

(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
20. August 2020 (20.08.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/165266 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B60T 8/40 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/053621

(22) Internationales Anmeldedatum:
12. Februar 2020 (12.02.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
20 2019 101 596.9
12. Februar 2019 (12.02.2019) DE

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

(72) Erfinder: VAN ZANTEN, Anton; Waldstr. 15/2, 71254 Ditzingen (DE). LEIBER, Heinz; Theodor-Heuss-Straße 34, 71739 Oberriexingen (DE).

(74) Anwalt: LENZING GERBER STUTE PARTNERSCHAFTSGESELLSCHAFT VON PATENTANWÄLTEN M.B.B.; Bahnstr. 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, 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,

(54) Title: BRAKE SYSTEM WITH AT LEAST TWO BRAKE CIRCUITS

(54) Bezeichnung: BREMSSYSTEM MIT MINDESTENS ZWEI BREMSKREISE

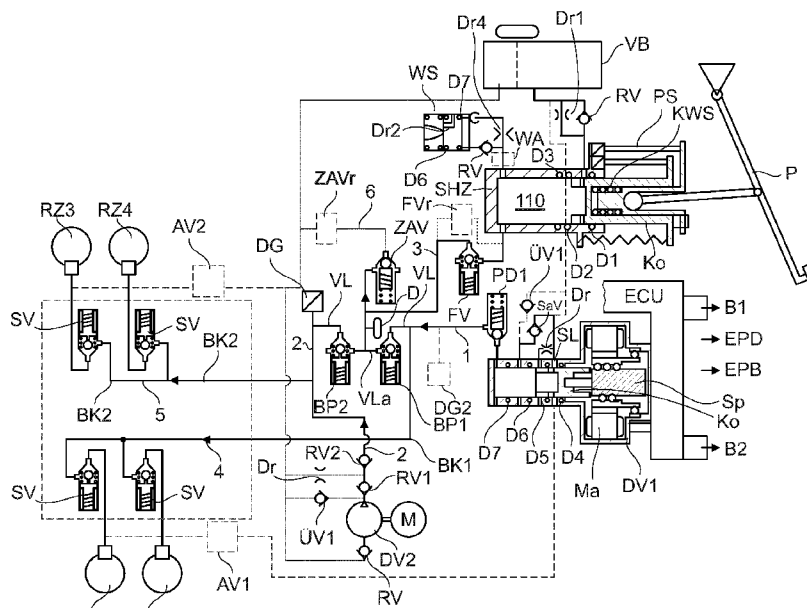


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a brake system with at least two brake circuits (BK1, BK2), wherein each brake circuit (BK1, BK2) comprises at least one wheel brake (RZ_i), and at least two wheel brakes are hydraulically operating wheel brakes. Each hydraulically operating wheel brake is paired with a switch valve (SV), via which the pressure is built up (P_{auf}) and released (P_{ab}) in the paired wheel brake. The two brake circuits (BK1, BK2) can be connected together via at least two bypass valves (BP1, BP2), which are open in an unenergized state in particular and which are connected in series and form a safety gate (SIG), and a hydraulic connection (VL_a) of the two bypass valves (BP1, BP2) can be connected to an accumulator container (VB) via a hydraulic line (6), in



WO 2020/165266 A1

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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)

which a switchable central outlet valve (ZAV) is arranged. At least one pressure supply device (DV1, DV2) is provided at least for building up pressure (P_{auf}) in the brake circuits (BK1, BK2), wherein the pressure in at least one wheel brake is released (P_{ab}) via the switch valve (SV) paired with the wheel brake into the respective brake circuit (BK1, BK2) and selectively via the switchable central outlet valve (ZAV) and/or into at least one pressure supply device (DV1, DV2).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Bremssystem mit mindestens zwei Bremskreisen (BK1, BK2), wobei jeder Bremskreis (BK1, BK2) mindestens eine Radbremse (RZ_i) aufweist, und wobei mindestens zwei Radbremsen hydraulisch wirkende Radbremsen sind und jeder hydraulisch wirkenden Radbremse jeweils ein Schaltventil (SV) zugeordnet ist, über das der Druckaufbau (P_{auf}) und Druckabbau (P_{ab}) in der ihm zugeordneten Radbremse erfolgt, wobei die beiden Bremskreise (BK1, BK2) über mindestens zwei in Reihe geschaltete, insbesondere stromlos offene, Bypassventile (BP1, BP2), welche ein Sicherheitsgate (SIG) bilden, miteinander verbindbar sind, und eine hydraulische Verbindung (VLa) der beiden Bypassventile (BP1, BP2) über eine hydraulische Leitung (6), in der ein schaltbares zentrales Auslassventil (ZAV) angeordnet ist, mit einem Vorratsbehälter (VB) verbindbar ist, wobei mindestens eine Druckversorgungseinrichtung (DV1, DV2) zumindest für den Druckaufbau (P_{auf}) in den Bremskreisen (BK1, BK2) vorgesehen ist, wobei der Druckabbau (P_{ab}) in mindestens einer Radbremse über das der Radbremse zugeordnete Schaltventil (SV) in den jeweiligen Bremskreis (BK1, BK2) sowie wahlweise über das schaltbare zentrale Auslassventil (ZAV) und/oder in mindestens eine Druckversorgungseinrichtung (DV1, DV2) erfolgt.

5

10

BREMSSYSTEM MIT MINDESTENS ZWEI BREMSKREISE

15

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Hydrauliksystem mit mindestens zwei
20 Bremskreisen, die fehlersicher miteinander verbindbar sind.

Stand der Technik

Die Anforderungen, insbesondere Sicherheitsanforderungen beim hochautoma-
tisierten (HAD) und vollautomatisierten (FAD) Fahren haben großen Einfluss
25 auf die Systemgestaltung. Diese bedingen redundante und teilredundante Sys-
teme und Komponenten.

Im Vordergrund steht hier die Druckversorgung, bei der die Bremskraft oder
der Druckaufbau auch ohne Fahrerfuß gewährleistet sein muss. Entsprechend
muss auch die elektronische Steuerung für diese Funktion ausgebildet sein.
30 Für Level 3 (HAD), insbesondere Level 4 (FAD), muss ebenfalls die ABS-
Funktion auch im Fehlerfalle gewährleistet sein.

Bei einer redundanten Druckversorgung kann auch ein Systemkonzept ohne
Tandem-HZ, nur mit sog. E-Pedal oder für Level 5 (autonomes Fahren) nur mit

- einem Bremsschalter ausgeführt werden. Hierbei sind folgende Patentanmeldungen erwähnenswert: DE 10 2017 222 450 offenbart ein Hydrauliksystem mit nur einem Hauptzylinder, redundanter Druckversorgung, Trennventile zum Hauptzylinder und einem Wegsimulator. Ein Bypassventil zwischen den beiden
- 5 Bremskreisen ermöglicht bei Ausfall einer Druckversorgungseinrichtung der zweiten Druckversorgungseinrichtung beide Bremskreise zu versorgen. Dieses stromlos offene Bypassventil ist extrem sicherheitsrelevant, da bei Ausfall des Ventils und z. B. Bremskreisausfall, ein Totalausfall der Bremse die Folge sein kann. Außerdem ist der Ventilaufwand sehr hoch.
- 10 Die DE 10 2017 222 435 und DE 10 2016 225 537 zeigen ein ähnliches Konzept, jedoch mit E-Pedal, reduzierter Druckversorgung und Bypassventil. Alle Systeme verwenden für die ABS-Funktion beim Druckabbau ein sogenanntes Auslassventil. Gerät beim Öffnen des Ventils ein Schmutzpartikel in dessen Ventilsitz, so kann dies einen Bremskreisausfall bei der nächsten Bremsung
- 15 bewirken.
- DE 10 2017 207 954 zeigt ein Systemkonzept mit redundanter Druckversorgung und ohne Auslassventile für die ABS-Druckregelung. Hier wird das sogenannte Multiplex-Verfahren, welches in DE 102005055751 beschrieben ist, eingesetzt, bei dem die Drucksteuerung für ABS von der Druckversorgung
- 20 durch Volumenmessung und Druckinformation erfolgt. Hierbei werden auch die Schaltventile zur Drucksteuerung redundant verwendet. Ein Sicherheitsrisiko entsteht, wenn die Kolbendichtung oder ein Rückschlagventil zum Vorratsbehälter ausfällt und das Schaltventil durch Schmutzpartikel undicht ist, was ebenso einen Totalausfall der Bremse zur Folge hat.
- 25 Oben genannte Beispiele zeigen das Problem der schlafenden Fehler, die bei Doppelfehlern kritisch werden, wenn diese nicht vor dem Bremsmanöver von der Diagnose erfasst werden können.

Aufgabe der Erfindung

- Die Erfindung stellt sich die Aufgabe, ein fehlersichereres Hydrauliksystem mit
- 30 zwei Bremskreisen bereitzustellen mit herausragender Regelungstechnik für ABS-Regelung.

Lösung der Aufgabe

Diese Aufgabe wird mit einem Bremssystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1 erfindungsgemäß gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des Hydrauliksystems gemäß Anspruch 1 ergeben sich durch die Merkmale der Unteransprüche.

Vorteile der Erfindung

Durch das Vorsehen von zwei in Reihe geschalteter Verbindungsschaltventile (Bypassventile) zur Verbindung zweier Bremskreise des erfindungsgemäßen Bremssystems wird vorteilhaft eine hohe Fehlersicherheit erlangt.

Die Erfindung sieht dabei in einer ersten Alternative zur Verbesserung der Fehlersicherheit vor, dass die beiden stromlos offenen Verbindungsschaltventile, welche insbesondere als 2/2-Wegeventile ausgebildet sind, derart mit ihrem Ventilanschlüssen im Bremssystem angeordnet sind, dass sie im stromlosen Zustand, unterstützt durch einen evtl. in der jeweiligen Hydraulikhauptleitung bzw. dem Bremskreis herrschenden Druck, öffnen. Dies kann insbesondere dadurch erreicht werden, dass der dem Ventilsitz zugeordnete Ventilanschluss eines Verbindungsschaltventils mit einer Hydraulikhauptleitung in hydraulischer Verbindung ist, so dass der dort herrschende Druck das Ventilstellglied weg vom Ventilsitz drückt.

Alternativ oder in Kombination zu ersten Alternative kann der innere Abschnitt der Verbindungsleitung, welcher die beiden Anschlüsse der Verbindungsschaltventile direkt miteinander verbindet, über eine weitere hydraulische Leitung mit dem Druckraum eines Hauptbremszylinders in Verbindung sein, wobei mindestens ein Ventil in der weiteren Hydraulikleitung zu deren wahlweisen Absperrung angeordnet ist. Hierdurch ist es vorteilhaft möglich, dass im Fehlerfalle über den Hauptbremszylinder, welcher z.B. mittels eines Bremspedals betätigbar ist, ein Druck in einem oder beiden Bremskreisen aufbaubar ist.

Das erfindungsgemäße Bremssystem kann je Bremskreis eine Druckversorgungseinrichtung aufweisen. Es ist jedoch ebenso möglich, dass lediglich eine

einzigste Druckversorgungseinrichtung für beide Bremskreise vorgesehen ist, ohne dass hierdurch die Funktionsfähigkeit des Bremssystems wesentlich fehleranfälliger oder dessen Funktion stark eingeschränkt wird. Durch das Hintereinanderschalten der beiden Verbindungsventile wird eine Redundanz geschaffen. Zusätzlich können die Dichtigkeit und Schaltfunktion der Verbindungsventile geprüft werden. Damit wird eine extrem hohe Fehlersicherheit erreicht.

Sofern vorhanden, sollte der Hauptbremszylinder mit Wegsimulator ebenfalls fehlersicher sein, was z.B. durch redundante Dichtungen, deren Ausfall überwacht werden kann, möglich ist. Hierdurch ist es vorteilhaft möglich, auf einen aufwendigen, großen und teuren Tandem-Hauptbremszylinder THZ zu verzichten und lediglich einen Hauptbremszylinder mit einer Druckkammer, also einen Single-Hauptbremszylinder (SHZ), einzusetzen.

Sofern ein Pedal vorhanden ist, kann die Pedalbewegung über zwei redundante Pedalwegsensoren oder zumindest einen Mastersensor nochmals redundant gemessen bzw. bestimmt werden. Vorzugsweise kann der oder die Pedalwegsensor(en) mit einem Kraft-Weg-Element, wie es beispielsweise aus WO/2012/059175 A1 bekannt ist, zur Fehlererkennung, z. B. des Wegsimulators, gekoppelt werden.

Das Verbindungsventil vom Hauptbremszylinder zu den Bremskreisen und der Druckversorgungseinrichtung ist ebenso sicherheitsrelevant, da ein Ausfall eine Verbindung zur Druckversorgungseinrichtung ermöglicht, was auf das Pedal wirkt und die Pedalcharakteristik verändert. Auch diese Verbindung ist durch die oben erwähnte und beschriebene Ventilanordnung zur Verbindung der beiden Bremskreise abgesichert, da hierdurch eine redundante Reihenschaltung von zwei Ventilen zwischen jeder Druckversorgungseinrichtung und dem Hauptbremszylinder gegeben ist, so dass bei Ausfall eines der Ventile noch immer keine unerwünschte Rückwirkung auf das Pedal entsteht.

Bei Systemen mit Vereinfachung des Ventilaufwands wird das Multiplexverfahren, kurz auch MUX-Verfahren genannt, eingesetzt, mit der Einschränkung, dass z.B. nicht gleichzeitig an allen Rädern Druck reduziert werden kann, was bei dem nicht geregelten Rad einen größeren Radschlupf bewirkt. Ein Radschlupf kann erfindungsgemäß dadurch vermieden werden, indem für alle,

insbesondere vier oder zwei Räder mindestens eine zusätzliche Drucksenkungseinrichtung vorhanden ist, so dass an vier oder zwei Rädern gleichzeitig Druck abgebaut werden kann. Die Drucksenkungseinrichtung kann z.B. durch ein Schaltventil gebildet sein, mittels dem eine hydraulische Verbindung von
5 einem Radzylinder oder einem Bremskreis hin zu einem Vorratsbehälter schaltbar ist. Es ist aber auch möglich, dass mindestens eine Druckversorgungseinrichtung als Drucksenke verwendet wird.

Damit ist im Normalfall bei nicht extremen Unterschieden in der Übertragung der Reibkraft am Reifen (sog. μ -Werte), eine individuelle Radregelung möglich.

10 Zusätzlich ist es schon mit einem oder zwei Druckgebern zusammen mit der vorbeschriebenen Ventilschaltung möglich, den Raddruck jeden Radezylinders zu messen. Weiterhin kann das dem Rad zugeordnete und vorgeschaltete Schaltventil mittels Pulsweitenmodulation (PWM) angesteuert werden, was variable Druckgradienten ermöglicht, womit eine sogenannte weiche Druckab-
15 schaltung eingeregelt werden kann. Damit lassen sich vorteilhaft die Druckschwingungen minimieren. Es ist somit eine dem bekannten Antiblockiersystem (ABS) überlegene Radbremmsregelung möglich.

Beim Druckaufbau kann mit dem erfindungsgemäßen Bremssystem vorteilhaft das bekannte MUX-Verfahren weiter eingesetzt werden, was praktisch be-
20 kanntlich keinen Einfluss auf die Regelgüte hat, da eine Zeitversetzung um ca. 10 – 20 ms bei einer gesamten Druckaufbauzeit T_{Pauf} von ca. 200 ms keinen Einfluss hat. Die Regelgüte wird erfindungsgemäß aber deutlich verbessert, da bei dem erfindungsgemäßen Verfahren der Druckaufbau mittels Drucksensoren gemessen werden kann. Erfindungsgemäß kann somit der Druck radindivi-
25 duell aufgebaut werden, wobei zur Regelung der gemessene Druck verwendet wird. Hierdurch kann auch vorteilhaft die Druckänderungsgeschwindigkeit variiert werden, was mittels der Druckversorgungseinrichtung(en) und/oder mittels der mit Pulsweitenmodulation angesteuerten Schaltventile erfolgen kann.

30 Sofern das Bremssystem nur eine Druckversorgungseinrichtung aufweist, kann diese entweder eine Rotationspumpe oder eine Kolben-Zylinder-Pumpe zur Drucksteuerung, insbesondere zum Druckaufbau aufweisen. Sofern das erfindungsgemäße Bremssystem zwei Druckversorgungseinrichtungen aufweist,

- können diese jeweils entweder eine Kolben- oder Rotationspumpe, insbesondere in Form einer Zahnradpumpe, aufweisen. Die Druckregelung kann vorzugsweise sehr genau unter Verwendung mindestens eines Druckgebers bzw. Drucksensors mit verschiedenen Gradienten, z.B. bei ABS abhängig von dem maximalen Betrag der Radwinkelbeschleunigung, erfolgen, die zeitlich in der Regel vor dem Druckaufbau liegt. Der Druckaufbau kann alternativ aber auch über eine Volumenverschiebung mittels der Pumpe der jeweiligen Druckversorgungseinrichtung erfolgen, wobei dann das zu verschiebende Hydraulikvolumen über die Verdrehung des Antriebsmotors bestimmt werden kann.
- 5
- 10 Es können wahlweise für den Druckabbau ein oder zwei Drucksenkungseinrichtungen verwendet werden. Die Drucksenkungseinrichtung kann dabei durch ein zentrales Auslassventil für alle Radzylinder gebildet sein, wobei die andere Drucksenkungseinrichtung z.B. durch die Druckversorgungseinrichtung gebildet sein kann, in dem z.B. deren Kolben verstellt wird.
- 15 Sofern die eine Druckversorgungseinrichtung einen elektromotorisch angetriebenen Plunger-Kolben und die andere Druckversorgungseinrichtung z.B. eine einfache Kolben- oder Zahnradpumpe ist bzw. aufweist, so ist zur Kostensparnis ein Downsizing zumindest einer Druckversorgungseinrichtung dadurch möglich, indem insbesondere der Motor der Plungerpumpe nur für den Blockierdruck bei hohem Fahrbahnreibbeiwert μ , z. B. 120 bar, und die einfache Kolben- oder Zahnradpumpe der anderen Druckversorgungseinrichtung auf z. B. 200 bar ausgelegt wird. Darüber hinaus kann in einer weiteren optionalen Ausgestaltung die Plungerpumpe mit einem bürstenlosen und die Kolbenpumpe, wie bei ABS / ESP, mit einem Bürstenmotor kombiniert werden.
- 20
- 25 Beim Vorsehen von zwei Druckversorgungseinrichtungen können auch beide Druckversorgungseinrichtungen für einen schnellen Druckaufbau über die beiden Verbindungsventile parallel bzw. zusammenschaltet werden. Hierdurch ist vorteilhaft ein Downsizing der Antriebe der Druckversorgungseinrichtungen möglich. Auch kann damit vorteilhaft der Druckunterschied durch den Staudruck der Verbindungsventile reduziert werden.
- 30
- Der Plungerkolben kann vorteilhaft ebenfalls redundante Dichtungen aufweisen, die auch auf Dichtheit geprüft werden können. Ebenso kann die Druck-

versorgungseinrichtung der Kolben- oder Zahnradpumpe mit einem zweiten überwachbaren Rückschlagventil versehen werden.

Anstelle von zwei Druckversorgungseinrichtungen kann bei der erfindungsgemäßen Ventilanordnung zur Verbindung der beiden Bremskreise auch eine einzelne Plungerpumpe mit einem elektrisch redundanten Motor mit 2 x 3-
5 Phasenwicklung eingesetzt werden. Auch kann dieser Motor mit einem Antrieb und Doppelhubkolben kombiniert werden.

Die elektronische Steuer- und Regeleinrichtung kann voll- oder teilredundant, auch mit entsprechend redundantem Bordnetzanschluss, für die verschiedenen
10 Funktionen ausgelegt werden. Insbesondere kann die Ansteuerung der Ventile redundant mit Trennschalter der einzelnen Ventiltreiber ausgelegt werden, damit in jedem Fehlerfall, z. B. Kurzschluss eines Treibers, eine fehlersichere Ansteuerung der übrigen Ventile möglich ist.

Erfindungsgemäß kann bei allen beschriebenen Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Bremssystems der Niveausensor des Vorratsbehälters das Niveau im Vorratsbehälter stetig messen, damit frühzeitig durch Niveauänderung ein Leck erkannt wird. Auch dieser Sensor kann redundant ausgeführt werden, was leicht zu realisieren ist, wenn die elektronische Steuer- und Regeleinrichtung am Vorratsbehälter anliegt und die Sensorelemente auf der Leiterplatte
15 angeordnet werden können.

Die Fehleranalyse des erfindungsgemäßen Bremssystems zeigt, dass vorteilhaft Doppelfehler ohne Totalausfall des Hydrauliksystems bzw. der Bremse beherrscht werden, teilweise sogar Dreifachfehler. Dabei können weitestgehend alle Einzelfehler erkannt werden, und somit auch schlafende Fehler vermieden werden.
25

Bei einer redundant ausgebildeten Druckversorgungseinrichtung ist die Ausfallwahrscheinlichkeit der gesamten Druckversorgung äußerst gering, so dass eigentlich nur bei einem Bordnetzausfall ein Ausfall der Druckversorgung eintreten kann. Damit kann vorteilhaft auf einen redundanten Tandem-
30 Hauptbremszylinder (THZ) verzichtet werden. Trotzdem kann beim erfindungsgemäßen Bremssystem ein Hauptbremszylinder mit überprüfbaren re-

dundanten Dichtungen und nur einem Druckraum vorgesehen werden, der hierdurch eine erhöhte Fehlersicherheit aufweist, und somit gegenüber einem Tandem-Hauptbremszylinder ebenbürtig ist.

5 Mit dieser fehlersicheren Ventilanordnung kann die Anzahl der Ventile um ca. 40 % im Vergleich zu einer Ventilanordnung bekannter integrierter 1-Box-Systeme reduziert werden, welche mit einem höheren Ventilaufwand nicht fehlersicherer sind. Auch sind nur 50 % der Ventilvarianten notwendig im Vergleich zu o. g. 1-Box-Systemen.

10 Bei einer der beiden Druckversorgungseinrichtungen bietet es sich an, die Pumpe mit Motor von bekannten ABS und ESP zu verwenden, was sowohl Bauraum- als auch Kostenvorteile hat.

15 Bekanntlich kann die elektrische Parkierbremse EPB beim Feststellen der Bremse unterstützt werden, um den Elektromotor der Parkierbremse zu verkleinern. Mit den redundanten Druckversorgungseinrichtungen ist dies noch effektiver und sicherer.

Mit dem erfindungsgemäßen Hydrauliksystem ist vorteilhaft sichergestellt, dass die Bremswirkung, ABS-Funktion und die Pedalcharakteristik durch redundant ausgelegte Komponenten bzw. Baugruppen sowie Ventilschaltungen sichergestellt und hinreichend ausfallsicher ist.

20 Der Hauptzylinder (HZ) kann abhängig von seiner Ausgestaltung als Single- oder Tandem-Hauptbremszylinder in der Verbindung vom Schnüffelloch zum Vorratsbehälter eine Anordnung aus Rückschlagventil und Drossel aufweisen, die es erlaubt, eine Diagnose der Dichtungen aller Kolben mittels der einen oder, sofern vorhanden, mittels beiden Druckversorgungseinrichtung(en)
25 durchzuführen. Zugleich wirkt die Drossel als Redundanz bei Ausfall der vorhandenen HZ-Dichtung. Die Dimensionierung der Drossel ist hierbei so klein, dass ein Pedalwegverlust während der Bremsung nicht auffällt.

Vorteilhaft können auch die Ventile (ZAV, FV) mit redundanten Spulen mit entsprechender Ansteuerung ausgebildet sein. Auch können parallel oder in
30 Reihe geschaltete Ventile zur Erhöhung der Redundanz vorgesehen werden, je

nachdem, ob es sich um ein stromlos-offenes oder ein stromlos-geschlossenes Ventil handelt.

Nachfolgend werden anhand von Zeichnungen verschiedene mögliche Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Bremssystems näher erläutert.

5 Es zeigen:

- Fig. 1 Eine erste mögliche Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bremssystems mit einer fehlersicheren Ventilanordnung zur Verbindung beider Bremskreise, einem Hauptzylinder mit Betätigungseinrichtung sowie zwei Druckversorgungseinrichtungen mit elektronischer Steuer- und Regeleinrichtung als sogenannte Integrierte 1-Box-Anlage;
- 10
- Fig. 1a: zeigt eine Variante des in Figur 1 gezeigten Wegsimulators;
- Fig. 1b: einen Ersatz eines Magnetventils durch ein Rückschlagventil an der Druckversorgungseinrichtung DV1 und eine zusätzliche Drossel an der zweiten Druckversorgungseinrichtung DV2 zur Diagnose;
- 15
- Fig. 2: eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Bremssystems mit einem Tandem-Hauptzylinder;
- Fig. 3: ein erfindungsgemäßes Bremssystem mit nur einer Druckversorgungseinrichtung, die jedoch eine redundante Motorsteuerung aufweisen kann;
- 20
- Fig. 4: einen zeitlichen Verlauf eines Druckabbaus;
- Fig. 4a: zeitliche Verläufe des Druckabbaus in verschiedenen Druckbereichen;
- 25 Fig. 4b: das Druckniveau in einem Radzylinder und an dem zentralen Auslassventil ZAV ausgehend von einem hohem Druckniveau;

Fig. 4c: das Druckniveau in einem Radzylinder und an dem zentralen Auslassventil ZAV ausgehend von einem sehr niedrigen Druckniveau;

Fig. 5: einen typischen zeitlichen Verlauf von Geschwindigkeit und Druck an zwei Rädern;

5 Fig. 5a: den zeitlichen Verlauf von Druck und Ventilsteuerung an zwei Rädern;

Fig. 6: ein Hydraulikflussschaltbild;

Fig. 7-10: Tabellen 1 bis 4, in denen verschiedene Diagnosemöglichkeiten für das erfindungsgemäße Bremssystem aufgelistet sind.

10

Die Figur 1 zeigt die Grundelemente eines erfindungsgemäßen regelbaren Bremssystems bestehend aus Single-Hauptzylinder SHZ mit Wegsimulator WS und Vorratsbehälter VB, zwei Druckversorgungseinrichtungen DV1 und DV2, wobei die Druckversorgungseinrichtung DV1 eine elektromotorisch angetriebene Kolben-Zylinderpumpe und die zweite Druckversorgungseinrichtung DV2 eine einfache 1-kreisige Kolben- oder Rotationspumpe aufweist. Beide wirken zusammen mit einer Ventilschaltung auf die Radzylinder RZ1-RZ4, welche den geregelten Raddruck, z. B. bei ABS, auf die Bremse übertragen. Dies entspricht dem Stand der Technik. Das erfindungsgemäße Bremssystem weist jedoch gegenüber herkömmlichen Bremssystemen eine höhere Fehlersicherheit für hochautomatisiertes (HAD) oder vollautomatisiertes Fahren (FAD) auf.

20 Beim erfindungsgemäßen Bremssystem werden alle ausfallrelevanten Komponenten, wie z. B. Ventile, Sensoren, Dichtungen, Motoren und Bremskreise, berücksichtigt. Vorteilhaft können folgende Komponenten bzw. Hydraulikverbindungen ausfallsicher ausgebildet sein:

- (1) Verbindung von der für den ersten Bremskreis BK1 vorgesehenen Druckversorgungseinrichtung DV1 zum zweiten Bremskreis BK2;
- (2) Verbindung von der für den zweiten Bremskreis BK2 vorgesehenen Druckversorgungseinrichtung DV2 zum ersten Bremskreis BK1;

- (3) Verbindung von dem Druckraum 110 des Hauptbremszylinders SHZ über das Schaltventil FV hin zu den Bremskreisen BK1, BK2 über die Bypassventile BP1 und BP2;
- (4) Verbindung von Schaltventil PD1 und Bypassventil BP1 zu den Radzylindern RZ1 und RZ2 über die jeweiligen den Radzylindern zugeordneten Schaltventile SV
- (5) Verbindung von Bypassventil BP2 zu den Radzylindern RZ3 und RZ4 über die jeweiligen den Radzylindern zugeordneten Schaltventile SV;
- (6) Verbindung von einem Bremskreis BK1, BK2 hin zum Vorratsbehälter VB;
- 10 (7) Verbindungen zwischen Bremskreisen BK1, BK2 hin zu den Radzylindern RZ1-4.

Darüber hinaus bietet das erfindungsgemäße Bremssystem umfangreiche Diagnosefunktionen, welche insbesondere in mehreren Stufen und Bereichen des Bremssystems anwendbar sind.

- 15 Diese oben aufgeführten hydraulischen Verbindungen (1) bis (7) mit den möglichen Ausfallfehlern ihrer beteiligten Komponenten werden im Folgenden beschrieben.

Die Druckversorgungseinrichtung DV1 wirkt vom Bremskreis BK1 über die Hydraulikleitungen 1, VL, VL_A, VL, 2 und 5 und die Schaltventile PD1, BP1 und BP2 in den Bremskreis BK2 und weiter über die Schaltventile SV zu den Radzylindern RZ1, RZ2 des ersten Bremskreises und die Radzylinder RZ3, RZ4 des zweiten Bremskreises. Im Stand der Technik wird anstatt der beiden erfindungsgemäßen Bypassventile BP1 und BP2 hierzu lediglich ein einziges Bypassventil bzw. Verbindungsventil eingesetzt. Ein Ausfall des einzigen Bypassventils beim Stand der Technik kann einen Totalausfall des gesamten Bremssystems bewirken, sofern noch ein schlafender Fehler, z.B. bei einer Fehlfunktion eines weiteren Ventils, hinzukommt. Unter „schlafender Fehler“ wird ein Einzelfehler verstanden, der sich bei der Bremsung nicht auswirkt, der sich aber in Kombination mit einem anderen Fehler bei der Bremsung wohl auswirken kann. Die Erfindung sieht daher zwei redundante Bypassventile BP1 und BP2 vor, um die Verbindung von der ersten Druckversorgungseinrichtung DV1 hin zum zweiten Bremskreis BK2 zu ermöglichen. Schlafende Fehler der By-

passventile BP1 und BP2 werden mittels Druckgeber bzw. Drucksensoren DG erkannt, indem während einer Druckänderung durch die Druckversorgungseinrichtung DV1 die Bypassventile BP1 und BP2 abwechselnd nacheinander über eine kurze Zeitdauer geschlossen werden. Während der Schließphase von Bypassventil BP1 oder Bypassventil BP2 muss der Druck in Bremskreis BK2 konstant bleiben. Bei Ausfall der ersten Druckversorgungseinrichtung DV1, z.B. bei Ausfall des Gleichstrommotors Ma, wird eine Rückwirkung auf Bremskreis BK2 über die zwei redundanten Bypassventile BP1, BP2 und das Schaltventil PD1 verhindert. Die Bypassventile BP1 und BP2 sind vorzugsweise stromlos offene Ventile, damit bei Ausfall der Druckversorgungseinrichtungen DV1 und DV2 der Hauptbremszylinder SHZ über das offene Schaltventil FV auf beide Bremskreise BK1 und BK2 wirken kann. Soll der Druck in den Radzylindern RZ1, RZ2, RZ3 und RZ4 reduziert werden so kann dies durch das Öffnen der Schaltventile ZAV oder FV erfolgen. Dabei können die beiden Bypassventile BP1 und BP2 ohne eigene elektrische Ansteuerung, durch den wirkenden Differenzdruck über diese Bypassventile BP1 und BP2 selbstständig öffnen, wodurch im Fehlerfall, z.B. bei Ausfall der Ansteuerlektronik der beiden Bypassventile BP1 und BP2, sichergestellt ist, dass ein Druckabbau möglich ist und z.B. ein Blockieren der Räder sicher verhindert wird.

Entsprechend wirkt die Druckversorgungseinrichtung DV2 in dem zweiten Bremskreis BK2 über die Hydraulikleitungen 2 und 5 und über die Schaltventile SV zu den Radzylindern RZ3 und RZ4, und über die Bypassventile BP2 und BP1 in die Hydraulikleitung 4 und von dort über die Schaltventile SV zu den Radzylindern RZ1 und RZ2. Ein Ausfall des Bremskreises BK1, z.B. durch Undichtigkeit einer Dichtung in einem der Radzylinder RZ1, RZ2, kann durch Diagnose mittels eines der Schaltventile SV in Bremskreis BK1 erkannt werden, wobei dann die Bypassventile BP1 und BP2 geschlossen werden, womit ein Ausfall der Druckversorgungseinrichtung DV2 verhindert wird und mittels der Druckversorgungseinrichtung DV2 im Bremskreis BK2 eine Druckregelung bzw. -steuerung weiterhin möglich ist. Ein Ausfall des Bremskreises BK2, z.B. durch Undichtigkeit einer Dichtung in einem Radzylinder RZ3 oder RZ4, kann durch Diagnose mittels eines der Schaltventile SV in Bremskreis BK2 erkannt werden, wobei dann ebenfalls die Bypassventile BP1 und BP2 geschlossen

werden, womit ein Ausfall der Druckversorgungseinrichtung DV1 verhindert wird und mittels der Druckversorgungseinrichtung DV1 im Bremskreis BK1 eine Druckregelung bzw. -steuerung weiterhin möglich ist. Hierbei sind Undichtigkeiten aller Ventile, z.B. SV, BP1 und BP2, sicherheitskritisch als schlafende Fehler zu betrachten. So enthält das die Ventile durchströmende Hydraulikmedium Schmutzpartikel, welche ein Schließen des jeweiligen Ventils verhindern können und die Ventile somit undicht werden. Im vorliegenden Fall kann z.B. bei Ausfall einer Dichtung eines Radzylinders RZ1 oder RZ2 und durch den schlafenden Fehler des zugehörigen Schaltventils SV zwar der Bremskreis BK1 ausfallen, der Bremskreis BK2 ist jedoch durch die Zwischenschaltung der beiden Bypassventile BP1 und BP2 abgesichert. In ähnlicher Weise kann z.B. bei Ausfall einer Dichtung eines Radzylinders RZ3 oder RZ4 und durch den schlafenden Fehler des zugehörigen Schaltventils SV zwar der Bremskreis BK2 ausfallen, der Bremskreis BK1 ist jedoch wiederum durch die Zwischenschaltung der beiden Bypassventile BP1 und BP2 abgesichert. Es müsste hier ein Dreifachfehler vorliegen, d.h. beide Bypassventile BP1 und BP2 müssten zusätzlich ausfallen, damit ein Totalausfall beider Bremskreise BK1 und BK2 vorliegt. Jeder der beiden Bremskreise BK1 und BK2 ist somit sicher gegen Doppelfehler geschützt und verhindert einen Totalausfall der Bremse. Sicherheit gegen Doppelfehler, wenn schlafende Fehler auftreten können, ist ein entscheidendes Sicherheitsmerkmal für hochautomatisiertes Fahren HAD und vollautomatisiertes Fahren FAD. Auch die Aufrechterhaltung der Druckversorgung oder des Bremskraftverstärkers bei Bremskreisausfall zählt dazu.

Die Druckversorgungseinrichtung DV2 kann dabei bei schnellem Druckaufbau oder Druckaufbau über z.B. 120 bar die andere Druckversorgungseinrichtung DV1 unterstützen und/oder die Druckversorgung bei Fading durch kontinuierliche Förderung und/oder für die ABS-Funktion vornehmen und/oder bei Ausfall der anderen Druckversorgungseinrichtung DV1 dessen Funktion mit übernehmen.

Ebenso ist es möglich, dass die Druckversorgungseinrichtung DV1 den Druckaufbau für Druckbereiche kleiner gleich 120 bar und für die ABS-Funktion alleine übernimmt. Der Druckabbau in einem Bremskreis erfolgt dabei durch

Umkehr der Drehrichtung der Rotationspumpe Pa. Bei Ausfall der Druckversorgungseinrichtung DV2 steht, sofern die Druckversorgungseinrichtung DV1 nur auf einen maximalen Druck von z.B. 120 bar ausgelegt ist, nur dieser maximale Druck von z.B. 120 bar für beide Bremskreise BK1 und BK2 zur Verfügung.

Sofern ein Bypassventil oder beide Bypassventile BP1, BP2 geschlossen ist bzw. sind, können die beiden Druckversorgungseinrichtungen DV1 und DV2 in den ihnen zugeordneten Bremskreisen BK1 und BK2 den Druck unabhängig voneinander einregeln bzw. -stellen.

10 Die Pedalbewegung wird über redundante Pedalwegsensoren (PS) gemessen, die zugleich auf ein Kraft-Weg-Messelement KWS, wie es beispielhaft in WO2012/059175 A1 beschrieben ist, wirken. Mit den Signalen der Pedalwegsensoren wird die Druckversorgungseinrichtung DV1 angesteuert, wobei die Kolbensteuerung den Volumenfluss in der Hydraulikleitung 1 in dem Brems-

15 kreis BK1 und über die redundanten Bypassventile BP1 und BP2 in den Bremskreis BK2 bewirkt. Die Druckversorgungseinrichtung DV1 kann so ausgelegt sein, dass sie nur bis zum Blockierdruck von z. B. 120 bar wirkt. Für höhere Drücke liefert dann die Druckversorgungseinrichtung DV2 Volumen in den Bremskreis BK2 und über die Bypassventile BP1 und BP2, und bei geschloss-

20 nem Schaltventil PD1, in den Bremskreis BK1. Dabei kann die Druckversorgungseinrichtung DV2 eine kontinuierlich fördernde Pumpe sein. Ist das Bremssystem schlecht entlüftet oder entsteht Dampfblasenentwicklung mit mehr Volumenbedarf, so wird dies über die bekannte Druckvolumenkennlinie (P-V-Kennlinie) der Bremse erfasst, was zur Folge hat, dass schon bei kleineren

25 Drücken die Druckversorgungseinrichtung DV2 einsetzt. Zur Pedalbetätigung ist noch zu ergänzen, dass diese den Kolben Ko bewegt, welcher über den pedalkraftproportionalen Druck auf den bekannten Wegsimulator WS wirkt und damit die Pedalcharakteristik bestimmt.

Der Wegsimulator WS mit Kolben Ko und bekanntem Aufbau mit Dichtung 7

30 und Außenbeschaltung mit Rückschlagventil RV und Drossel Dr4 zur Dämpfung der Pedalbewegung wird hier zur Fehlersicherheit ergänzt mit einer redundanten Dichtung D6 und Drossel Dr2. Ein Ausfall von D6 bewirkt durch die Drossel

ähnlich wie beim SHZ mit Dr1 keinen Ausfall des Wegsimulator WS und kann mit dem Single-Hauptbremszylinder SHZ diagnostiziert werden.

Der Wegsimulator WS kann üblicherweise über ein Ventil WA abgeschaltet werden, insbesondere in der Rückfallebene bei ausgefallenen Druckversorgungseinrichtungen DV1 und DV2. Bei redundanten Druckversorgungseinrichtungen ist dies aufgrund der sehr geringen Ausfallwahrscheinlichkeit nicht mehr relevant.

Über die Leitung 3 kann der Hauptbremszylinder SHZ mit den Bremskreisen BK1 oder BK2 verbunden sein, wobei in der Hydraulikleitung 3 das Schaltventil FV zum Verschließen derselben angeordnet ist. Diese Verbindung ist nur in der Rückfallebene, d.h. wenn mittels der beiden Druckversorgungseinrichtungen DV1 und DV2 eine Drucksteuerung bzw. -regelung nicht mehr möglich ist, wirksam. Sofern die Hydraulikleitung 3 mit der Verbindungsleitung VLa der beiden Bypassventile BP1 und BP2 verbunden ist, bilden die beiden Bypassventile BP1 und BP2 eine weitere Redundanz. Eine übliche Verbindung vom Schaltventil FV direkt in einen der beiden Bremskreise BK1, BK2 hätte bei undichtem Schaltventil FV zur Folge, dass der Bremskreis und damit die Druckversorgung auf den Hauptbremszylinderkolben Ko wirkt, was herkömmlich zum Abschalten der Druckversorgungseinrichtung geführt hätte, da die Pedalrückwirkung den Fahrer irritiert.

Auf das Ventil FV wirken verschiedene Drücke bzw. Druckniveaus vom Hauptbremszylinder SHZ und von den Bremskreisen BK1 und BK2. Dies kann im schlimmsten Fall dazu führen, z.B. bei Ausfall des Bordnetzes oder der Steuer- und Regeleinheit ECU, dass eine ungünstige Druckdifferenz am geschlossenen Schaltventil FV herrscht und das Schaltventil FV nicht öffnen kann, so dass ein Druckabbau P_{ab} nicht möglich ist. Um dies zu verhindern kann dem Schaltventil FV ein weiteres Schaltventil FVr parallelgeschaltet werden, wobei die Aus- und Eingänge der Schaltventile FV und FVr vertauscht an die Hydraulikleitung 3 angeschlossen sind. So ist für beliebige Druckdifferenzen sichergestellt, dass zumindest eines der beiden Schaltventile FV, FVr durch den Differenzdruck automatisch, d.h. auch ohne Bestromung, öffnet. Zudem wird der Staudruck an den Schaltventilen FV und FVr hierdurch vorteilhaft verringert. Dieser zu-

sätzliche Aufwand kann auch durch eine stärkere Ventilrückstellfeder verhindert werden.

Bei Ausfall eines Radzylinders wird herkömmlich das entsprechende Einlassventil, welches erfindungsgemäß durch das Schaltventil SV gebildet ist, geschlossen, womit der ausgefallene Radzylinder eliminiert wird. Ein undichtes
5 Schaltventil SV (schlafender Fehler) bewirkt den Ausfall des zugehörigen Bremskreises oder den Ausfall beider Druckversorgungseinrichtungen DV1 und DV2. Durch die erfindungsgemäßen Bypassventile BP2 und BP1 ist hier eine zusätzliche Sicherheit gegeben, so dass bei diesem Fehler nicht beide Druck-
10 versorgungseinrichtungen DV1 und DV2 gleichzeitig ausfallen. Ein Ausfall des Bremskreises BK1 aufgrund eines nicht funktionierenden Schaltventils SV in Bremskreis BK1 bedeutet einen Ausfall der Druckversorgungseinrichtung DV1, wobei die Druckversorgung aller noch funktionstüchtigen Radzylinder RZ3 und RZ4 in Bremskreis BK2 über die andere Druckversorgungseinrichtung DV2 er-
15 folgt.

Ein weiterer Ausfall kann durch einen Fehler des Rückschlagventils RV1 im zweiten Bremskreis BK2 entstehen. Der Ausfall der Druckversorgungseinrichtung DV2 kann hier durch ein redundantes Rückschlagventil RV2 verhindert werden. Eine Drossel Dr nach dem Rückschlagventil RV2 mit kleinem Durch-
20 flussquerschnitt ermöglicht die Diagnose des Rückschlagventils RV2 z. B. über den entsprechenden Druckabfall.

Für die ABS-Regelung oder zur Druckreduzierung mit der zweiten Druckversorgungseinrichtung DV2 ist ein zentrales Auslassventil ZAV notwendig. Der Volumenfluss geht dabei zusätzlich über die Bypassventile BP1 oder BP2, so
25 dass ein undichtes zentrales Auslassventil ZAV nicht kritisch für den Normalbetrieb ist, da bei Undichtigkeit des zentralen Auslassventils ZAV die Drucksteuerung in Bremskreis BK1 über die Druckversorgungseinrichtung DV1 und die Drucksteuerung in BK2 über die Druckversorgungseinrichtung DV2 für den Druckaufbau erfolgt. Außerdem wird der Fehler, auch schlafend, vom zentralen
30 Auslassventil ZAV gleich durch Druckänderung oder erhöhte Volumenförderung der Druckversorgungseinrichtung DV1 erkannt. Bei normaler Bremsung bis ca. 120 bar wirkt die Druckversorgungseinrichtung DV1 über die geöffnete

ten Bypassventile BP1 und BP2 in beide Bremskreise BK1 und BK2. Für extreme Sicherheitsanforderungen kann auch ein redundantes Auslassventil ZAVr in der Hydraulikleitung 6 vom zentralen Auslassventil ZAV zum Vorratsbehälter VB eingebaut werden.

5 Ausfallursachen im Hauptbremszylinder SHZ und Wegsimulator WS sind normalerweise die Dichtungen. Beim Hauptbremszylinder SHZ kann eine zusätzliche Dichtung D3 eingesetzt werden. Diese Dichtung D3 wirkt als passive Redundanz und kann neben der Dichtung D2 nur im Service mit entsprechender Pedalstellung getestet werden. In der Rücklaufleitung zum Vorratsbehälter VB
10 ist ein Rückschlagventil RV mit paralleler Drossel Dr1 eingeschaltet. Das Rückschlagventil RV ist zum Entlüften oder Volumennachfluss notwendig. Die Drossel Dr1 ist als Redundanz der Dichtungen D2 und D3 wirksam. Die Dimensionierung kann so gewählt werden, dass der Durchfluss klein ist, damit bei Undichtigkeit der Dichtungen D2 und D3 die Pedalbewegungsänderung so klein
15 ist, dass diese bei einer langen Bremszeit mit höherem Druck nicht auffällt und bei einer extrem langen Bremszeit durch Nachfördern von Volumen aus der Druckversorgungseinrichtung DV1 ausgeglichen wird. Diese Kombination von Rückschlagventil RV und Drossel Dr1 wird auch zur Diagnose benötigt. Hier wird von der Druckversorgungseinrichtung DV1 Druck in den SHZ und WS ge-
20 leitet. Die Undichtigkeit der Dichtungen D2 und D3 wird erkannt, wenn der Leckfluss aus dem Hauptbremszylinder SHZ größer ist, als der Leckfluss über die Drossel Dr1. Im einfachsten Fall kann z.B. mit dem niedrigeren Druck bei Parkstop getestet werden, es kann aber auch in einem weiteren Diagnosezyklus bei höherem Druck geprüft werden. In die Dichtigkeitsprüfung ist auch der
25 Wegsimulator WS und die Dichtung D1 einbezogen. Diese Kombination von Rückschlagventil RV und Drossel Dr1 ersetzt voll eine aufwendige Kombination aus Magnetventil und Rückschlagventil RV, wie sie aus DE102013204778 bekannt ist.

Hinzu kommt noch, dass eine Steuerung der Bremskraftverstärkung auch bei
30 diesen ausgefallenen Dichtungen D2 und D3 noch möglich ist, allerdings mit veränderter Pedalcharakteristik. Auch hier gilt eine extrem kleine Ausfallrate für den Ausfall von zwei Dichtungen, welche fast im Bereich $<10^{-12}$ /Jahr, d.h. 1 Ausfall bei 1 Billion Fahrzeugen im Jahr liegt.

Am Ausgang der Druckversorgungseinrichtung DV1 wird ein Schaltventil PD1 eingesetzt, welches den Bremskreis BK1 bei Ausfall der Druckversorgungseinrichtung DV1 schützt. Optional kann mit dem Anschluss des Schaltventils PD1, oder versetzt, ein Saugventil SaV eingesetzt werden. Wenn das Saugventil

5 SaV direkt oder versetzt mit dem Anschluss an PD1 verbunden ist, dann setzt das Ansaugen unmittelbar beim Rückhub des Kolbens ein, was den Vorteil hat, dass auch bei tiefen Temperaturen eine hohe Saugleistung gegeben ist. Eine Undichtigkeit des Saugventils SaV bewirkt im Grenzfall den Ausfall der Druckversorgungseinrichtung DV1. Ein Kompromiss liegt in dem Anschluss des

10 Saugventils SaV bei ca. 60 % des Hubes des Kolbens der Druckversorgungseinrichtung DV1 an den Zylinder der Druckversorgungseinrichtung DV1 gepaart mit den Dichtungen D6 und D7. Damit ist im verbleibenden 40% des Hubes eine Förderleistung der Druckversorgungseinrichtung DV1 möglich, bei der sich ein undichtes Saugventil SaV nicht auswirkt. Zugleich ist in den ver-

15 bleibenden 40% des Hubes eine Saugwirkung im normalen Temperaturbereich möglich. Mit einer kleinen Einschränkung ist somit durch Redundanz der Dichtungen D6 und D7 die Volumenförderung des Kolbens K_o der Druckversorgungseinrichtung DV1 gesichert.

Weiterhin kann der Motor der Druckversorgungseinrichtung DV1 über eine re-

20 dundante 2x3-Phasen-Wicklung angesteuert werden, so dass die Druckversorgungseinrichtung DV1 nur durch ein Blockieren des Spindelantriebs Sp ausfallen kann.

Es kann zusätzlich mit dem Druckgeber DG der Druck in den Radzylindern RZ1, RZ2, RZ3 und RZ4 gemessen werden. Weiterhin kann die Geschwindigkeit des Druckaufbaus, die P_{auf} -Rate dP_{auf}/dt über die Druckversorgungsein-

25 richtung DV1 gesteuert werden, womit die Regelgüte verbessert wird. Auch beim Betrieb der Druckversorgungseinrichtung DV2 kann zusätzlich mit dem Druckgeber DG der Druck in den Radzylindern RZ1, RZ2, RZ3 und RZ4 gemessen werden. Weiterhin kann die Geschwindigkeit des Druckaufbaus in den

30 Radzylindern RZ1 – RZ4, die P_{auf} -Rate dP_{auf}/dt , über die Druckversorgungseinrichtung DV2 durch Pulsweiten-Ansteuerung (PWM-Ansteuerung) des Motors der Druckversorgungseinrichtung DV2 gesteuert werden, was weitere Vorteile für die Regelgüte bringt. Ebenso kann der Druckaufbau P_{auf} und die Geschwin-

digkeit des Druckaufbaus dP_{auf}/dt in den Radzylindern RZ3 und RZ4 über die Druckversorgungseinrichtung DV2 mittels Pulsweiten-Ansteuerung des Bypassventils BP2 eingestellt werden, wobei der Druck in den Radzylindern RZ3 und RZ4 mit dem Druckgeber DG gemessen werden kann. Alternativ können
5 der Druckaufbau P_{auf} und der Druckabbau P_{ab} und deren Geschwindigkeiten dP_{auf}/dt und dP_{ab}/dt in den Radzylindern RZ1 – RZ4 über eine Pulsweiten-Ansteuerung des zentralen Auslassventils ZAV eingestellt werden, wobei die Anschlüsse des zentralen Auslassventils ZAV dann sinnvollerweise vertauscht werden, und wobei der Druck in der Hydraulikleitung VL_a mit dem Druckgeber
10 DG gemessen werden kann. Bei heutigen Systemen wird mit aufwändiger Software-Steuerung ein PWM-Verfahren ohne Druckmessung eingesetzt. Zum Druckabbau P_{ab} über ein Schaltventil SV wird eine Drucksenke notwendig, entweder über das Schaltventil ZAV oder über die Steuerung der Druckversorgungseinrichtung DV1, indem der Kolben Ko entsprechend zurückgestellt wird,
15 so dass in jedem Fall Drücke in den Radzylindern RZ1, RZ2, RZ3 und RZ4 von Null bar erreicht werden können. Weitere Details werden in den Fig. 4 und 5 beschrieben.

Die Ventilanordnung mit SV, BP1, BP2 und ZAV bietet neue Möglichkeiten für die ABS-Regelung insbesondere bei Druckabbau P_{ab} . Als Alternative zur konventionellen Druckabbauregelung, P_{ab} -Regelung, über Auslassventil AV und
20 Einlassventil EV wurde die Multiplex-Regelung, MUX-Regelung, mit 4- und 2-Kanal vorgeschlagen, was den Ventilaufwand reduziert aber nachteilig ist, weil keine Radzylinder-individuelle Druckabbau-Regelung möglich ist. Die nicht individuelle Druckabbau-Regelung, auch bei Zwei-Kanal MUX-Regelung, beeinflusst die Güte der ABS-Regelung. Beim neuen erfindungsgemäßen Ventilkonzept kann vorteilhaft jederzeit eine Radzylinder-individuelle Druckabbau-Regelung mit den Schaltventilen SV und ZAV erfolgen, was vorteilhaft eine
25 höhere Druckabbaugeschwindigkeit dP_{ab}/dt bei der Einzelradregelung (Individualregelung) und des Pulsweiten-Betriebs des Schaltventils SV zur variablen Steuerung der Druckabbaugeschwindigkeit dP_{ab}/dt ermöglicht. Durch diese
30 variable Steuerung der Druckabbaugeschwindigkeit dP_{ab}/dt können die Öffnungsquerschnitte der Schaltventile SV größer gewählt werden, wodurch die Durchflussraten durch die Schaltventile SV bei niedrigen Drücken in den

Radzylindern verglichen mit konventionellen Auslassventilen AV erhöht wird. Dadurch erhöht sich die Regelgüte des Antiblockiersystems ABS auf Fahrbahnoberflächen mit niedrigem Reibbeiwert μ , z.B. bei schneebedeckten oder vereisten Fahrbahnen. Zusätzlich kann der Druck beim Druckabbau P_{ab} indirekt gemessen werden. Beim Druckaufbau P_{auf} kann der Radzylinder-individuelle Druckaufbau P_{auf} pro Radzylinder nur zeitversetzt erfolgen, was aber nicht nachteilig ist. Hier ist eine direkte Druckmessung mit dem Druckgeber DG möglich, s. Fig. 5a.

Als Alternative kann jederzeit eine Radzylinder-individuelle Druckabbau-Regelung mit den Schaltventilen SV und der Druckversorgungseinrichtung DV1 zum Druckabbau P_{ab} in einem Radzylinder über die Steuerung der Druckversorgungseinrichtung DV1 stattfinden. Auch hier gibt es den zusätzlichen Vorteil der höheren Druckabbaugeschwindigkeit dP_{ab}/dt bei Einzelradregelung (Individualregelung) und des PWM-Betriebs des Schaltventils SV zur variablen Steuerung der Druckabbaugeschwindigkeit dP_{ab}/dt . Durch die PWM-Steuerung der Schaltventile SV werden auch die Volumenströme durch die Ventile SV gesteuert und berechnet. Bei einem Druckabbau P_{ab} in einem Radzylinder wird der Kolben der Druckversorgungseinrichtung DV1 durch Steuerung des DV1-Motors zurückgezogen, einerseits um den Druck in der Druckversorgungseinrichtung DV1 auf einen kleinen Wert, z.B. Null bar, zu halten und andererseits um den vom Radzylinder abgegebenen Volumenstrom aufzunehmen. Die Kolbengeschwindigkeit der Druckversorgungseinrichtung DV1 folgt dabei dem berechneten Volumenstrom aus dem Radzylinder. Volumen fließt dann z.B. aus dem Radzylinder RZ1 durch das zugehörige Ventil SV durch die Hydraulikleitungen 4 und 1 und über das Schaltventil PD1 in die Druckversorgungseinrichtung DV1. Ebenso kann für den Druckabbau P_{ab} Volumen z.B. aus dem Radzylinder RZ3 durch das zugehörige Ventil SV, durch die Hydraulikleitung 5, das Bypassventil BP2, die Hydraulikleitung VL_a, das Bypassventil BP1, die Hydraulikleitung 1 und über das Schaltventil PD1 in die Druckversorgungseinrichtung DV1 fließen. Ist die Kolbengeschwindigkeit der Druckversorgungseinrichtung DV1 zu gering, so baut sich ein Druck in der Druckversorgungseinrichtung DV1 auf, der mit dem Druckgeber DG bzw. DG2 gemessen werden kann. In dem Fall wird die Kolbengeschwindigkeit der Druckversorgungseinrichtung DV1 er-

höht. Ist die Kolbengeschwindigkeit der Druckversorgungseinrichtung DV1 zu hoch, so wird über das Saugventil der Druckversorgungseinrichtung DV1 Volumen aus dem Vorratsbehälter VB angesaugt, und der Druck in der Druckversorgungseinrichtung DV1 bleibt klein, z.B. Null bar, was den Druckabbau P_{ab} in dem Radzylinder nicht stört. Kann der Kolben der Druckversorgungseinrichtung DV1 nicht zurückgezogen werden, weil der Kolben bereits bis zur Anfangsposition zurückgezogen ist, so erfolgt der Druckabbau P_{ab} im Radzylinder über das Schnüffelloch der Druckversorgungseinrichtung DV1 direkt zum Vorratsbehälter VB. Der Druck in der Druckversorgungseinrichtung DV1 bleibt dabei klein, z.B. Null bar. Erfolgt ein gleichzeitiger Druckabbau P_{ab} an zwei oder mehr Radzylindern, dann folgt die Kolbengeschwindigkeit der Druckversorgungseinrichtung DV1 der Summe der berechneten Volumenströme aus den Radzylindern.

Wird die ABS-Funktion mittels der zweiten Druckversorgungseinrichtung DV2 realisiert, so ist sie leicht eingeschränkt, insbesondere ist kein Druckaufbau P_{auf} in einem Radzylinder während eines Druckabbaus P_{ab} in einem anderen Radzylinder möglich bzw. vorgesehen. Eine voll Radzylinder-individuelle ABS-Regelung ist trotzdem möglich. Zu berücksichtigen ist der seltene Einsatz der Druckversorgungseinrichtung DV2 bei Drücken größer 120 bar und bei Ausfall der ersten Druckversorgungseinrichtung DV1.

Zu berücksichtigen ist dabei die Ventildimensionierung und der Staudruck am Ventil, insbesondere bei den Bypassventilen BP1, BP2 und dem Schaltventil ZAV bei schnellem Druckaufbau P_{auf} und schnellem Druckabbau P_{ab} in den Radzylindern RZ1, RZ2, RZ3 und RZ4. Der Staudruck der Bypassventile BP1 und BP2 wirkt als Druckdifferenz zwischen den Bremskreisen BK1 und BK2. Dieser kann erheblich reduziert werden, wenn zum schnellen Druckauf- und -Abbau beide Druckversorgungseinrichtungen DV1 und DV2 eingeschaltet werden. Hier bietet sich auch eine einkreisige Zahnradpumpe anstelle einer Kolbenpumpe an. Hierbei kann der Druckabbau P_{ab} und Druckaufbau P_{auf} auch über die Zahnradpumpe erfolgen. Hierzu ist anstelle der Rückschlagventile RV, RV1 und RV2 ein nicht gezeichnetes Magnetventil MV in der Hydraulikleitung 2 notwendig.

Bei einer intakten Bremsanlage sind die Bremsdrücke in den Radzylindern bei ABS-Betrieb bei den meisten hydraulischen Bremssystemen kleiner als 120bar. Treten Änderungen an der Bremsanlage auf, können bei ABS-Betrieb größere Bremsdrücke von z.B. bis zu 160bar erforderlich sein, z.B. durch Fading der Radbremsen. Diese höheren Drücke können dabei auch in den Bremskreisen BK1 und BK2 und in der hydraulischen Leitung VL_a auftreten. Es ist deshalb erforderlich, das zentrale Auslassventil ZAV für diese höheren Bremsdrücke von z.B. 160bar auszulegen.

Bei Betrieb der Antriebsschlupfregelung, ASR, können jedoch, vor allem an der Hinterachse von heckgetriebenen Fahrzeugen, noch höhere Drücke von z.B. 200bar in den Radzylindern auftreten. Diese höheren Drücke können dabei auch in den Bremskreisen BK1 und BK2 und in den hydraulischen Leitungen 5, 4, 2, VL und VL_a auftreten. Um zu vermeiden, dass das zentrale Auslassventil auch für diese noch höheren Drücke von 200bar ausgelegt werden muss, wird als Alternative zu dem zentralen Auslassventil ZAV bei ASR-Betrieb das Ventil FV zum Druckabbau in den Radzylindern verwendet. Dies ist möglich, da bei ASR-Betrieb das Bremspedal P nicht betätigt ist, und der Kolben Ko des Single Hauptzylinders SHZ sich in Ausgangslage befindet, so dass der Druck in Druckraum 110 des Single Hauptzylinders SHZ null bar ist. Muss bei ASR-Betrieb der Bremsdruck in z.B. Radzylinder RZ3 von z.B. 200bar auf 180bar reduziert werden, so wird das Ventil SV von Radzylinder 3 und das Ventil FV geöffnet, und Bremsflüssigkeit von Radzylinder RZ3 fließt dann durch Bremskreis BK2, Hydraulikleitungen 5, 2, VL, VL_a, Ventil FV, Hydraulikleitung 3, Druckraum 110 des Single Hauptzylinders SHZ und einerseits durch Drossel Dr1 zum Vorratsbehälter VB und andererseits durch Drossel Dr4 in die Druckkammer WSD des Wegsimulators WS. Es ist deshalb erforderlich, das Ventil FV für diese noch höheren Bremsdrücke von z.B. 200bar auszulegen. Dies hat den Vorteil, dass das zentrale Auslassventil ZAV mit dem maximalen Arbeitsdruck von 160bar kleiner ausgelegt werden kann, als wenn der maximale Arbeitsdruck 200bar wäre, so dass ein kostengünstigeres Ventil ZAV verwendet werden kann. Ist der Arbeitsdruck bei ASR-Betrieb unterhalb des ABS-Arbeitsdrucks gesunken, so kann wieder das zentrale Auslassventil ZAV für den Druckabbau in den Radzylindern RZ1, ..., RZ4 verwendet werden. Ein wei-

terer Vorteil ist, dass auch das Ventil PD1 nur für den kleineren maximalen ABS-Arbeitsdruck von z.B. 160bar statt für den höheren ASR-Arbeitsdruck von z.B. 200bar ausgelegt werden muss, wodurch das Ventil PD1 kostengünstiger ausfällt. Wenn im Fehlerfall das zentrale Auslassventil ZAV nicht geöffnet werden kann, dann ist der Druckabbau in einem Radzylinder doch möglich indem
5 das Ventil PD1 geöffnet wird und der Druckabbau, wie bereits beschrieben, über die Druckversorgungseinrichtung DV1 als Drucksenke und eventuelle PWM-Steuerung des Ventils SV stattfindet. Da die Druckversorgungseinrichtung DV1 für den maximalen Arbeitsdruck einer intakten Bremsanlage von z.B.
10 120bar ausgelegt ist, muss das Ventil PD1 nur gegen den Differenzdruck von 160bar-120bar=40bar statt gegen einen Differenzdruck von 200bar-120bar=80bar öffnen können.

Die Steuer- und Regeleinrichtung ECU ist Bestandteil des gesamten Systems und des Packagings. Für eine fehlersichere Funktion sollte optional eine redundante oder teilredundante ECU verwendet werden. Diese teilredundante ECU
15 kann für bestimmte Funktionen auch zusätzlich zur redundanten ECU verwendet werden. Es ist von Vorteil, wenn die Ventile redundant über getrennte Ventiltreiber und Trennschalter angetrieben sind, wobei über einen Trennschalter ein ausgefallener Ventiltreiber abgeschaltet werden kann.

Zur Erzielung einer Redundanz der Steuer- und Regeleinrichtung ECU kann vorteilhaft auch ein redundantes Bordnetzanschluss verwendet werden. Auch kann ein Anschluss mit 48V für den Anschluss der Motoren verwendet werden. Durch eine Versorgungsspannung von 48V kann vorteilhaft eine höhere Dynamik erzielt werden. Bei Ausfall des Motors der Druckversorgungseinrichtung
20 DV1 bei 48V ist ein Notbetrieb mit 12V mit ca. 50% Leistung weiterhin gegeben, wobei jedoch nur noch eine reduzierte Dynamik verbleibt. In jedem Fall kann durch diese Maßnahme eine deutliche Kostenersparnis erzielt werden. Hierzu ist eine Auslegung des Motors auf z.B. 24V notwendig.

Vorzugsweise wird im zweiten Bremskreis BK2 ein Druckgeber DG, ggf. auch
30 in BK1 (wie gestrichelt eingezeichnet) eingesetzt. Bei Ausfall des Druckgebers DG kann eine Druckregelung über die Strommessung der Motoren und Winkel-

steuerung der Rotoren, insbesondere in Form von Zahnrädern, über die Druck-Volumen-Kennlinie (PV-Kennlinie) erfolgen.

Fig. 1a zeigt eine Erweiterung des Wegsimulators WS, mit einer weiteren Dichtung D7r und einer weiteren Drossel Dr3. Dabei können die Dichtungen D6
5 und D7 Manschettendichtungen sein. Mittels dieser Anordnung können alle drei Dichtungen D6, D7, D7r während einer Bremsung auf Undichtigkeit überwacht werden. Wenn z.B. die Dichtung D7r undicht ist, fließt bei vorhandenem Druck in der Druckkammer WSD des Wegsimulators WS Bremsflüssigkeit von der Druckkammer WSD des Simulators WS durch die Drossel Dr3, an der
10 Dichtung D7r vorbei, durch die Drossel Dr2 zur drucklosen Kammer WSF des Simulators. Dieser Bremsflüssigkeitsfluss bewirkt, z.B. bei konstanter Pedalkraft, ein langsames Vorwandern des Bremspedals P, welches über die Pedalkraftmessung mit dem Kraft-Weg-Messelement KWS und die Pedalwegmessung mit den Pedalwegsensoren PS entdeckt werden kann.

15 Das in Figur 1b dargestellte erfindungsgemäße Bremssystem gleicht dem Bremssystem gemäß Figur 1 bis auf Ersatz des PD1-Schaltventils durch ein kostengünstigeres Rückschlagventil RV und gleichzeitigem Verzicht auf die Schaltmöglichkeiten des Schaltventils PD1. Weiterhin kann die Diagnose des Rückschlagventils RV1 durch Einführung einer zusätzlichen Drossel Dr6 ermöglicht
20 werden.

Die Ventile ZAV und oder FV können zur Erhöhung der Redundanz und Sicherheit zwei unabhängige Spulen mit Spulenanschlüssen aufweisen, so dass bei Ausfall einer Spule das jeweilige Ventil noch mittels der anderen separat angesteuerten Spule schaltbar ist.

25 Das in Figur 2 dargestellte Bremssystem entspricht dem in der Figur 1 gezeigten Bremssystem mit der Erweiterung vom Single-Hauptbremszylinder SHZ zum Tandem-Hauptbremszylinder THZ mit dem Schwimmkreiskolben SK. Hierzu ist ein zweites Schaltventil FV2 für den Bremskreis BK2 notwendig. Die in Fig. 1 beschriebene Lösung zur Steigerung der Ausfallsicherheit durch das
30 Rückschlagventil RV und die Drossel Dr1 und der Redundanz zur Dichtung D2 kann hier neben dem ersten Kolben Ko auch für den Schwimmkreiskolben eingesetzt werden. Damit ist die primäre Dichtung D21 des Schwimmkreiskol-

bens SK ebenso fehlersicher. Bei der sekundären Dichtung D5 gilt dies ebenso, da eine Undichtigkeit der Dichtung D5 keinen Ausfall vom Bremskreis BK1 zur Folge hat. Die Kombination von Rückschlagventil RV und Drossel Dr1 kann aber nur wirken, wenn die Primärdichtung D21 ausfällt. Ebenso kann die Kombination von Rückschlagventil RV und Drossel Dr1 aber nur wirken, wenn die Sekundärdichtung D5 ausfällt. Diese Kombination von Rückschlagventil RV und Drossel Dr1 wird deshalb in der Diagnose auf Fehler geprüft.

Von großer Bedeutung ist zudem die Leckflusserkennung. Die sogenannte aktive Leckflusserkennung kann z.B. über die zuvor erwähnte Methode von Rückschlagventil RV und Drossel Dr1 des Schwimmkreiskolbens SK erfolgen. Zusätzliche Diagnoseschritte sind darüber hinaus möglich. So kann auch eine Leckflusserkennung (passiv) durch Überprüfung des Flüssigkeitsniveaus im Vorratsbehälter VB über einen stetig messenden Niveausensor NS mit Sensorelement SE erfolgen, wobei letzteres vorzugsweise auf der Platine PCB der angebauten Steuereinrichtung ECU untergebracht ist und damit sehr kostengünstig ist.

Die Figur 3 zeigt eine weitere mögliche Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Bremssystems mit nur einer Druckversorgungseinrichtung DV1. Die Funktionen der Ventilschaltung und auch ABS sowie weiterer Zusatzfunktionen sind analog zum Bremssystem gemäß Figur 1 ebenso möglich. Gleiches betrifft die Fehlersicherheit. Zusätzlich kann die Motoransteuerung wie bekannt über 2 x 3 Phasen erfolgen. Diese Anwendung kann niedrigeren Anforderungen von Level 3 genügen. Motor und Antrieb der Druckversorgungseinrichtung DV1 müssen für höhere Drücke als 120 bar ausgelegt werden. Zur Vermeidung der Auswirkung von Doppelfehlern wie Undichtigkeit von Bremskreis BK1 und Schaltventilen SV in Bremskreis BK1 kann hier noch ein Trennventil TV in Bremskreis BK1 eingesetzt werden. Diese Anwendung ist vorwiegend für kleinere Fahrzeuge geeignet. Die Hydraulikleitungen 4, 5 der beiden Bremskreise BK1 und BK2 können mit unterschiedlichen Ventilschaltungen, z.B. entsprechend Figur 1 mit Multiplexbetrieb oder individueller konventioneller Radregelung mit je ein Schaltventil SV pro Radbremse mit den Druckversorgungseinrichtungen DV1 und DV2 und Radzylinder RZ1-RZ4 verbunden werden.

Die Figuren 4 bis 6 zeigen Grundsätzliches zur neuen erfindungsgemäßen Regelungstechnik mit den beiden Bypassventilen BP1, BP2 und der Schaltventile ZAV, FV und SV.

Die Figur 4 zeigt den radindividuellen Druckabbau P_{ab} . Zunächst mit dem konventionellen Verlauf Konv. mit Schaltventil SV. Dieser ist im Wesentlichen durch den Öffnungsquerschnitt des Schaltventils SV bestimmt, wobei dieser z.B. durch das Schaltverhalten des Schaltventils SV in hohem Druckbereich und die Totzeit T_z zum Schließen bestimmt wird. Zum Zeitpunkt 100 kommt das Signal zum Schließen bzw. Stopp des Druckabbaus P_{ab} . Anschließend wirkt die Totzeit T_z mit Toleranzen bis das Schaltventils SV geschlossen ist, die einen zusätzlichen Druckabbau ΔP bewirkt. Nach dem schnellen Ventilschließen entsteht eine geräuschverursachende Druckschwingung DS, welche vom Druckabbaugradienten dP_{ab}/dt und der Ventilschließzeit abhängt.

Mit einem stromlos offenen Schaltventil SV und Strömung gegen die Magnet-Ankerschließbewegung kann die Ankerbewegung durch PWM-Ansteuerung des Schaltventils SV deutlich besser gesteuert werden, was zur Folge hat, dass der Ankerhub und damit Ventilöffnungsquerschnitt und Druckabbaugeschwindigkeit dP_{ab}/dt gesteuert werden kann. Damit kann – wie beim Druckabbau $P_{ab,PWM}$ (SV) im oberen Bildteil gezeigt – eine kleinere Druckabbaugeschwindigkeit dP_{ab}/dt mit dem Schaltventil SV erreicht werden. Mit herkömmlichen stromlos geschlossenen AV-Ventilen könnte dies für eine Serienanwendung nicht erreicht werden. Die Hauptregelgröße ist die Radwinkelbeschleunigung, wobei die Druckabbaugeschwindigkeit dP_{ab}/dt dieser folgen sollte. Dies ist nur mit der PWM-Steuerung des Schaltventils SV erfolgreich möglich. Vorteilhaft werden hierdurch größere Druckschwingungen vermieden. Weiterhin kann hiermit die Druckabbaugeschwindigkeit dP_{ab}/dt im Druckabbau P_{ab} verändert werden mit z.B. kleiner Druckabbaugradient dP_{ab}/dt vor dem Ventilschließen.

Die Möglichkeit über eine PWM-Ansteuerung des Ventils SV den Druckgradienten beim Druckabbau dP_{ab}/dt im Radzylinder zu beeinflussen schafft die Möglichkeit, das Ventil SV mit einem größeren Öffnungsquerschnitt zu versehen als beim herkömmlichen stromlos geschlossenen AV-Ventil. Dadurch sind größere Druckgradienten dP_{ab}/dt beim Druckabbau im Radzylinder möglich als

beim herkömmlichen stromlos geschlossenen AV-Ventil, was sich günstig auf die ABS-Regelgüte auswirkt, vor allem auf glatten Fahrbahnen, wie schneebedeckte oder vereiste Fahrbahnen. Dieser Druckverlauf ist mit der Bezeichnung „new“ in Fig. 4 gekennzeichnet.

- 5 Die Figur 4a zeigt die Druckabbaugradienten dP_{ab}/dt , welche eine Funktion von Druckdifferenz Δp über das Schaltventil SV und im Wesentlichen aller Strömungswiderstände in der Leitung zum Vorratsbehälter VB sind, hier im Wesentlichen das Schaltventil SV. Damit sind wie gezeigt verschiedene Druckabbaugradienten P'_{ab1} ($=dP_{ab1}/dt$) bis P'_{ab4} ($=dP_{ab4}/dt$) einregelbar. Im oberen
10 Bildteil ist noch der Zeitverzug Δt beim MUX-Verfahren gezeigt, wenn das 2. Rad nicht sofort Druck abbauen kann.

Die Figur 4b zeigt einen Druckabbau P_{ab} im Radzylinder z.B. RZ3. Im oberen Bildteil ist der Verlauf des Druckabbaus P_{ab} mit Totzeit T_z des Schaltventils SV und das Übergangsverhalten des Druckabbaus P_{ab} mit PWM-Ansteuerung des
15 Schaltventils SV gezeigt. Im unteren Bildteil sind die Schaltsignale der Schaltventile SV und ZAV, sowie der Staudruck ΔP_{ZAV} am Schaltventil ZAV dargestellt. Die Druckdifferenz zwischen Radzylinder z.B. RZ4 und Schaltventil ZAV ist bei kleinen Drücken im Radzylinder RZ4 niedrig, s. Fig. 4c, was zur Folge hat, dass die Druckabbaugeschwindigkeit im Radzylinder dP_{ab}/dt klein ist, so
20 dass auch ohne PWM-Ansteuerung des Schaltventils SV der Druckabbau P_{ab} im Radzylinder, durch kurze Öffnungszeiten des Schaltventils SV, klein sein kann. Neben dem Staudruck ΔP_{ZAV} am Schaltventil ZAV wirkt sich auch der Staudruck ΔP_{BP2} am Bypassventil BP2 auf den Druck P_{BK2} im Bremskreis BK2 aus: $P_{BK2} = \Delta P_{ZAV} + \Delta P_{BP2}$. Soll in einem Radzylinder z.B. RZ4 der Druck kleiner sein als
25 der Druck in Bremskreis BK2, dann kann es sinnvoll sein, den Druckabbau P_{ab} in Radzylinder RZ4 zu verzögern, bis der Druck in Bremskreis BK2 kleiner ist als der Druck in Radzylinder RZ4. Andererseits kann mit der PWM-Steuerung des Schaltventils SV von Radzylinder RZ3 der Druckabbaugradient von Radzylinder RZ3 dP_{ab}/dt reduziert werden. Durch den reduzierten Druckabbaugradienten dP_{ab}/dt von Radzylinder RZ3 strömt weniger Volumen durch die Schaltventile BP2 und ZAV, wodurch die Staudrücke dieser Ventile vermindert werden und der Druck P_{BK2} in Bremskreis BK2 z.B. auf Werte unterhalb des Druckes in Radzylinder RZ4 abfällt.
30

Mit der erfindungsgemäßen Dimensionierung der Schaltventile SV, BP1, BP2 und ZAV ist eine weitere Optimierung der Druckregelung für einen höheren Druckabbaugradient dP_{ab}/dt (s. Fig. 4) möglich, wenn nur ein Radzylinder zugeschaltet ist, was bei der geringen Häufigkeit der Druckabbauten P_{ab} während der ABS-Regelung der Fall ist.

Die Figur 5 zeigt einen zeitlichen ABS-Regelablauf mit Fahrzeuggeschwindigkeit V_F , Geschwindigkeiten V_{Rad1} und V_{Rad2} der Räder Rad1 und Rad2 den Druck P1 in Radzylinder RZ1 und den Druck P2 in Radzylinder RZ2 über die Zeit t für die Räder Rad1 und Rad2. Durch den Druckaufbau P_{auf} erfolgt die Verzögerung des Fahrzeuges. Bekanntlich bildet sich abhängig vom Bremsmoment eine Geschwindigkeitsdifferenz d.h. Schlupfgeschwindigkeit bzw. Schlupf zwischen der Fahrzeuggeschwindigkeit V_F und den Geschwindigkeiten der Räder V_{Rad1} und V_{Rad2} . Zum Zeitpunkt 101 verlässt Rad1 den sogenannten stabilen Schlupfbereich, so dass die Regelung einsetzt mit Druckabbau P_{ab} , welche in der Regel als Funktion der Radbeschleunigung dV_{Rad1}/dt geregelt und im Bereich $dV_{Rad1}/dt = 0$ beendet wird. Hier gehen noch verschiedene Einflussgrößen wie z.B. Radschlupf, Radgeschwindigkeit und Druckbereich mit ein. Wie bereits dargelegt, kann mit der PWM-Ansteuerung des Schaltventils SV die Druckabbaugeschwindigkeit dP_{ab}/dt als Funktion z.B. vom Druckbereich, der Radgeschwindigkeit und des Radschlupfes gesteuert werden. Zum Zeitpunkt 102 setzt die Regelung von Rad2 mit entsprechendem Druckabbau P_{ab} in Radzylinder RZ2 ein. Nach Beendigung der Radwiederbeschleunigung dV_{Rad2}/dt von Rad2 oder entsprechendem Radschlupfbereich setzt in 103 der Druckaufbau P_{auf} in Radzylinder RZ2, meist in Stufen, wieder ein. Soll nun bei 104 ein gleichzeitiger Druckaufbau P_{auf} für Rad1 und Rad2 erfolgen, so wird in dieser Druckaufbau-Phase P_{auf} eines der beiden Räder Rad1 oder Rad2 ausgewählt ggf. das Rad mit dem kleineren Radschlupf. Die Druckmessung erfolgt in den Messpunkten 104/104a bei Rad1 beispielsweise in den Druckaufbaustufen A und B, was noch detaillierter in Figur 5a dargestellt und beschrieben ist. Bei dem Rad2 erfolgt die Druckmessung in den Messpunkten 105/105a und entsprechend in den folgenden, nicht bezeichneten, Druckaufbaustufen.

Die Druckmessung erfolgt bei jeder P_{auf} -Druckänderung bis zum erneuten Druckabbau P_{ab} z.B. bei B über mehrere Druckaufbaustufen. Die Druckände-

Druckänderung ΔP zum Abbaudruck P_{ab} und die Druckänderung ΔP der ersten Druckaufbaustufe nach dem Druckabbau wird dann aus dem letzten gestuften Druckaufbau P_{auf} 104a für Rad1 und 105a für Rad2, ermittelt.

Der zeitliche Ablauf der Ventilansteuerung bei der oben erwähnten gleichzeitigen Anforderung, den Druck in den Radzylinder RZ1 und RZ2 zu erhöhen, ist in Figur 5a detailliert dargestellt. Soll nun bei 104 ein gleichzeitiger Druckaufbau P_{auf} für die Räder Rad1 und Rad2 erfolgen, so wird in der Druckaufbauphase P_{auf} eines der beiden Räder Rad1 oder Rad2 ausgewählt ggf. das Rad mit dem kleineren Radschlupf. Dies bedeutet eine kleine Zeitverzögerung in dem Druckaufbau P_{auf} für Rad2 von ca. 10-20 ms, was für eine mittlere P_{auf} -Zeit von 200-300 ms nicht nachteilig ist. Zum Zeitpunkt 105 werden die Räder Rad1 und Rad2 gleichzeitig instabil, z.B. in Folge einer nun größeren Reibwertänderung an Rad1. Daher sind die Radverzögerungswerte und somit die Druckabbauänderung ΔP_{ab} die Druckabbaugeschwindigkeit dP_{ab}/dt und der Radschlupf größer. Zum Zeitpunkt 106 ist bei Rad1 die Radwiederbeschleunigung dV_{Rad1}/dt groß, so dass sofort ein Druckaufbau P_{auf} erfolgt. Somit wird verhindert, dass Rad1 mit zu viel Momentenüberschuss in den stabilen Schlupfbereich einläuft. Diese Fakten sind dem Fachmann bekannt. Aufgrund der erfindungsgemäßen variablen Drucksteuerung verbunden mit einer Druckmessung, wird die Regelung genauer. Die nachfolgenden Regelzyklen laufen wie bei 102 ab.

Die Figur 5a zeigt den zeitlichen Verlauf von Druck- und Ventilsteuern SV der Räder Rad1 und Rad2. Zum Zeitpunkt 104 ist das Schaltventil SV1 geöffnet. Der Druck P_1 in Radzylinder RZ1 steigt durch entsprechende Ansteuerung der Druckversorgungseinrichtungen DV1 und/oder DV2 an. Diese liefern bzw. liefern eine Fördermenge, welche abhängig von z.B. der Radbeschleunigung dV_{Rad}/dt oder dem Radschlupf ggf. auch zusätzlich von der Druckvolumenkennlinie des Radzylinders RZ1 ist. Damit ist die Druckaufbaugeschwindigkeit dP_{auf}/dt variabel und an diese vorgenannten Größen anpassbar. Es kann aber auch eine mittlere Druckaufbaugeschwindigkeit dP_{auf}/dt gewählt werden, die zusammen mit der Druckmessung die Druckänderung ΔP für den Druckaufbau P_{auf} bestimmt, der von der Radbeschleunigung dV_{Rad}/dt abhängig ist. Damit kann das Rad beim Druckaufbau P_{auf} in den optimalen Radschlupf geführt wer-

den. Wenn nicht sofort wieder eine Radinstabilität einsetzt, so erfolgt in der Regel nach einem Zeitabstand von 50-100 ms der nächste druckgesteuerte Druckaufbau P_{auf} , vorzugsweise wie in Fig. 5 dargestellt in Stufen, damit die Druckversorgungseinrichtungen DV1 und DV2 entlastet werden. Nach Beendi-

5 gung des Druckaufbaus P_{auf} in Radzylinder RZ1 erfolgt zum Zeitpunkt 104a der Druckaufbau P_{auf} in Rad2, nachdem zuvor das Schaltventil SV1 geschaltet, d.h. geschlossen, wurde. Dieser Ablauf gilt nicht nur nach Anforderung auf gleich-

10 zeitigen Druckaufbau P_{auf} in beiden Radzylindern RZ1 und RZ2, sondern generell nach einem Druckaufbau P_{auf} . In Fig. 5a ist die Anforderung zum Druckaufbau in Radzylinder RZ2 mit Soll P2 angegeben. Soll P2 erfolgt gleichzeitig mit der Anforderung zum Druckaufbau in Radzylinder RZ1 zum Zeitpunkt 104. Der Druckaufbau in Radzylinder RZ2 erfolgt aber erst zum Zeitpunkt 104a und deshalb mit einem Zeitverzug Δt zum Druckaufbau Soll P2, da mit dem Druckaufbau in Radzylinder RZ2 gewartet wird, bis das Ventil SV1 geschlossen ist.

15 Dieser Zeitverzug Δt kann verkürzt werden, indem der Zeitpunkt 104b, in dem das Ventil SV2 zum Öffnen beginnt, zum früheren Zeitpunkt verschoben wird, d.h. zum Zeitpunkt 104c, in dem das Ventil SV1 gerade geschlossen ist. Dies kann erreicht werden, wenn die elektrische Ansteuerung des Ventils SV2 bereits vor dem Zeitpunkt 104a beginnt, d.h. wenn die Ansteuerungen der bei-

20 den Ventile sich wenigstens teilweise zeitlich überdecken.

Die Figur 6 zeigt mit dem Hydraulikflussschaltbild die Position der Radzylinder RZ1 – RZ4, der Schaltventile SV1-SV4, der Druckgeber DG1/DG2, der Schaltventile BP1, BP2 und ZAV sowie der Druckversorgungseinrichtung DV1 und optional der Druckversorgungseinrichtung DV2. Wahlweise sind die Druckver-

25 sorgungseinrichtungen DV1 und DV 2 mit zusätzlichem Ventil PD1/PD2 versehen, welche auf die ABS-Regelung keinen Einfluss haben. Die Ventile sind mit dem Symbol auf/zu versehen. Auch ist die Zuordnung der Ventile SV zu den Bremskreisen BK1 und BK2 angegeben. Zur Orientierung sind die Ventile häufig mit Drosseln, d.h. mit dem Strömungswiderstand im Druckabbau P_{ab} gekennzeichnet, d.h. zum Beispiel, wenn der Strömungswiderstand von SV =

30 100% ist, dann bedeutet BP1=25% einen Strömungswiderstand von 25% und ZAV=50% einen Strömungswiderstand von 50% entsprechend des Einflusses auf die Druckabbaugeschwindigkeit dP_{ab}/dt , d.h. SV ist bestimmend.

Für den Druckabbau P_{ab} gibt es folgende Möglichkeiten:

- 5 1. Der Druckabbau P_{ab} für alle Radzylinder RZ1-RZ4 und in den Bremskreisen BK1 und BK2 erfolgt, insbesondere bei Ausfall der Druckversorgungseinrichtung DV1, über das Schaltventil ZAV in den Vorratsbehälter VB;
2. Der Druckabbau P_{ab} in Bremskreis BK1 erfolgt mittels entsprechender Kolbenverstellung der Druckversorgungseinrichtung DV1 zur Aufnahme von Bremsflüssigkeit aus dem Bremskreis BK1;
- 10 3. Der Druckabbau P_{ab} in beiden Bremskreisen BK1 und BK2 erfolgt in die Druckversorgungseinrichtung DV1, wie unter 2. beschrieben;
4. Der Druckabbau P_{ab} in beiden Bremskreisen BK1 und BK2 erfolgt mittels der Druckversorgungseinrichtungen DV1 und DV2, wie unter 2. beschrieben, wenn die Druckversorgungseinrichtung DV2 zusätzlich mit einem PD2-Schaltventil versehen ist.

15 Für den Druckaufbau P_{auf} gibt es die nachfolgend aufgelisteten Möglichkeiten:

1. In Bremskreis BK1, wie in den Figuren 5 + 5a dargestellt und beschrieben erfolgt der Druckaufbau P_{auf} mit der Druckversorgungseinrichtung DV1, ggf. bis 120 bar beschränkt, für höhere Drücke mit der Druckversorgungseinrichtung DV2 für beide Bremskreise BK1 und BK2;
- 20 2. Mit der Druckversorgungseinrichtung DV2 erfolgt der Druckaufbau P_{auf} im gesamten Druckbereich oder bei Ausfall der Druckversorgungseinrichtung DV1, wie unter 1. Beschrieben.

Im Vergleich zur konventionellen ABS-Druckregelung welche sich über ein Jahrzehnt bewährt hat, sind nochmals folgende Verbesserungen möglich:

- 25 • Mit PWM-Ansteuerung der SV Schaltventile können variable Druckabbaugeschwindigkeiten erzielt werden;
- Es werden geringere Druckschwingungen und Geräusche produziert;

- Es ist aufgrund der Druckmessung im jeweiligen Radzylinder eine Optimierung der Regelparameter und der Sicherheit möglich;
- Es ergibt sich bei Ausfall eines oder beider Bremskreise(s) BK1 und/oder BK2 und/oder des FV-Schaltventils eine größere Fehlersicherheit;
- 5 • Es ist eine Redundanz für Hauptzylinder SHZ/THZ, Wegsimulator WS und Druckversorgungseinrichtungen DV1 und DV2 geschaffen;
- Es ergibt sich eine erhebliche Reduzierung der Kosten und des Bauvolumens;
- 10 • Eine mehrstufige Diagnose zur Absicherung der Fehlersicherheit ist möglich;
- Für die ABS-Regelung wird anstelle von Einlassventil EV mit Rückschlagventil RV und Auslassventil AV nur ein Schaltventil SV benötigt. Dies hat z.B. den Vorteil, dass der Druck der Druckversorgungseinrichtungen DV1 und DV2 kleiner als der Druck im Radzylinder P_{RZ} sein kann, was bei Torque-Vectoring mit Ersatz der elektrischen Servolenkung bei einem Fehler, wie z.B. Blockieren der Lenkung, ein großer Vorteil, insbesondere bei S-Kurven sein kann. Hier wechseln beide Fahrzeugseiten das Druckniveau bei gleichem Vordruck.
- 15

Das erfindungsgemäße Bremssystem bietet zahlreiche Diagnosefunktionen, welche in den Tabellen 1 bis 4 der Figuren 7 bis 10 aufgelistet sind:

20

1. Diagnosefunktion während der Fahrt; (Tabelle 1)
- 2a. Diagnosefunktion bei Parkstop und/oder bei Geschwindigkeiten bis ca. 2 km/h; (Tabelle 2)
- 2b. Diagnosefunktion bei Parkstop bei $V_F=0$, damit zusätzliche Druckerhöhung bis ca. 30 bar; (Tabelle 3)
- 25 2c. Diagnosefunktion mit Druckerhöhung bis ca. 150 bar. (Tabelle 3)
3. Diagnosefunktion beim Service (Tabelle 4)

Die Tabellen 1 bis 4 enthalten neben den Angaben wie Testvoraussetzungen, Diagnoseumfang, Fehleranzeige auch die Diagnoseaktivierung.

Mittels der verschiedenen Diagnosemöglichkeiten bzw. -funktionen wird erreicht, dass alle fehlerrelevanten Komponenten getestet werden können.

- 5 Damit wird zusätzlich erreicht, insbesondere bei Testzyklen in kurzen Zeitabständen, dass die ppm oder FIT-Werte sehr klein werden und damit einhergehend die Ausfallwahrscheinlichkeit. Nicht im Detail wurde hierbei die ECU behandelt. Wobei dies mit Teil- oder Vollredundanz Stand der Technik ist.

Bezugszeichenliste

	1 – 11	Hydraulikleitungen
	101	Beginn instabiler Bereich bei Rad 1
	102	Beginn instabiler Bereich bei Rad 2
5	103	Beginn stabiler Bereich bei Rad 1 und 2
	104	Beginn P_{auf} im ersten P_{auf} -Zyklus bei Rad 1
	104a	über mehrere Stufen oder Zeitbereich, auch Zyklus B
	105	Beginn P_{auf} im ersten P_{auf} -Zyklus bei Rad 2
	105a	über mehrere Stufen oder Zeitbereich, auch Zyklus B
10	110	Druckraum des Single Hauptzylinders SHZ
	AV1, AV2	Auslassventile (SG)
	BK1	Bremskreis 1
	BK2	Bremskreis 2
	BP1	Bypassventil 1 (SO) bzw. Verbindungsschaltventil
15	BP2	Bypassventil 2 (SO) bzw. Verbindungsschaltventil
	D1 – D7	Dichtungen
	DG	Druckgeber
	dP_{ab}/dt	P_{ab} -Rate: Geschwindigkeit des Druckabbaus
	dP_{auf}/dt	P_{auf} -Rate: Geschwindigkeit des Druckaufbaus
20	Dr1-3	Drossel
	DS	Sekundärdichtung von SK
	DV1	Druckversorgungseinrichtung 1
	DV2	Druckversorgungseinrichtung 2
	dV_{Rad1}/dt	Beschleunigung von Rad1
25	dV_{Rad2}/dt	Beschleunigung von Rad2
	ECU	elektrische Steuereinheit
	F	Feder des Wegsimulators WS
	HZ	Hauptzylinder bzw. Hauptbremszylinder
	Ko	Kolben
30	KWS	Kraft-Weg-Messelement
	NS	Niveausensor
	P	Pedalbetätigung
	P_{ab}	Druckabbau
	\dot{P}_{ab}	P_{ab} -Rate, wie dP_{ab}/dt
35	P_{auf}	Druckaufbau
	\dot{P}_{auf}	P_{auf} -Rate, wie dP_{auf}/dt
	P_{BK2}	Druck in Bremskreis BK2
	PD1	Schaltventil (SG)
	P_{RZ}	Druck in Radzylinder
40	PS	Pedalwegsensoren
	RB1-RB4	Radbremsen
	RZ1-RZ4	Radzylinder
	RV	Rückschlagventil

	SaV	Saugventil
	SE	Sensorelement
	SG	stromlos geschlossen
	SHZ	Single Hauptzylinder bzw. Single Hauptbremszylinder
5	SK	Schwimmkreiskolben
	SL	Schnüffelloch
	SO	stromlos offen
	Sp	Spindel mit KGT
	SV	Schaltventil (SO)
10	THZ	Tandem Hauptzylinder bzw. Tandem Hauptbremszylinder
	T_{Pauf}	Gesamte Druckaufbauzeit in einem Regelzyklus
	TV	Trennventil
	ÜV	Überdruckventil
	VB	Vorratsbehälter
15	VL	Hydraulische Verbindungsleitung zur Verbindung der beiden Bremskreise BK1 und BK2
	VLa	innere Verbindungsleitung zur Verbindung der beiden Verbindungsschaltventile BP1 und BP2
	V_{Rad1}	Geschwindigkeit von Rad1
20	V_{Rad2}	Geschwindigkeit von Rad2
	WA	Wegsimulatorabschaltventil
	WS	Wegsimulator
	WSD	Druckkammer des Wegsimulators
	WSF	Drucklose Kammer des Wegsimulators
25	ZAV	zentrales Auslassventil (SG)
	ΔP_{BP2}	Staudruck des Bypassventils BP2
	ΔP_{ZAV}	Staudruck des zentralen Auslassventils ZAV

Patentansprüche

- 1.1 Bremssystem mit mindestens zwei Bremskreisen (BK1, BK2),
- 5 1.2 wobei jeder Bremskreis (BK1, BK2) mindestens eine Radbremse (RZ_i) aufweist, und
- 1.3 wobei mindestens zwei Radbremsen hydraulisch wirkende Radbremsen sind und
- 1.4 jeder hydraulisch wirkenden Radbremse jeweils ein Schaltventil
- 10 (SV) zugeordnet ist, über das der Druckaufbau (P_{auf}) und Druckabbau (P_{ab}) in der ihm zugeordneten Radbremse erfolgt,
- 1.5 wobei die beiden Bremskreise (BK1, BK2) über mindestens zwei in Reihe geschaltete, insbesondere stromlos offene, Bypassventile (BP1, BP2), welche ein Sicherheitsgate (SIG) bilden, miteinander
- 15 verbindbar sind, und
- 1.6 eine hydraulische Verbindung (VLa) der beiden Bypassventile (BP1, BP2) über eine hydraulische Leitung (6), in der ein schaltbares zentrales Auslassventil (ZAV) angeordnet ist, mit einem Vorratsbehälter (VB) verbindbar ist,
- 20 1.7 wobei mindestens eine Druckversorgungseinrichtung (DV1, DV2) zumindest für den Druckaufbau (P_{auf}) in den Bremskreisen (BK1, BK2) vorgesehen ist,
- 1.8 wobei der Druckabbau (P_{ab}) in mindestens einer Radbremse über das der Radbremse zugeordnete Schaltventil (SV) in den jeweiligen
- 25 Bremskreis (BK1, BK2) sowie wahlweise über
- a) das schaltbare zentrale Auslassventil (ZAV) und/oder
- b) das Ventil (FV) und den Hauptbremszylinder (SHZ, THZ) und/oder
- c) in mindestens eine Druckversorgungseinrichtung (DV1, DV2)
- 30 erfolgt.

2. Bremssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in Abhängigkeit von der Bremssituation oder dem Zustand des Bremssystems an sich
- 5 entweder
- das Schaltventil (SV) zumindest zum Druckabbau (P_{ab}) in einer Radbremse mittels einer Pulsweitenmodulation (PWM) getaktet wird, wodurch ein effektiver Öffnungsquerschnitt und damit die Druckabbaugeschwindigkeit (dP_{ab}/dt) des Druckabbaus (P_{ab}) in

10 der jeweiligen Radbremse einstellbar bzw. einregelbar ist,

oder

 - das Schaltventil (SV) für eine, insbesondere von einer Regeleinrichtung vorbestimmte, Zeit zum Druckabbau (P_{ab}) geöffnet ist oder in Abhängigkeit des im Bremskreis (BK1, BK2) bzw. der

15 Radbremse gemessenen Drucks für eine bestimmte Zeit geöffnet ist.
3. Bremssystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Schaltventil (SV) als Proportionalventil ausgebildet ist oder zumindest ein Schaltventil (SV) durch die Pulsweitenmodulation als Proportionalventil betrieben wird, derart, dass
- 20 der effektive Durchflussquerschnitt des Ventils in Abhängigkeit der gewünschten bzw. erforderlichen Druckänderungsgeschwindigkeit ($v_{ab}(t)$) bzw. in Abhängigkeit des bestehenden Druckniveaus (p)
- 25 einstellbar ist bzw. eingestellt bzw. eingeregelt wird.
4. Bremssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass in Abhängigkeit von der Bremssituation, dem Zustand des Bremssystems an sich, durch Vorgabe einer ABS-Steuer- und/oder Regeleinrichtung oder als Funktion der Radbeschleuni-
- 30

gung und/oder des Radschlupfes der Druckabbau (P_{ab}) in mindestens einer Radbremse über das schaltbare zentrale Auslassventil (ZAV) und/oder in mindestens eine Druckversorgungseinrichtung (DV1, DV2) erfolgt.

5

5. Bremssystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das zentrale Auslassventil (ZAV) beim Druckabbau (P_{ab}) in mindestens einer Radbremse mittels einer Pulsweitenmodulation (PWM) getaktet wird, wodurch ein effektiver Öffnungsquerschnitt und damit die Druckabbaugeschwindigkeit (dP_{ab}/dt) des Druckabbaus (P_{ab}) in der bzw. den Radbremse(n) einstellbar bzw. einregelbar ist, wobei gleichzeitig das bzw. die Schaltventil(e) (SV) der Radzylinder (RZi) geöffnet sind, deren Druckabbau (P_{ab}) über das zentrale Auslassventil (ZAV) erfolgt und/oder das bzw. die Schaltventile (SV) mittels einer Pulsweitenmodulation (PWM) getaktet wird bzw. werden.
- 10
- 15
6. Bremssystem nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein gleichzeitiger Druckabbau (P_{ab}) in mindestens zwei Radbremsen bzw. Radbremszylindern (RZi) erfolgt, wobei die diesen Radbremsen zugeordneten Schaltventile (SV) während des Druckabbaus geöffnet sind, und dass der Druckabbau (P_{ab}) in mindestens einer Radbremse (RZi) über das zentrale Auslassventil (ZAV) und der Druckabbau (P_{ab}) in mindestens einer anderen Radbremse über eine Druckversorgungseinrichtung (DV1, DV2) erfolgt.
- 20
- 25
7. Bremssystem nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein gleichzeitiger Druckabbau (P_{ab}) in mindestens zwei oder allen Radbremsen entweder über das zentrale Auslassventil (ZAV) oder mindestens eine Druckversorgungseinrichtung (DV1, DV2) erfolgt.
- 30

8. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Normalbetrieb des Bremssystems der Druck in einem Radzylinder (RZ1-4) mittels mindestens einer Druckversorgungseinrichtung (DV1, DV2) eingeregelt bzw. eingesteuert wird.
9. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Bremssystem zwei Druckversorgungseinrichtungen (DV1, DV2) aufweist, wobei jede Druckversorgungseinrichtung (DV1, DV2), insbesondere im Normalbetrieb, einem Bremskreis (BK1, BK2) zugeordnet ist und zumindest den Druckaufbau (P_{auf}) in den Radbremsen dieses Bremskreises bewirkt, wobei zumindest eines der Bypassventile (BP1, BP2) geschlossen ist.
10. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Fehlerfalle, zur Erzielung eines hohen Bremsdruckes und/oder einer schnellen Bremsdruckänderung die beiden Bypassventile (BP1, BP2) geöffnet sind, wobei im Fehlerfalle nur eine Druckversorgungseinrichtung (DV1, DV2) die Druckversorgung für beide Bremskreise (BK1, BK2) übernimmt und zur Erzielung eines hohen Bremsdruckes und/oder einer schnellen Bremsdruckänderung beide Druckversorgungseinrichtungen (DV1, DV2) zusammenwirken.
11. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungsleitung (VL_a) der beiden Bypassventile (BP1, BP2) über eine hydraulische Leitung (3) mit einem Arbeitsraum (110, 112) eines als Single oder Twin ausgebildeten Hauptbremszylinders (SHZ, THZ) in hydraulischer Verbindung ist, wobei zum wahlweisen Absperren der hydraulischen Leitung (3) ein, insbesondere stromlos offenes, schaltbares Ventil (FV, FV1) vorgesehen ist.

12. Bremssystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Arbeitsraum (111) des Twin-Hauptbremszylinders (THZ) über eine Hydraulikleitung (3a) mit einem Bremskreis (BK2) hydraulisch verbunden ist, wobei die Hydraulikleitung (3a) mittels eines, insbesondere stromlos offenen, Schaltventils (FV2) verschließbar ist und im Normalbetrieb des Bremssystems verschlossen ist.
13. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die von einem Drucksensor (DG) ermittelten Drücke als Eingangsgröße für eine Regelung der Druckänderung, insbesondere beim Druckaufbau (P_{auf}) und beim Druckabbau (P_{ab}), dienen bzw. verwendet werden.
14. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Schaltventil (SV) in einer Verbindungsleitung (4, 5) angeordnet ist, welche die jeweilige Radbremse mit einer Druckversorgungseinrichtung (DV1, DV2) und/oder dem Sicherheitsgate (SIG) verbindet.
15. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckabbau (P_{ab}) und/oder Druckaufbau (P_{auf}) in mehreren Radbremsen gleichzeitig, zeitlich überlappend oder nacheinander erfolgt.
16. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für die Regelung der Taktzeiten der Pulsweitenmodulation, der im Bremskreis oder der jeweiligen Radbremse gemessene Druck (p) berücksichtigt wird.
17. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckaufbau (P_{auf}) in den Radbremsen im

Normalfall zeitlich nacheinander über mindestens eine Druckversorgungseinrichtung (DV1, DV2) unter Berücksichtigung des in dem jeweiligen Bremskreis (BK1, BK2) bzw. der jeweiligen Radbremse herrschenden bzw. gemessenen Drucks (p) erfolgt.

5

18. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum Druckaufbau (P_{auf}) in einer Radbremse eine Druckversorgungseinrichtung (DV1, DV2) alleine oder in Zusammenwirken mit der anderen Druckversorgungseinrichtung einen Druck oder ein Hydraulikvolumen bereitstellt.

10

19. Bremssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass zum Druckaufbau (P_{auf}) in einer Radbremse der Druck in der jeweiligen Radbremse mittels eines pulsweiten getakteten Bypassventils (BP1, BP2) eingestellt bzw. eingeregelt wird, wobei das jeweilige Schaltventil (SV) während der Druckeinstellphase dauerhaft geöffnet ist.

15

20. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Regler die Druckänderungsgeschwindigkeit (dP_{ab}/dt) für den Druckabbau (P_{ab}) und/oder den Druckaufbau (P_{auf}) vorgibt bzw. bestimmt, insbesondere die Druckänderungsgeschwindigkeit (dP_{ab}/dt) von der nachzuregelnden Druckdifferenz (Δp) abhängig ist.

20

25

21. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckabbaugeschwindigkeit (P'_{ab}) und/oder Druckaufbaugeschwindigkeit (P'_{auf}) mittels der mindestens einen Druckversorgungseinrichtung (DV1, DV2), insbesondere deren Motordrehzahl oder Motorstrom, einstellbar bzw. einregelbar ist.

30

22. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck in mindestens einem Bremskreis (BK1, BK2) mittels mindestens einem Druckgeber (DG1, DG2) ermittelbar ist.
- 5
23. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgangsdruck mittels eines Drucksensors (DG1, DG2) vor der Druckänderung ermittelt und in einem elektronischen Speicher gespeichert wird, und dass der nach dem Schließen des Schaltventils (SV) eingestellte Druck (p) ebenfalls
- 10 ermittelt und gespeichert wird.
24. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der zuletzt gemessene Druck in einer Radbremse und/oder einem Bremskreis vor dem Druckabbau (P_{ab}) und nach dem Druckabbau (P_{ab}) gespeichert werden, und dass beim anschließendem Druckaufbau (P_{auf}) die Druckdifferenz der beiden
- 15 gespeicherten Druckwerte ausgewertet wird.
- 20 25. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in mindestens einer Verbindungsleitung (1, 2), welche eine Druckversorgungseinrichtung (DV1, DV2) mit dem Sicherheitsgate (SIG) verbindet, ein schaltbares Ventil (PD1) oder mindestens ein Rückschlagventil (RV, RV1, RV2) angeordnet ist.
- 25
26. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei Vorhandensein nur einer Druckversorgungseinrichtung (DV1) in der Verbindungsleitung (1), welche eine Druckversorgungseinrichtung (DV1, DV2) mit dem ersten Anschluss (SIG₁) des Sicherheitsgates (SIG) verbindet, das schaltbare
- 30 Ventil (PD1) angeordnet ist, und dass der zweite Anschluss (SIG₂)

des Sicherheitsgates (SIG) mit dem zweiten Bremskreis (BK2) verbunden ist, und der erste Anschluss (SIG₁) mit einer hydraulischen Verbindungsleitung (4) in Verbindung ist.

- 5 27. Bremssystem nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass in der hydraulischen Verbindungsleitung (4) ein schaltbares, insbesondere stromlos offenes, Trennventil (TV) angeordnet ist, welches insbesondere zur Erhöhung der Fehlersicherheit in dem Bremskreis (BK1) redundant zu SV ausgebildet ist.
- 10 28. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass parallel zum zentralen Auslassventil (ZAV) ein weiteres Auslassventil (ZAVr) angeordnet ist.
- 15 29. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das zentrale Auslassventil (ZAV) und/oder das Ventil (FV) zwei ansteuerbare elektrische Spulen aufweist, derart, dass bei Ausfall einer Spule oder deren Ansteuerung das Ventil (ZAV, FV) noch mit der anderen Spule schaltbar ist und/oder zum
- 20 Ventil (ZAV, FV) ein redundantes Ventil (ZAVr, FVr) parallel bzw. in Reihe geschaltet ist.
- 25 30. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die als Kolben-Zylinder-Pumpe ausgebildete eine Druckversorgungseinrichtung (DV1) ein Schnüffelloch (SL) aufweist, welches vom Kolben (Ko) nur in seiner einen Endstellung nicht verschlossen ist, wobei das Schnüffelloch (SL) über eine hydraulische Verbindung mit dem Vorratsbehälter VB verbunden ist.
- 30 31. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in der hydraulischen Verbindungsleitung (1), welche den Arbeitsraum der einen Druckversorgungseinrichtung

- (DV1) mit dem einen Bremskreis (Bk1) verbindet, entweder ein schaltbares, insbesondere stromlos geschlossenes, Ventil (PD1) oder ein Rückschlagventil (RV) zum Ansaugen angeordnet ist, wobei das Rückschlagventil (RV) derart orientiert ist, dass ein Hydraulikfluss nur in Richtung des Bremskreises (BK1) erfolgen kann.
- 5
32. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim Druckabbau (P_{ab}) die Steuer- und Regeleinrichtung (ECU) die Radbeschleunigung und/oder Rad-
10 schlupfsignale berücksichtigt.
33. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mit dem Bremssystem gleichzeitig eine radindividuelle Druckregelung an mindestens zwei Radbremsen erfolgt.
- 15
34. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Druckregelung bis zu einem bestimmten Druck, welcher insbesondere 120 bar betragen kann, die beiden Bypassventile (BP1, BP2) geöffnet sind und die Druckversorgung beider Bremskreise mittels nur einer Druckversorgungseinrichtung (DV1) erfolgt. (Fall 1)
- 20
35. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem schnellen Druckaufbau in beiden
25 Kreisen mindestens eines der beiden Bypassventile (BP1, BP2) geschlossen ist und die Druckversorgungseinrichtungen (DV1, DV2) jeweils den Druckaufbau (P_{auf}) in dem ihnen zugeordneten Bremskreis (BK1, BK2) vornehmen. (Fall 2)
- 30
36. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Druckregelung bis zu einem bestimmten Druck, welcher insbesondere 120 bar betragen kann, die Druckversorgung über die eine Druckversorgungseinrichtung (DV1)

und bei einem Druck darüber die Druckversorgung mittels der anderen Druckversorgungseinrichtung (DV2) erfolgt. (Fall3)

- 5 37. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei Ausfall eines Bremskreises (BK1, BK2) beide Bypassventile (BP1, BP2) geschlossen werden. (Fälle 4 und 5)
- 10 38. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei Ausfall des Ventils (FV) beide Bypassventile (BP1, BP2) geschlossen werden und die Druckversorgungseinrichtungen (DV1, DV2) jeweils den Druckaufbau (P_{auf}) in dem ihnen zugeordnetem Bremskreis (BK1, BK2) vornehmen. (Fall 6)
- 15 39. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventile (ZAV, PD1), insbesondere zur Kostenoptimierung, für den Druckabbau bei kleineren Drücken in den Bremskreisen (BK1, BK2) und der Verbindungsleitung (VL_a) auf den ABS-Arbeitsbereichsdruck, insbesondere auf einen Druckbereich von bis zu 160bar, ausgelegt sind.
- 20 40. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Ventil (FV) für den Druckabbau bei größeren Drücken in den Bremskreisen (BK1, BK2) sowie der Verbindungsleitung (VL_a) des ASR-Arbeitsbereichs und oberhalb des ABS-Arbeitsbereichs ausgelegt ist, insbesondere für einen Druck von 160bar bis 200bar.
- 25 41. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei Ausfall des Auslassventils (ZAV) der Druckabbau im ABS-Arbeitsbereich bei Drücken, welche oberhalb des Arbeitsbereichs der Druckversorgung (DV1), insbesondere zwi-
- 30

schen 120bar und 160bar liegen, über eine PWM-Ansteuerung des Schaltventils (SV) bei geöffnetem Ventil (PD1) und mit der Druckversorgungseinrichtung DV1 als Drucksenke erfolgt.

- 5 42. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Ansteuerung zur Öffnung eines Ventils (SV) für den Druckaufbau zeitlich vor dem Abschluss der elektrischen Ansteuerung zur Schließung eines anderen Ventils (SV) beginnt.

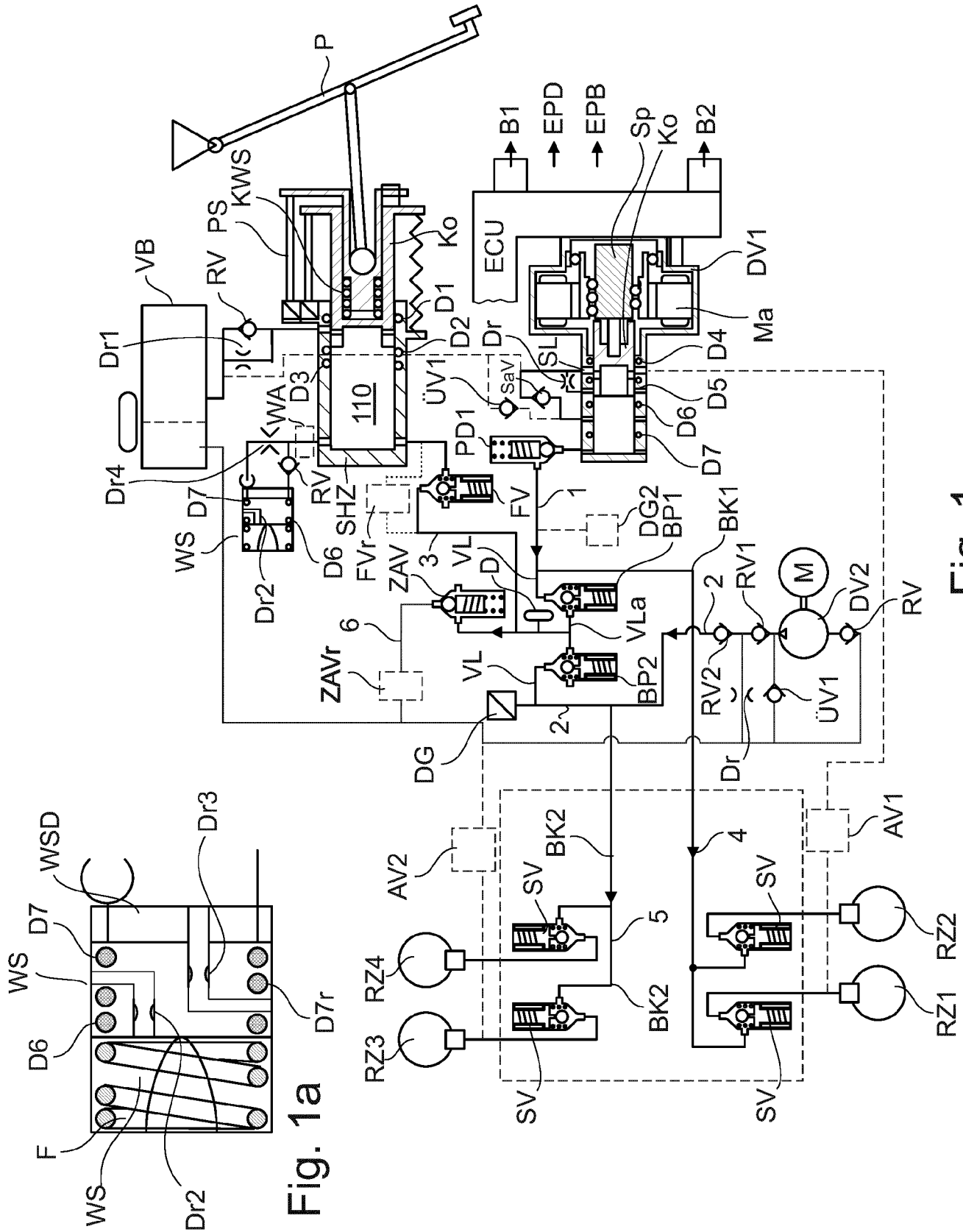


Fig. 1

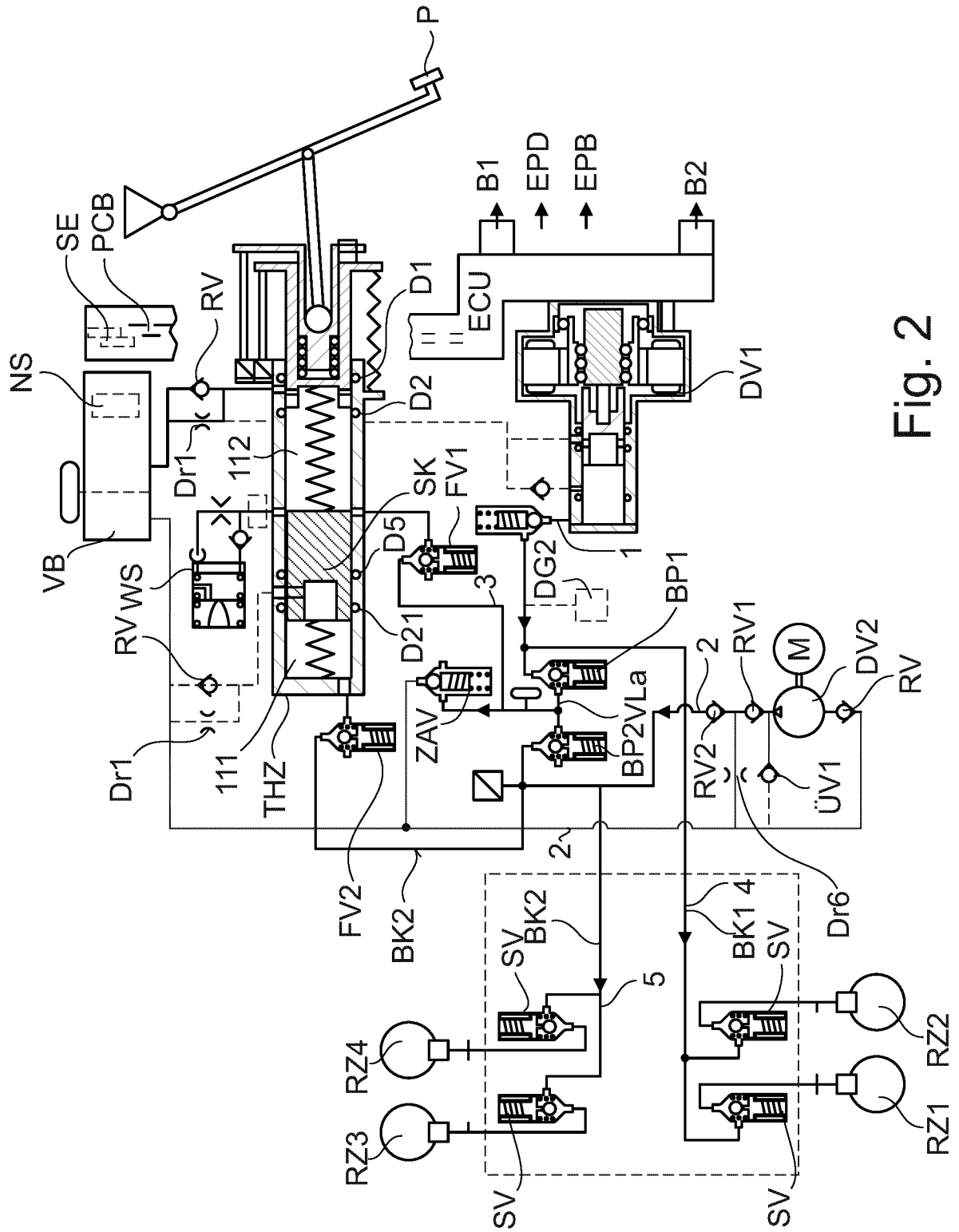


Fig. 2

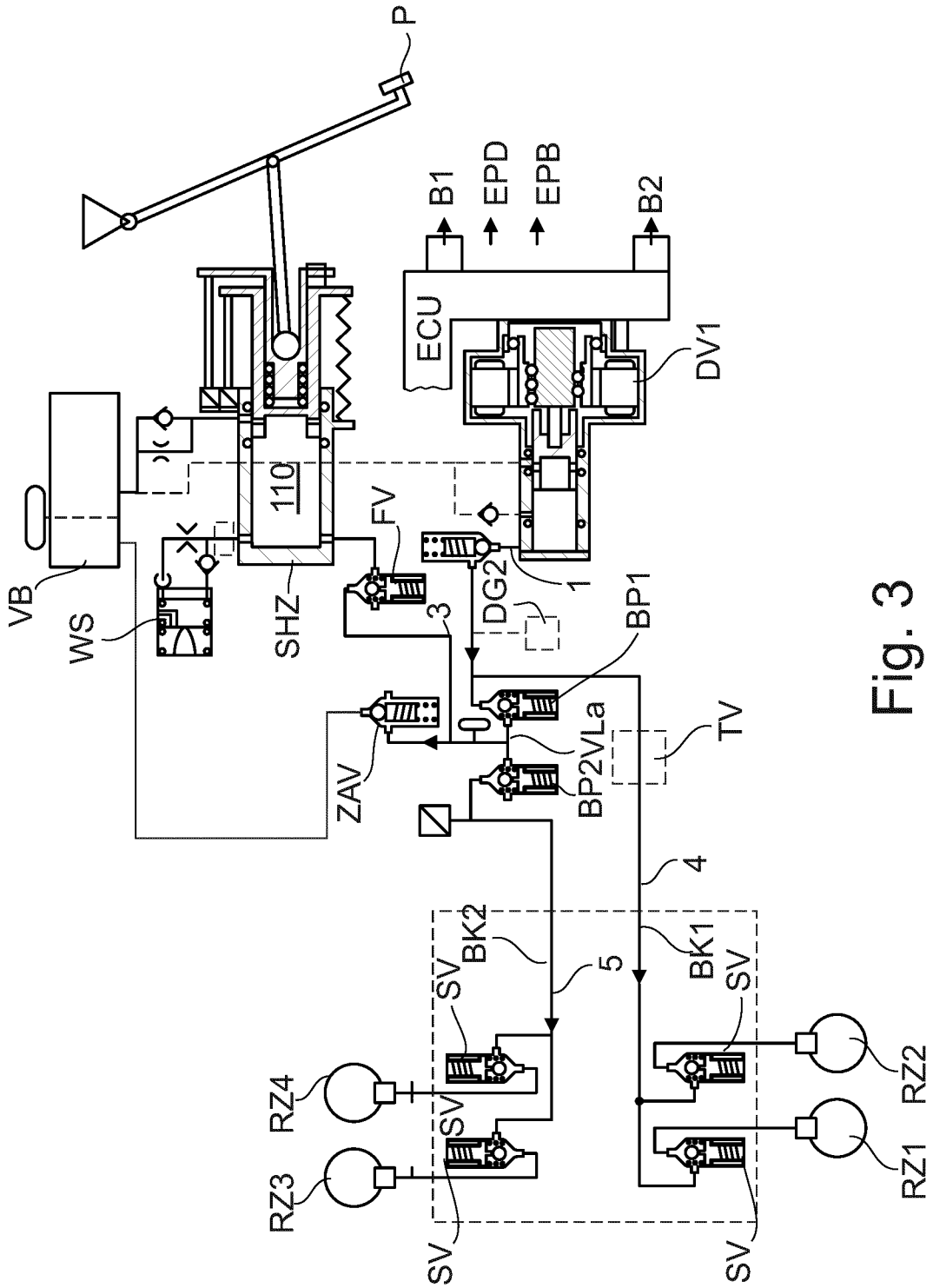


Fig. 3

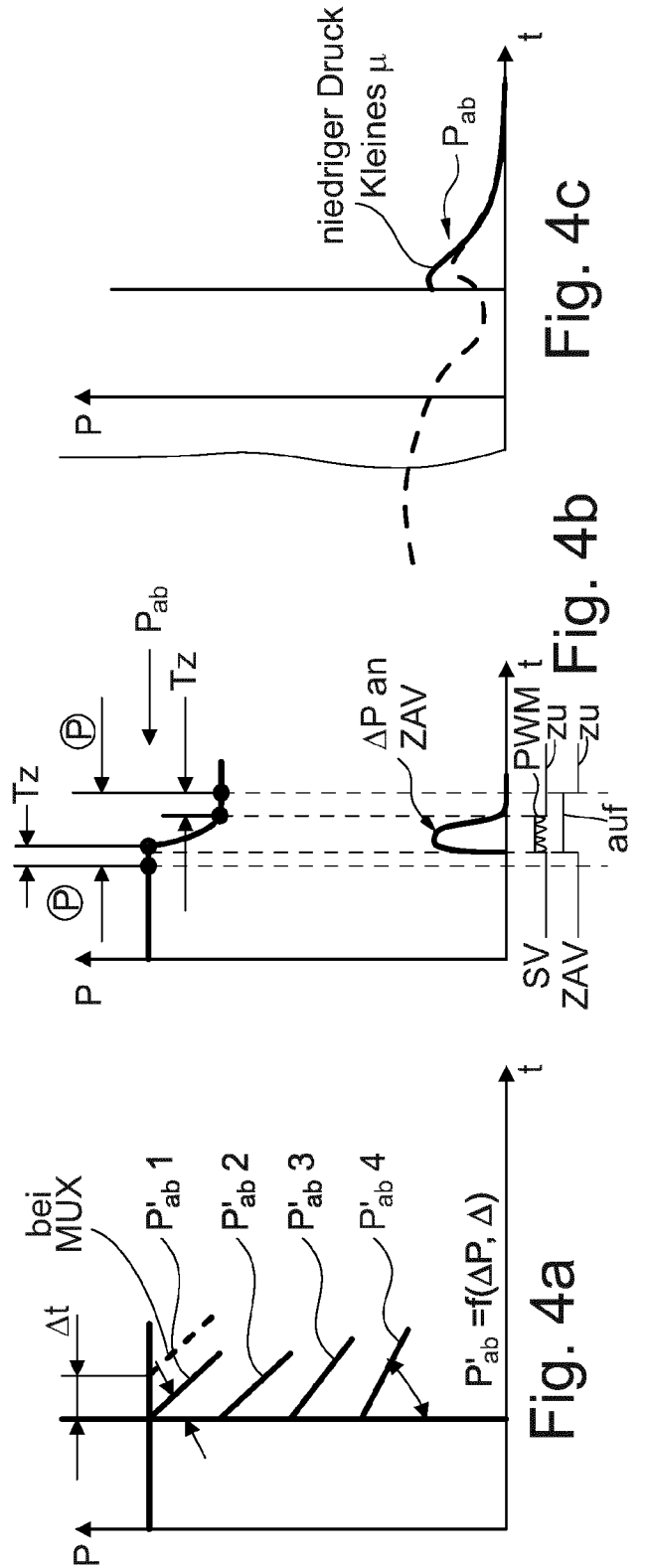
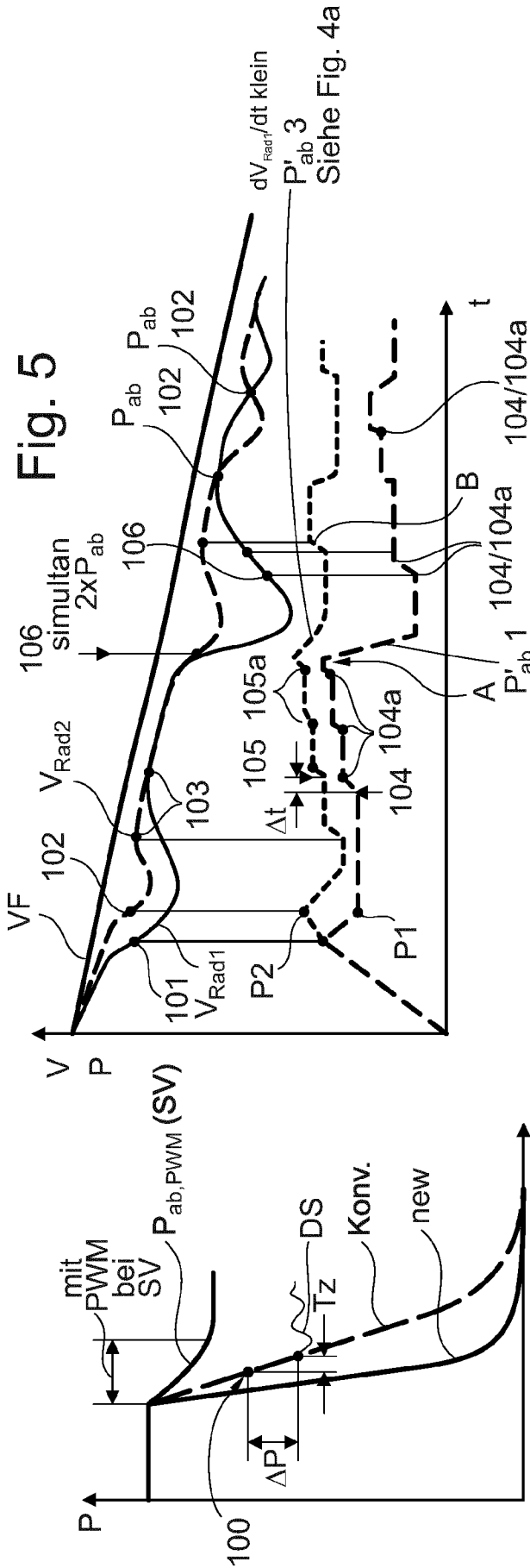


Fig. 4a

Fig. 4b

Fig. 4c

Fig. 5a

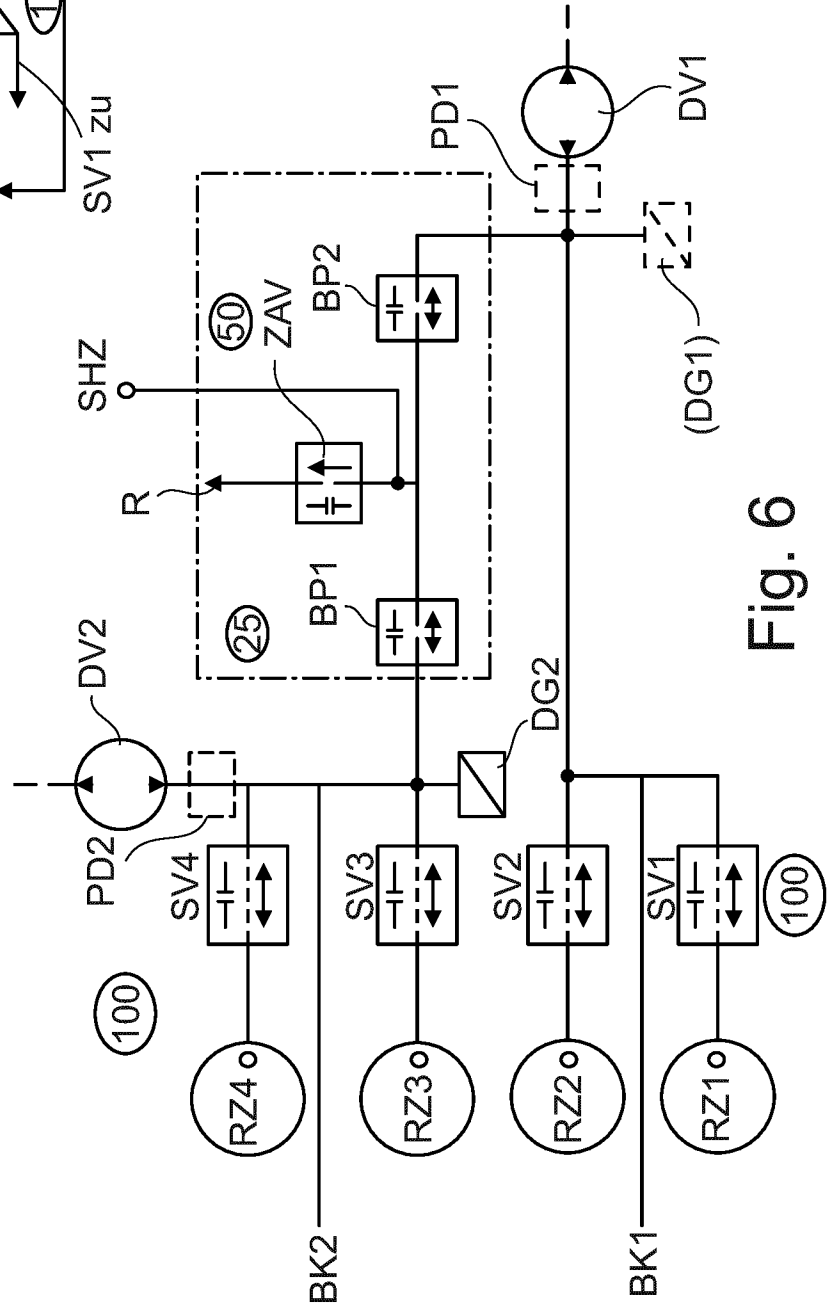
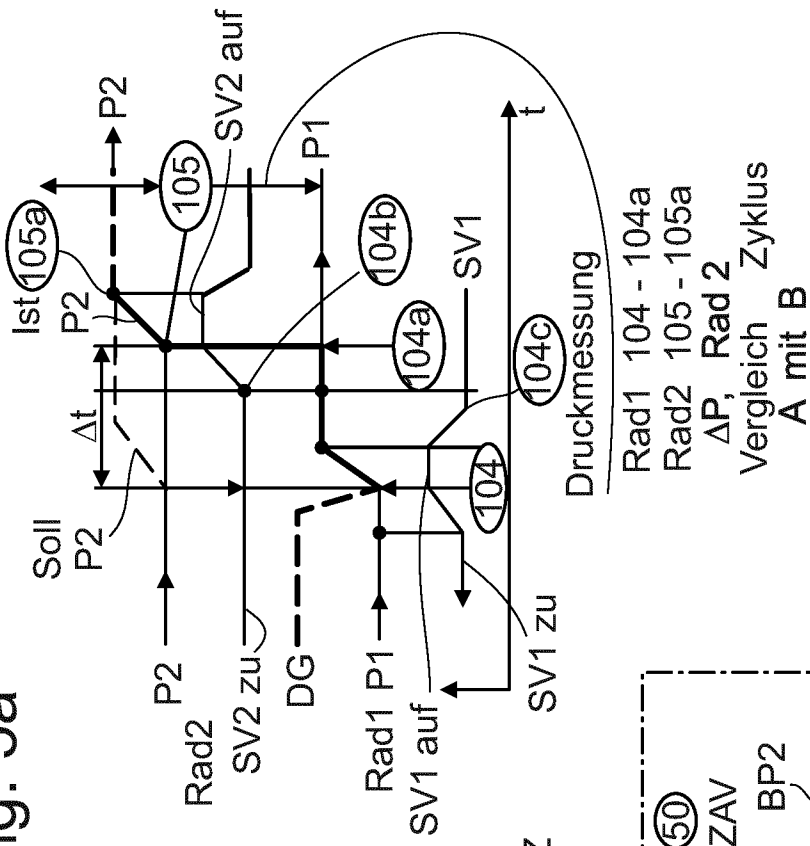


Fig. 6

Tabelle 1

1. Diagnose Bremssystem

Nr.	Testvoraussetzung	Diagnoseumfang (Komponenten)	Anzeige	Diagnoseaktivierung
1	<p>Während der Fahrt</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vf > 10 km/h • Pedalbetätigung > 20% vom gesamten Hub > 10 bar 	<p>1 HZ Dichtigkeit: Dichtungen D2, D3 Ventil TV</p> <p>2 WS Dichtigkeit: Dichtungen D5, D6 Ventile WA, RV2</p> <p>3 Pedalwegsensoren SP1, SP2</p> <p>4 VB / Niveaugeber</p> <p>5 KWS (Kraftwegsteuer-element)</p> <p>6 BK1 / BK2 Dichtigkeit</p> <p>7 eDV, $p = f(V, \text{ von BK1 und BK2})$ $p = f(\text{Vol.})$ Erkennung Entlüftung BK 1 + BK 2 + Dampfblasen</p>	<p>Bei Überschreitung von Grenzwert</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ECU • Pedalbetätigung • DV1 oder DV2

Fig. 7

Tabelle 2

2a. Diagnose Bremssystem

Nr.	Testvoraussetzung	Diagnoseumfang (Komponenten)	Anzeige	Diagnoseaktivierung
2a	<p>Parkstopp (PSD)</p> <ul style="list-style-type: none"> • $V_f = 0 > 2 \text{ km/h}$, vor Parkstopp • Zuvor Pedalbetätigung $> 15\%$ • $> 10 \text{ bar}$ • Keine Pedalbetätigung bei Diagnose bei Fahrzeugstillstand 	<p>1 HZ Dichtigkeit: Dichtungen D1, D2, D3 Ventile RV1, TV</p> <p>2 WS Dichtigkeit: Dichtungen D5, D6 Ventile WA, RV2</p> <p>3 Pedalhubsensoren SP1 und SP2</p> <p>4 VB / Niveaugeber</p> <p>5 KWS (Kraftwegsteuer-element)</p> <p>6 BK1 / BK2 Dichtigkeit</p> <p>7 eDV, $p = f(V, \text{ von BK1+2})$</p> <p>8 Ventile Dichtigkeit und Schaltung auf/zu (WA, DV) TV, SV1-4, (siehe ESV → Patent ...) (BP 1/2, ZAV, siehe → IBS4)</p>	Bei Überschreitung von Grenzwert	Pedalbetätigung für Initiierung der Diagnose

Fig. 8

Tabelle 3

2b und 2c Diagnose Bremssystem

Nr.	Testvoraussetzung	Diagnoseumfang (Komponenten)	Anzeige	Diagnoseaktivierung
2b	<p>Parkstopp (PSD) wie 2</p> <ul style="list-style-type: none"> • nach 10. PSD mit zusätzlicher Druckerhöhung bis ca. 30 bar • keine Pedalbetätigung bei Diagnose • Zusätzliche Druckerhöhung mit DV1 oder DV2 	<p>1 HZ Dichtigkeit Dichtungen D1, D2, D3 Ventile RV1, TV</p> <p>2 WS Dichtigkeit: Dichtungen D5, D6 Ventile RV2, WA</p> <p>3 Pedalhubsensoren SP1 und SP2</p> <p>4 VB / Niveaugeber</p> <p>5 KWS (Kraftwegsteuer-element)</p> <p>6 BK1 / BK2 Dichtigkeit</p> <p>7 eDV, p = f (V, BK1+BK2) p = f (t,V)</p> <p>8 Ventile Dichtigkeit und Schaltung auf/zu (WA, DV) TV, SV, (siehe ESV → Patent) (BP 1/2, ZAV, siehe → IBS4)</p>	<p>Bei Überschreitung von Grenzwert</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pedalbetätigung • DV1 oder DV2
2c	<p>wie 2 b</p> <ul style="list-style-type: none"> • nach 1.000 PSD Druckerhöhung bis 150 bar 	<p>wie 2 b</p>		

Fig. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/053621

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>B60T 8/40</i> (2006.01) 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 2019002475 A1 (IPGATE AG [CH]) 03 January 2019 (2019-01-03) page 26, last paragraph - page 34, paragraph 2; figure 6	1,2,4,7-11,13-15,17, 18,22,23,32-40,42
X A	WO 2013037568 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]; DRUMM STEFAN A [DE] ET AL.) 21 March 2013 (2013-03-21) page 10, paragraph 1 - page 14, last paragraph; figure 1	1,2,4,7,8,14,15, 18,33,34,37,39 17,21
A	WO 2011141158 A2 (LUCAS AUTOMOTIVE GMBH [DE]; GILLES LEO [DE]; KOETH BORIS [DE]) 17 November 2011 (2011-11-17) page 27, line 7 - page 28, line 36; figure 15	1-42
A	WO 2014095283 A1 (LUCAS AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 26 June 2014 (2014-06-26) the whole document	1-42
A	DE 102013203672 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 04 September 2014 (2014-09-04) the whole document	1-42
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 09 April 2020		Date of mailing of the international search report 21 April 2020
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
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2020/053621

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2019002475	A1	03 January 2019	CN	110799393	A	14 February 2020
				DE	102017114556	A1	03 January 2019
				DE	112018003363	A5	12 March 2020
				WO	2019002475	A1	03 January 2019

WO	2013037568	A1	21 March 2013	DE	102011082492	A1	14 March 2013
				WO	2013037568	A1	21 March 2013

WO	2011141158	A2	17 November 2011	CN	102971192	A	13 March 2013
				DE	102010020002	A1	10 November 2011
				EP	2569192	A2	20 March 2013
				EP	2960124	A1	30 December 2015
				US	2013207452	A1	15 August 2013
				US	2016059835	A1	03 March 2016
				US	2018281766	A1	04 October 2018
				WO	2011141158	A2	17 November 2011

WO	2014095283	A1	26 June 2014	CN	105073527	A	18 November 2015
				DE	102012025423	A1	26 June 2014
				EP	2934968	A1	28 October 2015
				ES	2619652	T3	26 June 2017
				US	2015344014	A1	03 December 2015
				WO	2014095283	A1	26 June 2014

DE	102013203672	A1	04 September 2014	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B60T8/40 ADD.		
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 2019/002475 A1 (IPGATE AG [CH]) 3. Januar 2019 (2019-01-03) Seite 26, letzter Absatz - Seite 34, Absatz 2; Abbildung 6 -----	1,2,4, 7-11, 13-15, 17,18, 22,23, 32-40,42
X	WO 2013/037568 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]; DRUMM STEFAN A [DE] ET AL.) 21. März 2013 (2013-03-21)	1,2,4,7, 8,14,15, 18,33, 34,37,39
A	Seite 10, Absatz 1 - Seite 14, letzter Absatz; Abbildung 1 ----- -/--	17,21
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
9. April 2020		21/04/2020
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	WO 2011/141158 A2 (LUCAS AUTOMOTIVE GMBH [DE]; GILLES LEO [DE]; KOETH BORIS [DE]) 17. November 2011 (2011-11-17) Seite 27, Zeile 7 - Seite 28, Zeile 36; Abbildung 15	1-42
A	----- WO 2014/095283 A1 (LUCAS AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 26. Juni 2014 (2014-06-26) das ganze Dokument	1-42
A	----- DE 10 2013 203672 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 4. September 2014 (2014-09-04) das ganze Dokument	1-42

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/053621

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2019002475 A1	03-01-2019	CN 110799393 A	14-02-2020
		DE 102017114556 A1	03-01-2019
		DE 112018003363 A5	12-03-2020
		WO 2019002475 A1	03-01-2019

WO 2013037568 A1	21-03-2013	DE 102011082492 A1	14-03-2013
		WO 2013037568 A1	21-03-2013

WO 2011141158 A2	17-11-2011	CN 102971192 A	13-03-2013
		DE 102010020002 A1	10-11-2011
		EP 2569192 A2	20-03-2013
		EP 2960124 A1	30-12-2015
		US 2013207452 A1	15-08-2013
		US 2016059835 A1	03-03-2016
		US 2018281766 A1	04-10-2018
		WO 2011141158 A2	17-11-2011

WO 2014095283 A1	26-06-2014	CN 105073527 A	18-11-2015
		DE 102012025423 A1	26-06-2014
		EP 2934968 A1	28-10-2015
		ES 2619652 T3	26-06-2017
		US 2015344014 A1	03-12-2015
		WO 2014095283 A1	26-06-2014

DE 102013203672 A1	04-09-2014	KEINE	
