnetzen erfolgen.

- Vorteilhaft kann auch die elektronische Steuer- und Regeleinheit (ECU), insbesondere Diagnoseschaltungen, erfindungsgemäß redundant ausgeführt sein oder sich selbst überprüfen. Hierbei kann die Spannungsversorgung redundant aus den redundanten elektrischen Speichern U1, U2 und fallweise zusätzlich aus U3 erfolgen, vergleichbar mit der Flugzeugtechnik mit der sogenannten „2 aus 3“ Auswahl. Diese Spannungsversorgung versorgt die Computer (CP1 bis CP3). Die Ausgangssignale der Computer CP1 und CP2 wirken auf die Ansteuerung von z.B. Motor und Ventilen, mit den entsprechenden Endstufen. Hier besteht bei der Ansteuerung die Möglichkeit, die Motoren und Ventile zweifach redundant oder dreifach redundant anzusteuern. Dies bedeutet jedoch viel Aufwand. Hier ist eine smarte Redundanz möglich, in dem nur ausgewählte Ventile mit redundanter Ansteuerung ausgeführt werden. Es ist üblich bei ESP, die Ansteuerung permanent zu überwachen. Es kann auch vorteilhaft auch nur die Ansteuerung mit den Computern CP1, CP2 und CP3 redundant gestaltet werden. Z.B. ist es bekannt, einen BLCD-Motor anstelle dreiphasig mit zweimal dreiphasig anzusteuern, in der Annahme, dass die Motorlagerung und der Antrieb ausfallsicher sind.

Bei einem voll redundanten Bremssystem, vorzugsweise für voll autonomes Fahren AD (Stufe 5 des automatisierten Fahrens), ist es auch denkbar, das

Bremssystem ohne Tandem- Hauptbremszylinder THZ (nicht eingezeichnet) zu gestalten. Hier kann der THZ durch ein „Brake und Go“-Signal ersetzt werden, welches in der Zentral-ECU vom AD generiert wird.

5 Für die gesamten Rechenfunktionen für die Verarbeitung der Eingangssignale, werden zweckmäßig ein oder mehrere leistungsfähige Computer CPU, z.B. Mikrokontroller, eingesetzt, welche die Stellglieder, z.B. Motoren und Ventile, über die entsprechende integrierte oder getrennte Ansteuerung mit Endstufen ansteuern.

10 Die Computer CP1, CP2 und CP3 können redundant aufgebaut werden, z.B. zweifach redundant als CP1 und CP2 oder dreifach redundant als CP1 und CP2 und CP3. Wegen des Aufwands kann alternativ der Computer CP2 für reduzierte Funktionen und der Computer CP3 für Notfunktionen des Bremssystems verwendet werden. Entsprechend gilt dies auch für die Stellglieder und Ventile

15 Für den Motor bedeutet dies entsprechend, dass die redundante Ansteuerung für die zwei-Wicklungskombination, also einmal dreiphasig redundant, und für die Ventile, dass nur ein oder zwei Ventile einer Achse redundant angesteuert werden. Oder auch nur die Ansteuerung redundant ist und auf ein Ventil wirkt, da die Ausfallrate der Spule eines Ventils äußerst gering ist.

20 So können vorteilhaft alle Eingangssignale von den Sensoren und dem Brake und Go Signal auf alle Computer CP1, CP2, CP3 wirken. Die Ausgangssignale zu der Ansteuerung mit Endstufen erfolgt ebenfalls getrennt von jedem CP.

25 Mit der Tendenz zur Architektur mit Domänen und Zentralrechnern, bietet sich an, die Ansteuerung getrennt in einer ECU als Slave zu gestalten. Die Slave ECU enthält dann die gesamte Ansteuerung mit Endstufen und gegebenenfalls I/O für Sensoren oder Schaltersignale Brake und Go. Die Signalübertragung zum Master ECU erfolgt dann über redundante Bussysteme, gegebenenfalls entsprechend der oben genannten Computerstruktur für voll Funktion bis Notfunktion mit unterschiedlicher Struktur und unterschiedlichen Protokolle.

30 Wegen der geringen Komplexität der Slave ECU kann gegebenenfalls durch einfache Entflechtung der Leiterplatte mit einer Lage oder nur wenigen Lagen

Kosten gespart werden. Infolge der hohen Komplexität der Funktionen sind neuronale Netzwerke in der Software besonders geeignet.

Eine weitere Möglichkeit Kosten einzusparen, besteht im Weglassen des Stößels am Hilfskolben. Bei konventionellen Hauptbremszylindern besteht die

- 5 Möglichkeit der Ankoppelung des Primärkolbens an den Sekundärkolben für den Fall, dass der Primärkreis ausfällt. In diesem Fall trifft der Primärkolben auf den Sekundärkolben und erzeugt in dem Sekundärkreis Bremsdruck. Ohne dieses Merkmal wäre ein Totalausfall der Bremse die Folge. Dies gilt für konventionelle Systeme ohne Redundanzen. Bei der folgenden Systemlösung wird
- 10 eine redundante Lösung vorgeschlagen. Hier wirkt sich der Ausfall des Primärkreises nicht aus, da ein Trennventil den Primärkreis in diesem Fall schließt. Außerdem wird bei Ausfall des Primärkreises und Ausfall der Druckversorgung des Systems 1 (Booster), der Sekundärkreis von einer getrennten Druckversorgung des zweiten Systems (ESP) versorgt. Für den Totalausfall müssten 3
- 15 Fehler, d.h. beide Druckversorgungen und der Primärkreis, ausfallen, was eine Ausfallrate von ca. 10^{-14} /Jahr ausmacht. Zum Vergleich, die Ausfallrate eines Bremskreises liegt in der Größenordnung von 10^{-5} /Jahr.

- Weitere vorteilhafte bzw. zweckmäßige Ausführungen bzw. Ausgestaltungen der Erfindung und ihre Merkmale sind in der Zeichnung dargestellt und im Fol-
- 20 genden näher beschrieben.

Es zeigen:

- Figur 1: eine Kolbenanordnung mit zwei Druckräumen und einer redundanten Dichtung mit Drossel zu einem Vorratsbehälter;
- Figur 2: eine Kolbenanordnung mit mechanischer Betätigung und einem
- 25 Druckraum mit einer Redundanten Dichtung mit Drossel zum Vorratsbehälter;
- Figur 3: einen Doppelhubkolben mit zwei Druckräumen und einer redundanten Dichtung mit Drossel für jeden Kolben;
- Figur 4: einen Tandemhauptzylinder (THZ) mit Primär- und Sekundärkolben
- 30 mit Wegsimulator und Druckversorgung und redundanter Dichtung

für den Wegsimulator mit Drossel und Ablauf ins Freie bzw. Vorratsbehälter sowie Diagnoseventil vom Schnüffelloch des Kolbens zum Vorratsbehälter;

- 5 Figur 5: ähnlich Figur 4 für eine Tandemhauptzylinder-Anordnung mit Stößel an einem Hilfskolben und einer redundanten Dichtung mit Drossel zum Vorratsbehälter am Stößel;
- Figur 5a: ähnlich wie Figur 5 aber ohne Stößel an dem Hilfskolben;
- Figur 6: ähnlich Figur 5 mit einem Strömungs-Rückschlagventil anstelle des Diagnoseventils;
- 10 Figur 7: eine Tandem-Hauptzylinder-Anordnung mit drei Kolben mit je einer redundanten Dichtung pro Kolben mit Drossel zum Vorratsbehälter und Wegsimulator mit redundanter Dichtung und Drossel zum Ablauf ins Freie;
- 15 Figur 8: einen Druckverlauf und Ansteuersignale für einen typischen Diagnosezyklus;
- Figur 9a: ein Bremssystem mit ECU (Erweiterung des Teil-Bremssystems gem. Figur 5) und redundanten Ventilen und einem weiteren Vorratsbehälter;
- Figur 9b: Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Drossel;
- 20 Figur 9c: ein Bremssystem weitgehend wie Figur 9a, mit redundanter Druckversorgung (DV1, DV2); und
- Figur 9d: schematisch das Basiskonzept eines redundanten Steuergerätes (ECU) wie es erfindungsgemäß zweckmäßig z. B. bei Bremssystemen gem. Figuren 9a bzw. 9c eingesetzt werden kann.

Fig. 1 zeigt in der oberen und unteren Hälfte unterschiedliche Hydraulikanwendungen. Der obere Teil zeigt eine Anwendung bei einem Bremssystem, während der untere Teil eine Anwendung bei einem Hydrauliksteller zeigt.

Die Anwendung bei einem Bremssystem (obere Teil der Fig. 1) zeigt die Redundanz bei einem Kolben 1, z.B. den Sekundärkreiskolben (SK-Kolben) eines Tandem Hauptbremszylinders 2 (THZ). Wird der Arbeitsraum bzw. die Primärkammer 3 mit Druck beaufschlagt, z. B. durch eine Druckversorgung (nicht eingezeichnet) über die hydraulische Leitung 14 und Kanal 13 im Tandem Hauptbremszylinder 2 (THZ), dann verschiebt sich der Kolben 1 im Tandem Hauptbremszylinder 2 (THZ) nach links. Wenn die Bohrung 17 des Kolbens 1 an der Dichtung 8 des Tandem Hauptbremszylinders 2 (THZ) vorbei verschoben wurde, dann wird Bremsflüssigkeit aus dem Sekundärkammer 4 des Tandem Hauptbremszylinders 2 (THZ) durch den Kanal 15 und durch die hydraulische Leitung 16 verschoben, z.B. in die Radbremszylinder (nicht eingezeichnet).

Für die hydraulische Trennung der Primärkammer 3 des Tandem Hauptbremszylinders 2 (THZ) zum Kanal 5, welche über eine hydraulische Leitung 6 mit dem Vorratsbehälter 7 (VB) in Verbindung steht, ist eine Dichtung 9 vorgesehen. Entsprechend dem erfindungsgemäßen Redundanzprinzip wird die Dichtung 9 um eine redundante Dichtung 9a und einen Kanal 10 ergänzt. Der Kanal 10 steht über eine hydraulische Leitung 11, eine hydraulische Leitung 6 und eine Drossel 12 mit dem Vorratsbehälter 7 (VB) in Verbindung. Die redundante Dichtung 9a trennt somit den Arbeitsraum 3 des Tandem Hauptbremszylinders 2 (THZ) hydraulisch vom Kanal 10 und somit auch vom Vorratsbehälter 7 (VB).

Bei intakter redundanter Dichtung 9a ist der Kanal 10 vom Arbeitsraum 3 des Tandem Hauptbremszylinders 2 (THZ) hydraulisch getrennt. Dadurch fließt keine Bremsflüssigkeit vom Arbeitsraum 3 des Tandem Hauptbremszylinders 2 (THZ) zu dem Kanal 10, auch nicht, wenn der Arbeitsraum 3 des Tandem Hauptbremszylinders 2 (THZ) unter Druck steht. Durch die Verbindung des Kanals 10 mit dem Vorratsbehälter 7 (VB) über eine hydraulische Leitung 11, eine hydraulische Leitung 6 und die Drossel 12 ist der Druck in Kanal 10 gleich

dem Druck im Vorratsbehälter 7 (VB), wenn Höhenunterschiede zwischen dem Vorratsbehälter 7 (VB) und dem Kanal 10 vernachlässigt werden. Auch Kanal 5 steht über eine hydraulische Leitung 6 mit dem Vorratsbehälter 7 (VB) in Verbindung, so dass auch der Druck in Kanal 5 dem Druck im Vorratsbehälter 7 (VB) gleicht, wenn auch hier Höhenunterschiede zwischen dem Vorratsbehälter 7 (VB) und dem Kanal 5 vernachlässigt werden. Bei intakter redundanter Dichtung 9a wird die Dichtung 9 somit nicht belastet, auch nicht, wenn der Arbeitsraum 3 des Tandem Hauptbremszylinders 2 (THZ) unter Druck steht.

Weiter werden bei intakter redundanter Dichtung 9a eventuelle Schmutzpartikel im Arbeitsraum 3 des Tandem Hauptbremszylinders 2 (THZ) von der redundanten Dichtung 9a zurückgehalten, so dass diese nicht in Kanal 10 vordringen, und nicht die Dichtung 9 beschädigen können. Bei intakter redundanter Dichtung 9a fällt die Dichtung 9 somit nicht aus.

Wird die redundante Dichtung 9a undicht, z.B. durch Verschleiß oder Schmutzpartikel, so kann Bremsflüssigkeit aus der Kammer 3 des Tandem Hauptbremszylinders 2 (THZ) durch den Kanal 10 und die hydraulische Leitung 1, die hydraulische Leitung 6 und die Drossel 12 zum Vorratsbehälter 7 (VB) fließen. In diesem Zustand übernimmt die Dichtung 9 die hydraulische Trennung des Arbeitsraums 3 des Tandem Hauptbremszylinders 2 (THZ) von dem Kanal 5, welche über eine hydraulische Leitung 6 mit dem Vorratsbehälter 7 (VB) in Verbindung steht. Die Drossel 12 ist so dimensioniert, dass der Fluss durch die Undichtigkeit der redundanten Dichtung 9a von einer Druckversorgung (nicht eingezeichnet) in der hydraulischen Leitung 14 ausgeglichen werden kann. Weiter ist der Ausgleichsfluss der Druckversorgung ein Indikator für die Undichtigkeit der redundanten Dichtung 9a.

Eine Undichtigkeit der redundanten Dichtung 9a kann somit während des Betriebs entdeckt werden, ohne dass der Betrieb durch diese Undichtigkeit gestört wird. Deshalb führt diese Redundanz zu einer hydraulischen Trennung des Arbeitsraums 3 des Tandem-Hauptbremszylinders 2 (THZ) vom Vorratsbehälter 7 (VB), die als Fail Operational bezeichnet werden kann.

Die Anwendung bei einem Hydrauliksteller (untere Teil der Fig. 1) zeigt die Redundanz bei einem Kolben 21, z.B. den Stellerkolben einer Kupplung (nicht

eingezeichnet). Wird der Arbeitsraum 24 mit Druck beaufschlagt, z. B. durch eine Druckversorgung (nicht eingezeichnet) über die hydraulische Leitung 28 und Kanal 27 im Zylinder 23, dann verschiebt sich der Kolben 21 im Zylinder 23 nach links. Bei dieser Linksverschiebung des Kolbens 21 kann der Kolbenstößel 22 eine Kraft 26 auf die Kupplung (nicht eingezeichnet) ausüben, die den Druck im Arbeitsraum 24 entspricht.

Für die hydraulische Trennung des Arbeitsraums 24 des Zylinders 23 zum Innenraum 25 des Zylinders 23, ist eine Dichtung 9 vorgesehen. Entsprechend der Redundanz wird die Dichtung 9 um eine redundante Dichtung 9a und einen Kanal 10 ergänzt. Der Kanal 10 steht über eine hydraulische Leitung 17, eine hydraulische Leitung 6 und eine Drossel 12 mit dem Vorratsbehälter 7 (VB) in Verbindung. Die redundante Dichtung 9a trennt somit den Arbeitsraum 24 des Zylinders 23 (THZ) hydraulisch vom Kanal 10 und somit auch vom Vorratsbehälter 7 (VB) und auch vom Innenraum 25 des Zylinders 23.

Bei intakter redundanter Dichtung 9a ist der Kanal 10 vom Arbeitsraum 24 des Zylinders 23 hydraulisch getrennt. Dadurch fließt keine Hydraulikflüssigkeit vom Arbeitsraum 24 des Zylinders 23 zu dem Kanal 10, auch nicht, wenn der Arbeitsraum 24 des Zylinders 23 unter Druck steht. Durch die Verbindung des Kanals 10 mit dem Vorratsbehälter 7 (VB) über eine hydraulische Leitung 27 und die Drossel 12 ist der Druck in Kanal 10 gleich dem Druck im Vorratsbehälter 7 (VB), wenn Höhenunterschiede zwischen dem Vorratsbehälter 7 (VB) und dem Kanal 10 vernachlässigt werden. Wenn der Druck im Vorratsbehälter 7 (VB) dem atmosphärischen Druck gleicht, und wenn auch der Innenraum 25 des Zylinders 23 dem atmosphärischen Druck gleicht, dann wird bei intakter redundanter Dichtung 9a die Dichtung 9 nicht belastet, auch nicht, wenn der Arbeitsraum 24 des Zylinders 23 unter Druck steht.

Weiter werden bei intakter redundanter Dichtung 9a eventuelle Schmutzpartikel im Arbeitsraum 24 des Zylinders 23 von der redundanten Dichtung 9a zurückgehalten, so dass diese nicht in Kanal 10 vordringen, und nicht die Dichtung 9 beschädigen können. Bei intakter redundanter Dichtung 9a fällt die Dichtung 9 somit nicht aus.

Wird die redundante Dichtung 9a undicht, z.B. durch Verschleiß oder Schmutzpartikel, so kann Hydraulikflüssigkeit aus der Kammer 24 des Zylinders 23 durch den Kanal 10 und die hydraulische Leitung 27 und die Drossel 12 zum Vorratsbehälter 7 (VB) fließen. In diesem Zustand übernimmt die

5 Dichtung 9 die hydraulische Trennung des Arbeitsraums 24 des Zylinders 23 von dem Innenraum 25 des Zylinders 23. Die Drossel 12 ist so dimensioniert, dass der Fluss durch die Undichtigkeit der redundanten Dichtung 9a von der Druckversorgung (nicht eingezeichnet) in der hydraulischen Leitung 28 ausgeglichen werden kann. Weiter ist der Ausgleichsfluss der Druckversorgung ein

10 Indikator für die Undichtigkeit der redundanten Dichtung 9a.

Eine Undichtigkeit der redundanten Dichtung 9a kann somit während des Betriebs entdeckt werden, ohne dass der Betrieb durch diese Undichtigkeit gestört wird. Deshalb führt diese Redundanz zu einer hydraulischen Trennung des Arbeitsraums 24 von dem Innenraum 25 des Zylinders 23 die als Fail Operational bezeichnet werden kann.

15

Fig. 2 zeigt die Redundanz bei einem Kolben 41, z.B. den Primärkolben eines Tandem Hauptbremszylinders 42 (THZ), der von einem Stößel 41a betrieben wird. Der Stößel 41a ist mit einem Bremspedal (nicht eingezeichnet) verbunden. In der gezeichneten Ruhestellung der Primärkolbens 41 steht die Primärkammer 43 des Tandem Hauptbremszylinders 42 (THZ) durch die Bohrung 45

20 des Primärkolbens 41, durch den Kanal 46 in dem Tandem Hauptbremszylinder 42 (THZ) und durch die hydraulische Leitung 47 mit dem Vorratsbehälter 7 (VB) in Verbindung. Durch Betätigung des Bremspedals (nicht eingezeichnet) kann der Fahrer den Primärkolben 41 nach links verschieben. Wird bei dieser

25 Verschiebung die Bohrung 45 des Primärkolbens 41 an der redundanten Dichtung 49a der Tandem Hauptbremszylinders 42 (THZ) vorbei geschoben, dann wird Bremsflüssigkeit aus der Primärkammer 43 des Tandem Hauptbremszylinders 42 (THZ) durch den Kanal 53 und durch die hydraulische Leitung 54 in einen Radbremszylinder (nicht eingezeichnet) verschoben.

30 Für die hydraulische Trennung der Primärkammer 43 des Tandem Hauptbremszylinders 42 (THZ) zum Kanal 46, welche über eine hydraulische Leitung 47 mit dem Vorratsbehälter 7 (VB) in Verbindung steht, ist eine Dichtung 49

vorgesehen. Entsprechend der Redundanz wird die Dichtung 49 um eine redundante Dichtung 49a und einen Kanal 50 ergänzt. Der Kanal 50 steht über eine hydraulische Leitung 51, eine hydraulische Leitung 47 und eine Drossel 52 mit dem Vorratsbehälter 7 (VB) in Verbindung. Die redundante Dichtung 49a trennt somit die Primärkammer 43 des Tandem Hauptbremszylinders 42 (THZ) hydraulisch vom Kanal 50 und somit auch vom Vorratsbehälter 7 (VB). Die Dichtung 48 trennt den Kanal 46 hydraulisch von dem Kolbenstößelraum 44.

Bei intakter redundanter Dichtung 49a ist der Kanal 50 von der Primärkammer 43 des Tandem Hauptbremszylinders 42 (THZ) hydraulisch getrennt. Dadurch fließt kein Volumen von der Primärkammer 43 des Tandem Hauptbremszylinders 42 (THZ) zu dem Kanal 50, auch nicht, wenn die Primärkammer 43 des Tandem Hauptbremszylinders 42 (THZ) unter Druck steht. Durch die Verbindung des Kanals 50 mit dem Vorratsbehälter 7 (VB) über eine hydraulische Leitung 51, eine hydraulische Leitung 47 und eine Drossel 52 ist der Druck in Kanal 50 gleich dem Druck im Vorratsbehälter 7 (VB), wenn Höhenunterschiede zwischen dem Vorratsbehälter 7 (VB) und dem Kanal 50 vernachlässigt werden. Auch Kanal 46 steht über eine hydraulische Leitung 47 mit dem Vorratsbehälter 7 (VB) in Verbindung, so dass auch der Druck in Kanal 46 dem Druck im Vorratsbehälter 7 (VB) gleicht, wenn auch hier Höhenunterschiede zwischen dem Vorratsbehälter 7 (VB) und dem Kanal 46 vernachlässigt werden. Bei intakter redundanter Dichtung 49a wird die Dichtung 49 somit nicht belastet, auch nicht, wenn die Primärkammer 43 des Tandem Hauptbremszylinders 42 (THZ) unter Druck steht.

Weiter werden bei intakter redundanter Dichtung 49a eventuelle Schmutzpartikel in der Primärkammer 43 des Tandem Hauptbremszylinders 42 (THZ) von der redundanten Dichtung 49a zurückgehalten, so dass diese nicht in Kanal 50 vordringen, und nicht die Dichtung 49 beschädigen können. Bei intakter redundanter Dichtung 49a fällt die Dichtung 49 somit nicht aus.

Wird die redundante Dichtung 49a undicht, z.B. durch Verschleiß oder Schmutzpartikel, so kann Bremsflüssigkeit aus der Primärkammer 43 des Tandem Hauptbremszylinders 42 (THZ) durch den Kanal 50 und die hydraulische

Leitung 51, die hydraulische Leitung 47 und Drossel 52 zum Vorratsbehälter 7 (VB) fließen. In diesem Zustand übernimmt die Dichtung 49 die hydraulische Trennung der Primärkammer 43 des Tandem Hauptbremszylinders 42 (THZ) von dem Kanal 46, welche über eine hydraulische Leitung 47 mit dem Vorrats-
5 behälter 7 (VB) in Verbindung steht.

Die Drossel 52 ist so dimensioniert, dass der Fluss durch die Undichtigkeit der redundanten Dichtung 49a vom Fahrer durch Nachtreten des Bremspedals (nicht eingezeichnet) ausgeglichen werden kann. Das Bremspedal fällt nicht durch. Weiter ist der Ausgleichsfluss ein Indikator für die Undichtigkeit der re-
10 dundanten Dichtung 49a.

Eine Undichtigkeit der redundanten Dichtung 49a kann somit während des Betriebs entdeckt werden, ohne dass das Bremspedal durch diese Undichtigkeit durchfällt. Deshalb führt diese Redundanz zu einer hydraulischen Trennung der Primärkammer 43 des Tandem-Hauptbremszylinders 42 (THZ) vom Vor-
15 ratsbehälter 7 (VB) die als Fail Operational bezeichnet werden kann.

Fig. 3 zeigt die Redundanz bei einem gestuften Kolben 71, z.B. einem Doppelhubkolben (DHK), in einem Zylinder 72 einer Druckversorgung. Die Funktion dieser Druckversorgung sei hier beispielhaft erklärt. Zylinder 72 weist fünf Kanäle, 73a, 73b, 73c, 73d und 78 auf. Die Kanäle 73a bzw. 73b sind über hydraulische Leitungen 74a bzw. 74b, in denen Saugventile 75a bzw. 75b unter-
20 gebracht sind, und über die hydraulische Leitung 76 mit dem Vorratsbehälter 7 (VB) verbunden. Die Kanäle 73c bzw. 73d sind über hydraulische Leitungen 74c bzw. 74d, in denen Rückschlagventile 75a bzw. 75b untergebracht sind, mit Bremskreisen BK1 bzw. BK2 verbunden. In den gestuften Kolben 71 sind
25 zwei Dichtungen 79 und 80 untergebracht. Zwischen den Dichtungen 79 und 80 befindet sich ein Kanal 81 und 81a mit Drossel 82. Weiter sind in Zylinder 72 zwei Dichtungen 83 und 84 untergebracht. Zwischen den Dichtungen 83 und 84 befindet sich Kanal 78 mit Drossel 85. Über die hydraulische Leitung 76 ist der Kanal 78 mit dem Vorratsbehälter 7 (VB) verbunden.

30 Der Doppelhubkolben 71 (DHK) unterteilt den Zylinder 72 in zwei Arbeitskammern, Kammer 86 und Ringkammer 87. Wenn der gestufte Kolben 71 in der Fig. 3 nach links bewegt wird (Vorhub des Doppelhubkolbens 71, DHK),

dann schließt das Saugventil 75a und öffnet das Rückschlagventil 75c, und Bremsflüssigkeit wird aus der Kammer 86 über den Kanal 73c und über die hydraulische Leitung 74c in den Bremskreis BK1 geschoben. Das Saugventil 75b öffnet und das Rückschlagventil 75d schließt und über den Kanal 73b, dem Saugventil 75b und die hydraulische Leitung 76 wird Bremsflüssigkeit aus dem Vorratsbehälter 7 (VB) in die Ringkammer 87 angesaugt.

Wenn der gestufte Kolben 71 in der Fig. 3 nach rechts bewegt wird (Rückhub des Doppelhubkolbens 71, DHK), dann öffnet das Saugventil 75a und das Rückschlagventil 75c schließt, und Bremsflüssigkeit wird in die Kammer 86 über den Kanal 73a und über die hydraulische Leitung 74a mit Saugventil 75a und über die hydraulische Leitung 76 aus dem Vorratsbehälter 7 (VB) angesaugt. Das Saugventil 75b schließt und das Rückschlagventil 75d öffnet und über den Kanal 73d, dem Saugventil 75d und die hydraulische Leitung 74d wird Bremsflüssigkeit aus der Ringkammer 87 in den Bremskreis BK2 verschoben.

Für die hydraulische Trennung der Kammer 86 des Zylinders 72 zur Ringkammer 87 sind die zwei Dichtungen 79 und 80 vorgesehen. Zwischen diesen zwei Dichtungen 79 und 80 sind ein Kanal 81 und ein Kanal 81a vorgesehen, der eine Drossel 82 enthält. Bei intakten Dichtungen 79 und 80, d.h. es fließt keine Bremsflüssigkeit durch die Kanäle 81, 81a und durch die Drossel 82 in den Kolbenstangenraum 89, ist der Druck in Kanal 81 gleich groß wie der Druck in den Kolbenstangenraum 89.

Wird die Dichtung 79 undicht, z.B. durch Verschleiß oder Schmutzpartikel, so kann bei Vorhub des Doppelhubkolbens 71 (DHK) Bremsflüssigkeit aus der Kammer 86 des Zylinders 72 durch Kanal 81, Kanal 81a und Drossel 82 des Doppelhubkolbens (DHK) in den Kolbenstangenraum 89 abfließen (Leckstrom). Die Drossel 82 ist so dimensioniert, dass der Fluss durch die Undichtigkeit der Dichtung 79 von der Druckversorgung durch Korrektur des Vorhubs des Doppelhubkolbens 71 (DHK) ausgeglichen werden kann. Weiter ist der Ausgleichsfluss der Druckversorgung ein Indikator für die Undichtigkeit der Dichtung 79.

Eine Undichtigkeit der Dichtung 79 kann somit während des Betriebs bei Vorhub des Doppelhubkolbens 71 (DHK) entdeckt werden, ohne dass der Betrieb

durch diese Undichtigkeit gestört wird. Deshalb führt diese Redundanz zu einer hydraulischen Trennung der Kammer von der Ringkammer 87 des Zylinders 72, die bei Vorhub des Doppelhubkolbens 71 (DHK) als Fail Operational bezeichnet werden kann.

- 5 Wird die Dichtung 80 undicht, z.B. durch Verschleiß oder Schmutzpartikel, so kann bei Rückhub des Doppelhubkolbens 71 (DHK) Bremsflüssigkeit aus der Ringkammer 87 des Zylinders 72 durch Kanal 81, Kanal 81a und Drossel 82 des Doppelhubkolbens 71 (DHK) abfließen. Die Drossel 82 ist so dimensioniert, dass der Fluss durch die Undichtigkeit der Dichtung 80 von der Druckversorgung durch Korrektur des Rückhubs des Doppelhubkolbens 71 (DHK) ausgegli-
10 chen werden kann. Weiter ist der Ausgleichsfluss der Druckversorgung ein Indikator für die Undichtigkeit der Dichtung 80.

- Eine Undichtigkeit der Dichtung 80 kann somit während des Betriebs bei Rückhub des Doppelhubkolbens 71 (DHK) entdeckt werden, ohne dass der Betrieb
15 durch diese Undichtigkeit gestört wird. Deshalb führt diese Redundanz zu einer hydraulischen Trennung der Kammer 86 des Zylinders 72 von der Ringkammer 87, die bei Rückhub des Doppelhubkolbens 71 (DHK) als Fail Operational bezeichnet werden kann.

- Für die hydraulische Trennung der Ringkammer 87 des Zylinders 22 zum Kolbenstangenraum 89 sind die Dichtung 83 und die Dichtung 84 für die Kolbenstange 88 vorgesehen. Zwischen diesen Dichtungen 83 und Dichtung 84 ist ein
20 Kanal 78 vorgesehen, der eine Drossel 85 enthält. Durch die Verbindung des Kanals 78 mit dem Vorratsbehälter 7 (VB) über eine hydraulische Leitung 76, und eine Drossel 85 ist der Druck in Kanal 78 bei intakter Dichtung 83 gleich
25 dem Druck im Vorratsbehälter 7 (VB), wenn Höhenunterschiede zwischen dem Vorratsbehälter 7 (VB) und dem Kanal 78 vernachlässigt werden.

- Wenn der Druck im Kolbenstangenraum 89 gleich groß ist, wie der Druck in dem Vorratsbehälter 7 (VB), dann wird bei intakter Dichtung 83 die Dichtung 84 nicht belastet, auch nicht, wenn die Ringkammer 87 des Zylinders 72 unter
30 Druck steht.

Weiter werden bei intakter Dichtung 83 eventuelle Schmutzpartikel in der Ringkammer 87 des Zylinders 72 von der Dichtung 83 zurückgehalten, so dass diese nicht in Kanal 78 vordringen, und nicht die Dichtung 84 beschädigen können. Bei intakter Dichtung 83 fällt die Dichtung 84 somit nicht aus.

- 5 Wird die Dichtung 83 undicht, z.B. durch Verschleiß oder Schmutzpartikel, so kann Bremsflüssigkeit aus der Ringkammer 87 des Zylinders 72 durch den Kanal 78 und die hydraulische Leitung 76 und die Drossel 85 zum Vorratsbehälter 7 (VB) fließen. In diesem Zustand übernimmt die Dichtung 84 die hydraulische Trennung der Ringkammer 87 des Zylinders 72 von dem Kolbenstangenraum 89. Die Drossel 85 ist so dimensioniert, dass der Fluss durch die Undichtigkeit der Dichtung 83 durch Korrektur des Rückhubs des Doppelhubkolbens 71 (DHK) ausgeglichen werden kann. Weiter ist der Ausgleichsfluss der Druckversorgung ein Indikator für die Undichtigkeit der Dichtung 83.

- 15 Eine Undichtigkeit der Dichtung 83 kann somit während des Betriebs bei Rückhub des Doppelhubkolbens 71 (DHK) entdeckt werden, ohne dass der Betrieb durch diese Undichtigkeit gestört wird. Deshalb führt diese Redundanz zu einer hydraulischen Trennung der Ringkammer 87 des Zylinders 72 von dem Kolbenstangenraum 89, die bei Rückhub des Doppelhubkolbens 71(DHK) als Fail Operational bezeichnet werden kann.

- 20 Fig. 4 zeigt ein Bremssystem, bei dem die Redundanz bei zwei Dichtungen zur Anwendung kommt. Zunächst wird das Bremssystem kurz beschrieben.

- Das Bremspedal 101 wird beim Bremswunsch vom Fahrer durch den Fahrerfuß betätigt. Bei Betätigung des Bremspedals 101 wird der Pedalstößel 102 und der Pedalkolben 103 verschoben, in der Fig. 4 nach links. Über die Pedalkolbenfeder 104 wird der Primärkolben 105 des Tandem Hauptbremszylinders 112 (THZ) auch nach links verschoben. Wenn bei dieser Linksbewegung des Primärkolbens 105 der Bohrung 106 des Primärkolbens 105 die Dichtung 107 passiert hat, dann wird bei geschlossenen Trennventilen 108 und 109, und geöffnetem Simulatorventil 110 Volumen aus der Primärkammer 111 des Tandem Hauptbremszylinders 112 (THZ) durch den Kanal 113 der Primärkammer 111, durch die hydraulische Leitung 114 mit Drossel 115 und durch den geöffneten Simulatorventil 110 und durch die hydraulische Leitung 114a

in die Arbeitskammer 139 des Wegsimulators 116 verschoben. Der Wegsimulatorkolben 117 des Wegsimulators 116 verschiebt sich dadurch auch nach links in Fig. 4 gegen ein Federpaket 118 des Wegsimulators 116, wodurch der Druck im Wegsimulator 116 und damit auch der Druck in der Primärkammer 111 des Tandem Hauptbremszylinders 112 (THZ) steigt.

Durch den Druck in der Primärkammer 111 des Tandem Hauptbremszylinders 112 (THZ) verschiebt sich der Sekundärkolben 119 in den Tandem Hauptbremszylinder 112 (THZ) nach links in Fig. 4. Wenn bei der Linksbewegung des Sekundärkolbens 119 die Bohrung 120 des Sekundärkolbens 119 die Dichtung 121 passiert hat, dann stoppt bei geschlossenen Trennventilen 108 und 109 die Linksbewegung des Sekundärkolbens, weil die Sekundärkammer 122 des Tandem Hauptbremszylinders 112 (THZ) dann eine geschlossene Kammer ist. Bei Vernachlässigung der Federkräfte der Primärkolbenfeder 123, der Sekundärkolbenfeder 124 und bei Vernachlässigung der Reibungskräfte der Dichtungen 121, 125, 127 auf den Sekundärkolben 119 ist der Druck in der Sekundärkammer 122 gleich den Druck in der Primärkammer 111.

Wie bereits beschrieben trennt die Dichtung 107 bei einer Linksbewegung des Primärkolbens 105 die Primärkammer 111 des Tandem Hauptbremszylinders 112 (THZ) hydraulisch von dem Kanal 128 des Tandem Hauptbremszylinders 112 (THZ). Damit ist die Verbindung der Primärkammer 111 des Tandem Hauptbremszylinders 112 (THZ) über die Bohrung 106 des Primärkolbens 5 und über den Kanal 128 des Tandem Hauptbremszylinders 112 (THZ) und über die hydraulischen Leitungen 129 und 129a und über das geöffnete Diagnoseventil 130 zum Vorratsbehälter 131 (VB) unterbrochen. Durch die Verbindung des Kanals 128 mit dem Vorratsbehälter 131 (VB) über die hydraulischen Leitungen 129 und 129a, und über das geöffnete Diagnoseventil 130 ist der Druck in Kanal 128 gleich dem Druck im Vorratsbehälter 131 (VB), wenn Höhenunterschiede zwischen dem Vorratsbehälter 131 (VB) und dem Kanal 128 vernachlässigt werden.

Wenn der Druck im Außenraum 132 des Tandem Hauptbremszylinders 112 (THZ) gleich groß ist, wie der Druck in dem Vorratsbehälter 131 (VB), dann wird bei intakter Dichtung 107 die Dichtung 107a nicht belastet, auch nicht,

wenn die Primärkammer 111 des Tandem Hauptbremszylinders 112 (THZ) unter Druck steht. Weiter werden bei intakter Dichtung 107 eventuelle Schmutzpartikel in der Primärkammer 111 des Tandem Hauptbremszylinders 112 (THZ) von der Dichtung 107 zurückgehalten, so dass diese nicht in Kanal 128 vordringen, und nicht die Dichtung 107a beschädigen können. Bei intakter Dichtung 107 fällt die Dichtung 107a somit nicht aus.

Wird die Dichtung 107 undicht, z.B. durch Verschleiß oder Schmutzpartikel, so kann Bremsflüssigkeit aus der Primärkammer 111 des Tandem Hauptbremszylinders 112 (THZ) durch den Kanal 128, durch die hydraulischen Leitungen 129 und 129a und durch das geöffnete Diagnoseventil 130 zum Vorratsbehälter 131 (VB) abfließen. Dieser Abfluss von Bremsflüssigkeit kann durch Schließen des Diagnoseventils 130 gestoppt werden. Der Abfluss von Bremsflüssigkeit ist ein Indikator für die Undichtigkeit der Dichtung 107 und kann mittels der Wegsensoren 133 und 133a, der Kraft der Pedalkolbenfeder 104 und der Druck-Volumencharakteristik des Wegsimulators 116 ermittelt werden.

Eine Undichtigkeit der Dichtung 107 kann somit während des Betriebs entdeckt werden, ohne dass der Betrieb durch diese Undichtigkeit gestört wird. Deshalb führt die Kombination von Dichtung 107 mit Diagnoseventil 130 zu einer hydraulischen Trennung der Primärkammer 111 des THZ 112 von dem Vorratsbehälter 131 (VB) die als Fail Operational bezeichnet werden kann.

Die Kombination der Dichtung 125 und der redundanten Dichtung 127 mit dem Kanal 126, und der hydraulischen Leitung 134 und der hydraulischen Leitung 129a zum Vorratsbehälter 131 (VB) und mit der Drossel 135 führt zu einer hydraulischen Trennung der Primärkammer 111 des THZ 112 von dem Vorratsbehälter 131 (VB), die als Fail Operational bezeichnet werden kann, wie bei Fig. 1 beschrieben.

Die Kombination der Dichtung 121 und der Dichtung 125 mit dem Kanal 136, und den hydraulischen Leitungen 137 und 137a und dem Sperrventil 138 und der hydraulischen Leitung 129a zum Vorratsbehälter 131 (VB) führt zu einer hydraulischen Trennung der Sekundärkammer 122 des THZ 112 von dem Vorratsbehälter 131 (VB), die als Fail Operational bezeichnet werden kann, wie bereits bei Fig. 4 für die Kombination der Dichtung 107 und der Dichtung 107a

mit Kanal 128, und hydraulische Leitungen 129 und 129a und Diagnoseventil 130 zum Vorratsbehälter 131 (VB) beschrieben.

Der Wegsimulatorkolben 117 des Wegsimulators 116 enthält eine Dichtung 140 und eine redundante Dichtung 140a. Zwischen der Dichtung 140 und der
5 redundanten Dichtung 140a befindet sich ein Kanal 141 und ein Kanal 141a mit einer Drossel 142, wobei der Kanal 141 in den Raum 143 des Federpakets 118 mündet. Die redundante Dichtung 140a trennt den Arbeitskammer 139 des Wegsimulators 116 hydraulisch von dem Federpaketraum 118 des Wegsimulators 116.

- 10 Bei intakter redundanter Dichtung 140a fließt keine Bremsflüssigkeit aus dem Arbeitskammer 139 des Wegsimulators 116 durch die Kanäle 141, 141a und durch die Drossel 142 in den Federpaketraum 143 des Wegsimulators 116. Bei intakter redundanter Dichtung 140a ist der Druck in Kanal 141 deshalb gleich groß wie der Druck in dem Federpaketraum 143 des Wegsimulators 116. Bei
15 intakter redundanter Dichtung 140a wird die Dichtung 140 somit nicht belastet, auch nicht, wenn der Arbeitskammer 139 des Wegsimulators 116 unter Druck steht. Weiter werden bei intakter redundanter Dichtung 140a eventuelle Schmutzpartikel in der Arbeitskammer 139 des Wegsimulators 116 von der redundanten Dichtung 140a zurückgehalten, so dass diese nicht in Kanal 141
20 vordringen, und nicht die Dichtung 140 beschädigen können. Bei intakter redundanter Dichtung 140a fällt die Dichtung 140 somit nicht aus.

- Wird die redundante Dichtung 140a undicht, z.B. durch Verschleiß oder Schmutzpartikel, so kann Bremsflüssigkeit aus der Arbeitskammer 139 des Wegsimulators 116 durch Kanal 141, und durch Kanal 141a mit Drossel 142 in
25 den Federpaketraum 143 des Wegsimulators 116 abfließen. Der Abfluss von Bremsflüssigkeit ist ein Indikator für die Undichtigkeit der redundanten Dichtung 140a und kann mittels der Wegsensoren 133 und 133a, der Kraft der Pedalkolbenfeder 104 und der Druck-Volumencharakteristik des Wegsimulators 116 ermittelt werden.

- 30 Eine Undichtigkeit der redundanten Dichtung 140a kann somit während des Betriebs entdeckt werden, ohne dass das Bremspedal 101 durch diese Undichtigkeit durchfällt (siehe auch Beschreibung bei Fig. 2). Deshalb führt diese Re-

dundanz zu einer hydraulischen Trennung des Arbeitskammer 139 des Wegsimulators 116 vom Federpaketraum 143 des Wegsimulators 116 die als Fail Operational bezeichnet werden kann.

5 In einem Steuergerät (nicht eingezeichnet) werden alle Steuerungs- und Auswertesignale verarbeitet. Insbesondere werden die Sensorauswertung, die Diagnose, die Fehlerauswertung und die Fehleranzeige verarbeitet. Die Diagnose der Dichtungsausfälle der redundanten Dichtung 140a des Kolben- Wegsimulators 116, der Dichtung 107 der Hilfskolbenkammer 111 und der redundanten Dichtung 127 in der Primärkammer 111 des Tandem Haupt-
10 bremszylinders 112 (THZ) und der Dichtung 121 in der Sekundärkammer 122 des Tandem Hauptbremszylinders 112 (THZ), die zu einem Leckstrom führen, findet über Plausibilitätsbetrachtungen der Pedalwegsensorsignale 133, 133a mit der Pedalkolbenfeder 104 unter Berücksichtigung der Druck- Volumencharakteristik des Wegsimulators 116 statt. Eine weitere Möglichkeit
15 zur Erkennung der Undichtigkeit einer Dichtung, die zu einem Leckstrom führt, besteht darin, die Druck-Volumencharakteristik des Bremssystems mit der Volumenverschiebung der Druckversorgung 146 und dem Signal des Bremsdrucksensors (nicht eingezeichnet) im Bremskreis 148 zu korrelieren. Bei dem Bremssystem von Fig. 4 fließt der Leckstrom durch jede Dichtung zurück in
20 den Vorratsbehälter 131 (VB), außer bei der redundanten Dichtung 140a im Kolben-Wegsimulator 116, und bei den Dichtungen des Doppelhubkolbens, für den Fall, dass bei der Druckversorgung 146 ein Doppelhubkolben nach Fig. 3 verwendet wird (siehe Fig. 3, Dichtungen 79 und 80). Wenn der Leckstrom nicht in den Vorratsbehälter 131 (VB) zurückfließt, dann ist eine Diagnose der
25 Dichtigkeit durch Korrelation des Leckverlusts mit dem Signal eines redundanten Niveaugebers 151 in dem Vorratsbehälter 131 (VB), der vorzugsweise linear ist, möglich.

In der Diagnose kann die Dichtung 107a bei nicht betätigtem Bremspedal 101 zusätzlich auf Dichtheit geprüft werden. Dazu werden das Diagnoseventil 130,
30 das Simulatorventil 110, das Trennventil 108 und das Sperrventil 138 geschlossen, und das Trennventil 109 und das Einspeiseventil 144 geöffnet. Der Motor 145 wird mit einem bestimmten Stromwert bestromt und damit wird Bremsflüssigkeit von der Druckversorgung 146 über die hydraulische Leitung

147, über das Einspeiseventil 144, über die hydraulische Leitung 147a, über die hydraulische Leitung 148, über das Trennventil 109, über die hydraulische Leitung 149 und über den Kanal 150 in den Primärraum 111 des THZ 112 verschoben, wodurch der Druck im Primärraum 111 auf einem bestimmten Wert ansteigt, z.B. 25bar. Der Druck in der hydraulischen Leitung 148 wird von einem Drucksensor (nicht eingezeichnet) gemessen. Wenn die Dichtung 107a eine Undichtigkeit aufweist, dann muss die Druckversorgung Bremsflüssigkeit nachschieben, um den Druck in der hydraulischen Leitung 148 konstant zu halten. Eine Undichtigkeit der Dichtung 107a kann über die Notwendigkeit des Nachschiebens von Bremsflüssigkeit durch die Druckversorgung 146, um den Druck in der hydraulischen Leitung 148 konstant zu halten, entdeckt werden.

Fig. 5 zeigt ein Bremssystem, welches eine Ähnlichkeit mit dem Bremssystem von Fig. 4 aufweist. Ein wesentlicher Unterschied ist, dass beim Bremssystem von Fig. 5 der Hauptbremszylinder 201 (HZ) in drei Kammern unterteilt ist. Diese sind die Primärkammer 111, die Sekundärkammer 122 und die Hilfskolbenkammer 204. Zwischen der Primärkammer 111 und der Sekundärkammer 122 befindet sich der Sekundärkolben 119. Zwischen der Primärkammer 111 und der Hilfskolbenkammer 204 befindet sich eine Zwischenwand 206. Zunächst wird das Bremssystem kurz beschrieben.

Das Bremspedal 101 wird beim Bremswunsch vom Fahrer durch den Fahrerfuß betätigt. Bei Betätigung des Bremspedals 101 wird der Pedalstößel 102 und der Pedalkolben 103 verschoben, in der Fig. 5 nach links. Über die Pedalkolbenfeder 104 wird der Hilfskolben 211 und der Hilfskolbenstößel 212, welcher durch eine Bohrung 213 der Zwischenwand 206 geführt wird, auch nach links verschoben. Wenn bei dieser Linksbewegung des Hilfskolbens 211 die Bohrung 214 des Hilfskolbens 211 die Dichtung 215 passiert hat, dann wird bei geschlossenem Trennventil 216 Volumen aus der Hilfskolbenkammer 204 des Hauptbremszylinders 201 (HZ) durch den Kanal 217 der Hilfskolbenkammer 204, die hydraulischen Leitungen 218 und 114 mit Drossel 115 und dem geöffneten Simulatorventil 110 und der hydraulischen Leitung 114a in die Arbeitskammer 139 des Wegsimulators 116 verschoben. Der Wegsimulatorkolben 117 verschiebt sich dadurch auch nach links in Fig. 5 gegen ein Federpak-

te 118, wodurch der Druck im Wegsimulator 116 und damit auch der Druck in der Hilfskolbenkammer 204 des Hauptbremszylinders 201 (HZ) steigt.

Entsprechend des Verschiebewegs des Pedalkolbens 103, welcher von dem Wegsensor 133 erfasst wird, wird der Motor 228 bestromt um ein definiertes
5 Volumen von der Druckversorgung 229 über die hydraulische Leitung 147, dem geöffneten Einspeiseventil 144, der hydraulischen Leitung 147a, dem Primärkreis 233 in den Radbremszylindern der Primärkreises 233 (nicht eingezeichnet) und über Kanal 150 des Hauptbremszylinders 201 (HZ) in die Primärkammer 111 des Hauptbremszylinders 201 (HZ) zu verschieben. In den
10 Radbremszylindern steigt dadurch der Druck, und damit steigt auch der Druck in der Primärkammer 111 des Hauptbremszylinders 201 (HZ). Durch den Druck in der Primärkammer 111 des Hauptbremszylinders 201 (HZ) verschiebt sich der Sekundärkolben 119 auch nach links in Fig. 5, gegen die Kraft der Sekundärkolbenfeder 124. Durch diese Bewegung des Sekundärkolbens 119
15 wird Bremsflüssigkeit aus der Sekundärkammer 122 der Hauptbremszylinders 201 (HZ) durch den Kanal 236 und durch den Sekundärkreis 237 in den Radbremszylinder des Sekundärkreises 237 (nicht eingezeichnet) verschoben. Dadurch steigt der Druck in den Radbremszylindern des Sekundärkreises 237. Bei Vernachlässigung der Federkräfte der Sekundärkolbenfeder 124, und bei
20 Vernachlässigung der Reibungskräfte der Dichtungen 127, 125, 121 auf den Sekundärkolben 119 ist der Druck in der Sekundärkammer 122 gleich den Druck in der Primärkammer 111.

In der Bohrung 213 der Zwischenwand 206 des Hauptbremszylinders 201 (HZ) befinden sich zwei Dichtungen 241 und 242. Zwischen den beiden Dichtungen
25 241 und 242 befindet sich einen Kanal 243. Dieser Kanal 243 ist über eine hydraulische Leitung 244, mit einer Drossel 245 und über eine hydraulische Leitung 129a mit dem Vorratsbehälter 131 (VB) verbunden. Diese Dichtungen trennen die Primärkammer 111 des Hauptbremszylinders 201 (HZ) hydraulisch von der Hilfskolbenkammer 204 des Hauptbremszylinders 201 (HZ).

30 Wird die Dichtung 241 undicht, z.B. durch Verschleiß oder Schmutzpartikel, so kann Bremsflüssigkeit aus der Primärkammer 111 des Hauptbremszylinders 201 (HZ) durch Kanal 243, hydraulische Leitung 244 mit Drossel 245 und hyd-

raulische Leitung 129a in den Vorratsbehälter 247 (VB) abfließen. Die Drossel 245 ist so dimensioniert, dass der Fluss durch die Undichtigkeit der Dichtung 241 von der Druckversorgung 229 ausgeglichen werden kann. Weiter ist der Ausgleichsfluss der Druckversorgung 229 ein Indikator für die Undichtigkeit der Dichtung 241.

Eine Undichtigkeit der Dichtung 241 kann somit während des Betriebs entdeckt werden, ohne dass der Betrieb durch diese Undichtigkeit gestört wird. Deshalb führt diese Redundanz der Dichtungen 241 und 242 mit Drossel 245 zu einer hydraulischen Trennung des Primärtraums 111 von der Hilfskolbenkammer 204 des Hauptbremszylinders 201 (HZ), die als Fail Operational bezeichnet werden kann.

Wird die Dichtung 242 undicht, z.B. durch Verschleiß oder Schmutzpartikel, so kann Bremsflüssigkeit aus der Hilfskolbenkammer 204 des Hauptbremszylinders 201 (HZ) durch den Kanal 243, durch die hydraulische Leitung 244 mit Drossel 245 und durch die hydraulische Leitung 129a zum Vorratsbehälter 247 (VB) abfließen. Der Abfluss von Bremsflüssigkeit ist ein Indikator für die Undichtigkeit der Dichtung 242 und kann mittels der Wegsensoren 133 und 133a, der Kraft der Pedalkolbenfeder 104 und der Druck-Volumencharakteristik des Wegsimulators 116 ermittelt werden.

Eine Undichtigkeit der Dichtung 242 kann somit während des Betriebs entdeckt werden, ohne dass das Bremspedal 101 durch diese Undichtigkeit durchfällt (siehe auch Beschreibung bei Fig. 2). Deshalb führt diese Redundanz der Dichtungen 241 und 242 zu einer hydraulischen Trennung der Hilfskolbenkammer 204 vom Vorratsbehälter 247 (VB) die als Fail Operational bezeichnet werden kann.

Wird das Trennventil 216 undicht, z.B. durch Verschleiß oder Schmutzpartikel, so kann, wenn der Bremsdruck in Primärkreis 233 geringer ist als der Druck in der Hilfskolbenkammer 204 des Hauptbremszylinders 201 (HZ), Bremsflüssigkeit aus der Hilfskolbenkammer 204 durch den Kanal 248, durch die hydraulische Leitung 249, durch das Trennventil 216 und durch die hydraulische Leitung 250 zum Primärkreis 233 abfließen. Das Bremspedal 101 fällt dann durch. Der Abfluss von Bremsflüssigkeit ist ein Indikator für die Undichtigkeit

des Trennventils 216 und kann mittels der Wegsensoren 133 und 133a, der Kraft der Pedalkolbenfeder 104 und der Druck-Volumencharakteristik des Wegsimulators 116 entdeckt werden. Wenn der Bremsdruck in Primärkreis 233 höher ist als der Druck in der Hilfskolbenkammer 204, dann kann Bremsflüssigkeit aus dem Primärkreis 233 durch die hydraulische Leitung 250 durch das Trennventil 216 durch die hydraulische Leitung 249 und durch den Kanal 248 in die Hilfskolbenkammer 204 des Hauptbremszylinders 201 (HZ) abfließen. Das Bremspedal 101 wird dann zurückgedrückt. Der Abfluss von Bremsflüssigkeit ist ein Indikator für die Undichtigkeit des Trennventils 216 und kann mittels der Wegsensoren 133 und 133a, der Kraft der Pedalkolbenfeder 104 und der Druck-Volumencharakteristik des Wegsimulators 116. Bei entdeckter Undichtigkeit des Trennventils 216 wird das optionale redundante Trennventil 216a (gestrichelt eingezeichnet) in der hydraulischen Leitung 250 geschlossen. Das redundante Trennventil 216a ist optional, weil Undichtigkeit des Trennventils 216 sehr selten vorkommt.

Eine Undichtigkeit des Trennventils 216 kann somit während des Betriebs entdeckt werden, ohne dass das Bremspedal 101 durch diese Undichtigkeit durchfällt. Deshalb führt diese Redundanz der Trennventile 216 und 216a zu einer hydraulischen Trennung der Hilfskolbenkammer 204 vom Primärkreis 233 die als Fail Operational bezeichnet werden kann.

Ähnlich wie bereits bei Fig. 4 beschrieben, werden bei dem Bremssystem von Fig. 5 in einem Steuergerät (nicht eingezeichnet) alle Steuerungs- und Auswertesignale verarbeitet. An dieser Stelle werden deshalb nur die Besonderheiten des Bremssystems von Fig. 5 verglichen mit dem Bremssystem von Fig. 4 beschrieben. Die Diagnose der Dichtungsaustritte der Dichtung 242 des Hilfskolbenstößels 212 und des Trennventils 216 die zu einem Leckstrom führen, findet über Plausibilitätsbetrachtungen der Pedalwegsensordaten 133, 133a mit der Pedalkolbenfeder 104 unter Berücksichtigung der Druck-Volumencharakteristik des Wegsimulators 116 statt. Eine weitere Möglichkeit zur Erkennung der Undichtigkeit der redundanten Dichtung 127 der Primärkammer 111 des Hauptbremszylinders 201 (HZ), der Dichtung 121 der Sekundärkammer 122 des Hauptbremszylinders 201 (HZ), der Dichtung 241 des Hilfskolbenstößels 212 und des Trennventils 216, die zu einem Leckstrom führt, be-

steht darin, die Druck-Volumencharakteristik des Bremssystems mit der Volumenverschiebung der Druckversorgung 229 und dem Signal des Bremsdrucksensors 252 im Primärkreis 233 zu korrelieren.

In der Diagnose kann das Trennventil 216 bei nicht betätigtem Bremspedal 101 zusätzlich auf Dichtheit geprüft werden. Dazu wird das Trennventil 16 geschlossen, und das optionale Trennventil 16a und das Diagnoseventil 130 geöffnet. Der Motor 228 wird mit einem bestimmten Stromwert bestromt und damit wird Bremsflüssigkeit von der Druckversorgung 229 über die hydraulische Leitung 147, über das Trennventil 144, über die hydraulische Leitung 147a, in den Primärkreis 233, und in den Radbremszylinder (nicht eingezeichnet) des Primärkreises 233, und über den Kanal 150 in die Primärkammer 111 des HZ 201 verschoben, wodurch der Druck im Primärkreis 233 auf einem bestimmten Wert ansteigt, z.B. 25bar. Der Druck im Primärkreis 233 wird von einem Drucksensor 252, welche über eine hydraulische Leitung 253 an dem Primärkreis 233 angeschlossen ist, gemessen. Wenn das Trennventil 216 eine Undichtigkeit aufweist, dann muss die Druckversorgung 229 Bremsflüssigkeit nachschieben, um den Druck in dem Primärkreis 233 konstant zu halten. Eine Undichtigkeit des Trennventils 216 kann über die Notwendigkeit des Nachschiebens von Bremsflüssigkeit durch die Druckversorgung 229, um den Druck in Primärkreis 233 konstant zu halten, entdeckt werden.

Ebenso kann in der Diagnose das optionale Trennventil 216a bei nicht betätigtem Bremspedal 101 zusätzlich auf Dichtheit geprüft werden. Dazu wird das optionale Trennventil 216a geschlossen, und das Trennventil 216 und das Diagnoseventil 130 geöffnet. Der Motor 228 wird mit einem bestimmten Stromwert bestromt und damit wird Bremsflüssigkeit von der Druckversorgung 229 über die hydraulische Leitung 147, über das Trennventil 144, über die hydraulische Leitung 147a, in den Primärkreis 233, und in die Radbremszylinder (nicht eingezeichnet) des Primärkreises 233, und über den Kanal 150 in die Primärkammer 111 des HZ 201 verschoben, wodurch der Druck im Primärkreis 233 auf einem bestimmten Wert ansteigt, z.B. 25bar. Der Druck im Primärkreis 233 wird von einem Drucksensor 252 gemessen. Wenn das optionale Trennventil 216a eine Undichtigkeit aufweist, dann muss die Druckversorgung 229 Bremsflüssigkeit nachschieben, um den Druck in dem Primärkreis 233

konstant zu halten. Eine Undichtigkeit des optionalen Trennventils 216a kann über die Notwendigkeit des Nachschiebens von Bremsflüssigkeit durch die Druckversorgung 229, um den Druck in Primärkreis 233 konstant zu halten, entdeckt werden.

- 5 Fig. 5a zeigt ein Bremssystem, welches eine Ähnlichkeit mit dem Bremssystem von Fig. 5 aufweist. Ein wesentlicher Unterschied ist jedoch, dass beim Bremssystem von Fig. 5a der Hilfskolben 211 keinen Hilfskolbenstößel 212 aufweist. Ebenso weist die Zwischenwand 206 keine Bohrung 213 auf. Hierdurch kann
10 ~~gibt~~ es keine mechanische Verbindung zwischen Hilfskolben 211 und Sekundärkolben 119 mehr geben. Es entfallen deshalb auch die zwei Dichtungen 241 und 242 und der Kanal 243 in der Zwischenwand 206. Weiter entfällt die hydraulische Leitung 244 und die Drossel 245. Damit entfallen auch Fehlermöglichkeiten wie Undichtigkeiten der Dichtungen 241 und 242 und Verstopfung der Drossel 245. Die Zwischenwand 206 trennt nun die Primärkammer 111
15 des Hauptbremszylinders 112 von Fig. 4 in eine Primärkammer 111 und die Hilfskolbenkammer 204 des Hauptbremszylinders 201 in Fig. 5a.

Für die Beschreibung der Funktion des Bremssystems von Fig. 5a wird auf die Beschreibung des Bremssystems unter Fig. 5 verwiesen.

- Ein wichtiger Unterschied zwischen dem Bremssystem nach Fig. 5 und dem
20 Bremssystem nach Fig. 5a betrifft den Fehlerfall „Ausfall der Bremskraftverstärkung“, z.B. durch den gleichzeitigen Ausfall der Dichtungen 125 und 127 des Hauptbremszylinders 201. Der Druck in der Primärkammer 111 und im Primärkreis 233 bleibt dann bei der Bremsung durch den Fahrer drucklos, und kann nicht von der Druckversorgung 229, DV1 erhöht werden. Da der Hilfskolbenstößel 212 fehlt, kann der Fahrer mit seiner Fußkraft auf das Pedal 101 den Sekundärkolben 119 mittels den Hilfskolbenstößel 212 nicht verschieben, und auch der Sekundärkreis 237 würde drucklos bleiben. Dieser Fehlerfall kann durch ein nachgeschaltetes ESP, 254 mittels der Druckversorgung DV2, 255 behoben werden. Sobald der Fehler vom Bremssystem erkannt wird, wird
30 die Funktion „Aktivbremsung“ des ESP aktiviert. ESP erhöht dabei den Druck in den Radbremszylindern des Primärkreises 233 und des Sekundärkreises 237 auf einen Sollwert, der z.B. aus dem Signal des Wegsensors 133 des Pedalkol-

bens 103 gebildet werden kann. ESP, 254 bekommt dazu das notwendige Volumen an Bremsflüssigkeit im Primärkreis 233 z.B. durch die undichte Dichtungen 127 und 125 (Fig. 5a), den Kanal 136, die hydraulischen Leitungen 137 und 137a und das geöffnete Sperrventil 138 (Fig. 4) aus dem Vorratsbehälter 131. Unter Einfluss der Federkraft der Sekundärkolbenfeder 124 und des Druckunterschieds zwischen der Primärkammer 111 und der Sekundärkammer 122 des Hauptbremszylinders 201 wird der Sekundärkolben 119 zurück (in Fig. 5a nach rechts) zur Ausgangslage geschoben. In der Ausgangslage des Sekundärkolbens 119 besteht eine direkte Verbindung zwischen der Sekundärkammer 122 und der hydraulischen Leitung 137 über die Bohrung des Sekundärkolbens 120 und dem Kanal 136 im Hauptbremszylinder 112 (Fig. 4). Damit bekommt ESP das notwendige Volumen an Bremsflüssigkeit im Sekundärkreis 237 z.B. durch die Kanäle 236 und 136 (Fig. 4), die Sekundärkammer 122, durch die Bohrung des Sekundärkolbens 120, durch die hydraulischen Leitungen 137 und 137a und das geöffnete Magnetventil 138 (Fig. 4) aus dem Vorratsbehälter 131.

Ein weiterer wichtiger Unterschied zwischen dem Bremssystem nach Fig. 5 und dem Bremssystem nach Fig. 5a betrifft den Fehlerfall „Ausfall der Bremskraftverstärkung“, z.B. durch den Ausfall der Dichtung in einem Radbremszylinder in Bremskreis 233, z.B. Radbremse 516 in Fig. 9a. Der Druck in der Primärkammer 111 bleibt dann bei der Bremsung durch den Fahrer drucklos und kann nicht von der Druckversorgung 229 erhöht werden. Da der Hilfskolbenstößel 212 fehlt, kann der Fahrer mit seiner Fußkraft auf das Pedal 101 den Sekundärkolben 119 mittels des Hilfskolbenstößels 212 nicht verschieben, und auch der Sekundärkreis 237 würde drucklos bleiben. Dieser Fehlerfall kann durch ein stromlos offenes Trennventil 144a im Primärkreis 233 verhindert werden. Sobald der Fehler entdeckt wird, wird das Trennventil 144a geschlossen. Die Druckversorgung 229 kann dann durch das geöffnete Einspeiseventil 144, durch den Primärkreis 233 und den Kanal 150 im Hauptbremszylinder 201 Bremsflüssigkeit in die Primärkammer 111 verschieben. Als Folge verschiebt sich der Sekundärkolben 119 (in Fig. 5a nach links) wodurch Bremsflüssigkeit aus der Sekundärkammer 122 durch den Kanal 236 in den Sekundärkreis 237 verschoben wird. Durch die Bremsflüssigkeitsverschiebung

in den Sekundärkreis 237 erhöht sich der Druck in dem Sekundärkreis 237 und damit auch der Druck in den Radzylindern der Radbremsen (nicht eingezeichnet, z.B. in Fig. 9a 514 und 515) von Sekundärkreis 237. Der Druck im Primärkreis 233 wird durch den Drucksensor 252 gemessen, und von der Druckversorgung 255 des ESP, 254 auf den Sollwert eingestellt, wobei der Solldruck z.B. aus dem Signal des Wegsensors 133 des Pedalkolbens 103 gebildet werden kann. Dieser Fehlerfall kann auch durch ein nachgeschaltetes ESP (254) behoben werden. Sobald der Fehler vom Bremssystem entdeckt wird, wird die Funktion „Aktivbremsung“ des ESP, 254 aktiviert. ESP, 254 erhöht dann mittels der Druckversorgung 255 den Druck in den Radbremszylindern auf einen Sollwert, der aus dem Signal des Pedalwegsensors 133 des Pedalkolbens 103 gebildet werden kann. Allerdings wird ESP, 254 den Druck in den Radbremszylindern des Bremskreises 233 nicht erhöhen können, und es besteht die Gefahr, dass der Vorratsbehälter 131 vom ESP, 254 leergesaugt wird.

Ein weiterer wichtiger Unterschied zwischen dem Bremssystem nach Fig. 5 und dem Bremssystem nach Fig. 5a betrifft z.B. die Kombination der Fehlerfälle „Ausfall der Dichtung in einem Radbremszylinder in Bremskreis 233, z.B. Radbremse 516 in Fig. 9a und Ausfall des Steuergeräts des Bremssystems nach Fig. 5a (nicht eingezeichnet) und Ausfall des Steuergeräts des ESP (254)“. Wenn das Steuergerät des Bremssystems nach Fig. 5a (nicht eingezeichnet) ausfällt, dann öffnet sich das Trennventil 216, während das Trennventil 144a offen bleibt. Durch die Betätigung des Bremspedals 101 durch den Fahrer bewegt sich der Hilfskolben 211 (in Fig. 5a nach links) und schiebt dabei Bremsflüssigkeit aus der Hilfskolbenkammer 204 durch den Kanal 248 im Hauptbremszylinder 201, durch die hydraulische Leitung 249, durch das geöffnete Trennventil 216 und durch die hydraulische Leitung 250 in den Primärkreis 233. Durch den Ausfall der Dichtung in einem Radbremszylinder in Primärkreis 233, z.B. Radbremse 516 in Fig. 9a bleibt dabei der Primärkreis 233 drucklos. Weiter kann durch den Ausfall des Steuergeräts des Bremssystems nach Fig. 5a (nicht eingezeichnet), das Trennventil 144a nicht geschlossen werden, und die Primärkammer 111 bleibt auch drucklos. Da der Hilfskolbenstößel 212 fehlt, kann der Fahrer mit seiner Fußkraft auf das Pedal 101 den

Sekundärkolben 119 mittels des Hilfskolbenstößels 212 nicht verschieben, und auch der Sekundärkreis 237 würde drucklos bleiben. Durch den gleichzeitigen Ausfall des ESP-Steuergeräts (254) kann ESP (254) den Druck in den Radbremszylindern der Radbremsen (z.B. 514, 515, 516, 517 in Fig. 9a) auch nicht erhöhen. Damit würden bei der Fahrerbremsung alle Radbremszylinder der Radbremsen (z.B. 514, 515, 516, 517 in Fig. 9a) drucklos bleiben, und das Fahrzeug würde trotz Fahrerbremsung ungebremst bleiben. Diese Situation kann toleriert werden, da die Wahrscheinlichkeit der Kombination dieser Fehlerfälle „Ausfall der Dichtung in einem Radbremszylinder in Bremskreis 233, z.B. Radbremse 516 in Fig. 9a und Ausfall des Steuergeräts des Bremssystems und Ausfall des Steuergeräts des ESP“ äußerst gering ist.

Optional kann ein zusätzliches Trennventil 114b im Sekundärkreis 237 vorgesehen werden, welches z.B. vorteilhaft bei der ABS-Regelung genutzt werden kann, wenn z.B. bei Ausfall des ESP die Druckversorgung und die Druckregelung über die Druckversorgung 229 bei geöffnetem Ventil 144 erfolgt. Für manche Funktionen, wie z.B. das Nachfördern, kann die Funktion der Trennventils 144a, 144b auch von den ESP-Ventilen ~~USV, HSV und EV~~ übernommen werden, wodurch die Trennventile 144a, 144b im Zweifel nicht benötigt werden. Hierzu muss die Kommunikationsschnittstelle zwischen ESP und Booster geändert werden. Gegebenenfalls z.B. für den Ausfall des ESP auch eine redundante elektrische Ansteuerung vom Booster wirksam werden.

Fig. 6 zeigt ein Bremssystem, welches eine Ähnlichkeit mit dem Bremssystem von Fig. 5 zeigt. Unterschiede zwischen den Bremssystemen von Fig. 6 und von Fig. 5 betreffen nicht den Funktionen. Für die Beschreibung der Funktion des Bremssystems von Fig. 6 wird deshalb auf die Beschreibung der Funktion des Bremssystems von Fig. 5 verwiesen. Wesentliche Änderungen in dem Bremssystem von Fig. 6 im Vergleich zum Bremssystem von Fig. 5 betreffen die Dichtungen. Diese Änderungen in dem Bremssystem von Fig. 6 werden im folgenden Text erklärt.

Die Dichtung 301 wird ergänzt durch eine redundante Dichtung 301a. Zwischen der Dichtung 301 und der redundanten Dichtung 301a befindet sich ein Kanal 302 im Hauptbremszylinder 201 (HZ). An dem Kanal 302 des Haupt-

bremszylinders 201 (HZ) ist eine hydraulische Leitung 304 mit einer Drossel 305 angeschlossen. Die hydraulische Leitung 304 ist an dem Vorratsbehälter 131 (VB) angeschlossen. Eine solche Konfiguration von Dichtung 301, redundante Dichtung 301a, Kanal 302 und Leitung 304 mit Drossel 305 und Vorratsbehälter 131 (VB) wurde bereits in Fig. 2 dargestellt und beschrieben. Deshalb wird an dieser Stelle auf eine erneute Beschreibung verzichtet. Die Dichtung der Sekundärkammer 122 zum Vorratsbehälter 131 (VB) kann entsprechend der Beschreibung von Fig. 2 als Fail Operational bezeichnet werden.

Die Dichtung 328 wird ergänzt durch eine redundante Dichtung 329. Zwischen der Dichtung 328 und der redundanten Dichtung 329 befindet sich ein Kanal 330 im Hauptbremszylinder 201 (HZ). Der Kanal 330 des Hauptbremszylinders 201 (HZ) ist über die hydraulische Leitung 331 mit der Drossel 332 und über die hydraulische Leitung 322 an den Vorratsbehälter 131 (VB) angeschlossen. Eine solche Konfiguration von Dichtung 328, redundante Dichtung 329, Kanal 330 und hydraulische Leitung 331 mit Drossel 332 und Vorratsbehälter 131 (VB) wurde bereits in Fig. 2 dargestellt und beschrieben. Deshalb wird an dieser Stelle auf eine erneute Beschreibung verzichtet. Die Dichtung der Hilfskolbenkammer 204 zum Vorratsbehälter 131 (VB) kann entsprechend der Beschreibung von Fig. 2 als Fail Operational bezeichnet werden.

In der gezeichneten Ruhestellung des Bremssystems ist die Sekundärkammer 122 des Hauptbremszylinders 201 (HZ) über die Bohrung 120 des Sekundärkolbens 119, über den Kanal 136 des Hauptbremszylinders 201 (HZ), über die hydraulische Leitung 311, über das Strömungs-Rückschlagventil 312, über die hydraulische Leitung 313 und über die hydraulische Leitung 304 mit dem Vorratsbehälter 131 (VB) verbunden. Über diese Verbindung kann ein nachgeschaltetes ESP-Gerät (nicht eingezeichnet) Bremsflüssigkeit über den Bremskreis 237 und den Kanal 236 des Hauptbremszylinders 201 (HZ) Bremsflüssigkeit aus dem Vorratsbehälter 131 (VB) ansaugen. Umgekehrt kann ein nachgeschaltetes ESP-Gerät (nicht eingezeichnet) über diese Verbindung, über den Bremskreis 237 und den Kanal 236 des Hauptbremszylinders 201 (HZ) Bremsflüssigkeit an den Vorratsbehälter 131 (VB) abgeben. Die Abgabe von Bremsflüssigkeit von dem nachgeschalteten ESP-Gerät (nicht eingezeichnet) an den Vorratsbehälter 131 (VB) ist garantiert, wenn das Strömungs-Rückschlagventil

312 offen ist. Das Strömungs-Rückschlagventil 312 ist offen, wenn der Volumenstrom durch das Strömungs-Rückschlagventil 312 in Sperrrichtung (d.h. in Richtung zum Vorratsbehälter 131) unterhalb eines definierten Wertes bleibt. Sinnvollerweise ist dieser definierte Wert größer als die maximale Förderleistung der Rückförderpumpe des ESP-Geräts (nicht eingezeichnet) in Bremskreis 237. Das Strömungs-Rückschlagventil 312 soll jedoch bei größeren Werten des Volumenstroms als der definierte Wert schließen, damit bei größeren Undichtigkeiten der Dichtung 301 und der redundanten Dichtung 301a (Doppelfehler) die Verbindung hydraulisch getrennt wird, und somit der Volumenverlust in den Bremskreis 237 begrenzt wird.

In der gezeichneten Ruhestellung des Bremssystems ist die Hilfskolbenkammer 204 des Hauptbremszylinders 201 (HZ) über die Bohrung 214 des Hilfskolbens 211, über den Kanal 255 des Hauptbremszylinders 201 (HZ), über die hydraulische Leitung 320, über das Strömungs-Rückschlagventil 321 und über die hydraulische Leitung 322 mit dem Vorratsbehälter 131 (VB) verbunden. Über diese Verbindung kann ein nachgeschaltetes ESP-Gerät (nicht eingezeichnet) Bremsflüssigkeit über den Primärkreis 233, über die hydraulische Leitung 250, über das geöffnete Trennventil 216, über die hydraulische Leitung 249 und über den Kanal 248 des Hauptbremszylinders 201 (HZ) Bremsflüssigkeit aus dem Vorratsbehälter 131 (VB) ansaugen. Umgekehrt kann ein nachgeschaltetes ESP-Gerät (nicht eingezeichnet) über diese Verbindung und über den Primärkreis 233, über die hydraulische Leitung 250, über das geöffnete Trennventil 216, über die hydraulische Leitung 249 und über den Kanal 248 des Hauptbremszylinders 201 (HZ) Bremsflüssigkeit an den Vorratsbehälter 131 (VB) abgeben. Die Abgabe von Bremsflüssigkeit von dem nachgeschalteten ESP-Gerät (nicht eingezeichnet) an den Vorratsbehälter 131 (VB) ist garantiert, wenn das Strömungs-Rückschlagventil 321 offen ist. Das Strömungs-Rückschlagventil 321 ist offen, wenn der Volumenstrom durch das Strömungs-Rückschlagventil 321 in Sperrrichtung (d.h. in Richtung zum Vorratsbehälter 131) unterhalb eines definierten Wertes bleibt. Sinnvollerweise ist dieser definierte Wert größer als die maximale Förderleistung der Rückförderpumpe des ESP-Geräts (nicht eingezeichnet) in Primärkreis 233. Das Strömungs-Rückschlagventil 321 soll jedoch bei größeren Werten des Volumenstroms als

der definierte Wert schließen, damit bei größeren Undichtigkeiten der Dichtung 328 die Verbindung hydraulisch getrennt wird, und somit der Volumenverlust in den Primärkreis 233 begrenzt wird.

Ähnlich wie bereits bei Fig. 5 beschrieben, werden bei dem Bremssystem von Fig. 6 in einem Steuergerät (nicht eingezeichnet) alle Steuerungs- und Auswertesignale verarbeitet. An dieser Stelle werden deshalb nur die Besonderheiten des Bremssystems von Fig. 6 verglichen mit dem Bremssystem von Fig. 5 beschrieben. Die Diagnose in Fig. 6 der Dichtungsausfälle der redundanten Dichtung 329 in der Hilfskolbenkammer 204 die zu einem Leckstrom führen, findet über Plausibilitätsbetrachtungen der Signale der Pedalwegsensoren 133, 133a mit der Pedalkolbenfeder 104 unter Berücksichtigung der Druck-Volumencharakteristik des Wegsimulators 116 statt. Eine weitere Möglichkeit zur Erkennung der Undichtigkeit der redundanten Dichtung 301a der Sekundärkammer 122 des Hauptbremszylinders 201 (HZ) die zu einem Leckstrom führt, besteht darin, die Druck-Volumencharakteristik des Bremssystems mit der Volumenverschiebung der Druckversorgung 229 und dem Signal des Bremsdrucksensors 252 im Primärkreis 233 zu korrelieren.

In der Diagnose können z.B. die Dichtung 107a und das Strömungs-Rückschlagventil 321 bei nicht betätigtem Bremspedal 101 auf Dichtheit geprüft werden. Dazu wird das Simulatorventil 334 geschlossen und das Trennventil 216 geöffnet. Der Motor 228 wird mit einem definierten Wert bestromt, und damit wird Bremsflüssigkeit von der Druckversorgung 229 über die hydraulische Leitung 147, über das geöffnete Einspeiseventil 144, über die hydraulische Leitung 147a, über den Primärkreis 233, über die hydraulische Leitung 250, über das Trennventil 216, über die hydraulische Leitung 249, über den Kanal 248 über die Hilfskolbenkammer 204 des Hauptbremszylinders 201 (HZ), über die Bohrung 214 des Hilfskolbens 211, über den Kanal 255 des Hauptbremszylinders 201 (HZ), über die hydraulische Leitung 320 in Richtung Strömungs-Rückschlagventil 321 verschoben. Der definierte Wert des Motorstroms wird so groß gewählt, dass der Volumenstrom in Richtung Strömungs-Rückschlagventil 321 größer ist als der definierte Wert bei dem das Strömungs-Rückschlagventil 321 schließt. Damit schließt das Strömungs-Rückschlagventil 321. Der Druck in Primärkreis 233 wird über eine hydraulische

sche Leitung 253 von einem Drucksensor 252 gemessen. Wenn die Dichtung 107a eine Undichtigkeit aufweist, dann muss die Druckversorgung 229 Bremsflüssigkeit nachschieben, um den Druck im Primärkreis 233 konstant zu halten. Eine Undichtigkeit der Dichtung 107a kann über die Notwendigkeit des Nachschiebens von Bremsflüssigkeit durch die Druckversorgung 229, um den Druck im Primärkreis 233 konstant zu halten, entdeckt werden.

Ebenso gilt, dass wenn die das Strömungs-Rückschlagventil 321 eine Undichtigkeit aufweist, dann muss die Druckversorgung 229 Bremsflüssigkeit nachschieben, um den Druck im Primärkreis 233 konstant zu halten. Eine Undichtigkeit des Strömungs-Rückschlagventils 321 kann über die Notwendigkeit des Nachschiebens von Bremsflüssigkeit durch die Druckversorgung 229, um den Druck im Primärkreis 233 konstant zu halten, entdeckt werden.

Fig. 7 zeigt einen Hauptbremszylinder 401 (HZ) und einen Kolben-Wegsimulator 402 aus der Offenlegungsschrift DE 10 2013 216 477 A1. In dem Hauptbremszylinder 401 (HZ) befinden sich der Primärkolben 403 als Stufenkolben und der Sekundärkolben 404. Der Primärkolben bildet eine Ringkammer 405 und eine Primärkammer 406 in dem Hauptbremszylinder 401 (HZ). Der Ringkammer 405 des Primärkolbens 403 ist über eine hydraulische Leitung 407 mit der Arbeitskammer 408 des Kolben-Wegsimulators 402 verbunden. Der Sekundärkolben 404 bildet eine Sekundärkammer 409 in dem Hauptbremszylinder 401 (HZ). Auf die Beschreibung der Bremskraftverstärkerfunktion wird hier verzichtet. Diese Beschreibung ist in der Offenlegungsschrift DE 10 2013 216 477 A1 enthalten.

Bei nicht betätigtem Bremspedal (nicht eingezeichnet) ist die Primärkammer 406 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) über die Bohrung 410 mit der Ringkammer 405 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) hydraulisch verbunden.

Wenn der Fahrer das Bremspedal betätigt (nicht eingezeichnet), dann wird der Pedalstößel 411 nach links verschoben. Mit der Verschiebung des Pedalstößels 411 nach links wird auch der Primärkolben 403 nach links verschoben. Mit der Verschiebung des Primärkolbens 403 wird die Verbindung zwischen der Primärkammer 406 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) über die Bohrung 410 mit der Ringkammer 405 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) durch die Dichtung

412 hydraulisch getrennt und wird Bremsflüssigkeit aus der Ringkammer 405 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) über die hydraulische Leitung 407 in den Arbeitskammer 408 des Kolben-Wegsimulators 402 verschoben. Mit der Verschiebung von Bremsflüssigkeit in die Arbeitskammer 408 des Kolben-
5 Wegsimulators 402 wird der Kolben 413 des Kolben-Wegsimulators 402 gegen eine Feder 414 nach rechts verschoben, wodurch die Feder 414 zusammenge-
drückt wird. Durch die Kraft der Feder 414 entsteht ein Druck in der Arbeitskammer 408 des Kolben-Wegsimulators, und damit auch ein Druck in der
10 Ringkammer 405 des Hauptbremszylinders 401 (HZ). Dieser Druck in der Ringkammer 405 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) erzeugt eine Gegenkraft am Bremspedal (nicht eingezeichnet) die der Fahrer bei der Betätigung des Bremspedals (nicht eingezeichnet) fühlt. Weiter wird dabei in der Verbindung der Ringkammer 405 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) über den Kanal 415, über die hydraulische Leitung 416, über das Rückschlagventil 417, über die
15 hydraulische Leitung 418 und über die hydraulische Leitung 419 zum Vorratsbehälter 131 (VB), das Rückschlagventil 417 geschlossen.

Im Normalfall ist bei Betätigung des Bremspedals (nicht eingezeichnet) durch den Fahrer die Primärkammer 406 der Hauptbremszylinders 401 (HZ) drucklos, was in Fig. 7 durch eine gestrichelte hydraulische Leitung 421 von dem
20 Kanal 422 im Hauptbremszylinder 401 (HZ) über die hydraulischen Leitung 431 und 419 zum Vorratsbehälter 131 (VB) symbolisiert wird.

Im Normalfall ist bei Betätigung des Bremspedals (nicht eingezeichnet) durch den Fahrer die Sekundärkammer 409 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) über den Kanal 423 mit der Druckversorgung (nicht eingezeichnet) verbunden, so
25 dass der Druck in der Sekundärkammer 409 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) dem Druck der Druckversorgung entspricht. Dadurch liegt der Sekundärkolben 404 im Normalfall bei Betätigung des Bremspedals (nicht eingezeichnet) durch den Fahrer an dem rechten Anschlag 404a im Hauptbremszylinder 401 (HZ) an. Dabei kann die Druckversorgung (nicht eingezeichnet) Brems-
30 flüssigkeit über den Kanal 423, über die Bohrung 424, über die Sekundärkammer 409, über den Kanal 425, über die hydraulische Leitung 426, über das Rückschlagventil 427 und über die hydraulische Leitung 428 Bremsflüssigkeit aus dem Vorratsbehälter 131 (VB) ansaugen.

Die Primärkammer 406 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) ist durch die Dichtungen 429 und die redundante Dichtung 429a von der Sekundärkammer 409 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) hydraulisch getrennt. Zwischen der Dichtung 429 und der redundanten Dichtung 429a befindet sich ein Kanal 430, der
5 über die hydraulische Leitung 431 mit Drossel 432 und über die hydraulische Leitung 419 mit dem Vorratsbehälter 131 (VB) verbunden ist.

Durch die Verbindung des Kanals 430 im Hauptbremszylinder 401 (HZ) mit dem Vorratsbehälter 131 (VB) über die hydraulische Leitung 431 mit der Drossel 432, über die hydraulischen Leitungen 431 und 419 ist der Druck in Kanal
10 430 gleich dem Druck im Vorratsbehälter 131 (VB), wenn Höhenunterschiede zwischen dem Vorratsbehälter 131 (VB) und dem Kanal 430 vernachlässigt werden.

Wenn der Druck in der Primärkammer 406 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) gleich groß ist, wie der Druck in dem Vorratsbehälter 131 (VB), dann wird bei
15 intakter redundanter Dichtung 429a die Dichtung 429 nicht belastet, weil auch der Druck im Kanal 430 dem Druck im Vorratsbehälter 131 (VB) entspricht, auch nicht, wenn die Sekundärkammer 409 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) unter Druck steht. Weiter werden bei intakter redundanter Dichtung 429a eventuelle Schmutzpartikel in der Sekundärkammer 409 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) von der redundanten Dichtung 429a zurückgehalten, so dass
20 diese nicht in Kanal 430 vordringen, und nicht die Dichtung 429 beschädigen können. Bei intakter redundanter Dichtung 429a fällt die Dichtung 429 somit nicht aus.

Wird die redundante Dichtung 429a undicht, z.B. durch Verschleiß oder
25 Schmutzpartikel, so kann Bremsflüssigkeit aus der Sekundärkammer 409 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) durch Kanal 430, durch die hydraulische Leitungen 431 mit Drossel 432 und durch die hydraulische Leitung 419 zum Vorratsbehälter 131 (VB) abfließen. Dieser Abfluss von Bremsflüssigkeit kann durch die Druckversorgung (nicht eingezeichnet) kompensiert werden. Die
30 Kompensation von Bremsflüssigkeit durch die Druckversorgung (nicht eingezeichnet) ist ein Indikator für die Undichtigkeit der redundanten Dichtung 429a

und kann mittels des Motordrehwinkelsensors (nicht eingezeichnet) der Druckversorgung (nicht eingezeichnet) ermittelt werden.

Eine Undichtigkeit der redundanten Dichtung 429a kann somit während des Betriebs entdeckt werden, ohne dass der Betrieb durch diese Undichtigkeit gestört wird. Deshalb führt die Kombination von der redundanten Dichtung 429a, der Dichtung 429, dem Kanal 430, der hydraulischen Leitung 431 mit Drossel 432 und der hydraulischen Leitung 419 zum Vorratsbehälter 131 (VB) zu einer hydraulischen Trennung der Sekundärkammer 409 des HZ 401 von der Primärkammer 406 des HZ 401, die als Fail Operational bezeichnet werden kann.

Bei betätigtem Bremspedal (nicht eingezeichnet) schiebt der Primärkolben 403 nach links und die Bohrung 410 in dem Primärkolben 403 schiebt an der redundanten Dichtung 412a vorbei. Durch die redundante Dichtung 412a ist die Ringkammer 405 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) von der Primärkammer 406 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) hydraulisch getrennt.

Wird der Primärkolben 403 weiter nach links verschoben, dann wird die Bohrung 410 in dem Primärkolben 403 eventuell auch an die Dichtung 412 vorbei verschoben. Die Primärkammer 406 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) ist dann durch die Dichtung 412 und die redundante Dichtung 412a von der Ringkammer 405 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) hydraulisch getrennt. Zwischen der Dichtung 412 und der redundanten Dichtung 412a befindet sich ein Kanal 433, der über die hydraulische Leitung 419 mit Drossel 434 mit dem Vorratsbehälter 131 (VB) verbunden ist. Durch die Verbindung des Kanals 433 mit dem Vorratsbehälter 131 (VB) über die hydraulische Leitung 419 ist der Druck in Kanal 433 gleich dem Druck im Vorratsbehälter 131 (VB), wenn Höhenunterschiede zwischen dem Vorratsbehälter 131 (VB) und dem Kanal 433 vernachlässigt werden.

Wenn der Druck in der Primärkammer 406 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) gleich groß ist, wie der Druck in dem Vorratsbehälter 131 (VB), dann wird bei intakter redundanter Dichtung 412a die Dichtung 412 nicht belastet, auch nicht, wenn die Ringkammer 405 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) unter Druck steht. Weiter werden bei intakter redundanter Dichtung 412a eventuelle

Schmutzpartikel in der Ringkammer 405 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) von der redundanten Dichtung 412a zurückgehalten, so dass diese nicht in Kanal 433 vordringen, und nicht die Dichtung 412 beschädigen können. Bei intakter redundanter Dichtung 412a fällt die Dichtung 412 somit nicht aus.

- 5 Wird die redundante Dichtung 412a undicht, z.B. durch Verschleiß oder Schmutzpartikel, so kann Bremsflüssigkeit aus der Ringkammer 405 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) durch Kanal 433, durch die hydraulische Leitungen 419 mit der Drossel 434 zum Vorratsbehälter 131 (VB) abfließen. Dieser Abfluss von Bremsflüssigkeit kann vom Fahrer, durch Reduzierung der
- 10 Kraft auf das Bremspedal (nicht eingezeichnet), kompensiert werden. Das Bremspedal fällt nicht durch. Die Kompensation der Bremskraft ist ein Indikator für die Undichtigkeit der redundanten Dichtung 412a, und kann mittels des Primärkolbenwegsensors (nicht eingezeichnet) und des Drucksensors des Kolben-Wegsimulators (nicht eingezeichnet) unter Verwendung der Druck-
- 15 Volumencharakteristik des Kolben-Wegsimulators 402 ermittelt werden.

- Eine Undichtigkeit der redundanten Dichtung 412a kann somit während des Betriebs entdeckt werden, ohne dass der Betrieb durch diese Undichtigkeit gestört wird. Deshalb führt die Kombination von der redundanten Dichtung 412a, der Dichtung 412, dem Kanal 433, der hydraulischen Leitung 419 mit
- 20 der Drossel 434 zum Vorratsbehälter 131 (VB) zu einer hydraulischen Trennung der Ringkammer 405 des HZ 401 von der Primärkammer 406 des HZ 401, die als Fail Operational bezeichnet werden kann.

- Die hydraulische Trennung der Ringkammer 405 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) von dem geschützten Raum 435 des Pedalstößels 411 geschieht über die
- 25 redundante Dichtung 436a und die Dichtung 436. Zwischen der redundanten Dichtung 436a und der Dichtung 436 befindet sich ein Kanal 437 in dem Primärkolben 403 mit einer Drossel 438. Der Druck in dem geschützten Raum 435 des Pedalstößels 411 gleicht dem atmosphärischen Druck.

- Im Normalfall ist bei Betätigung des Bremspedals (nicht eingezeichnet) durch
- 30 den Fahrer der Druck in der Ringkammer 405 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) höher als der atmosphärische Druck in dem geschützten Raum 435 des Pedalstößels 411. Der Druck in dem Kanal 437 des Primärkolbens 403 gleicht

auch dem atmosphärischen Druck. Dadurch wird die Dichtung 436 im Normalfall bei Betätigung des Bremspedals (nicht eingezeichnet) durch den Fahrer und bei intakter redundanter Dichtung 436a nicht belastet, auch nicht wenn die Ringkammer 405 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) unter Druck steht.

- 5 Weiter werden bei intakter redundanter Dichtung 436a eventuelle Schmutzpartikel in der Ringkammer 405 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) von der redundanten Dichtung 436a zurückgehalten, so dass diese nicht in Kanal 437 vordringen, und nicht die Dichtung 436 beschädigen können. Bei intakter redundanter Dichtung 436a fällt die Dichtung 436 somit nicht aus.
- 10 Wird die redundante Dichtung 436a undicht, z.B. durch Verschleiß oder Schmutzpartikel, so kann Bremsflüssigkeit aus der Ringkammer 405 des Hauptbremszylinders 401 durch Kanal 437 mit der Drossel 438 in dem geschützten Raum 435 des Pedalstößels 411 abfließen. Dieser Abfluss von Bremsflüssigkeit kann vom Fahrer, durch Reduzierung der Kraft auf das
- 15 Bremspedal (nicht eingezeichnet), kompensiert werden. Das Bremspedal fällt nicht durch. Die Kompensation der Bremspedalkraft ist ein Indikator für die Undichtigkeit der redundanten Dichtung 436a, und kann mittels des Primärkolbenwegsensors (nicht eingezeichnet) und des Drucksensors des Kolben-Wegsimulators 402 (nicht eingezeichnet) unter Verwendung der Druck-
- 20 Volumencharakteristik des Kolben-Wegsimulators 402 ermittelt werden.

- Eine Undichtigkeit der redundanten Dichtung 436a kann somit während des Betriebs entdeckt werden, ohne dass der Betrieb durch diese Undichtigkeit gestört wird. Deshalb führt die Kombination von der redundanten Dichtung 436a, der Dichtung 436, dem Kanal 437 mit der Drossel 438 zum geschützten
- 25 Raum 435 des Pedalstößels 411 zu einer hydraulischen Trennung der Ringkammer 405 des HZ 401 von dem geschützten Raum 435 des Pedalstößels 411, die als Fail Operational bezeichnet werden kann.

- Die hydraulische Trennung der Arbeitskammer 408 des Kolben-Wegsimulators 402 von dem mit Luft gefülltem Federraum 439 des Kolben-Wegsimulators
- 30 402 geschieht über die redundante Dichtung 440a und die Dichtung 440. Zwischen der redundanten Dichtung 440a und der Dichtung 440 befindet sich ein Kanal 441 in dem Kolben-Wegsimulator 402 der über eine hydraulische Lei-

tung 442 mit der Drossel 443, über die hydraulische Leitung 418 und über die hydraulische Leitung 419 mit dem Vorratsbehälter 131 (VB) in Verbindung steht. Der Druck in dem Kanal 441 des Kolben-Wegsimulators gleicht dem Druck im Vorratsbehälter 131 (VB), wenn Höhenunterschiede zwischen dem Vorratsbehälter 131 (VB) und dem Kanal 441 vernachlässigt werden, wobei im Vorratsbehälter 131 (VB) atmosphärischer Druck herrscht.

Im Normalfall ist bei Betätigung des Bremspedals (nicht eingezeichnet) durch den Fahrer der Druck in der Ringkammer 405 des Hauptbremszylinders 401 (HZ), und damit der Druck in der Arbeitskammer 408 des Kolben-Wegsimulators 402 höher als der atmosphärische Druck in dem Federraum 439 des Kolben-Wegsimulators 402. Der Druck in dem Kanal 441 des Kolben-Wegsimulators 402 gleicht auch dem atmosphärischen Druck. Dadurch wird die Dichtung 440 im Normalfall bei Betätigung des Bremspedals (nicht eingezeichnet) durch den Fahrer und bei intakter redundanter Dichtung 440a nicht belastet, auch nicht, wenn der Arbeitsraum 405 des Kolben-Wegsimulators 402 unter Druck steht. Weiter werden bei intakter redundanter Dichtung 440a eventuelle Schmutzpartikel in dem Arbeitskammer 408 des Kolben-Wegsimulators 402 von der redundanten Dichtung 440a zurückgehalten, so dass diese nicht in Kanal 441 vordringen, und nicht die Dichtung 440 beschädigen können. Bei intakter redundanter Dichtung 440a fällt die Dichtung 440 somit nicht aus.

Wird die redundante Dichtung 440a undicht, z.B. durch Verschleiß oder Schmutzpartikel, so kann Bremsflüssigkeit aus der Arbeitskammer 408 des Kolbenwegsimulators 402 durch Kanal 441, durch die hydraulische Leitung 442 mit Drossel 443, durch die hydraulische Leitung 418 und durch die hydraulische Leitung 419 zum Vorratsbehälter 131 (VB) abfließen. Dieser Abfluss von Bremsflüssigkeit kann vom Fahrer, durch Reduzierung der Kraft auf das Bremspedal (nicht eingezeichnet), kompensiert werden. Das Bremspedal (nicht eingezeichnet) fällt nicht durch. Die Kompensation der Kraft auf das Bremspedal (nicht eingezeichnet) ist ein Indikator für die Undichtigkeit der redundanten Dichtung 440a, und kann mittels des Primärkolbenwegsensors (nicht eingezeichnet) und des Drucksensors des Kolben-Wegsimulators 402

(nicht eingezeichnet) unter Verwendung der Druck-Volumencharakteristik des Kolben-Wegsimulators 402 ermittelt werden.

Eine Undichtigkeit der redundanten Dichtung 440a kann somit während des Betriebs entdeckt werden, ohne dass der Betrieb durch diese Undichtigkeit
5 gestört wird. Deshalb führt die Kombination von der redundanten Dichtung 440a, der Dichtung 440, dem Kanal 441, der hydraulischen Leitung 442 mit der Drossel 443, der hydraulischen Leitung 418 und der hydraulischen Leitung 419 zum Vorratsbehälter 131 (VB) zu einer hydraulischen Trennung der Arbeitskammer 408 des Kolben-Wegsimulators 402 von dem Federraum 439 des
10 Kolben-Wegsimulators 402, die als Fail Operational bezeichnet werden kann.

Die redundante Dichtung 446a, der Kanal 447 und die hydraulische Leitung 449 mit der Drossel 448 sind für die mechanische Rückfallebene vorgesehen, z.B. bei Ausfall des gesamten Bordnetzes. Bei betätigtem Bremspedal (nicht eingezeichnet) schiebt der Primärkolben 403 nach links und die Bohrung 410
15 in dem Primärkolben 403 schiebt an der redundanten Dichtung 412a vorbei. Durch die redundante Dichtung 412a ist die Ringkammer 405 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) von der Primärkammer 406 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) hydraulisch getrennt.

Wird der Primärkolben 403 weiter nach links verschoben, dann wird die Boh-
20 rung 410 in dem Primärkolben 403 eventuell auch an die Dichtung 412 vorbei verschoben. Die Primärkammer 406 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) ist dann durch die Dichtung 412 und die redundante Dichtung 412a von der Ringkammer 405 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) hydraulisch getrennt. In der mechanischen Rückfallebene ist die Ringkammer 405 über hydraulische Lei-
25 tungen und ein Magnetventil (nicht eingezeichnet) direkt mit dem Vorratsbehälter 131 (VB) verbunden, so dass der Druck in der Ringkammer 405 durch die Betätigung des Bremspedals (nicht eingezeichnet) nicht zunimmt. Dagegen wird in der mechanischen Rückfallebene die hydraulische Leitung 421 durch ein Magnetventil (nicht eingezeichnet) gesperrt, so dass bei Betätigung des
30 Bremspedals (nicht eingezeichnet) der Druck in der Primärkammer 406 zu-
nimmt.

- In der mechanischen Rückfallebene ist die Druckversorgung (nicht eingezeichnet) nicht in Betrieb, so dass der Druck in Kanal 423, und damit der Druck in der Sekundärkammer 409 des Hauptbremszylinders 401 (HZ), nicht von der Druckversorgung (nicht eingezeichnet) beeinflusst wird. Mit der Zunahme des Drucks in der Primärkammer 406 verschiebt sich der Sekundärkolben 404 nach links. Wenn bei dieser Verschiebung des Sekundärkolbens 404 die Bohrung 424 des Sekundärkolbens 404 an der redundanten Dichtung 446a vorbei verschoben ist, dann ist die Sekundärkammer 409 hydraulisch getrennt von dem Kanal 447, der über die hydraulische Leitung 449 mit Drossel 448, über die hydraulische Leitung 431 und über die hydraulische Leitung 419 mit dem Vorratsbehälter 131 (VB) in Verbindung steht. Durch diese hydraulische Trennung können, bei weiterer Verschiebung des Sekundärkolbens 404, der Druck in der Sekundärkammer, und damit auch der Druck in dem Kanal 444 zunehmen.
- Wird die Dichtung 412 undicht, z.B. durch Verschleiß oder Schmutzpartikel, so kann Bremsflüssigkeit aus der Primärkammer 406 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) durch den Kanal 433, durch die hydraulische Leitung 419 mit der Drossel 434 zum Vorratsbehälter 131 (VB) abfließen. Dieser Abfluss von Bremsflüssigkeit kann vom Fahrer, durch Erhöhung der Verschiebung des Bremspedals (nicht eingezeichnet), kompensiert werden. Das Bremspedal fällt nicht durch. Durch eine Undichtigkeit der Dichtung 412 wird der Betrieb in der mechanischen Rückfallebene durch diese Undichtigkeit nicht gestört. Deshalb führt die Kombination von der redundanten Dichtung 412a, der Dichtung 412, dem Kanal 433, der hydraulischen Leitung 419 mit der Drossel 434 zum Vorratsbehälter 131 (VB) zu einer hydraulischen Trennung der Primärkammer 404 des HZ 401 von dem Vorratsbehälter 131 (VB), die in der mechanischen Rückfallebene als Fail Operational bezeichnet werden kann.

- Wird die redundante Dichtung 446a undicht, z.B. durch Verschleiß oder Schmutzpartikel, so kann Bremsflüssigkeit aus der Sekundärkammer 409 des Hauptbremszylinders 401 (HZ) durch Kanal 447, durch die hydraulische Leitung 449 mit der Drossel 448, durch die hydraulischen Leitungen 431 und 419 zum Vorratsbehälter 131 (VB) abfließen. Dieser Abfluss von Bremsflüssigkeit kann vom Fahrer, durch Erhöhung der Verschiebung des Bremspedals (nicht

eingezeichnet), kompensiert werden. Das Bremspedal fällt nicht durch. Durch eine Undichtigkeit der redundanten Dichtung 446a wird der Betrieb in der mechanischen Rückfallebene durch diese Undichtigkeit nicht gestört. Deshalb führt die Kombination von der redundanten Dichtung 446a, der Dichtung 446, dem Kanal 447, der hydraulischen Leitung 449 mit der Drossel 448, der hydraulischen Leitung 431 und der hydraulischen Leitung 419 zum Vorratsbehälter 131 (VB) zu einer hydraulischen Trennung der Sekundärkammer 409 des HZ 401 von dem Vorratsbehälter 131 (VB), die in der mechanischen Rückfallebene als Fail Operational bezeichnet werden kann.

- 10 Ähnlich wie bereits bei Fig. 4 beschrieben, werden bei dem Bremssystem von Fig. 7 in einem Steuergerät (nicht eingezeichnet) alle Steuerungs- und Auswertesignale verarbeitet. An dieser Stelle werden deshalb nur die Besonderheiten des Bremssystems von Fig. 7 verglichen mit dem Bremssystem von Fig. 4 beschrieben. Die Diagnose der Dichtungsaustritte der redundanten Dichtung 412a der Primärkammer 406, der redundanten Dichtung 436a der Ringkammer 405 und der redundanten Dichtung 440a der Arbeitskammer 408 des Kolben-Wegsimulators 402, die zu einem Leckstrom führen, findet über Plausibilitätsbetrachtungen der redundanten Sensorsignale des Primärkolbenwegs (nicht eingezeichnet) mit dem Signal des Drucksensors (nicht eingezeichnet) für den Druck in der Arbeitskammer 408 des Kolben-Wegsimulators 402 unter Berücksichtigung der Druck-Volumencharakteristik des Kolben-Wegsimulators 402 statt. Eine weitere Möglichkeit zur Erkennung der Undichtigkeit einer Dichtung, die zu einem Leckstrom führt, besteht darin, die Druck-Volumencharakteristik des Bremssystems mit der Volumenverschiebung der Druckversorgung (nicht eingezeichnet) und dem Signal des redundanten Bremsdrucksensors (nicht eingezeichnet) im Bremskreis 444 zu korrelieren. Bei dem Bremssystem von Fig. 7 fließt der Leckstrom durch jede Dichtung zurück in den Vorratsbehälter 131 (VB), außer bei der redundanten Dichtung 436a der Ringkammer 405 des Hauptbremszylinders 401 (HZ). Wenn der Leckstrom nicht in den Vorratsbehälter 131 (VB) zurückfließt, dann ist eine Diagnose der Dichtigkeit durch Korrelation des Leckverlusts mit dem Signal eines redundanten Niveauebers 151 in dem Vorratsbehälter 131 (VB), der vorzugsweise linear ist, möglich.

Fig. 8 beschreibt, wie bei einer Bremsung mit anschließendem Fahrzeug-Stopp der Restdruck im System am Ende eines Bremsvorgangs bei entsprechender Ventilschaltung „zu – auf – zu“ für die Diagnose der Dichtheit verwendet wird. Ausgangspunkt ist die Annahme, dass Komponenten die in der Diagnose am Ende eines Bremsvorgangs auf korrekte Funktion geprüft wurden, unter bestimmten Bedingungen bei dem darauffolgenden Bremsvorgang noch korrekt funktionieren. Damit wird ein separater Pre-Drive-Check (PDC), der die Belastungszyklen insbesondere der Dichtungen erhöht, vermieden.

Die Diagnose wird nun anhand vom Bremssystem von Fig. 5 beschrieben. In Fig. 8 ist der Bremsdruck P in Primärkreis 233, gemessen von dem Drucksensors 252, in Abhängigkeit der Betätigung des Bremspedals 101 exemplarisch als durchgezogene oder gestrichelte Kurve über die Zeit t angegeben. Darunter ist das Signal des Trennventils 216 (FV) angegeben, wobei das Trennventil 216 (FV) geschlossen ist, wenn das Signal 1 ist, und das Trennventil 216 (FV) geöffnet ist, wenn das Signal 0 ist. Unterhalb des Signals des Trennventils 216 (FV) ist das Signal der Fahrertür angegeben, wobei die Fahrertür geschlossen ist, wenn das Signal 1 ist, und die Fahrertür geöffnet ist, wenn das Signal 0 ist. Unterhalb des Signals der Fahrertür ist das Signal der Einlassventile EV der Radbremsen (nicht eingezeichnet) angegeben, wobei die Einlassventile EV der Radbremsen geschlossen sind, wenn das Signal 1 ist, und die Einlassventile EV der Radbremsen geöffnet sind, wenn das Signal 0 ist.

Zum Zeitpunkt $t=0$ wird der Bremsvorgang bis zum Fahrzeug-Stopp eingeleitet. Das Trennventil 216 (FV) ist geschlossen und die Fahrertür ist geschlossen. Die Einlassventile EV der Radbremsen (nicht eingezeichnet) sind offen. Zum Zeitpunkt $t=t_1$ wird der Druck P in dem Primärkreis 233 konstant gehalten und ab Zeitpunkt $t=t_2$ wird der Bremsdruck im Bremskreis reduziert, weil der Fahrzeug-Stopp erreicht oder fast erreicht ist und der Bremsvorgang beendet wird. Für die Diagnose wird im Zeitbereich $t=t_3$ bis $t=t_7$ die Position des Kolbens der Druckversorgung 229 konstant gehalten. Wenn keine Undichtigkeit einer Dichtung vorliegt, dann bleibt der Druck P in Primärkreis 233 im Zeit-Bereich D, von $t=t_3$ bis $t=t_6$, konstant (durchgezogene Druck-Linie). Wenn der Druck P im Primärkreis 233 in dem Zeitbereich von $t=t_3$ bis $t=t_4$ geringer wird (strichpunktierte Druck-Kurve), dann liegt eine Undichtigkeit ei-

ner Dichtung, z.B. Dichtung 241, vor. Werden bei Undichtigkeit einer Dichtung zum Zeitpunkt $t=t_4$ die Einlassventile EV der Radbremsen (nicht eingezeichnet) bis $t=t_5$ geschlossen, und bleibt der Druck P im Primärkreis 233 in dem Zeit-Bereich von $t=t_4$ bis $t=t_5$ konstant, dann liegt eine Undichtigkeit an einer Dichtung oder an mehreren Dichtungen der Radbremsen (nicht eingezeichnet) vor (gestrichelte Druck-Linie). Andernfalls liegt eine Undichtigkeit an den Dichtungen im Bremssystem, z.B. Dichtung 241, vor. Wird im Zeitbereich $t=t_6$ bis $t=t_7$ das Trennventil 216 (FV) geöffnet, dann fließt, bei unbetätigtem Bremspedal 101, Bremsflüssigkeit aus den Radbremsen (nicht eingezeichnet) durch die geöffneten Einlassventilen der Radbremsen (nicht eingezeichnet) durch den Primärkreis 233, durch die hydraulische Leitung 250, durch das geöffnete Trennventil 216 (FV), durch die hydraulische Leitung 249, durch den Kanal 248, durch die Hilfskolbenkammer 204, durch die Hilfskolbenbohrung 214, durch den Kanal 255, durch die hydraulische Leitung 129, durch das geöffnete Diagnoseventil 218 und durch die hydraulische Leitung 129a zurück in den Vorratsbehälter 131 (VB), wodurch der Bremsdruck P in Primärkreis 233 reduziert wird. Wenn das Trennventil 216 (FV) wieder geschlossen wird, und der Druck P in Primärkreis 233 konstant bleibt, dann ist das Trennventil 216 (FV) dicht. Andernfalls, wenn der Druck P in Primärkreis 233 weiter abfällt, ist das Trennventil 16 (FV) undicht. Zum Zeitpunkt $t=t_8$ wird die Fahrertür geöffnet und der Diagnosevorgang wird abgebrochen. Nach dem Schließen der Fahrertür zum Zeitpunkt $t=t_9$ kann der Diagnosevorgang beim nächsten Fahrzeug-Stopp zum Zeitpunkt $t=t_{10}$ wiederholt werden.

Wenn im Zeitabschnitt von $t=t_4$ bis $t=t_5$ entdeckt wird, dass die Undichtigkeit den Radbremsen (nicht eingezeichnet) zuzuordnen ist, dann kann sukzessive das EV einer Radbremse nacheinander kurz geöffnet werden. Fällt dabei der Druck P wieder ab, dann weist diese Radbremse die Undichtigkeit auf, und diese Radbremse kann dann bei dem nächsten Bremsvorgang von der Bremsung ausgeschlossen werden, indem das EV dieser Radbremse während dem Bremsvorgang geschlossen bleibt.

Die Funktionen des Trennventils 216 (FV) Öffnen/Schließen und die Dichtheit sind wichtig für die Sicherheitskategorie „Fail Operational“, da im Fehlerfall gegebenenfalls keine Bremskraftverstärkerfunktion (BKV) möglich ist. Daher

ist die beschriebene Diagnose von großer Bedeutung. Es ist somit sichergestellt, dass nach der Diagnose kein Volumendurchfluss durch das Ventil FV erfolgt. Um dies sicherzustellen sind folgende Schaltungen des Trennventils 216 (FV) möglich:

- 5 • FV-Ausschaltung (öffnen) nach der Diagnose:
 - Bei Zündung aus
 - Bei Zündung aus und Fahrertür zu
 - Bei Zündung aus mit Zeitabschaltung nach Zündung ein
- FV Einschaltung (schließen):
 - 10 ○ Bei Öffnung Fahrzeugschloss
 - Bei Zündung ein
 - Bei Vorkontakt am Bremspedal, so dass FV schließt bevor über den Kolben des Hauptbremszylinders (HZ) Volumen bewegt wird

Fig. 9a zeigt ein komplettes Bremssystem als eine Erweiterung des Teil-
15 Bremssystems von Fig. 5. Die Erweiterungen betreffen hauptsächlich die Redundanz und werden nun beschrieben.

Die Druckversorgung 500 (DV) ist zweikreisig, z.B. nach dem Prinzip des Doppelhubkolbens DHK (Fig. 3), und versorgt über die Ringkammer (87, Fig. 3), über die hydraulische Leitung 501 den Primärkreis 502 und über die Kammer
20 (86, Fig. 3), über die hydraulische Leitung 503 den Sekundärkreis 504 mit Bremsflüssigkeit. Weiter ist die Ringkammer (87, Fig. 3) über die hydraulische Leitung 505, mit Saugventil 506 mit der Kammer 507 (VB1) des Vorratsbehälters 508 verbunden. Die Kammer (86, Fig. 3) ist über die hydraulische Leitung 509, mit Saugventil 510 mit der Kammer 511 (VB2) des Vorratsbehälters 508
25 verbunden. Auf dieser Weise bleiben der Primärkreis 502 und der Sekundärkreis 504 hydraulisch getrennt. Somit führt eine Undichtigkeit im Primärkreis 502 zum Ausfall des Primärkreises 502 aber nicht zum Ausfall des Sekundär-

kreises 504. Umgekehrt, führt eine Undichtigkeit im Sekundärkreis 504 zum Ausfall des Sekundärkreises 504 aber nicht zum Ausfall des Primärkreises 502.

Die hydraulische Leitungen 501, 505, bzw. 503 und 509 können noch Magnetventile enthalten (nicht eingezeichnet) um einen Druckaufbau und einen

- 5 Druckabbau in den Primärkreis 502 bzw. in den Sekundärkreis 504 zu ermöglichen. Fällt die Kammer (86, Fig. 5) des Doppelhubkolbens (87, Fig. 3) aus, dann fallen der Druckaufbau und der Druckabbau in dem Sekundärkreis 504 über die hydraulische Leitung 503 aus. Der Druckaufbau und der Druckabbau in dem Primärkreis 502 über die hydraulische Leitung 503 sind noch möglich.
- 10 In ähnlicher Weise, wenn die Ringkammer (87, Fig. 5) des Doppelhubkolbens (Fig. 3) ausfällt, dann fällt der Druckaufbau und der Druckabbau in dem Primärkreis 502 über die hydraulische Leitung 501 aus. Der Druckaufbau und der Druckabbau in dem Sekundärkreis 504 über die hydraulische Leitung 503 sind noch möglich. Somit führt ein Einzelfehler in der Druckversorgung 500 (DV)
- 15 nicht zu einem Ausfall der Druckversorgung 500 (DV).

- Der Motor 512 enthält zwei dreiphasige Wicklungen mit zweimal dreiphasiger Ansteuerung. Fällt eine dreiphasige Wicklung aus, dann ist der Betrieb des Motors 512 immer noch möglich. Weiter enthält der Motor noch einen redundanten, vorzugsweise eigensicheren, Ankerwinkelsensor 513, so dass bei Ausfall
- 20 eines Ankerwinkelsensors 513 der Betrieb des Motors 512 noch aufrechterhalten bleibt.

- Die Bremskreisaufteilung ist in Fig. 9a diagonal gezeigt. Zum Beispiel befindet sich beim PKW die Radbremse 514 an dem Rad vorne links und die Radbremse 515 am Rad hinten rechts. In diesem Beispiel befindet sich dann die Radbremse
- 25 se 516 an dem Rad vorne rechts und die Radbremse 517 am Rad hinten links.

- Die Ventilanordnung für die Radbremsen 514, 515, 516, 517 ist für den sogenannten Multiplex Betrieb bei ABS vorgesehen. Zum Beispiel, wenn während dem ABS-Betrieb der Druck an der Radbremse 514 reduziert werden muss, dann werden die Ventile 519, 520, 521 geschlossen und das Ventil 518 geöffnet.
- 30 net. Der Druckabbau an der Radbremse 514 findet dann über die Kolbenbewegung (71, Fig. 3) der Druckversorgung 500 (DV) statt. Während des Druckabbaus an der Radbremse 514 bleibt der Druck an den Radbremsen 515, 516,

517 konstant (Druck Halten). Alternativ kann an der Radbremse 514 der Druck auch über das Auslass-Ventil 522 und über die hydraulische Leitung 523 zur Kammer 511 (VB2) des Vorratsbehälters 508 reduziert werden. Dies geschieht vorzugsweise, wenn während des Druckaufbaus an einer Radbremse, z.B. 515 oder 516 oder 517, der Druck im Multiplex-Betrieb aufgebaut wird, während der Druck an der Radbremse 514 abgebaut werden muss.

Die Radbremse 516 ist über die hydraulische Leitung 524, über das Ventil 521, über die hydraulische Leitung 525, über das redundante Ventil 521a, über die hydraulische Leitung 526 und über die hydraulische Leitung 501 mit dem Primärkreis 502 verbunden. Für die ABS-Funktion reicht es aus, dass bei der Anforderung des ABS-Reglers zum „Druck-Halten“ an der Radbremse 516, z.B. bei ABS, das Ventil 521 schließt. Bei Undichtigkeit des Ventils 521 wird bei der Anforderung des ABS-Reglers zum „Druck-Halten“ in der Radbremse 516 durch Schließung des redundanten Ventils 521a umgesetzt. Somit wird gewährleistet, dass bei Undichtigkeit des Ventils 521, die Querstabilität des Fahrzeugs am Rad 516 sichergestellt ist. Die Undichtigkeit des Ventils 521 und des redundanten Ventils 521a kann in der Diagnose geprüft werden, wie bereits anhand von Fig. 5 für die Ventile 216 und 216a erklärt wurde. Andererseits kann bei Undichtigkeit der Radbremse 516, Verlust von Bremsflüssigkeit sicher verhindert werden, durch Schließung des Ventils 521 und des redundanten Ventils 521a.

Eine ähnliche Ventilanordnung wie an der Radbremse 516 ist an der Radbremse 515 vorgesehen. Damit gelten dann dieselben Vorteile wie an dem Rad der Radbremse 516 für das Rad der Radbremse 515: Gewährleistung, dass bei Undichtigkeit des Ventils 519, die Querstabilität des Fahrzeugs am Rad 516 sichergestellt ist, und Sicherstellung, dass bei Undichtigkeit der Radbremse 515, der Verlust von Bremsflüssigkeit verhindert wird, durch Schließung des Ventils 519 und des redundanten Ventils 519a.

Der Vorratsbehälter 508 ist um eine dritte Kammer 527 (VB3) erweitert. Leckflüsse durch die Drossel 528 und 529 die während der Bremsung oder während der Diagnose durch Undichtigkeiten an den Dichtungen des Hauptbremszylinders 201 auftreten können, erhöhen das Niveau der Bremsflüssigkeit in

der dritten Kammer 527 (VB3) und reduzieren das Niveau der Bremsflüssigkeit in den Kammern 507 (VB1) und 511 (VB2) des Vorratsbehälters 508. Über den Niveausensor 530 in der dritten Kammer 527 (VB3) und über den redundanten Niveausensor 151 der Kammer 507 (VB1) und der Kammer 511 (VB2) des Vorratsbehälters 508 können diese Niveauänderung in der dritten Kammer 527 (VB3) und in der Kammer 507 (VB1) und in der Kammer 511 (VB2) des Vorratsbehälters 508 entdeckt werden. Somit ergibt sich eine weitere Möglichkeit, Undichtigkeiten an den Dichtungen des Hauptbremszylinders 201 (HZ) zu entdecken.

- 10 Leckflüsse durch die Drossel 142 des Wegsimulatorkolbens 117 und durch die Drossel im Kolben der Druckversorgung (siehe Drossel 82 in Fig. 3) werden nicht in den Vorratsbehälter 508 zurückgeleitet. Treten solche Leckflüsse auf, dann ist das Niveau der Bremsflüssigkeit in der Kammer 507 (VB1) und in der Kammer 511 (VB2) des Vorratsbehälters 508 nach der Bremsung geringer als vor der Bremsung. Über den redundanten Niveausensor 151 kann diese Niveauänderung in den Kammern 507 (VB1) und 511 (VB2) des Vorratsbehälters 508 entdeckt werden. Somit ergibt sich eine weitere Möglichkeit, Undichtigkeiten an den Dichtungen des Wegsimulatorkolbens 117 und des Doppelhubkolbens (71, Fig. 3) sowohl nach einer Bremsung als auch nach der Diagnose zu entdecken.

- Das Steuergerät 531 (ECU) zeigt die Ein- und Ausgangssignale der Sensoren, z.B. des redundanten Niveausensors 151, des Motors 512 und der Ventile, z.B. Magnetventil 518, und eventuelle weitere Ein- und Ausgangssignale X als Reserve. Weiter zeigt das Steuergerät 531 (ECU) eine dreifache Redundanz bei den elektrischen Speichern 532 (U1), 533 (U2) und 534 (U3). Der Ausfall eines elektrischen Speichers, z.B. 532 (U1), wird über die sogenannte „zwei aus drei“ Regel, die aus der Flugzeugindustrie bekannt ist, gehandhabt. Dabei werden die Spannungen der elektrischen Speicher 532 (U1), 533 (U2) und 534 (U3) mit einander verglichen. Wenn zwei elektrische Speicher die gleiche Spannung zeigen, z.B. 533 (U2) und 533 (U3), während der elektrische Speicher 532 (U1) eine andere Spannung zeigt, dann wird der elektrische Speicher 532 (U1) als fehlerhaft erkannt und von der Spannungsversorgung ausgeschlossen. Die Spannungsversorgung des Steuergeräts 531 (ECU) findet dann

nur über die elektrischen Speicher 533 (U2) und 534 (U3) statt. Eine genauere Beschreibung der Steuergerätefunktionen kann bei der Beschreibung von Fig. 9d gefunden werden.

Fig. 9b zeigt eine Ausführungsform einer Drossel, z.B. Drossel 528 in Fig. 9a.

- 5 Die Drossel besteht aus einer Lochplatte 535 in der hydraulischen Leitung, z.B. 536, zum Vorratsbehälter 508. Die Lochplatte 535 weist mindestens zwei Löcher 537 und 537a auf, wobei jedes Loch 537 und 537a eine Drossel bildet, die von dem Leckfluss in der hydraulischen Leitung 536 durchströmt werden. Wenn das Loch 537 durch Schmutzpartikel verstopft ist, dann kann der Leck-
- 10 fluss durch die hydraulische Leitung 536 immer noch durch mindesten ein Loch 537a fließen. Die Drossel 528 ist deshalb redundant. Zur Vermeidung, dass Schmutz zur Lochplatte gerät, ist noch ein Filtersieb 538 vor der Lochplatte, in Strömungsrichtung, eingebaut. Während der Bremsung und auch während der Diagnose kann eine Undichtigkeit der Dichtungen im Haupt-
- 15 bremszylinder 201 (HZ) auch bei Verstopfung eines Loches, z.B. 537, entdeckt werden.

Fig. 9c zeigt ein komplettes Bremssystem als eine Erweiterung des Bremssystems von Fig. 9a. Die Erweiterung betrifft hauptsächlich die Redundanz der Druckversorgung mit Antrieb, und wird nun beschrieben.

- 20 Die Ringkammer (87, Fig. 3) der zweikreisigen Druckversorgung 500 (DV1) ist nun über die hydraulische Leitung 501, über das Trennventil 601 und über die hydraulische Leitung 602 mit dem Primärkreis 502 verbunden. Die Kammer (86, Fig. 3) der zweikreisigen Druckversorgung 500 (DV1) ist nun über die hydraulische Leitung 503, über das Trennventil 603 und über die hydraulische
- 25 Leitung 604 mit dem Sekundärkreis 504 verbunden. Das Ventil 612 ist parallel zum Saugventil 506 geschaltet. Damit kann der Druck im Primärkreis 502 über die hydraulische Leitung 602, über das Trennventil 601 und über die hydraulische Leitung 501 und über das Ventil 612 schnell zur Kammer VB2 des Vorratsbehälters 508 abgebaut werden. Ebenso ist das Ventil 613 parallel zum
- 30 Saugventil 510 geschaltet. Damit kann der Druck im Sekundärkreis 504 über die hydraulische Leitung 604, über das Trennventil 603 und über die hydraulische

sche Leitung 503 und über das Ventil 613 schnell zur Kammer VB1 des Vorratsbehälters 508 abgebaut werden.

Ähnlich wie bei der Druckversorgung 500 (DV1) ist bei der redundanten Druckversorgung 605 (DV2) die Ringkammer (87, Fig. 3) der zweikreisigen Druckversorgung 605 (DV2) über die hydraulische Leitung 606, über das
5 Trennventil 607, über die hydraulische Leitung 608 und über die hydraulische Leitung 602 mit dem Primärkreis 502 verbunden. Die Kammer (86, Fig. 3) der zweikreisigen Druckversorgung 605 (DV2) ist nun über die hydraulische Leitung 609, über das Trennventil 610, über die hydraulische Leitung 611 und
10 über die hydraulische Leitung 604 mit dem Sekundärkreis 504 verbunden.

Bei intakter Druckversorgung 500 (DV1) erfolgen die Bremskraftverstärkung und die ABS-Druckmodulation über die Druckversorgung 500 (DV1). Bei Ausfall der Druckversorgung 500 (DV1), z.B. durch einen Fehler im Antrieb des Doppelhubkolbens (71, Fig. 3), werden die Trennventile 601 und 603 ge-
15 schlossen und der Betrieb der Druckversorgung 500 (DV1) abgeschaltet. Die Trennventile 607 und 610 werden geöffnet und der Betrieb des Bremssystems von der Druckversorgung 605 (DV2) übernommen. Auf dieser Weise ist ein Fail Operational Betrieb des Bremssystems gewährleistet, auch bei Ausfall der Druckversorgung 500 (DV1).

Fig. 9d zeigt das Basiskonzept eines redundanten Steuergeräts (ECU) für die Bremssysteme von Fig. 9a und Fig. 9c. Die Spannungsversorgung 700 erfolgt redundant aus den redundanten elektrischen Speichern U1, U2 und fallweise zusätzlich aus U3, vergleichbar mit der Flugzeugtechnik mit der sogenannten „2 aus 3“ Auswahl, wie bei Fig. 9a beschrieben. Diese Spannungsversorgung
20 700 versorgt die Computer 701 (CP1 bis CP3). Die Ausgangssignale der Computer CP1 und CP2 wirken auf die Ansteuerung 702 von z.B. Motor und Ventilen, mit den entsprechenden Endstufen 703. Hier besteht bei der Ansteuerung die Möglichkeit, die Motoren und Ventile zweifach redundant oder dreifach redundant anzusteuern. Dies bedeutet jedoch viel Aufwand, z.B. müssten bei
25 ESP 12 zusätzliche Ventilansteuerungen installiert werden. Hier ist eine smarte Redundanz möglich, in dem wie in Fig. 9a gezeigt, nur ausgewählte Ventile mit redundanter Ansteuerung ausgeführt werden. Es ist üblich bei ESP, die An-
30

steuerung permanent zu überwachen, über die Leitungen 704 zum Computer CP1 und zum Computer CP2. Es kann auch nur die Ansteuerung mit den Computern CP1, CP2 und CP3 redundant gestaltet werden. Z.B. ist es bekannt, einen BLCD-Motor anstelle dreiphasig mit zweimal dreiphasig anzusteuern, in
5 der Annahme, dass die Motorlagerung und der Antrieb ausfallsicher sind.

Es wirken auf die ECU Sensorsignale 705 welche über den Input/Output 706 (I/O) zu den Computern CP1, CP2 und CP3 geleitet werden. Bei einem voll redundanten Bremssystem nach Fig. 9c, vorzugsweise für voll autonomes Fahren AD (Stufe 5 des automatisierten Fahrens), ist es auch denkbar, das
10 Bremssystem ohne Tandem Hauptbremszylinder THZ (nicht eingezeichnet) zu gestalten. Hier kann der THZ durch ein „Brake und Go“-Signal 707 ersetzt werden, welches in der Zentral-ECU vom AD generiert wird.

Für die gesamten Rechenfunktionen für die Verarbeitung der Eingangssignale, z.B. von den Sensoren 705 über den entsprechenden ersten I/O 706a und
15 zweiten I/O 706b, sind eine oder mehrere leistungsfähige Computer CPU, z.B. Mikrokontroller, eingesetzt, welche die Stellglieder, z.B. Motoren und Ventile, über die entsprechende integrierte oder getrennte Ansteuerung 702 mit Endstufen 703 ansteuern. Die Bezeichnungen 702 und 703 sind nur auf ein Symbol bezogen, gelten jedoch auch für die benachbarten Symbole.

20 Die Computer CP1, CP2 und CP3 können redundant aufgebaut werden, z.B. zweifach redundant als CP1 und CP2 oder dreifach redundant als CP1 und CP2 und CP3. Wegen des Aufwands kann alternativ der Computer CP2 für reduzierte Funktionen und der Computer CP3 für Notfunktionen des Bremssystems verwendet werden. Entsprechend gilt dies auch für die Stellglieder und Ventile.
25 Für den Motor bedeutet dies entsprechend Fig. 9a dass die redundante Ansteuerung für die zwei-Wicklungskombination, also einmal dreiphasig redundant, und für die Ventile dass nur ein oder zwei Ventile einer Achse redundant angesteuert werden. Oder auch nur die Ansteuerung redundant ist und auf ein Ventil wirkt, da die Ausfallrate der Spule eines Ventils äußerst gering ist.

30 Wenn erfindungsgemäß nur Teilfunktionen erfüllt werden, wie Teilfunktion von ABS pro Achse, ist kann eine Teilredundanz der Ventile ausreichend sein. Die

kann in bestimmten Fällen, wie ESP, einen zusätzlichen Sensor Gierwinkelsensor bei ESP) erforderlich machen.

Im Blockschaltbild wird gezeigt, dass alle Eingangssignale von den Sensoren 705 und dem Brake und Go Signal 706 auf alle Computer CP1, CP2, CP3 wirken. Die Ausgangssignale zu der Ansteuerung 702 mit Endstufen 703 erfolgt
5 ebenfalls getrennt von jedem CP.

Mit der Tendenz zur Architektur mit Domänen und Zentralrechnern, bietet sich an, die Ansteuerung getrennt in einer ECU als Slave zu gestalten. Die Slave ECU enthält dann die gesamte Ansteuerung mit Endstufen und gegebenenfalls
10 I/O für Sensoren oder Schaltersignale Brake und Go 707. Die Signalübertragung zum Master ECU erfolgt dann über redundante Bussysteme, gegebenenfalls entsprechend der oben genannten Computerstruktur für voll Funktion bis Notfunktion mit unterschiedlicher Struktur und unterschiedlichen Protokolle.

Wegen der geringen Komplexität der Slave ECU kann gegebenenfalls durch
15 einfache Entflechtung der Leiterplatte mit einer Lage oder nur wenigen Lagen Kosten gespart werden. Infolge der hohen Komplexität der Funktionen sind neuronale Netzwerke in der Software besonders geeignet.

Die vorstehenden vorteilhaften Ausführungen bzw. Ausgestaltungen beschreiben insbesondere in den Figuren 4 bis 9 Systeme, insbesondere Brems- oder
20 Kupplungssysteme. Eine Anwendung der erfindungsgemäßen Lösungen kann vorteilhaft auch bei anderen hydraulischen Systemen und kritischen Dichtungen solcher Systeme erfolgen. Hierbei können mit Vorteil auch einzelne Elemente der vorstehend beschriebenen und in der Zeichnung dargestellten Erfindung bzw. ihrer Ausgestaltungen wie auch in anderen Kombinationen zur
25 Anwendung kommen.

Bezugszeichenliste

	BK1	Primärkreis
	BK2	Sekundärkreis
5	D	Diagnosezeitspanne (t3 bis t7)
	EV	Einlassventil
	FV	Trennventil (216)
	P	Bremsdruck im Primärkreis
	PDC	Pre-Drive-Check
10	t1	Zeitpunkt wo der Druck konstant gehalten wird
	t2	Zeitpunkt wo der Druck reduziert wird
	t3	Zeitpunkt wo der Druck für die Diagnose konstant gehalten wird
	t4	Zeitpunkt wo auf Druckabfall geprüft wird und die Einlassventile geschlossen werden
15	t5	Zeitpunkt wo die Einlassventile geöffnet werden
	t6	Zeitpunkt wo das Trennventil FV geöffnet wird
	t7	Zeitpunkt wo das Trennventil FV geschlossen wird
	t8	Zeitpunkt wo die Fahrertür geöffnet wird, Abbruch der Diagnose
	t9	Zeitpunkt wo die Fahrertür geschlossen wird
20	t10	Wiederholung der Fahrzeug-Stopp Diagnose
	1	Sekundärkolben eines Bremssystems
	2	Tandem Hauptbremszylinder (THZ)
	3	Primärkammer des Tandem Hauptbremszylinders
	4	Sekundärkammer des Tandem Hauptbremszylinders
25	5	Kanal im Zylinder
	6	Hydraulische Leitung
	7	Vorratsbehälter (VB)
	8	Dichtung des Zylinders
	9	Dichtung des Zylinders
30	9a	Redundante Dichtung des Zylinders
	10	Kanal im Zylinder
	11	Hydraulische Leitung
	12	Drossel
	13	Kanal im Zylinder
35	14	Hydraulische Leitung
	15	Kanal im Zylinder
	16	Hydraulische Leitung
	17	Bohrung im Sekundärkolben
	21	Stellerkolben
40	22	Kolbenstößel
	23	Hydraulikzylinder
	24	Arbeitsraum des Hydraulikzylinders
	25	Innenraum des Hydraulikzylinders
	26	Kraft
45	27	Kanal in einem Zylinder
	28	Hydraulische Leitung
	41	Primärkolben des Tandem Hauptbremszylinders
	41a	Stößel
	42	Tandem Hauptbremszylinder (THZ)
50	43	Primärkammer des Tandem Hauptbremszylinders
	44	Kolbenstößelraum

	45	Bohrung des Primärkolbens
	46	Kanal im Zylinder
	47	Hydraulische Leitung
	48	Dichtung
5	49	Dichtung
	49a	Redundante Dichtung
	50	Kanal
	51	Hydraulische Leitung
	52	Drossel
10	53	Kanal
	54	Hydraulische Leitung
	71	Stufenkolben bzw. Doppelhubkolben (DHK)
	72	Zylinder des Stufenkolbens
	73a	Kanal in dem Zylinder
15	73b	Kanal in dem Zylinder
	73c	Kanal in dem Zylinder
	73d	Kanal in dem Zylinder
	74a	Hydraulische Leitung
	74b	Hydraulische Leitung
20	74c	Hydraulische Leitung
	74d	Hydraulische Leitung
	75a	Saugventil
	75b	Saugventil
	75c	Rückschlagventil
25	75d	Rückschlagventil
	76	Hydraulische Leitung
	78	Kanal
	79	Dichtung im Stufenkolben
	80	Dichtung im Stufenkolben
30	81	Kanal im Stufenkolben
	81a	Kanal im Stufenkolben
	82	Drossel im Stufenkolben
	83	Dichtung
	84	Dichtung
35	85	Drossel
	86	Kammer
	87	Ringkammer
	88	Kolbenstange
	89	Kolbenstangenraum
40	101	Bremspedal
	102	Pedalstößel
	103	Pedalkolben
	104	Pedalkolbenfeder
	105	Primärkolben
45	106	Bohrung des Primärkolbens
	107	Dichtung
	108	Trennventil
	109	Trennventil
	110	Simulatorventil
50	111	Primärkammer des Tandem Hauptbremszylinders
	112	Tandem Hauptbremszylinder (THZ)

	113	Kanal
	114	Hydraulische Leitung
	114a	Hydraulische Leitung
	115	Drossel
5	116	Wegsimulator
	117	Wegsimulatorkolben
	118	Federpaket des Wegsimulators
	119	Sekundärkolben
	120	Bohrung des Sekundärkolbens
10	121	Dichtung
	122	Sekundärkammer des Tandem Hauptbremszylinders
	123	Primärkolbenfeder
	124	Sekundärkolbenfeder
	125	Dichtung
15	126	Kanal
	127	Dichtung
	128	Kanal
	129	Hydraulische Leitung
	129a	Hydraulische Leitung
20	130	Diagnoseventil
	131	Vorratsbehälter (VB)
	132	Außenraum des Tandem Hauptbremszylinders
	133	Wegsensor
	133a	Wegsensor
25	134	Hydraulische Leitung
	135	Drossel
	136	Kanal
	137	Hydraulische Leitung
	137a	Hydraulische Leitung
30	138	Sperrventil
	139	Arbeitskammer des Wegsimulators
	140	Dichtung des Wegsimulatorkolbens
	140a	Redundante Dichtung des Wegsimulatorkolbens
	141	Kanal im Wegsimulatorkolben
35	141a	Kanal im Wegsimulatorkolben
	142	Drossel im Wegsimulatorkolben
	143	Raum des Federpakets des Wegsimulatorkolbens
	144	Einspeiseventil
	144a	Trennventil, stromlos offen
40	144b	Trennventil, stromlos offen
	145	Motor der Druckversorgung (DV)
	147	Hydraulische Leitung
	147a	Hydraulische Leitung
	148	Hydraulische Leitung
45	149	Hydraulische Leitung
	150	Kanal
	151	Pedalrückstellfeder
	201	Hauptbremszylinder (HZ)
	204	Hilfskolbenkammer
50	206	Zwischenwand zwischen Hilfskolbenkammer und Primärkammer
	211	Hilfskolben

	212	Hilfskolbenstößel
	213	Bohrung in der Zwischenwand
	214	Bohrung des Hilfskolbens
	215	Dichtung
5	216	Trennventil
	216a	Redundantes Trennventil
	217	Kanal
	218	Hydraulische Leitung
	228	Motor der Druckversorgung
10	229	Druckversorgung (DV1)
	233	Primärkreis
	236	Kanal
	237	Sekundärkreis
	241	Dichtung
15	242	Dichtung
	243	Kanal
	244	Hydraulische Leitung
	245	Drossel
	247	Vorratsbehälter (VB)
20	248	Kanal
	249	Hydraulische Leitung
	250	Hydraulische Leitung
	252	Drucksensor im Primärkreis
	253	Hydraulische Leitung
25	254	Elektronisches-Stabilitäts-Programm (ESP)
	255	Druckversorgung des ESP (DV2)
	301	Dichtung
	301a	Redundante Dichtung
	302	Kanal
30	304	Hydraulische Leitung
	305	Drossel
	311	Hydraulische Leitung
	312	Strömungs-Rückschlagventil
	313	Hydraulische Leitung
35	320	Hydraulische Leitung
	321	Strömungs-Rückschlagventil
	322	Hydraulische Leitung
	328	Dichtung
	329	Redundante Dichtung
40	330	Kanal
	331	Hydraulische Leitung
	332	Drossel
	334	Simulatorventil
	401	Hauptbremszylinder
45	402	Kolben-Wegsimulator
	403	Primärkolben als Stufenkolben
	404	Sekundärkolben
	404a	Anschlag rechts des Sekundärkolbens
	405	Ringkammer des Hauptbremszylinders
50	406	Primärkammer
	407	Hydraulische Leitung

	408	Arbeitskammer des Kolben-Wegsimulators
	409	Sekundärkammer des Hauptbremszylinders
	410	Bohrung
	411	Pedalstößel
5	412	Dichtung
	412a	Redundante Dichtung
	413	Kolben des Kolben-Wegsimulators
	414	Feder des Kolben-Wegsimulators
	415	Kanal
10	416	Hydraulische Leitung
	417	Rückschlagventil
	418	Hydraulische Leitung
	419	Hydraulische Leitung
	421	Symbolische hydraulische Leitung
15	422	Kanal
	423	Kanal
	424	Bohrung
	425	Kanal
	426	Hydraulische Leitung
20	427	Rückschlagventil
	428	Hydraulische Leitung
	429	Dichtung
	429a	Redundante Dichtung
	430	Kanal
25	431	Hydraulische Leitung
	432	Drossel
	433	Kanal
	434	Drossel
	435	Geschützter Raum des Pedalstößels
30	436	Dichtung im Primärkolben
	436a	Redundante Dichtung im Primärkolben
	437	Kanal
	438	Drossel
	439	Federraum des Kolben-Wegsimulators
35	440	Dichtung
	440a	Redundante Dichtung
	441	Kanal
	442	Hydraulische Leitung
	443	Drossel
40	444	Kanal
	446a	Redundante Dichtung
	447	Kanal
	448	Drossel
	449	Hydraulische Leitung
45	500	Zweikreisige Druckversorgung (DV, DV1)
	501	Hydraulische Leitung
	502	Primärkreis
	503	Hydraulische Leitung
	504	Sekundärkreis
50	505	Hydraulische Leitung
	506	Saugventil

	507	Kammer im Vorratsbehälter (VB1)
	508	Vorratsbehälter mit drei Kammern (VB)
	509	Hydraulische Leitung
	510	Saugventil
5	511	Kammer im Vorratsbehälter (VB2)
	512	Zweimal dreiphasiger Motor
	513	Redundanter Ankerwinkelsensor
	514	Radbremse Vorne Links
	515	Radbremse Hinten Rechts
10	516	Radbremse Vorne Rechts
	517	Radbremse Hinten Links
	518	Ventil
	519	Ventil
	519a	Redundantes Ventil
15	520	Ventil
	521	Ventil
	521a	Redundantes Ventil
	522	Auslassventil
	524	Hydraulische Leitung
20	525	Hydraulische Leitung
	526	Hydraulische Leitung
	527	Dritte Kammer im Vorratsbehälter (VB3)
	528	Drossel
	529	Drossel
25	530	Niveausensor in der dritten Kammer des Vorratsbehälters
	531	Steuergerät (ECU)
	532	Redundanter Elektrischer Speicher (U1)
	533	Redundanter Elektrischer Speicher (U2)
	534	Redundanter Elektrischer Speicher (U3)
30	535	Lochplatte für die Drossel
	536	Hydraulische Leitung
	537	Loch in der Lochplatte
	537a	Redundantes Loch in der Lochplatte
	538	Filtersieb der Drossel
35	601	Trennventil
	602	Hydraulische Leitung
	603	Trennventil
	604	Hydraulische Leitung
	605	Redundante zweikreisige Druckversorgung (DV2)
40	606	Hydraulische Leitung
	607	Trennventil
	608	Hydraulische Leitung
	609	Hydraulische Leitung
	610	Trennventil
45	611	Hydraulische Leitung
	612	Druckabbau Ventil
	613	Druckabbau Ventil
	700	Spannungsversorgung
	701	Computer CP1, CP2, CP3
50	702	Ansteuerung von Motor, Ventile
	703	Endstufen

	704	Elektrische Leitung
	705	Sensorsignale
	706a	Erste Input/Output (I/O)
	706b	Zweite Input/Output (I/O)
5	707	Schaltersignal Brake-and-Go

Patentansprüche

1. Kolben-Zylinder-Einheit (2, 42, 72),
 - 5 - welche einen Kolben (1, 41, 71) aufweist, der zumindest einen Arbeitsraum (3, 43, 86, 87) begrenzt,
 - wobei eine erste Dichtung (9, 49, 79) zur Abdichtung zumindest eines ersten Arbeitsraumes (3, 43, 86, 87) abdichtend entweder zwischen Kolben (1, 41, 71) und Zylinder (23, 42, 72) oder zwischen einem mit
10 dem Kolben (71) verbundenen Stößel (88) und dem Zylinder (23, 42, 72) angeordnet ist,
 - und dass eine zweite Dichtung (9a, 49a, 80, 83) zwischen der ersten Dichtung (9, 49, 79) und dem ersten Arbeitsraum (3, 43, 86, 87) angeordnet ist,
 - 15 - und die Kolben-Zylinder-Einheit (2, 42, 72) einen ersten Kanal (10, 46, 78, 81, 81a) aufweist, welcher in der Wandung des Zylinders (23, 42, 72) oder im Kolben (1, 41, 71) angeordnet ist und zwischen der ersten Dichtung (9) und der zweiten Dichtung (9a), insbesondere im Innenraum des Zylinders, mündet,
 - 20 - dass der erste Kanal (10) und/oder eine damit verbundene hydraulische Leitung (11, 51, 76) eine Drosseleinrichtung (12) und/oder einer Ventileinrichtung aufweist,
 - und dass eine elektronische Steuer- und Regelvorrichtung (ECU) mit einer Diagnose- bzw. Überwachungsfunktion vorgesehen ist, um einen
25 möglichen Defekt bzw. Ausfall einer Dichtung zu diagnostizieren bzw. zu überwachen.
2. Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Diagnose einer defekten Dichtung ein an der Dichtung (9a, 49a, 83) auftretender Leckstrom, insbesondere ein durch den ersten Kanal (10) fließender Leckstrom, diagnostiziert bzw. überwacht wird.
30
3. Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein an einer defekten Dichtung (9a, 49a, 83) auftretender Leck-

strom begrenzt wird, insbesondere mittels einer Drossel (12, 52, 82, 85, 142) oder eines Ventils (130), die bzw. das im Kanal (10) oder einer daran angeschlossenen hydraulischen Leitung (129) angeordnet ist, wobei im Falle eines Ventils (130) dieses nach Feststellung des Leckstromes geschlossen wird.

4. Kolben-Zylinder-Einheit nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein an einer defekten Dichtung (9a, 49a, 83) auftretender Leckstrom über den ersten Kanal (10) bzw. eine daran angeschlossene Leitung (11, 51, 76, 129) zu einem im wesentlichen drucklosen Raum, insbesondere einem Vorratsbehälter (7) oder ins Freie geführt wird.

5. Kolben-Zylinder-Einheit nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein weiterer Kanal (5, 46) im Zylinder vorgesehen ist, der im Innenraum des Zylinders mündet und zu einem im wesentlichen drucklosen Raum, insbesondere einem Vorratsbehälter (7), führt und der mittels des Kolbens (1, 41, 71), insbesondere mittels Bewegung des Kolbens (1, 41, 71), oder einer Ventileinrichtung (75a, 75b) verschließbar ist.

6. Kolben-Zylinder- Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer nicht intakten Dichtung, insbesondere einer redundanten Dichtung (107a, 127, 140a), ein Abfluss des Hydraulikmediums über die Dichtung (Leckfluss) mittels zusätzlich zugeführtem Hydraulikmedium ausgeglichen wird (Ausgleichsfluss), insbesondere mittels einer Druckversorgungseinrichtung (DV) (146) oder mittels Betätigung einer Betätigungseinrichtung (Nachtreten des Bremspedals 101) bei einer Bremseinrichtung.

7. Kolben-Zylinder- Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere zur Verwendung bei einer Druckversorgungseinrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass die Kolben-Zylinder-Einheit einen Doppelhubkolben (71) aufweist, wobei eine Kolbenstange (88) des Doppelhubkolbens (71) mittels einer Dichtung (83) gegenüber dem Zylinderaussenraum hydraulisch abgedichtet ist und dass eine weitere (redundante)

Dichtung (84) für die Kolbenstange (88) vorgesehen ist, wobei zwischen diesen Dichtungen ein Kanal (78) angeordnet ist, der zu einem Vorratsbehälter (7) führt und in dem eine Drossel (85) angeordnet ist.

- 5 8. Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Doppelhubkolben (71) einen weiteren Kanal (81, 81a) aufweist, dessen einer Abschnitt (81) zwischen zwei Dichtungen (79, 80) endet und dessen anderer Abschnitt (87) durch die Kolbenstange (88) nach außen in einen Kolbenstangenraum (89) führt, wobei im weiteren Kanal (81,88) eine Drossel (82) angeordnet ist.
- 10 9. Kolben-Zylinder-Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Arbeitsräume des Doppelhubkolbens (71) jeweils einen Einlasskanal (73a, 74b) und einen Auslasskanal (73c, 73d)) aufweisen, mit denen hydraulische Leitungen verbunden sind, in denen Rückschlagventile oder geschaltete Magnetventile (75c, 75d, 75a, 15 75b) angeordnet sind und dass die mit den Einlasskanälen verbundenen Leitungen (74a, 74b) mit einem Vorratsbehälter (7) verbunden sind.
- 20 10. Kolben-Zylinder-Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für einen Kolben (Primärkolben 105) eine erste Dichtung (107) vorgesehen ist, um einen Arbeitsraum (Primärraum) des Kolbens hydraulisch von einem Kanal (128) der Kolben-Zylinder-Einheit zu trennen und dass eine zusätzliche (redundante) Dichtung (107a) auf der anderen Seite des Kanals angeordnet ist und dass in einer vom Kanal zum Vorratsbehälter (131) führende Leitung (129) ein Magnetventil (Diagnoseventil) (130) angeordnet ist.
- 25 11. Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Magnetventil (130) eine Doppelfunktion hat, indem es bei einer mittels der Überwachungsfunktion festgestellten Leckage der ersten Dichtung (107), sowie bei einer mittels der Diagnosefunktion durchgeführten Diagnose der redundanten Dichtung (107a) und der Dichtung eines Wegsimulators (110) schließt, wobei hierbei insbesondere ein erforderlicher Prüfdruck von einer Druckversorgung (DV) (146) geliefert wird.
- 30

12. Kolben-Zylinder-Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche ,
dadurch gekennzeichnet, dass für einen Kolben (Sekundärkolben (119))
eine erste Dichtung (121) vorgesehen ist, um einem Arbeitsraum (Se-
kundärraum) des Kolbens hydraulisch von einem Kanal (136) der Kolben-
5 Zylinder-Einheit bzw. einer Leitung (137) mit Sperrventil (Magnetventil)
(138) zu einem Vorratsbehälter zu trennen und dass ein weiterer Kanal
(126) mit Verbindung zum Vorratsbehälter (131), insbesondere mit Dros-
sel (135) eine weitere Dichtung (125) aufweist sowie eine zusätzliche
(redundante) Dichtung (127), sowie insbesondere ein Magnetventil (138)
10 in der Leitung (136) zum Vorratsbehälter (131).
13. Kolben-Zylinder-Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass ein Wegsimulator (116) einen mit einer
Dichtung (140) versehenen Kolben (117) aufweist, der einen Arbeitsraum
(139) von einem Federraum (118) trennt, mit einem Durchgangskanal
15 (Kanalabschnitte 141, 141a) zum Federraum (118), in dem insbesondere
eine Drossel (142) angeordnet ist und dass eine zusätzliche (redundante)
Dichtung (140a) auf der anderen Seite des Kanalabschnittes (141) ange-
ordnet ist.
14. Kolben-Zylinder-Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
20 dadurch gekennzeichnet, dass der Zylinder der Kolben-Zylinder-Einheit
die eine Trennwand (206) aufweist, mit einer Bohrung, durch die ein
Stößel (212) geführt ist, wobei der Stößel eine erste Dichtung (241) und
eine zweite Dichtung (242) aufweist, zwischen denen ein in der Trenn-
wand vorgesehener Kanal (243) angeordnet ist, der über eine Leitung
25 (244), in der insbesondere eine Drossel (245) angeordnet ist in einen
drucklosen Raum, insbesondere einen Vorratsbehälter oder ins Freie
führt.
15. Kolben-Zylinder-Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass von einem Arbeitsraum, insbesondere
30 Hilfskolbenraum (204) der Kolben-Zylinder-Einheit, eine hydraulische Lei-
tung (249) zu einem Hydraulikkreis bzw. Bremskreis (233) führt, in die
ein Trennventil (216) geschaltet ist, und dass optional dem Trennventil

(216) ein weiteres (redundantes) Trennventil (216a) nachgeschaltet ist.

16. Kolben-Zylinder-Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kolben-Zylinder-Einheit einen Arbeitsraum (12) aufweist, mit einem Kanal (236), an den insbesondere ein
5 ESP-Gerät anschließbar ist, ferner einen Kanal (302), der über eine hydraulische Leitung (304), in die insbesondere eine Drossel (305) geschaltet ist, mit dem Vorratsbehälter verbunden ist, um Bremsflüssigkeit aus dem Vorratsbehälter abzusaugen bzw. diesem zuzuführen und dass am Kanal (236) neben der Dichtung (301) eine zusätzliche (redundante) Dichtung
10 (301a) angeordnet ist.
17. Kolben-Zylinder-Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kolben-Zylinder-Einheit einen Arbeitsraum (122) aufweist mit einem Kanal (236) an den ein Bremskreisleitung (237) angeschlossen ist, ferner einen Kanal (302), der über eine
15 hydraulische Leitung (304), in die insbesondere eine Drossel (305) geschaltet ist, mit einem Vorratsbehälter (131) verbunden ist, sowie einen weiteren Kanal mit hydraulischer Leitung (311) zum Vorratsbehälter (131) in dem ein Ventil (312) angeordnet ist, um Bremsflüssigkeit aus dem Vorratsbehälter abzusaugen bzw. diesem zuzuführen und insbesondere einen dritten Kanal mit Leitung zum Vorratsbehälter (131) in dem
20 eine Drossel angeordnet ist, und dass an dem Kanal (302) mit Drossel neben den Dichtungen (301) eine zusätzliche (redundante) Dichtung (301a) angeordnet ist.
18. Kolben-Zylinder-Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
25 dadurch gekennzeichnet, dass zur Diagnose bzw. Überwachung von Dichtungsausfällen, die zu einem Leckstrom führen, mittels der elektronischen Steuer- und Regeleinheit (ECU) Plausibilitätsbetrachtungen durchgeführt werden.
19. Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass
30 bei der Durchführung der Plausibilitätsbetrachtungen, der Weg einer Betätigungseinrichtung, insbesondere eines Bremspedals (101) zum Druck in einem Arbeitsraum (111) korreliert wird und/ oder der Differenzweg

von zwei Pedalwegsensoren (133,133a), insbesondere einer Kraft-Weg-Sensoreinheit mit Feder (104) und/oder eine Druck-Volumen- Messung (Druck-Volumen-Kennlinie) der Kolben-Zylinder-Einheit zugrunde gelegt wird.

- 5 20. Kolben-Zylinder-Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Falle einer defekten Dichtung, insbesondere der redundanten Dichtung, ein Abfluss des Hydraulikmediums über die Dichtung bzw. der Ausgleichsfluss als Indikator für die Undichtigkeit der Dichtung verwendet wird, indem ein Leckfluß durch Vergleich
10 der Druck-Volumen-Kennlinie der Einrichtung mit dem Volumen einer Druckversorgung (146) ermittelt wird.
- 15 21. Kolben-Zylinder-Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Diagnose bzw. Überwachung von Dichtungsausfällen die zu einem Leckstrom führen, die Druck-Volumen-Charakteristik mit der Volumenverschiebung einer Druckversorgung (146) und dem Signal eines Drucksensors (252) in einem Druckkreis (233) korreliert wird.
- 20 22. Kolben-Zylinder-Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur (zusätzlichen) Dichtheitsprüfung von Dichtungen, insbesondere bei nicht betätigter Betätigungsvorrichtung, insbesondere Bremspedal (1), ein Arbeitsraum (111) der Kolben-Zylinder-Einheit von einer Druckversorgung (146) mit Druck beaufschlagt wird, wobei der Arbeitsraum (111) bis auf einen Zuflusskanal von der Druckversorgung mittels Ventilen hydraulisch abgeschlossen ist, dass der
25 Druck im Arbeitsraum (111) mittels der Druckversorgung erhöht wird und festgestellt wird, ob die Druckversorgung Hydraulikflüssigkeit nachschieben muss, um den Druck im Arbeitsraum konstant zu halten.
- 30 23. Kolben-Zylinder-Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine zusätzliche Kammer (527) mit Niveaugeber, insbesondere am Vorratsbehälter (507) vorgesehen ist, die mit zumindest einem Kanal der Kolben-Zylinder-Einheit, in dem insbesondere eine Drossel (529) angeordnet ist, um gegebenenfalls den

Leckfluss aus beschädigten Dichtungen aufzunehmen.

24. Kolben-Zylinder-Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorratskammern (507, 527) mit redundanten Niveausensoren (151) versehen sind, wobei insbesondere mittels der Niveausensoren festgestellte Niveauänderungen in den Kammern zur Diagnose von Undichtigkeiten von Dichtungen herangezogen werden.

25. Hydraulische Einrichtung, wie Brems- oder Kupplungseinrichtung und dergleichen, insbesondere für automatisiertes Fahren, sowie deren Komponenten,

- wobei die Einrichtung zumindest eine Kolben-Zylinder-Einheit (112, 116), insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, aufweist und mittels Bewegung des Kolbens (105, 117, 119) in zumindest einem Arbeitsraum der Kolben-Zylinder-Einheit bzw. damit über hydraulische Leitungen verbundenen Einrichtungen Druck aufgebaut werden kann,

- ferner eine, insbesondere elektromechanische, Druckversorgung (500), die insbesondere eine weitere Kolben-Zylinder-Einheit aufweist

- und mit einer elektronischen Steuer- und Regelvorrichtung (ECU), dadurch gekennzeichnet, dass sicherheitsrelevante Baugruppen oder/und Komponenten (112, 116, 500, 521), der hydraulischen Einrichtung zur Erfüllung von „fail operational“- Kriterien zumindest teilweise redundant ausgeführt sind und dass mittels einer Diagnose- bzw. Überwachungsfunktion der Steuer- und Regelvorrichtung (ECU), eine Fehlfunktion bzw. ein Ausfall einer oder mehrerer dieser Baugruppen bzw. Komponenten diagnostiziert bzw. überwacht wird.

26. Hydraulische Einrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass für Diagnose bzw. Überwachung der sicherheitsrelevanten Baugruppen bzw. Komponenten zum Erkennen einer Fehlfunktion bzw. eines Ausfalles Plausibilitätsbetrachtungen in der elektronischen Steuer- und Regeleinheit (ECU) durchgeführt werden, wobei insbesondere die Wege von Komponenten einer Betätigungseinrichtung (101, 104) und der Druck in einem Kolbenraum (111) der Einrichtung zugrunde gelegt werden.

27. Hydraulische Einrichtung, insbesondere Bremseinrichtung nach einem der Ansprüche 25 oder 26, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der Kolben-Zylinder-Einheit über Ventile (Schalt- oder Einlassventile) einem Bremskreis Druckmittel zugeführt wird und die Ventile bei Ausfall (Undichtheit) des Bremskreises nach den Ventilen nach entsprechender Plausibilitätsprüfung geschlossen werden und diese Ventile in kurzen Abständen diagnostiziert werden, insbesondere in einem Testzyklus bei Parkstop mit Geschwindigkeit Null.
28. Hydraulische Einrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung eine redundante, insbesondere zweikreisige, Druckversorgung (DV1, DV2; 500,506) aufweist.
29. Hydraulische Einrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die redundante Druckversorgung (500, 605) einen separaten Antrieb mit Motor sowie zusätzlich Trennventile (607, 610) aufweist, um mittels der Trennventile den Betrieb einer ausgefallenen Druckversorgung (z.B. 500) abzuschalten und auf eine redundante Druckversorgung (z.B. 605) umzuschalten.
30. Hydraulische Einrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung im Multiplex- bzw. Teilmultiplex-Verfahren betrieben wird.
31. Hydraulische Einrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass die elektronische Steuer- und Regeleinheit (ECU) redundant ausgeführt ist, wobei insbesondere zwei oder drei Recheneinheiten (CP1, CP2, CP3) vorgesehen sind.
32. Hydraulische Einrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass eine Recheneinheit (CP2) für reduzierte Funktionen und ggf. eine weitere Recheneinheit (CP3) für eine Notfunktion des Systems ausgelegt ist.
33. Hydraulische Einrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass das System eine redundante Spannungsversorgung

aufweist, insbesondere mit zumindest zwei getrennten Energiespeichern (U1, U2, U3).

- 5 34. Hydraulische Einrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass (nur) ausgewählte Stellglieder und/oder Ventile redundant ausgeführt sind, insbesondere nur ein oder zwei Ventile einer Fahrzeugachse.
35. Hydraulische Einrichtung nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, dass nur die Ansteuerung redundant ist und auf ein Ventil wirkt.
- 10 36. Hydraulische Einrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass die Ansteuerung der Komponenten, wie Stellgliedern, Ventile getrennt in einer ECU als „Slave“ gestaltet ist und die Signalübertragung zu einer „Master“-ECU über redundante Bussysteme erfolgt, insbesondere mit unterschiedlicher Struktur und unterschiedlichen Protokollen („Vollfunktion“, „reduzierte Funktion“, „Notfunktion“).
- 15 37. Hydraulische Einrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass die ECU, insbesondere „Slave“-ECU, durch Entflechtung der Leiterplatte mit nur einer oder nur wenigen Lagen aufgebaut ist.
- 20 38. Hydraulische Einrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 37, dadurch gekennzeichnet, dass bei zumindest einem Trennventil (216) nach der Diagnose folgende Schaltungen des Ventils vorgenommen werden: Ventilausschaltung (öffnen) (a) bei Zündung aus, (b) bei Zündung aus und Fahrertür zu, (c) bei Zündung aus mit Zeitschaltung nach Zündung ein, oder (a) bei Öffnen Fahrzeugschloss, (b) bei Zündung ein, (c) bei Vorkontakt an Bremspedal, so dass das Trennventil schließt bevor über den Kolben des Hauptzylinders (HZ) Volumen bewegt wird, wobei noch kein Volumendurchfluss mit Schmutzpartikeln erfolgt.
- 25 39. Hydraulische Einrichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 38, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Diagnosezyklus bei Fahrzeugstillstand der vorhandene oder geringfügig erhöhte Bremsdruck zur Diagnose der
- 30

Dichtheit von den Radbremsen zugeordneten Einlassventilen und/oder Ventil FV verwendet wird und anschließend das Schalten (Öffnen) des Ventils FV mit anschließender wiederholter Dichtheitsprüfung erfolgt.

- 5 40. Hydraulische Einrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 39, dadurch gekennzeichnet, dass bei eingeschalteter Zündung ein Trennventil (FV) wieder eingeschaltet wird alternativ über ein Pedalhubsignalsignal welches aktiviert wird nach (kleiner) Pedalbetätigung, jedoch bevor der Kolben (105) Flüssigkeit zum Trennventil FV gefördert hat.
- 10 41. Hydraulische Einrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 39, dadurch gekennzeichnet, dass durch Anordnung redundanter Ventile, insbesondere ABS-Ventileinheit für eine Achse, sichergestellt ist, dass bei Ausfall eines Ventils das noch funktionsfähige Ventil bestimmte sicherheitsrelevante Funktionen noch ausreichend erfüllt (z.B. im ABS-Modus die Querstabilität des Fahrzeuges ausreichend sichergestellt ist).
- 15 42. Hydraulische Einrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 39, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wegsimulatorsystem ohne Ventil (110) gestaltet ist und eine Rückstellfeder (99) (in der Zeichnung noch berücksichtigen) der Kolben-Zylinder-Einheit (Hauptzylinder) den ersten Flächenteil der Wegsimulatorkennlinie übernimmt, indem insbesondere ein an der
20 Kolben-Zylinder-Einheit (Hauptzylinder) vorgesehenes Schnüffelloch um den entsprechenden Betrag (Abstand Schnüffelloch / Kolben in der zurückgezogenen Position) axial verlegt wird.
- 25 43. Hydraulische Einrichtung, wie Brems- oder Kupplungseinrichtung und dergleichen, insbesondere für automatisiertes Fahren, sowie deren Komponenten, wobei
- 30 - die Einrichtung zumindest eine Kolben-Zylinder-Einheit (112, 116) aufweist und mittels Bewegung des Kolbens (105, 117, 119) in zumindest einem Arbeitsraum der Kolben-Zylinder-Einheit bzw. damit über hydraulische Leitungen verbundenen Einrichtungen Druck aufgebaut werden kann,
- ferner eine elektromechanische Druckversorgung (500), die insbesondere eine weitere Kolben-Zylinder-Einheit aufweist

- und mit einer elektronischen Steuer- und Regelvorrichtung (ECU), insbesondere nach einem der Ansprüche 25 bis 43, dadurch gekennzeichnet, dass eine redundante Diagnoseschaltung oder eine sich selbst überprüfende Diagnoseschaltung vorgesehen ist.

- 5 44. Hydraulische Einrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 43, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine, insbesondere jede sicherheitsrelevante Kolben-Zylinder-Einheit (112, 116, 500) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 24 ausgebildet ist.
- 10 45. Hydraulische Einrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 44, dadurch gekennzeichnet, dass die hydraulische Einrichtung mindestens eine Kolben-Zylinder-Einheit (201) aufweist, welche zwei Kolben (119, 211') aufweist, die mechanisch nicht miteinander in Verbindung bringbar sind, wobei mindestens ein weiteres System zur redundanten Druckerzeugung vorgesehen ist, welches insbesondere durch einen Booster oder die ESP-
- 15 Druckversorgung gebildet ist.
- 20 46. Hydraulische Einrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 45, dadurch gekennzeichnet, dass der Hauptbremszylinder (201) eine geschlossene Zwischenwand (206) aufweist, die insbesondere keine Bohrung für den Durchgriff eines Stößels aufweist und die die Primärkammer (111) von der Hilfskolbenkammer (204) abdichtend trennt.
- 25 47. Hydraulische Einrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 46, dadurch gekennzeichnet, dass die Primärkammer (111) und die Hilfskolbenkammer (201) über ein Ventil (216) verbindbar sind.
- 30 48. Hydraulische Einrichtung nach einem der Ansprüche 45 bis 47, dadurch gekennzeichnet, dass ein, insbesondere stromlos offenes, Trennventil (144a) zwischen dem Anschluss der hydraulischen Leitung (147a) an den Primärkreis (233) und den Radbremsen bzw. der ESP-Druckversorgung (254) im Primärkreis (233) angeordnet ist.
49. Hydraulische Einrichtung nach Anspruch 48, dadurch gekennzeichnet, dass ein zusätzliches, insbesondere stromlos offenes, Trennventil (144b)

im Sekundärkreis (237) angeordnet ist.

50. Hydraulische Einrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 49, dadurch gekennzeichnet, dass die Funktion der Trennventile (144a, 144b) durch die ESP-Ventile übernommen wird, insbesondere mit redundanter Ansteuerung von dem Booster Steuergerät bei Ausfall des ESP-Steuergeräts.

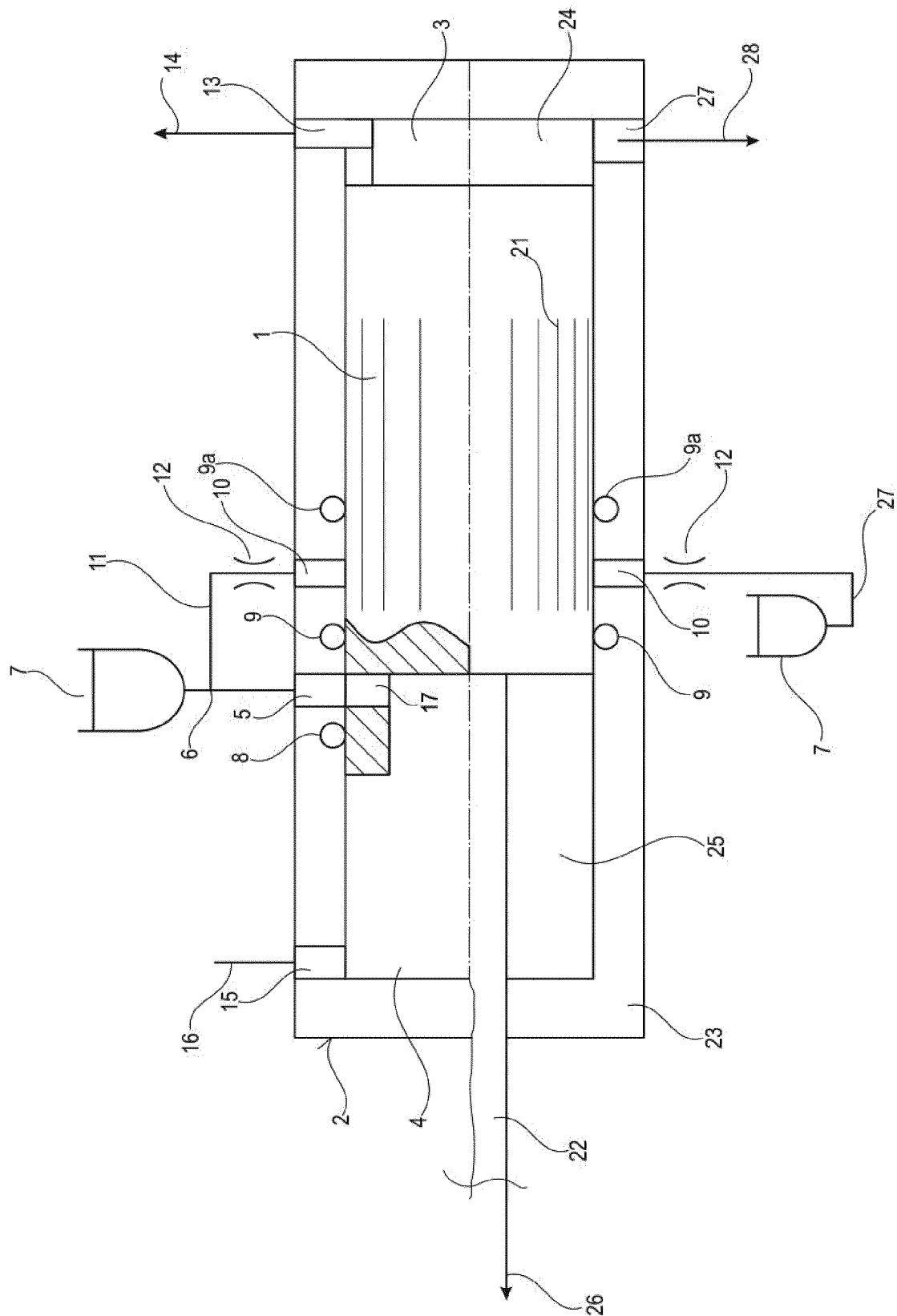


Fig. 1

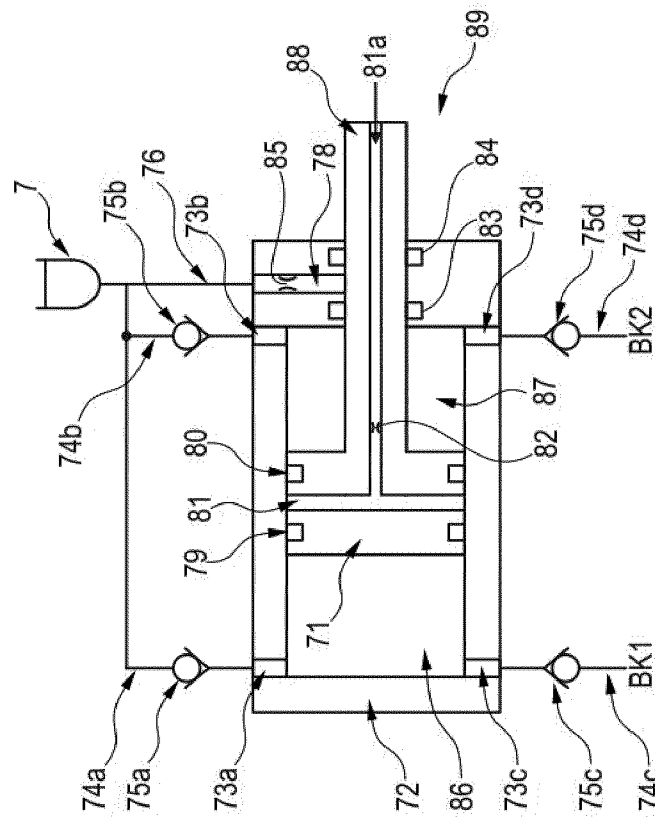


Fig. 3

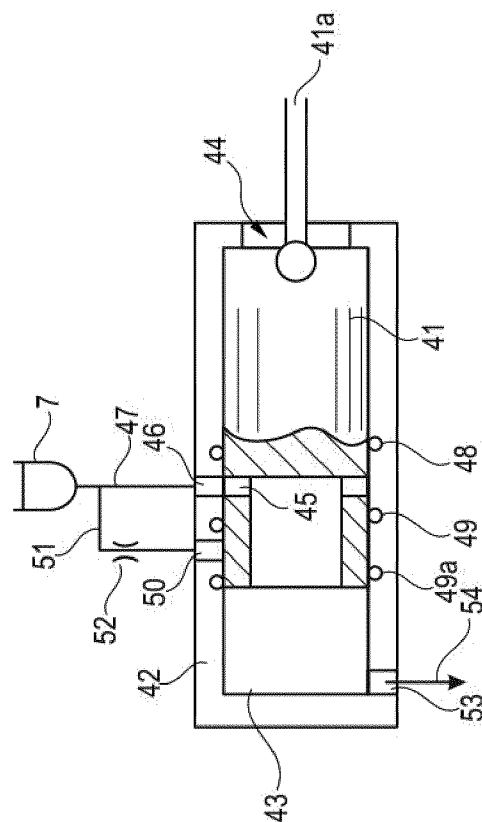


Fig. 2

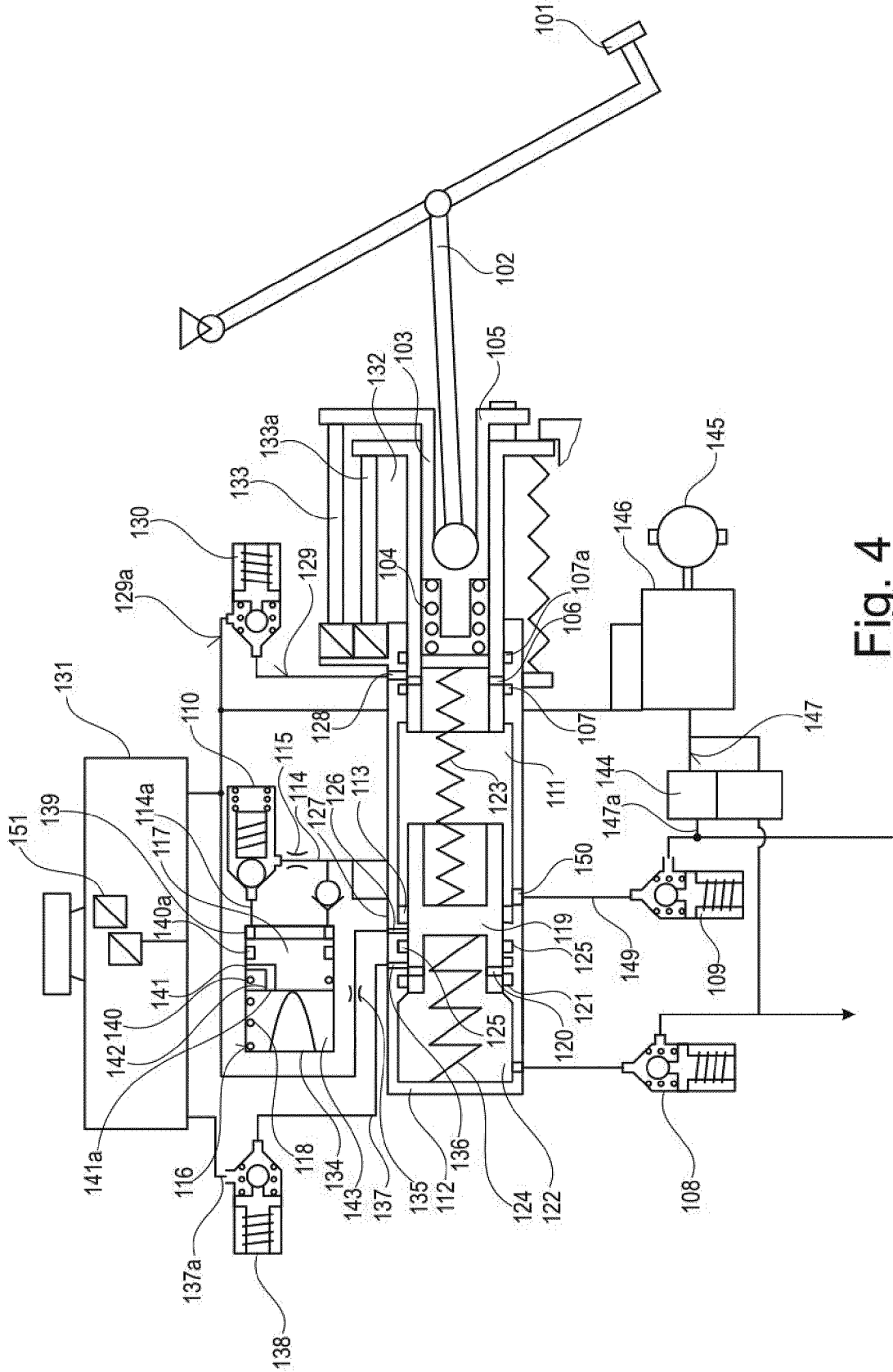


Fig. 4

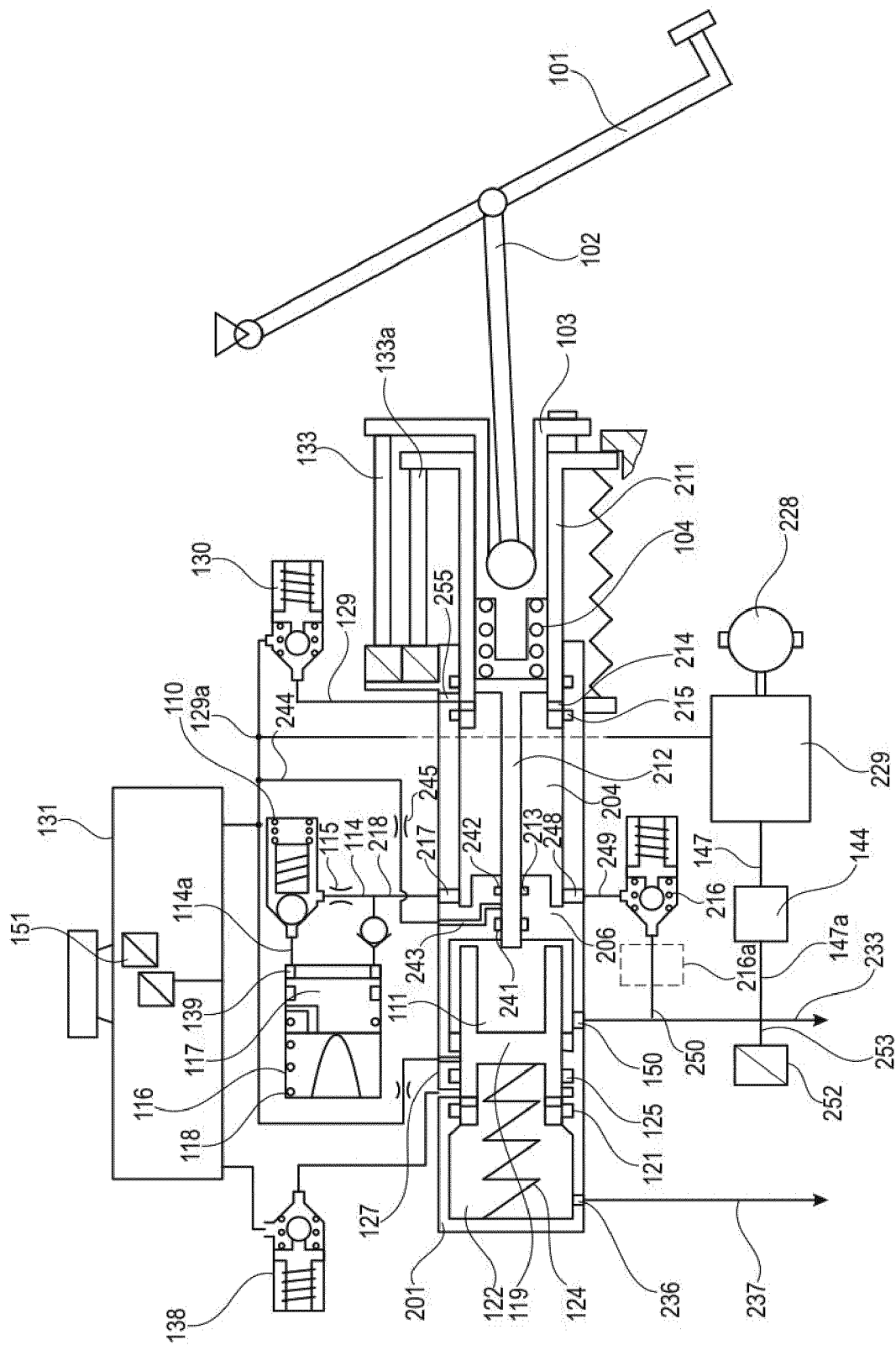


Fig. 5

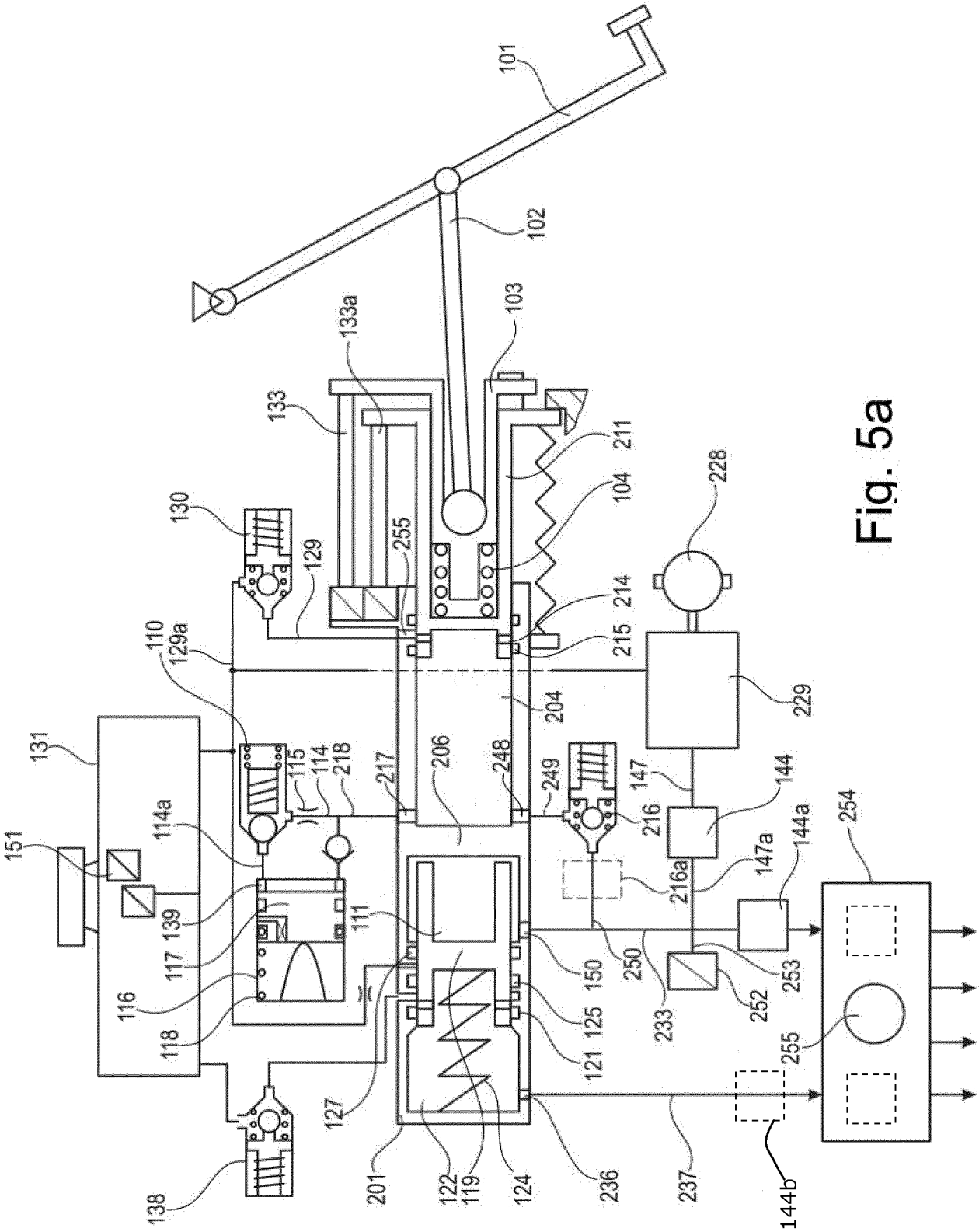


Fig. 5a

6/11

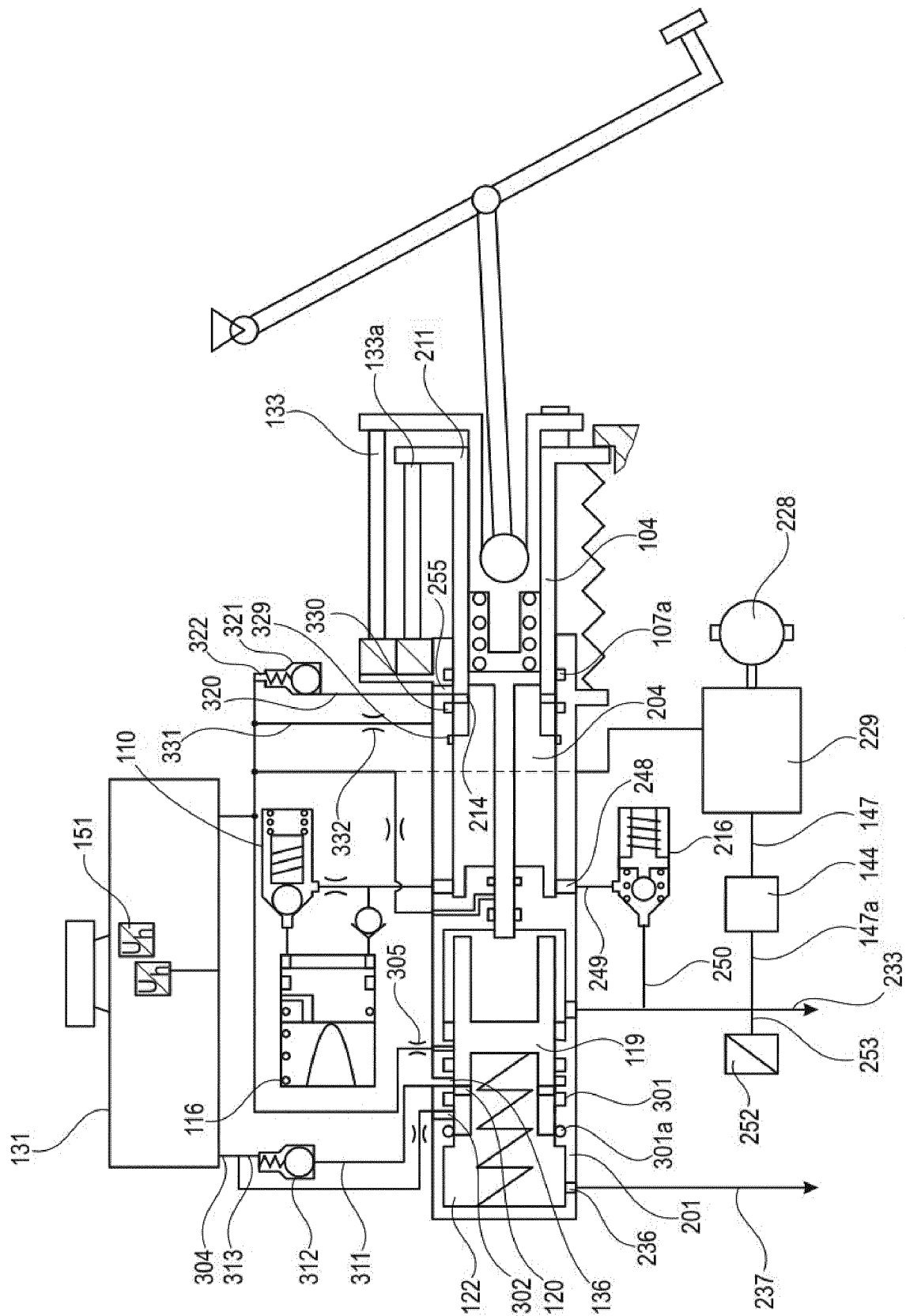


Fig. 6

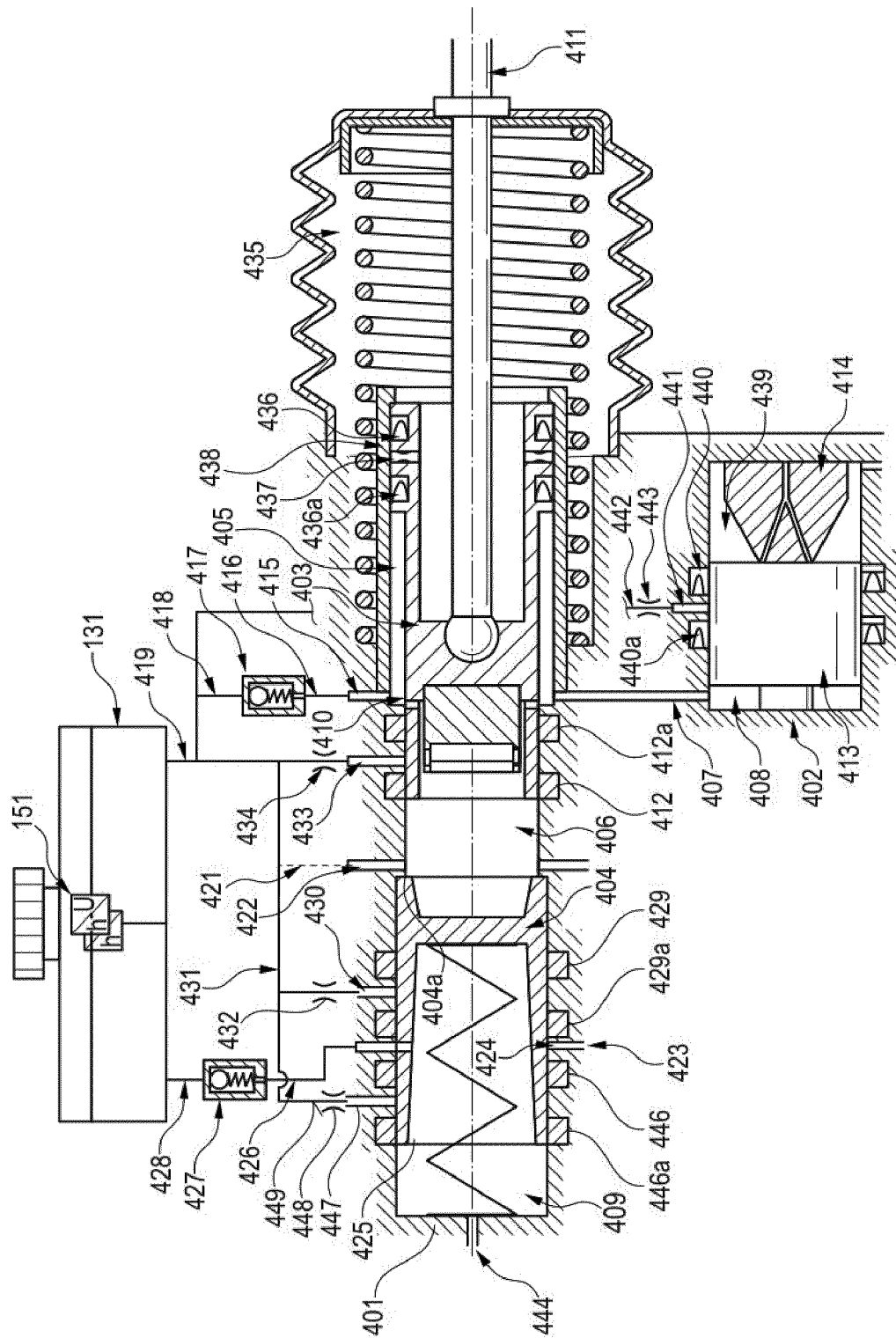


Fig. 7

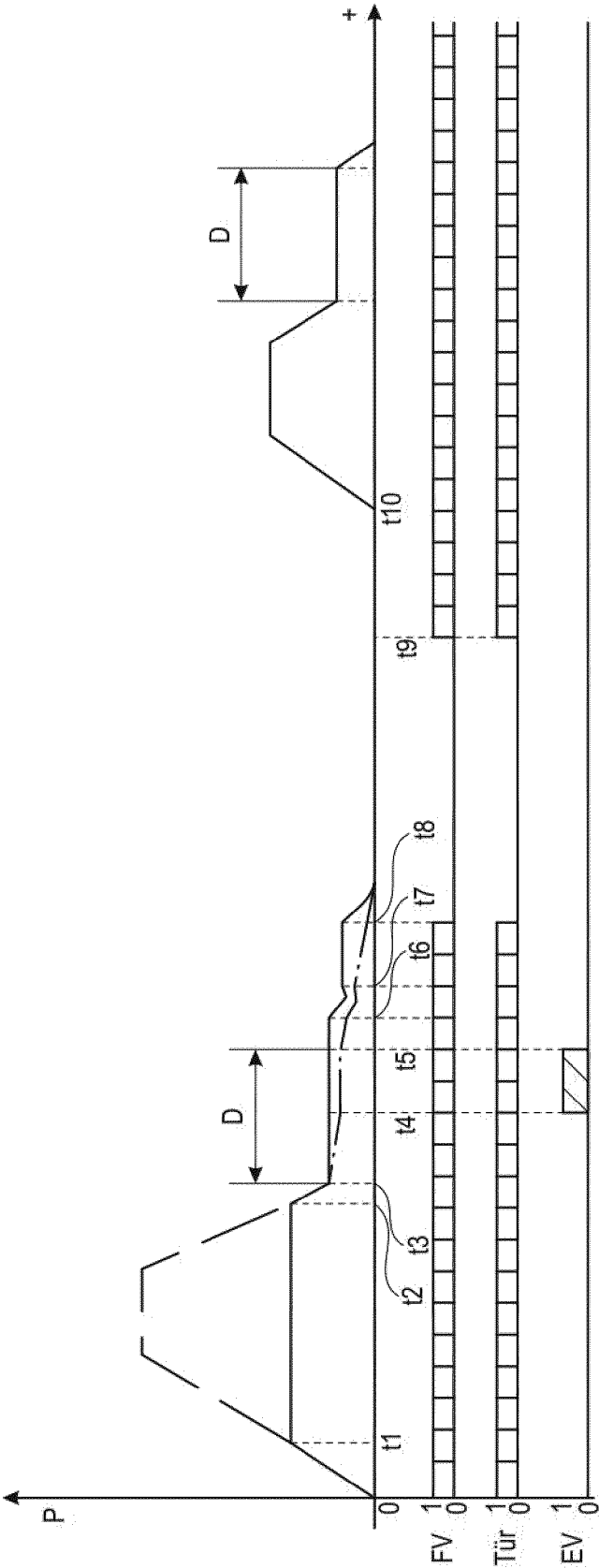


Fig. 8

9/11

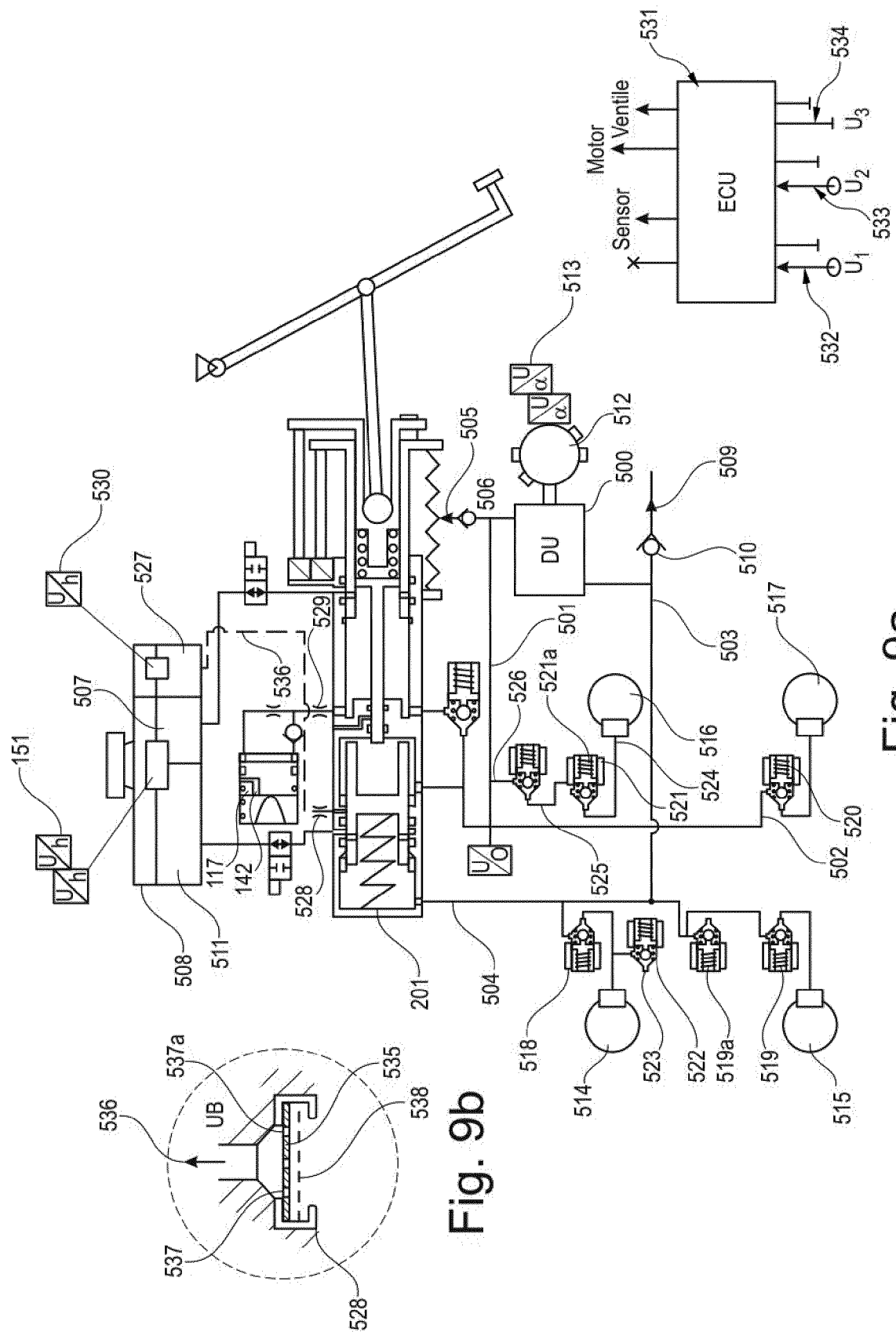


Fig. 9a

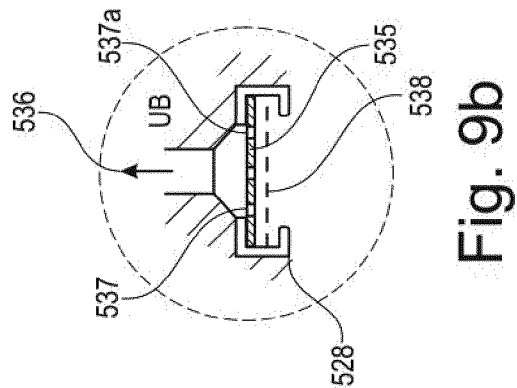


Fig. 9b

10/11

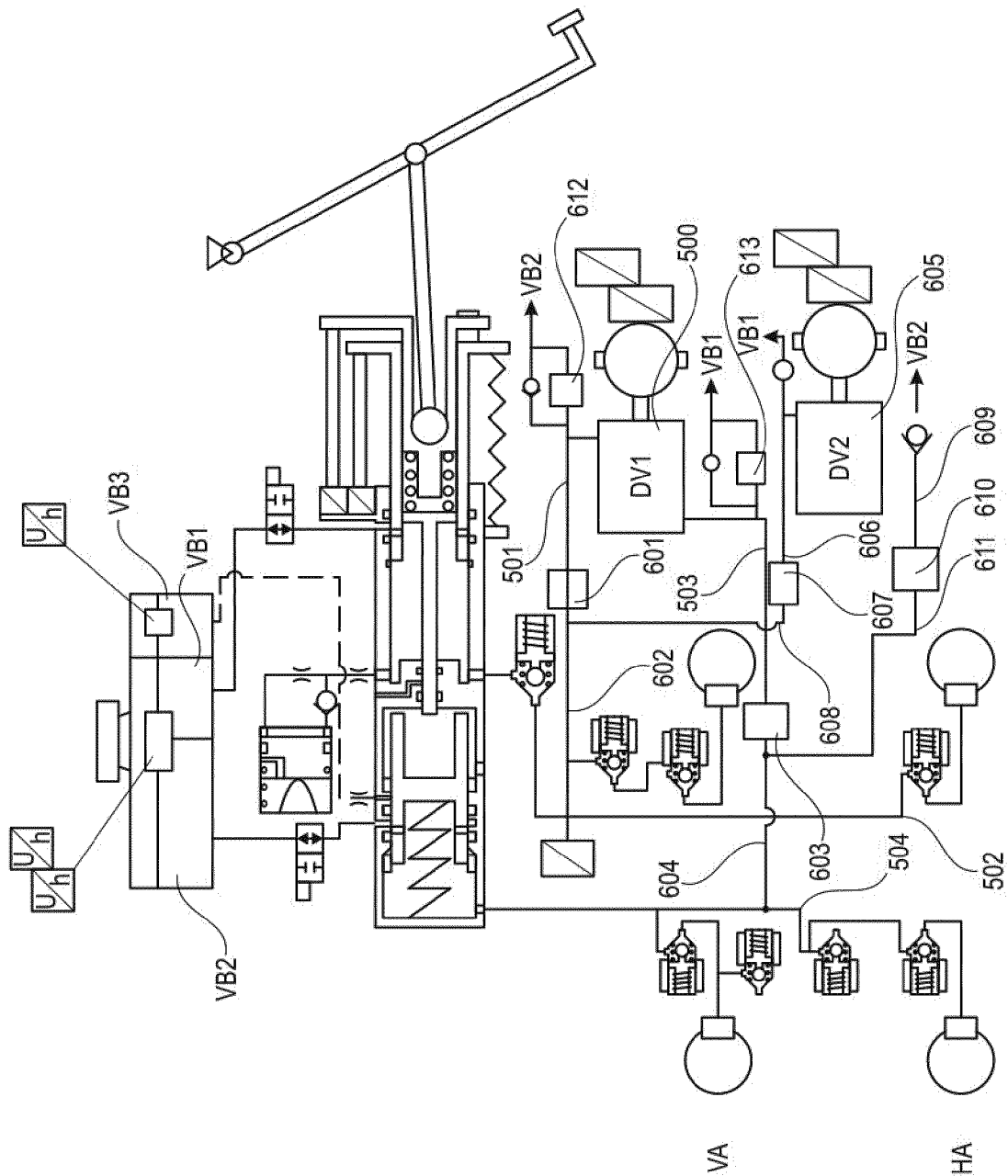


Fig. 9c

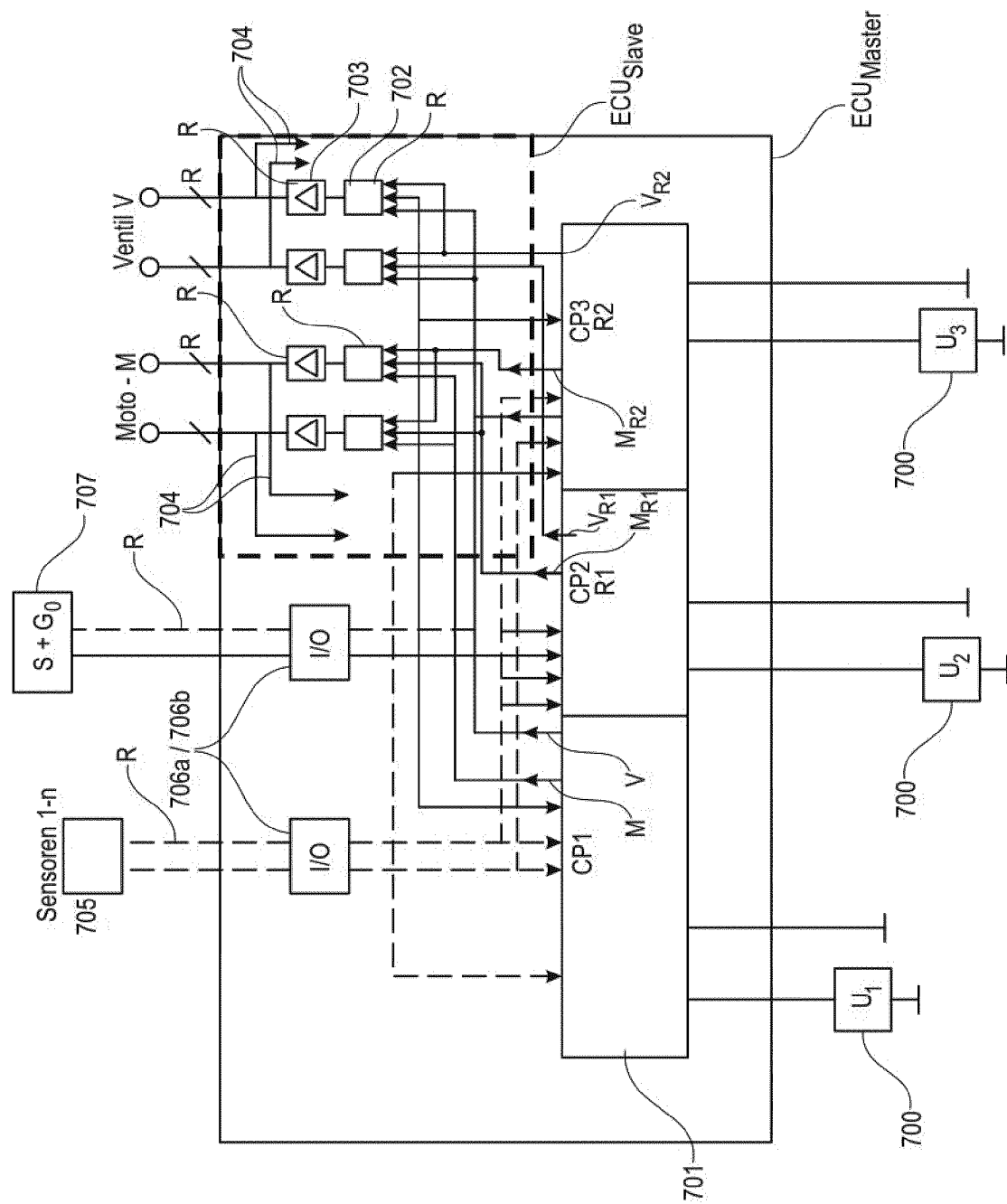


Fig. 9d

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/079791**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****B60T 8/88**(2006.01)i; **B60T 8/38**(2006.01)n; **B60T 8/40**(2006.01)n; **B60T 11/232**(2006.01)n; **B60T 11/236**(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B60T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2012143175 A2 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]; DRUMM STEFAN A [DE]; LINKENBACH ST) 26 October 2012 (2012-10-26)	1-6,10,11,18,21,22
Y	page 9, paragraph 4; figure page 10, paragraph 2 - last paragraph; claims 1,6,13-15	11
X	DE 102012210809 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 31 January 2013 (2013-01-31) paragraph [0041]; figure paragraph [0052] - paragraph [0054] paragraph [0058]	1-4,6,10,11,15,18,22,24
A	DE 112015003989 T5 (KELSEY-HAYES COMPANY [US]) 24 May 2017 (2017-05-24) cited in the application the whole document	1-15
X	DE 102015106089 A1 (IPGATE AG [CH]) 27 October 2016 (2016-10-27)	1-4,10,18,22
Y	paragraph [0039]; figure 1 paragraph [0044] paragraph [0048] paragraph [0050] - paragraph [0051]; claims 10,11,20	5,11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 January 2019

Date of mailing of the international search report

20 March 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Meijs, Paul

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/079791

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP H11157439 A (AISIN SEIKI) 15 June 1999 (1999-06-15) abstract; figures 1,2	5
X	DE 102016220485 A1 (MANDO CORP [KR]) 20 April 2017 (2017-04-20) paragraph [0176] - paragraph [0220]; figures 3-12	1-4,6,10,11,15,18,19,22
X	DE 102016224057 A1 (MANDO CORP [KR]) 08 June 2017 (2017-06-08) paragraph [0094] - paragraph [0114]; figures 7-10	1-4,6,10,11,15,18,19,22
A	US 3829104 A (GREEN M) 13 August 1974 (1974-08-13) column 3, line 66 - column 4, line 5; figure 2	1,3,4,14
A	US 2010066162 A1 (ISONO HIROSHI [JP]) 18 March 2010 (2010-03-18) paragraph [0077]	1,3,4,7,14
A	US 2015115701 A1 (KOO CHANG HOE [KR]) 30 April 2015 (2015-04-30) paragraph [0045]; figures 1-3	1,3,4,14
A	DE 2313375 A1 (BENDIX GMBH) 19 September 1974 (1974-09-19) page 4, paragraph 2; figure 1	1,3-5,14
A	DE 102016224062 A1 (MANDO CORP [KR]) 08 June 2017 (2017-06-08) paragraph [0117] - paragraph [0143]; figures 3-5 paragraph [0184] - paragraph [0195]; figure 13 paragraph [0063] - paragraph [0071]; figure 2 paragraph [0056]; figure 1	1,7,9-11,13,15,18,19,23

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-24

Piston-cylinder unit having a diagnostic or monitoring function.

2. claims: 25, 26 (in full); 28-42, 44-50 (in part)

Hydraulic device having a diagnostic or monitoring function.

3. claims: 27 (in full); 28-42, 44-50 (in part)

Hydraulic device with valve diagnostics.

4. claims: 43 (in full); 44-50 (in part)

Hydraulic device having a redundant diagnostic circuit.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: **1-24**

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2018/079791

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2012143175	A2	26 October 2012	DE	102012201535	A1	25 October 2012
				WO	2012143175	A2	26 October 2012
DE	102012210809	A1	31 January 2013	NONE			
DE	112015003989	T5	24 May 2017	CN	106715210	A	24 May 2017
				DE	112015003989	T5	24 May 2017
				EP	3197732	A1	02 August 2017
				US	2017217418	A1	03 August 2017
				WO	2016049653	A1	31 March 2016
DE	102015106089	A1	27 October 2016	DE	102015106089	A1	27 October 2016
				US	2016311422	A1	27 October 2016
JP	H11157439	A	15 June 1999	JP	3899621	B2	28 March 2007
				JP	H11157439	A	15 June 1999
DE	102016220485	A1	20 April 2017	CN	106585599	A	26 April 2017
				DE	102016220485	A1	20 April 2017
				KR	20170045523	A	27 April 2017
				US	2017106843	A1	20 April 2017
DE	102016224057	A1	08 June 2017	CN	107010039	A	04 August 2017
				DE	102016224057	A1	08 June 2017
				KR	20170065827	A	14 June 2017
				US	2017158184	A1	08 June 2017
US	3829104	A	13 August 1974	NONE			
US	2010066162	A1	18 March 2010	CN	101506018	A	12 August 2009
				DE	112007002668	T5	10 September 2009
				JP	4853282	B2	11 January 2012
				JP	2008162465	A	17 July 2008
				US	2010066162	A1	18 March 2010
				WO	2008084712	A1	17 July 2008
US	2015115701	A1	30 April 2015	CN	104554219	A	29 April 2015
				KR	20150047977	A	06 May 2015
				US	2015115701	A1	30 April 2015
DE	2313375	A1	19 September 1974	NONE			
DE	102016224062	A1	08 June 2017	CN	107031582	A	11 August 2017
				DE	102016224062	A1	08 June 2017
				KR	20170066726	A	15 June 2017
				US	2017158180	A1	08 June 2017

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B60T8/88 ADD. B60T8/38 B60T8/40 B60T11/232 B60T11/236		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B60T		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2012/143175 A2 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]; DRUMM STEFAN A [DE]; LINKENBACH ST) 26. Oktober 2012 (2012-10-26)	1-6,10,11,18,21,22
Y	Seite 9, Absatz 4; Abbildung Seite 10, Absatz 2 - letzter Absatz; Ansprüche 1,6,13-15	11
X	DE 10 2012 210809 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 31. Januar 2013 (2013-01-31) Absatz [0041]; Abbildung Absatz [0052] - Absatz [0054] Absatz [0058] ----- -/-	1-4,6,10,11,15,18,22,24
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
14. Januar 2019		20/03/2019
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Meijs, Paul

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 11 2015 003989 T5 (KELSEY-HAYES COMPANY [US]) 24. Mai 2017 (2017-05-24) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1-15
X	DE 10 2015 106089 A1 (IPGATE AG [CH]) 27. Oktober 2016 (2016-10-27)	1-4, 10, 18, 22
Y	Absatz [0039]; Abbildung 1 Absatz [0044] Absatz [0048] Absatz [0050] - Absatz [0051]; Ansprüche 10, 11, 20 -----	5, 11
Y	JP H11 157439 A (AISIN SEIKI) 15. Juni 1999 (1999-06-15) Zusammenfassung; Abbildungen 1, 2 -----	5
X	DE 10 2016 220485 A1 (MANDO CORP [KR]) 20. April 2017 (2017-04-20) Absatz [0176] - Absatz [0220]; Abbildungen 3-12 -----	1-4, 6, 10, 11, 15, 18, 19, 22
X	DE 10 2016 224057 A1 (MANDO CORP [KR]) 8. Juni 2017 (2017-06-08) Absatz [0094] - Absatz [0114]; Abbildungen 7-10 -----	1-4, 6, 10, 11, 15, 18, 19, 22
A	US 3 829 104 A (GREEN M) 13. August 1974 (1974-08-13) Spalte 3, Zeile 66 - Spalte 4, Zeile 5; Abbildung 2 -----	1, 3, 4, 14
A	US 2010/066162 A1 (ISONO HIROSHI [JP]) 18. März 2010 (2010-03-18) Absatz [0077] -----	1, 3, 4, 7, 14
A	US 2015/115701 A1 (KOO CHANG HOE [KR]) 30. April 2015 (2015-04-30) Absatz [0045]; Abbildungen 1-3 -----	1, 3, 4, 14
A	DE 23 13 375 A1 (BENDIX GMBH) 19. September 1974 (1974-09-19) Seite 4, Absatz 2; Abbildung 1 -----	1, 3-5, 14
	-/--	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2016 224062 A1 (MANDO CORP [KR]) 8. Juni 2017 (2017-06-08) Absatz [0117] - Absatz [0143]; Abbildungen 3-5 Absatz [0184] - Absatz [0195]; Abbildung 13 Absatz [0063] - Absatz [0071]; Abbildung 2 Absatz [0056]; Abbildung 1 -----	1,7, 9-11,13, 15,18, 19,23

Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich

2. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich

3. ☐ Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. ☐ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.

2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.

3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.

4. ☒ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:
1-24

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- ☐ Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchegebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.
- ☐ Die zusätzlichen Recherchegebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.
- ☐ Die Zahlung der zusätzlichen Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1-24

Kolben-Zylinder-Einheit mit Diagnose- oder Überwachungsfunktion.

2. Ansprüche: 25, 26(vollständig); 28-42, 44-50(teilweise)

Hydraulische Einrichtung mit einer Diagnose- oder Überwachungsfunktion.

3. Ansprüche: 27(vollständig); 28-42, 44-50(teilweise)

Hydraulische Einrichtung mit Ventildiagnostizierung.

4. Ansprüche: 43(vollständig); 44-50(teilweise)

Hydraulische Einrichtung mit redundanter Diagnoseschaltung.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/079791

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2012143175 A2	26-10-2012	DE 102012201535 A1 WO 2012143175 A2	25-10-2012 26-10-2012
DE 102012210809 A1	31-01-2013	KEINE	
DE 112015003989 T5	24-05-2017	CN 106715210 A DE 112015003989 T5 EP 3197732 A1 US 2017217418 A1 WO 2016049653 A1	24-05-2017 24-05-2017 02-08-2017 03-08-2017 31-03-2016
DE 102015106089 A1	27-10-2016	DE 102015106089 A1 US 2016311422 A1	27-10-2016 27-10-2016
JP H11157439 A	15-06-1999	JP 3899621 B2 JP H11157439 A	28-03-2007 15-06-1999
DE 102016220485 A1	20-04-2017	CN 106585599 A DE 102016220485 A1 KR 20170045523 A US 2017106843 A1	26-04-2017 20-04-2017 27-04-2017 20-04-2017
DE 102016224057 A1	08-06-2017	CN 107010039 A DE 102016224057 A1 KR 20170065827 A US 2017158184 A1	04-08-2017 08-06-2017 14-06-2017 08-06-2017
US 3829104 A	13-08-1974	KEINE	
US 2010066162 A1	18-03-2010	CN 101506018 A DE 112007002668 T5 JP 4853282 B2 JP 2008162465 A US 2010066162 A1 WO 2008084712 A1	12-08-2009 10-09-2009 11-01-2012 17-07-2008 18-03-2010 17-07-2008
US 2015115701 A1	30-04-2015	CN 104554219 A KR 20150047977 A US 2015115701 A1	29-04-2015 06-05-2015 30-04-2015
DE 2313375 A1	19-09-1974	KEINE	
DE 102016224062 A1	08-06-2017	CN 107031582 A DE 102016224062 A1 KR 20170066726 A US 2017158180 A1	11-08-2017 08-06-2017 15-06-2017 08-06-2017