



(10) **DE 10 2009 043 484 B4** 2018.05.03

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 043 484.4**
(22) Anmeldetag: **30.09.2009**
(43) Offenlegungstag: **31.03.2011**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **03.05.2018**

(51) Int Cl.: **B60T 13/128 (2006.01)**
B60T 13/68 (2006.01)
B60T 13/74 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(62) Teilung in:
10 2009 061 809.0

(73) Patentinhaber:
IPGATE AG, Pfäffikon, CH

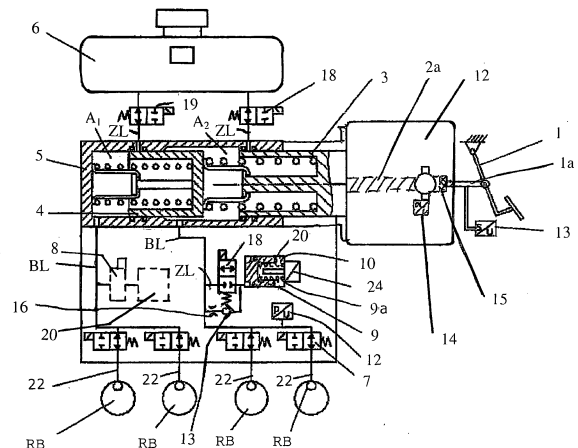
(74) Vertreter:
**Meissner Bolte Patentanwälte Rechtsanwälte
Partnerschaft mbB, 80538 München, DE**

(72) Erfinder:
**Leiber, Heinz, 71739 Oberriexingen, DE; Leiber,
Thomas, Dr., 81675 München, DE; Köglsperger,
Christian, 82538 Geretsried, DE; Unterfrauner,
Valentin, 80935 München, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

(54) Bezeichnung: **Bremssystem für ein Hybridfahrzeug und Verfahren zu seinem Betrieb**

(57) Hauptanspruch: Bremssystem für ein Hybridfahrzeug mit einer Steuereinrichtung und einem Bremspedal (1), welches zur Bremsdruckerzeugung mechanisch auf einen Kolben (3) eines Kolben-Zylinder-Systems wirkt, wobei zur Kraftunterstützung der das Bremspedal (1) betätigenden Person zusätzlich ein elektrischer Antrieb auf den Kolben (3) des Kolben-Zylinder-Systems wirkt, und der Druckaufbau in Radbremsen (RB) durch Verstellen des Kolbens (3) erfolgt, und jeder Radbremse (RB) oder jedem Bremskreis jeweils mindestens ein Schaltventil (7) zugeordnet ist, welches zum Druckhalten in der bzw. den zugeordneten Radbremse(n) (RB) geschlossen und zur Druckänderung in der bzw. den zugeordneten Radbremse(n) (RB) geöffnet ist, wobei die Steuereinrichtung den Antrieb (2) in Abhängigkeit des von der Person oder von einem Bremsregler vorgegebenen Hauptzylinderdrucks oder Radbremsendrucks zur Ansteuerung einer Kolbenposition und einer Antriebskraft ansteuert, wobei mindestens einer Radbremse (RB) oder mindestens einem Bremskreis ein Fluidspeicher (20, 20') zugeordnet ist, dessen Speicherkammer über ein schaltbares Speicherventil (8) mit einer Druckleitung (BL) der Radbremse (RB) bzw. des Bremskreises wahlweise verbindbar ist, wobei bei der ABS-Funktion der Fluidspeicher (20, 20') beim Druckabbau in einer Radbremse (RB) wahlweise zur Aufnahme von Fluid aus dieser Radbremse oder dem zugehörigen Bremskreis dient, dadurch gekennzeichnet, dass das Bremspedal (1) zur Bremsdruckerzeugung mechanisch über ...



(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	38 44 126	A1
DE	195 00 544	A1
DE	199 21 478	A1
DE	10 2008 005145	A1
DE	10 2006 055 766	A1
GB	22 42 245	A
US	71 46 812	B2
WO	2006/1 11 392	A1
WO	2006/1 11 393	A1
WO	2009/0 83 216	A2
WO	2009/0 83 216	A3
WO	2009/0 83 217	A2
WO	2010/ 017 998	A1

**Bremsenhandbuch : Grundlagen,
Komponenten, Systeme, Fahrdynamik. 1. Aufl.
Wiesbaden :Vieweg [u.a.], 2003 (ATZ-MTZ-
Fachbuch). S. 78. - ISBN 978-3-663-9442-5**

**Reimpell, J. (Hrsg.): Fahrwerktechnik /
Radschlupf-Regelssysteme. 1. Aufl. Würzburg:
Vogel, 1993. S. 285.- ISBN 3-8023-0477-2**

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Bei PKW werden fast ausschließlich sogenannte Hilfskraftsysteme mit geschlossenen Bremskreisen eingesetzt. Ausnahme ist das Elektro-Hydraulische-Bremssystem EHB, bei dem zum Druckabbau für die ABS-/ESP-Funktion der Bremskreis geöffnet wird. Bei Ausfall der Druckversorgung ist auch bei dem EHB-System der Bremskreis geschlossen. Für die üblichen Systeme mit Bremskraft-Vakuumverstärker, mit Tandem-Hauptzylinder THZ und separater Hydraulikeinheit wird für ABS/ESP im Niederdruckkreis eine Speicherkammer SPK eingesetzt.

[0002] In Reimpell Fahrwerktechnik, Radschlupfsysteme, Vogel Business Media Verlag, 1993, S. 285 ist ein ABS-System mit einem Niederdruckspeicher, der sogenannten Speicherkammer SPK, zwischen Auslassventil und Pumpe beschrieben. Die Speicherkammer ist somit in der Saugleitung der Pumpe eingeschaltet. Bei diesem System ist zusätzlich ein Rückschlagventil vorgesehen. Die Speicherkammer ist vorteilhaft für einen schnellen Druckabbau aus dem Radbremszylinder, insbesondere wenn das Druckgefälle hoch ist. Bei kleinem Druckgefälle, z. B. auf Eis mit einem Blockierdruck von ca. 10 bar und einem Speicherkammerdruck von 5 bar, ist dies nicht mehr der Fall. Das in die Speicherkammer abgelassene Volumen wird von der Pumpe zurück in den Hauptbremszylinder gepumpt.

[0003] Im Bremsenhandbuch von 2003 ist auf S. 78 das gesamte hydraulische ESP-System dargestellt. Auch hier ist die Speicherkammer im Pumpenkreis zwischen Auslassventil und Pumpe eingebaut, und somit ebenfalls im Niederdruckkreis in der Saugleitung. Zwischen der Pumpe und dem Hauptzylinder HZ ist ein Vorventil angeordnet, welches notwendig ist, wenn für ASR oder ESP-Funktion die Pumpe aus dem Hauptzylinder Volumen zum Bremsdruckaufbau im Radzylinder ansaugt ohne dass das Bremspedal betätigt wird. Die Funktion der Speicherkammer ist gleichwertig zum ABS. Es wird für jeden Bremskreis eine Speicherkammer eingesetzt.

[0004] Eine zusätzliche Speicherkammer wird bei Bremssystemen für Hybridfahrzeuge eingesetzt. Hier ist diese Speicherkammer im Primärkreis zwischen HZ und ABS-Regelventilen angeordnet und nimmt das Volumen vom Hauptzylinder in der Phase auf, bei der das Bremsmoment des Generators bei der Rekuperation groß ist und kein oder nur geringer Bremsdruck erlaubt ist. Da die Pedalcharakteristik (Weg und Kraft) zur normalen Bremsung ohne Generator gleich oder ähnlich sein soll, wirkt diese Speicherkammer zusammen mit einer sogenannten fluidischen Pedalkraftgegensimulation, wie sie aus der DE 10 2008 005 145 A1 bekannt ist.

Diese Pedalkraftgegensimulation und Speicherkammer sind fest auf einen Wert von Weg und Gegenkraftverlauf eingestellt. Weitere Lösungen mit Speicherkammern sind aus der WO2009/083217 A2 und WO2009/083216 A2 bekannt. Bei dem aus der WO2009/083217 A2 bekannten Bremssystem wird in der Speicherkammer ein bestimmtes Volumen mit ca. 5 bar gespeichert, welches dem Bremskreis bei einem bestimmten Weg des HZ-Kolbens oder Druck eingespeist oder zurück geführt wird. Der Vorteil liegt insbesondere bei einem Bremssystem mit Wegsimulator darin, dass ein Hauptzylinder mit kleinerem Durchmesser verwendet werden kann, wodurch die erforderlichen Spindelkräfte und das erforderliche Motormoment kleiner ist. Diese Speicherkammer wird bei dem Bremssystem gemäß WO2009/083216 A2 für eine Einstellung des Bremsluftspiels genutzt, um die Restreibung des Bremsbelages, was ca. 300 W ausmacht, zu beseitigen. Hierzu wird ebenso bei einem Wegsimulatorsystem nach WO2006/111392 A1, dem gattungsgemäßen Stand der Technik, der HZ-Kolben angesteuert und ein kleines Volumen in der Speicherkammer abgespeichert. Beim anschließenden Zurückfahren der Kolben entsteht ein Unterdruck, der über den Druckgeber gemessen wird. Wenn Unterdruck erreicht ist, ist die anschließende Kolbenbewegung in Relation zur Bewegung des Bremskolbens. Vorzugsweise werden die einzelnen Bremskolben hintereinander auf Luftspiel eingestellt.

[0005] Die geschilderten Anwendungen der Niederdruck-Speicherkammern sind entweder für konventionelle Bremssysteme mit getrenntem Bremskraftverstärker mit Tandemhauptzylinder und Druckmodulation mit der beschriebenen Rückförderpumpe oder ein Bremssystem mit Wegsimulator, bei der Pedalbewegung und HZ-Kolbenbewegung ungleich sind und erst bei Ausfall des Bremskraftverstärkers gleich sind.

[0006] Aus DE 10 2006 055 766 A1 ist ein Vakuumbremskraftverstärker bekannt.

[0007] Ausgehend von der WO 2006/111 392 A1 ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Bremssystem zum Einsatz in einem Hybridfahrzeug anzugeben.

[0008] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch das Bremssystem des unabhängigen Anspruchs 1 bzw. durch die Verfahren nach den Ansprüchen 14 bis 17 gelöst.

[0009] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen ergeben sich anhand der Unteransprüche.

[0010] Die Erfindung zeichnet sich vorteilhaft dadurch aus, dass eine Speicherkammer in Form eines Fluidspeichers vorgesehen ist, wobei die Spei-

cherkammer über ein schaltbares Speicherventil mit dem Bremskreis bzw. der Druckleitung zur Radbremse verbindbar ist und das Fluid aus dem Bremskreis bzw. der Druckleitung in die Speicherkammer abfließen kann. Würde der Druckabbau insbesondere bei schnellen Druckänderungen allein über den HZ- bzw. THZ-Kolben des Kolben-Zylinder-Systems erfolgen, würde dies evtl. zu schnelle und große und damit störende Pedalbewegungen aufgrund der Rückwirkung des Kolbens auf das Bremspedal bewirken. Das erfindungsgemäße Bremssystem weist vorteilhaft einen hochdynamischen E-Motor auf, der über ein Getriebe oder direkt den Druckstangenkolben des THZ bewegt und damit die Funktion des BKV erledigt und im MUX-Verfahren die Druckmodulation für ABS/ESP zusammen mit den Schaltventilen ermöglicht. Mit dem erfindungsgemäßen Bremssystem sind sehr schnelle Druckänderung möglich, was für das MUX-Verfahren notwendig ist, da in der Regel die Radbremsen hintereinander bedient werden.

[0011] Bei der ABS- und/oder ESP-Funktion kann der Druckabbau in einer Radbremse entweder allein mittels des der jeweiligen Radbremse zugeordnetem und geöffnetem Speicherventils erfolgen, wobei das Fluid aus dem Bremskreis nur in den Fluidspeicher strömt. Die Steuereinrichtung kann jedoch bei entsprechenden Bedingungen den Druckabbau durch Verstellung des Kolbens des Kolben-Zylinder-Systems und über den Fluidspeicher vornehmen. Dabei kann z.B. zuerst der Druckabbau über den Fluidspeicher und nachfolgend bzw. der verbleibende Druckabbau über die Kolbenverstellung erfolgen. Je nach Art des Bremsvorgangs kann der Druckabbau bei ABS/ESP jedoch auch allein durch Verstellung des Kolbens des Kolben-Zylinder-Systems über den Antrieb erfolgen.

[0012] Die hohe Dynamik hat beim Druckabbau eine entsprechend schnelle Pedalrückwirkung zur Folge, was störend ist, wenn beim schnellen Anbremsen oder bei μ -Sprung größere Druckänderungen anfallen, die große Pedalwegänderung erforderlich machen. Die erfindungsgemäße Lösung ist der Einsatz von je einem Fluidspeicher pro Bremskreis, vorzugsweise aber nur ein Fluidspeicher für beide Bremskreise im Primärkreis zusammen mit einem Druckgeber zwischen DK-Kolben und den beiden 2/2-Wege-Schaltventilen, welche in der Verbindungsleitung zur Radbremse eingesetzt sind. Der Fluidspeicher ist vorteilhaft mit einem 2/2-Wege-Magnetventil kombiniert, d. h. Füllung und Entleerung werden gesteuert. Ist nun in Sonderfällen eine höhere Druckänderung notwendig, so wird ein Teil des Bremsflüssigkeitsvolumens des oder der Radzylinder bei geöffnetem Ventil in den Fluidspeicher eingeleitet. Der Rest der Druckabsenkung kann durch entsprechende Kolbenbewegung mit entsprechender Pedalrückwirkung erfolgen. Diese Pedalrückwirkung kann hiermit in gewissen Grenzen gesteuert werden, indem

die Speicherkammer des Fluidspeichers anteilig für den Druckabbau mit eingeschaltet wird. Finden z. B. nun während der Regelung kleine Reibwertsprünge z. B. Wasserpfützen oder im Winter typisch zwischen Schnee und Eis statt, so ist die Pedalrückwirkung nicht mehr so heftig. Auch kann die Kolbengeschwindigkeit zum Druckabbau, d.h. Pedalrückwirkungsgeschwindigkeit, durch den Motor variiert werden. Insbesondere wird dieses Verfahren besonders deutlich bei einem negativen μ -Sprung, bei dem auch beim heutigen System eine starke Pedalrückwirkung spürbar ist, da die Rückförderpumpe die volle Speicherkammer schnell für weitere Druckabbauzyklen leeren muss. Hier kann die Pedalrückwirkung viel kleiner gestaltet werden als bei o. g. konventionellen Systemen gemäß des Standes der Technik.

[0013] Bei der Verstellung des Kolbens des Kolben-Zylinder-Systems zur Änderung des Drucks und/oder der Druckänderungsgeschwindigkeit in einer oder mehreren Radbremsen werden vorteilhaft die Druck-Volumen-Kennlinien der einzelnen Radbremsen berücksichtigt.

[0014] Während der fortlaufenden Regelung wird das im Fluidspeicher gespeicherte Volumen in kleinen Mengen nach und nach wieder in den Hauptzylinder zurückgeführt, wenn der Hauptzylinder-Druck bei der MUX-Druckmodulation unter den Speicherkammerdruck kommt. In diesem Fall wird das 2/2-Wege-Magnetventil kurzzeitig geöffnet, um ein kleines Volumen in den Hauptzylinderkreis einzuspeisen. In Grenzfällen, wie negativem und anschließend positivem μ -Sprung, kann das gespeicherte Volumen durch entsprechende Kolbensteuerung wieder in den Hauptzylinderkreis zurückgefördert werden, damit kann das Bremspedal wieder in die druckproportionale Pedalstellung kommen.

[0015] Zudem kann der Fluidspeicher in Phasen großen Radschlupfes und geschlossener Schaltventilen über die Kolbenbewegung mittels des Antriebes entleert werden.

[0016] Im beschriebenen Stand der Technik ist die Speicherkammer bzw. der Fluidspeicher im Niederdruck-Saugkreis der Pumpe angeordnet, die Entleerung wird zudem von der Pumpe bestimmt und kann nicht variabel gesteuert werden.

[0017] Beim erfindungsgemäßen Bremssystem kann der Fluidspeicher mit seinem zugeordnetem 2/2-Wege-Magnetventil für alle vorbeschriebenen Zusatzfunktionen verwendet werden. Diese sind nachfolgend aufgeführt:

a) Die Pedalsteuerung und Kraftrückwirkung bei Hybridfahrzeugen und rekuperativer Bremsung kann mit dem elektromotorischen Antrieb des Kolbens des Kolben-Zylinder-Systems zusammen mit dem Fluidspeicher erfolgen. Hier

zu ist eine fluidische Pedalkraftgegensimulation nicht notwendig. Der elektromotorische Bremskraftverstärker kann dabei vorteilhaft beliebig in der Bremskraftverstärkung auch mit umgekehrter Wirkung gegen die Pedalkraft wirken. Der Pedalweg ohne hydraulische Bremswirkung ist durch Einspeisung des Hauptzylinder-Volumens in den Fluidspeicher in weiten Grenzen möglich. Die elektrische Verstärkung ist voll variabel und richtet sich nach der gewollten Abbremsung und dem verfügbaren Generatorbremsmoment sowie den Reibungs- und Rückstellkräften der Kolben und des Antriebs.

b) Für die Bremslüftspielsteuerung wird entsprechend der WO2009/083216 A2 ein kleines Volumen im Fluidspeicher gespeichert, bei dem zunächst das 2/2-Wege-Magnetventil des Fluidspeichers öffnet und später schließt. Bei der anschließenden Rückstellung des Hauptzylinder-Kolbens kann dann über Unterdruck in den Kolbenkammern nacheinander das Lüftspiel der Bremskolben eingestellt werden, da auch hier der Unterdruck zur Verstellung der Bremskolben wirkt. Hierzu sind zusätzlich je ein Absperrventil zwischen Vorratsbehälter und Hauptzylinder bzw. Tandem-Hauptzylinder THZ notwendig, damit nicht über die Kolbendichtung Bremsflüssigkeit angesaugt wird.

c) Es kann eine Vorfüllung des Fluidspeichers bei Bremsbetätigung erfolgen. Da die Lüftspieeleinstellung ein kleines Zusatzvolumen an Fluid erfordert, kann sich dies unter Umständen negativ bei der anschließenden Bremsbetätigung im Pedalweg bemerkbar machen. Um dies zu vermeiden, kann nach der Lüftspieeleinstellung ein entsprechendes kleines Volumen in der Speicherkammer durch entsprechende Kolben und Schaltventil-Steuerung abgespeichert werden. Dieses wird nach Bremsbeginn bei einer entsprechenden Kolbenstellung nach Schließen des Schnüffellochs in den Hauptzylinder-Kreis eingespeist.

[0018] Die Speicherkammer hat für die vorgenannten Funktionen somit eine Mehrfachfunktion. Es genügt grundsätzlich ein Fluidspeicher im Primärkreis des Druckstangenkolbens. Es ist jedoch auch möglich, im Sekundärkreis des Schwimmkolbens einen Fluidspeicher mit zugehörigem Speicherventil anzuordnen.

[0019] Der eingesetzte Fluidspeicher weist vorteilhaft ein Kolben-Zylinder-System auf, wobei insbesondere ein Fluidspeicherantrieb oder mindestens eine Feder auf den Kolben zu dessen Verstellung wirkt, wobei die Feder den Kolben des Fluidspeichers druckbeaufschlagt, insbesondere vorspannt. So kann in einer möglichen Ausführungsform das in der Bremsleitung befindliche Fluid erst bei einem

Druck, der größer als ein voreingestellter oder einstellbarer Druck ist, den Kolben verstellen und somit in die Speicherkammer des Fluidspeichers strömen. Bei Druck Null im Bremskreis kann der Fluidspeicher auch über das Speicherventil voll entleert werden.

[0020] Der Fluidspeicher kann mittels Verstellen des Kolbens des Kolben-Zylinder-Systems für die verschiedenen vorgenannten Funktionen im Zusammenwirken mit dem Drucksensor sowie den Ventilen und dem Kolbenantrieb mit Fluid vollständig oder teilweise befüllt oder entleert werden.

[0021] Für die vorbeschriebenen Funktionen ist es für die Kolbenbewegung vorteilhaft, einen Schalter, der bei entsprechendem Kolbenweg schaltet, oder aber einen Wegsensor zur Ermittlung der Kolbenstellung des Fluidspeichers einzusetzen. Auch kann ein Drucksensor zur Ermittlung des Drucks im Fluidspeicher vorgesehen werden.

[0022] Die Größe des Volumens der Speicherkammer des Fluidspeichers kann vorteilhaft dem für einen μ -Sprung benötigten Fluidvolumen angepasst sein.

[0023] Nachfolgend werden einige mögliche Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Bremssystems anhand von Zeichnungen näher erläutert.

[0024] Es zeigen:

Fig. 1: Aufbau des erfindungsgemäßen Bremssystems;

Fig. 2: typischer Verlauf der ABS-Regelung mit den wichtigsten Daten der Regelung;

Fig. 3: zeitlicher Verlauf des Druckabbaus im Fluidspeicher;

Fig. 3a: zeitlicher Verlauf der Entleerung des Fluidspeichers;

Fig. 4: Grenzfälle der ABS-Regelung;

Fig. 5: Funktion des Bremskraftverstärkers $M_B = f(S_p)$

Fig. 5a: Funktion des Bremskraftverstärkers mit Einwirkung der Generatorbremswirkung.

[0025] Die **Fig. 1** zeigt den Grundaufbau des Systems mit elektrischem Bremskraftverstärker, welcher einen hochdynamischen Elektromotor aufweisen kann. Denkbar sind auch nicht gezeichnete Piezoaktoren, welche z. B. einen Kolben pro Bremskreis mit zwei Schaltventilen im MUX-Verfahren bewegen, und die Druckänderung für die Bremskraftverstärkung sowie die ABS/ESP-Funktion steuern. An den E-Motor mit vorzugsweise Spindeltrieb **2a** ist der Druckstangenkolben **3** fest gekoppelt, welcher im Tandemhauptzylinder **5** in bekannter Weise hydraulisch auf den Kolben **4** wirkt. In den Bremsleitungen **22** sind 2/2-Wege-Schaltventile **7** angeordnet.

net, welche zusammen mit dem Bremskraftverstärker den in WO2006/111393 A1 beschriebenen Multiplex-Betrieb ermöglichen. Das Bremspedal **1** wirkt über den Pedalstößel **1a** auf ein elastisches Glied **15**. Der Pedalweg wird vom Sensor **13** und die Motordrehung über den Sensor **14** erfasst. Der Sensor **14** kann als Winkelsensor, der auch den Kolbenweg erfasst, ausgebildet sein. Der Motorantrieb **2** wirkt in bekannter Weise über die Spindel **2a** auf den Kolben **3**. Anstelle der Spindel sind auch andere Antriebe denkbar, wie sie beispielhaft in WO2006/111392 A1 beschrieben sind. Das elastische Glied **15** kann sowohl der Dämpfung bei der Druckmodulation und der Dämpfung der Pedalrückwirkung bei ABS dienen, als auch in der Differenzwegauswertung zwischen Pedalwegsensoren **13** und Kolbenwegsensoren **14** zur BKV-Verstärkung verwendet werden, wie es in der WO 2010/ 017 998 A1 beschrieben ist. Die Funktionen Bremskraftverstärkung und Druckmodulation sind ebenfalls ausführlich in den WO2006/111393 A1 und WO2006/111392 A1 beschrieben. Neu ist bei dem erfindungsgemäßen Bremssystem, dass der Fluidspeicher **20** mit Kolben **9**, Rückstellfeder **10** und Kolbenwegschalter oder Sensor **24** direkt in der den Hauptzylinder mit den Schaltventilen **7** verbindenden Druckleitung BL zusammen mit einem zentralen Drucksensor angeordnet ist.

[0026] Gestrichelt ist ein zweiter optionaler Fluidspeicher **20'** dargestellt, mit dem eine Entleerung beider Bremskreise in die Fluidspeicher möglich ist.

[0027] Die Feder **10** spannt den Kolben **9** auf einen Wert zwischen 2 bis 4 bar, insbesondere 3 bar, vor. Erfolgt nun der beschriebene größere Druckabbau, so öffnet das Speicherventil **8** und gleichzeitig ein oder mehrere Schaltventile **7** und das Volumen strömt in die Speicherkammer des Fluidspeichers **20**. Im Detail ist der zeitliche Vorgang anhand der **Fig. 2 - Fig. 5a** erläutert. Die Entleerung kann definiert - wie später erläutert - über das Speicherventil **8** erfolgen, alternativ auch über das Rückschlagventil **16** mit Drossel, wenn der Hauptzylinderdruck niedriger als der Fluidspeicherdruck ist. Für die Druckmodulation und auch Fluidspeicher-Steuerung ist ein zentraler Druckgeber **12** eingebaut. Anstelle eines zentralen Fluidspeichers **20** kann auch im SPK-Kreis eine zweite SPK eingebaut werden.

[0028] In den Zuleitungen **ZL**, die den Vorratsbehälter **6** mit dem Tandemhauptzylinder **5** verbinden, ist jeweils ein Absperrventil **18**, **19** angeordnet. Die Absperrung erfolgt, wenn der Kolben **3** für die Bremsluftspielsteuerung ein Vakuum bzw. einen niedrigen Druck erzeugt, und somit ein Nachschnüffeln aus dem Vorratsbehälter nicht möglich ist. Alternativ kann dies durch entsprechende Kolbendichtungen im Tandemhauptzylinder **5** (THZ) vermieden werden, so dass die Absperrventile nicht notwendig sind.

[0029] Die **Fig. 2** zeigt einen typischen Verlauf der ABS-Regelung mit den wichtigsten Daten der Regelung für die Regelzyklen ① bis ⑤. Mit Beginn der Bremsung erfolgt der schnelle Druckaufbau, was bei P1 bereits ein Reglersignal zum Druckabbau auslöst. Der Regler bestimmt durch seinen Sollwert z. B. die Höhe des Druckabbaus, welcher direkt über das elastische Glied mit der Pedalrückwirkung korrespondiert. Liegt dieser ermittelte Wert über einem Grenzwert, so wird über die Zeit Δt_{MV8} das Speicherventil **8** zur Teilfüllung des Fluidspeichers **20** eingeschaltet, was im Detail anhand von **Fig. 3** beschrieben wird. Der Hauptzylinderdruck sinkt noch weiter, so dass bei P2 der Druckabbau beendet ist. Die Kurve $Sp(t)$ zeigt den Pedalweg über die Zeit. Ohne Fluidspeicher **20** wäre der Pedalweg Δs_p , mit Fluidspeicher **20** ergibt sich Δs_{p-red} . Der Anteil der Pedalwegrückwirkung kann in Grenzen durch entsprechende Steuerung des Speicherventils **8** variiert werden. Anschließend beginnt im Zyklus ① der bekannte Druckaufbau, was im Zyklus ② zu einem erneuten Druckabbau führt. Hier ist der Druckabbau klein, so dass die Speicherkammer erst eingeschaltet wird, wenn der Druck im Hauptzylinder HZ unter dem Druck des Fluidspeichers **20** liegt. Über eine kurze Zeit wird hier ein kleines Volumen in den Hauptzylinder eingelassen. Dabei entleert sich die Speicherkammer um Δs_s mit entsprechender Auswirkung in der Pedalrückwirkung um Δs_p . Im sich daran anschließenden Regelzyklus ③ wiederholt sich diese Entleerung. Im Zyklus ④ ist wieder ein größerer Druckabbau notwendig, was wieder die Aktivierung des Speicherventils **8** über die Zeit Δt_{MV8} bedingt. Der Zyklus ⑤ ist wieder normal wie bei ② und ③, da nur ein kleiner Druckabbau erfolgt, der ohne die Befüllung des Fluidspeichers **20**, d.h. allein durch die Kolbenverstellung, erfolgt. Über die kleine Fluidspeicherentleerung kann im Verlauf der Regelung der gesamte Fluidspeicher **20** entleert werden, wobei der Entleerungsvorgang im Wesentlichen von dem Befüllungsgrad des Fluidspeichers **20** und der Zeitdauer der gesamten ABS-Regelung abhängig ist.

[0030] Die **Fig. 3** zeigt den zeitlichen Verlauf des Druckabbaus P in der Radbremse **RB** mittels des Fluidspeichers **20** und der Kolbenverstellung des Kolbens **3**. Zudem ist der Wegverlauf $s_s(t)$ des Kolbens des Fluidspeichers **20** dargestellt. Zum Zeitpunkt ① erfolgt vom Regler der Befehl zum Druckabbau, gleichzeitig werden das Speicherventil **8** und das Schaltventil **7** angesteuert, d.h. in die geöffnete Stellung geschaltet. Nach der Verzögerungszeit $t_{VMV/M}$ erfolgt nun über das Speicherventil **8** der Druckabbau über die Zeit Δt_{MV8} . Zum Zeitpunkt ② schließt das Speicherventil **8**. Daran anschließen kann sich eine kurze Druckhaltephase, die zur Auswertung des Druckniveaus dient. Der Regler vergleicht die Druckdifferenz ΔP_{MV} mit dem Sollwert Δp . Nach einer kleinen Zeitdifferenz von Δt zu ② kann erneut die Motor- und damit die Kolbenverstellung mittels des An-

triebs erfolgen, so dass nach Δp_K der Sollwert bei ④ erreicht ist. In der Phase Δt_{MV8} füllt sich der Fluidspeicher **20**. Fallweise kann der gesamte Druckabbau durch Δt_{MV8} erledigt werden, insbesondere im höheren Druckbereich. Im kleinen Druckbereich begrenzt der Fülldruck des Fluidspeichers **20** von ca. 2 - 5 bar den Druckabbau, so dass hier die Kolbenverstellung mittels Antrieb unumgänglich ist. Bekanntlich ist eine Drucksteuerung über die Zeitsteuerung der Magnetventile ungenau. Das System hat z. B. bei Inbetriebnahme ein Kennfeld der Druckvolumen angelegt bzw. ermittelt, d.h. Druckvolumenwegkennlinien der gesamten Bremse und jeder Radbremse wurden aufgenommen, nach denen anschließend die Drucksteuerung über die Kolbenverstellung erfolgt, d.h. ein Quotient $\Delta V/\text{bar}$ liegt für den ganzen Regelbereich 100 bis 1 bar vor. Auf dieser Basis kann dann ein weiteres Kennfeld für die Radbremsen $\Delta p = f(\Delta T, p_o)$ angelegt werden, so dass die Drucksteuerung wahlweise vom einem Rad bis zu vier Rädern gleichzeitig möglich und genau ist.

[0031] Die Fig. 3a zeigt den zeitlichen Vorgang der Fluidspeicher-Entleerung. Nach ① erfolgt die vorzugsweise gleichzeitige Ansteuerung von Magnet-schaltventil **7** und des Antriebsmotors und zeitversetzt des Speicherventils **8**. Der Druckabbau über Kolbenverstellung ohne Fluidspeicherbefüllung S_K wird eingeleitet, wenn kleinere Δp vom Regler gefordert sind. Der strichpunktierte Verlauf des Hauptzylinderdrucks im Primärkreis des Kolbens **3** unterschreitet insbesondere bei niedrigem Blockierdruckniveau von p_o das Druckniveau der Speicherkammer. Bei ② unterschreitet der P_{HZ} den Fülldruck P_S des Fluidspeichers **20**. Hier öffnet das Schaltventil **7** und ein wählbares kleines Volumen wird durch die Fluidspeicher-entleerung ΔS_s in den Primärkreis übernommen. Wie anhand der Fig. 2 bereits beschrieben, wiederholt sich dies bei kleinen Δp -Werten bis der Fluidspeicher **20** leer ist. Auch für diese Zeitsteuerung des Speicherventils **8** kann ein Kennfeld $\Delta S = f(\Delta T, p_S)$ angelegt werden.

[0032] Die Fig. 4 zeigt Grenzfälle der ABS-Regelung: den sog. μ -Sprung von high auf low und wieder auf high. Gezeigt wird ähnlich Fig. 2 der Verlauf von v_R, v_F, p_R, s_P und ss. Zum Zeitpunkt ① setzt die Regelung ein wie in den Fig. 2 und Fig. 3 beschrieben. Zum Zeitpunkt ③ erfolgt der μ -Sprung mit einer großen Druckänderung Δp . Wie in Fig. 3 beschrieben, erfolgt der Druckabbau in Stufen.

[0033] Der Speicherkammer-Hub des Fluidspeichers Δs_s ist entsprechend groß, trotzdem ergibt sich eine nur relativ kleine Pedalbewegung von $\Delta s_{P,red}$. Diese ist im Vergleich zum gestrichelten Verlauf von p erheblich kleiner. Zur Minderung der Pedalrückwirkung kann bei ③a die Druckänderungsgeschwindigkeit und somit auch die Pedaländerungsgeschwindigkeit verkleinert werden. Dies kann auch im gan-

zen Regelbereich angewandt werden, insbesondere wenn die vom Regler vorgegebene Druckänderung klein ist. Nach dem Druckabbau beschleunigt die Radgeschwindigkeit wieder in den kleineren Schlupfbereich, so dass bei ④ bereits der nächste Regelzyklus auf low μ startet. Bei ⑤ erfolgt nun der positive μ -Sprung, welcher durch entsprechend hohe Radbeschleunigung erkannt werden kann. Es folgt unmittelbar ein größerer Druckaufbau $+\Delta p$. Damit anschließend ein weiterer notwendiger Druckaufbau nicht zu großen Pedalwegen führt, wird zwischen ⑤ und ⑥ durch entsprechende Kolbensteuerung der Fluidspeicher solange entleert, bis bei ⑥ wieder das Druckniveau erreicht ist, um die Regelzyklen auf high μ zu starten.

[0034] Alternativ oder zusätzlich zu dieser Entleerung kann die Fluidspeicher-Entleerung auch schon früher z.B. nach ③a - wie gestrichelt gezeichnet - bei ⑦ erfolgen, insbesondere wenn durch höheren Schlupf die Schaltventile **7** geschlossen sind. Die Entleerung kann zur Optimierung der Pedalrückwirkung in beliebiger Zeitfunktion auch gestuft realisiert werden. Die Entleerung erfolgt im Zusammenwirken der Kolbensteuerung, Ansteuerung der Schaltventile und des Speicherventils.

[0035] Mit dieser Lösung ist eine erhebliche Verbesserung der Pedalperformance im Vergleich zum heutigen ABS/ESP möglich. Die störenden Pedalstöße bei Regenpfützen, Eisplatten werden erheblich verringert.

[0036] Nachfolgend wird nun eine weitere zweite Funktion „Belaglüftspieleinstellung mit Unterdruck“ mittels des Fluidspeichers, wie sie aus der WO2009/083216 A2 bekannt ist, beschrieben. Bekanntlich ist durch die leicht anliegenden Bremsbeläge eine Reibleistung im Mittel von 300 W \approx 8g CO₂ verbunden. Mit dem erfindungsgemäßen Bremssystem lässt sich dies auf einfache Weise verbessern. Wenn der Bremsvorgang abgeschlossen ist folgt der Ablauf der Lüftspieleinstellung, wenn der Fahrer vorzugsweise das Gaspedal betätigt und eine Geschwindigkeit von mehr als 10 km/h vorliegt.

[0037] Zu Beginn der Belaglüftspieleinstellung wird der Kolben **3** über den Motorantrieb **2** um einen kleinen Weg bzw. Volumen vorgefahren. Dieser ist so bemessen, dass bei anschließendem Zurückfahren der Kolben **3** und **4** der Unterdruck zur Lüftspieleinstellung aller Bremskolben möglich ist. Bei geöffnetem Ventil **8** werden dann die Fluidspeicher **20, 20'** entsprechend gefüllt. Anschließend werden die Speicherventile **8** geschlossen. Nach dem Schließen der Speicherventile **8** wird eines der Schaltventile **7** geöffnet. Der Kolben **3**, welcher sich immer noch in der ausgefahrenen Stellung befindet, wird vom Motorspindeltrieb ein Stück Richtung Ausgangsstellung zurückgezogen. Dadurch entsteht Unterdruck, wel-

cher sich über die Bremsleitungen **22** auf die Radbremse **RB** mit dem Bremskolben überträgt, dessen Schaltventil **7** geöffnet ist. Nun werden die restlichen drei Radbremsen **RB** durch sequentielles Öffnen der jeweiligen Regelventile zurückgezogen. Der Fahrweg des Kolbens **3** ist über das Flächenverhältnis mit dem Bremskolben proportional zu dessen Fahrweg des Bremskolbens. In dieser Phase wird der Unterdruck über den Druckgeber **12** ausgewertet, so dass erst unter einem Druckniveau oder zeitlichem Druckverlauf die Kolbenbewegung bewertet wird. Mit zeitlichem Druckverlauf ist gemeint, dass, wenn der Unterdruck über die Kolbenreibung konstant ist, dies gleichbedeutend mit einer Bewegung des Bremskolbens ist. Abschließend werden die Speicherventile **8** wieder geöffnet. Somit wird der Unterdruck im Tandemhauptzylinder THZ aufgehoben. Aufgabe der Absperrventile **18** ist es, zu verhindern, dass während der Unterdruckphase im THZ Bremsflüssigkeit aus dem Vorratsbehälter über die THZ-Dichtungen in die Arbeitsräume A_1 und A_2 des THZ gelangt. Es ist auch möglich, alle Bremskolben der Radbremsen **RB** gleichzeitig zurückzuziehen, indem in der Unterdruckphase alle Schaltventile **7** geöffnet werden.

[0038] Eine weitere dritte Funktion „Vorfüllung oder Nachförderung“ kann ebenfalls mittels des Fluidspeichers realisiert werden. Die zuvor beschriebene Lüftspieleinstellung bedingt einen kleinen Hub der Bremskolben, was eine kleine Pedalwegverlängerung bedeutet. Dies kann durch eine Vorfüllung des Fluidspeichers nach Abschluss der zweiten Funktion eliminiert werden. Hierzu wird, wenn der Fahrer nicht bremst, der Kolben **3** über den Motorantrieb **2** ähnlich wie bei der zweiten Funktion kurz über einen kleinen Weg oder bis zu einem bestimmten Druck bewegt, allerdings bei geschlossenen Schaltventilen **7**. Nachdem das entsprechende Volumen in den Fluidspeicher **20** eingespeist ist, erfolgt ein Schließen des Speicherventils **8** und ein Zurückfahren des Kolbens **3** in die Ausgangsstellung. Bei der folgenden Bremsung wird dieses Volumen aus dem Fluidspeicher **20** in die Bremskreise durch Schalten des Speicherventils **8** eingespeist, wenn die Kolben **3** und **4** das Schnüffelloch überfahren haben. Dieses Verfahren kann z. B. erweitert werden, um kleinere HZ-Durchmesser einzusetzen und um die Belastung des gesamten Antriebes zu reduzieren. Hierzu wird ein größeres Volumen in dem Fluidspeicher **20** gespeichert und vorzugsweise bei größerem Pedalhub durch entsprechende Kolbensteuerung in die Bremskreise gefördert. Dies erfolgt vorzugsweise bei einem größeren Pedalweg, gegebenenfalls auch in Stufen. Für die zweite und dritte Funktion ist es von Vorteil, einen Kolbenwegscharakter oder Sensor **24** einzusetzen, der auch nützlich ist für die Diagnose, z. B. Kennfeldeinstellung.

[0039] Die vierte mögliche Funktion „Pedalcharakteristik bei Hybridfahrzeug“ wird nachfolgend beschrie-

ben. Bekanntlich ist dieselbe Pedalcharakteristik bezüglich Pedalweg und Pedalkraft sowohl bei normaler Bremsung als auch mit zusätzlicher Bremswirkung des Generators, z. B. bei Rekuperation, erwünscht. In der DE 102008005145 A1 ist eine Lösung mit Speicherkammer im Zusammenwirken mit einer fluidischen Pedalkraft-Gegensimulationseinrichtung mit fester Einstellung von Kraft und Weg beschrieben. Diese Lösung ist aufwändig und nicht variabel für stark schwankende Generatorbremsmomente, um in jedem Fall eine gleiche Pedalcharakteristik wie die normale Bremse zu erreichen. Es fehlt hier z.B. auch ein Pedalweg- oder Kolbenwegscharakter. Ein Druckgeber ist z.B. im Schwimmskolbenkreis angeordnet ohne detaillierte Beschreibung der Funktion und nicht im Primärkreis des Druckstangenkolbens, wo auch eine Speicherkammer mit Magnetventil und eine Speicherkammer ohne Sensor vorgesehen ist, um bei rekuperativer Bremsung einen Pedalweg und eine Pedalkraft ohne Wirkung der hydraulischen Bremse zu erreichen. Parallel wird Druckmittel in die Pedalkraft-Gegensimulationseinrichtung und Speicherkammer eingesteuert, damit eine ähnliche Pedalwegcharakteristik wie ohne Generatorbremswirkung erreicht wird.

[0040] Bei der erfinderischen Lösung ist die Pedalkraft-Gegensimulation über den elektrischen Antrieb voll variabel im Zusammenwirken mit dem steuerbaren Fluidspeicher **20** zusammen mit der Messung des Drucks im Primärkreis sowie des Pedalwegs.

[0041] Die Fig. 5 beschreibt die Funktion der normalen Bremse $M_B = f(s_p)$ mit Pedalkraft und Kolbenkraft, welche vom Elektroantrieb zusätzlich zur Pedalkraft aufgebracht wird. Das Verhältnis F_K/F_P ergibt die Verstärkung.

[0042] Die Fig. 5a zeigt in einfacher Darstellung die Funktion mit Einwirkung der Generatorbremswirkung M_G . Der Fahrer betätigt die Bremse, bei der eine Generatorbremswirkung M_G entsprechend der gewollten Abbremsung abgerufen wird. Mit ansteigendem Bremsmoment M_B (Abbremsung) steigt das vom Fahrer über die Pedalkraft und den Pedalweg gesteuerte M_B an. Das Bremsmoment M_B von der hydraulischen Bremse ist erst nach ① wirksam. Hier ist die gewünschte Abbremsung größer als das Generatorbremsmoment M_G , so dass nun durch Schließen des Speicherventils der Druck im Bremskreis aufgebaut wird und ein hydraulisches Bremsmoment M_P durch den Bremsdruck entsteht. In dieser Phase entsteht bis ① der übliche Pedalweg und die gewohnte Pedalkraft mittels des Fluidspeichers **20** und der variablen Verstärkung des elektrischen Antriebs. Da diese Kraft des elektrischen Antriebs nicht auf den Kolben **3** mit entsprechender Gegenkraft wirken darf, erfolgt die Volumenverdrängung s_s in den Fluidspeicher **20**. Die Motorkraft F_M wird hier vom Elektroantrieb erzeugt, die in der ersten Phase bis ① teilweise für die Pedalkraft entsprechend schwächer verstärkend wirkt als

ohne Generatorbremswirkung M_G . Erst ab ① wirkt F_M stark verstärkend bei höherer Abbremsung. Hier wirkt ab ① entsprechend der höheren Abbremsung auch das M_P aus dem Druck in den Radbremsen. In Sonderfällen kann die Kraft vom Elektroantrieb auch gegen die Pedalkraft wirken. Die strichpunktierten Linien zeigen die Kraftereinwirkung des Elektroantriebes über den Pedalweg mit und ohne Generatorbremswirkung M_G .

[0043] Im vorliegenden Beispiel ist M_G konstant, kann aber in der Praxis fallweise über den Abbremszeitraum ansteigen. In diesem nicht gezeichneten Fall muss aus den Radbremsen Druck reduziert werden, indem entsprechendes Volumen in den Fluidspeicher eingespeist wird. Hierzu ist neben der entsprechend gesteuerten Kolbenbewegung der Kolben **3**, **4** eine Druckmessung über den Drucksensor **11** notwendig. Die unterschiedlichen Bedingungen für das Hybridfahrzeug mit einer guten Bremsdosierung erfordern eine variable Pedalkraftsimulation, was mit einem hochdynamischen Elektroantrieb möglich ist.

[0044] Diese möglichen Funktionen hoher Komplexität können bei einem hochdynamischen Elektroantrieb mit kleinem Aufwand mittels eines Speicherventils **8** und dem Fluidspeicher **20** realisiert werden.

20,20'	Fluidspeicher
22	Bremsleitung
24	Kolbenwegscharter
ZL	Zufuhrleitung
RB	Radbremse
V_R	Radgeschwindigkeit
V_F	Fahrzeuggeschwindigkeit
P_R	Raddruck
P_{HZ}	HZ-Druck
ΔT_{MV8}	Ansteuerzeit MV 8
Δss	Kolbenweg SPK
S_P	Pedalweg
ΔS_P	Pedalhub
ΔS_{P-red}	reduzierter Pedalhub mit SPK
T_v	Verzögerungszeit MV / Motor
M_B	Bremsmoment
M_P	hydraulischer Bremsmoment
M_G	Generatorbremsmoment
F_P	Pedalkraft

Bezugszeichenliste

1	Bremspedal
1a	Pedalstößel
2	Motorantrieb
2a	Spindel
3	Kolben
4	Kolben
5	Tandemhauptzylinder
6	Vorratsbehälter
7	Schaltventile
8	Speicherventil
9	Kolben
10	Rückstellfeder
11	Drucksensor
12	Druckgeber
13	Sensor
14	Kolbensensor
15	elastisches Glied
16	Rückschlagventil
18	Absperrventil
19	Absperrventil

Patentansprüche

1. Bremssystem für ein Hybridfahrzeug mit einer Steuereinrichtung und einem Bremspedal (1), welches zur Bremsdruckerzeugung mechanisch auf einen Kolben (3) eines Kolben-Zylinder-Systems wirkt, wobei zur Kraftunterstützung der das Bremspedal (1) betätigenden Person zusätzlich ein elektrischer Antrieb auf den Kolben (3) des Kolben-Zylinder-Systems wirkt, und der Druckaufbau in Radbremsen (RB) durch Verstellen des Kolbens (3) erfolgt, und jeder Radbremse (RB) oder jedem Bremskreis jeweils mindestens ein Schaltventil (7) zugeordnet ist, welches zum Druckhalten in der bzw. den zugeordneten Radbremse(n) (RB) geschlossen und zur Druckänderung in der bzw. den zugeordneten Radbremse(n) (RB) geöffnet ist, wobei die Steuereinrichtung den Antrieb (2) in Abhängigkeit des von der Person oder von einem Bremsregler vorgegebenen Hauptzylinderdrucks oder Radbremsendrucks zur Ansteuerung einer Kolbenposition und einer Antriebskraft ansteuert, wobei mindestens einer Radbremse (RB) oder mindestens einem Bremskreis ein Fluidspeicher (20, 20') zugeordnet ist, dessen Speicherkammer über ein schaltbares Speicherventil (8) mit einer Druckleitung (BL) der Radbremse (RB) bzw. des Bremskreises wahlweise verbindbar ist, wobei bei der ABS-Funktion der Fluidspeicher (20, 20') beim Druckabbau in einer Radbremse (RB) wahlweise zur Aufnahme von Fluid aus dieser Radbremse oder dem zugehörigen Bremskreis dient, **dadurch gekennzeichnet**, dass

das Bremspedal (1) zur Bremsdruckerzeugung mechanisch über ein elastisches Glied (15) auf den Kolben (3) des Kolben-Zylinder Systems wirkt, und wobei eine Krafrückwirkung auf das Bremspedal (1) bei einem Wirken eines Generatorbremsmoments eines Elektroantriebs des Hybridfahrzeugs durch ein Verstellen des Kolbens (3) mittels des Antriebs bei gleichzeitigem Befüllen des Fluidspeichers (20, 20') eingestellt wird.

2. Bremssystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Fluidspeicher (20, 20') in einem Druckkolbenkreis angeordnet ist, und das Befüllen und ein Entleeren des Fluidspeichers (20, 20') sowie ein Nachfüllen des Bremskreises mit Fluid mittels der Schaltventile (7) und dem Speicherventil (8) sowie mittels entsprechender Ansteuerung des Kolbenantriebs erfolgt.

3. Bremssystem nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Drucksensor (11) in mindestens einem Bremskreis den Druck ermittelt und der ermittelte Druck zur Steuerung der Füllung und Entleerung des Fluidspeichers (20, 20') dient.

4. Bremssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Betätigen des Bremspedals (1) über einen Pedalweg zum Bremsen des Hybridfahrzeugs, ein erster Teilabschnitt des Pedalwegs einer ersten Phase und ein zweiter Teilabschnitt des Pedalwegs einer zweiten Phase zugeordnet ist, wobei in der ersten Phase über ein entsprechendes Steuern des Speicherventils (8) eine Volumenverdrängung in den Fluidspeicher (20) erfolgt und ein hydraulisches Bremsmoment (M_p) erst in der zweiten Phase durch ein Schließen des Speicherventils (8) bewirkt wird.

5. Bremssystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einem niedrigen Ansprechdruck des Fluidspeichers (20, 20'), nämlich kleiner 10 bar, der Druckabbau in einer Radbremse (RB) ausschließlich mittels des der jeweiligen Radbremse (RB) zugeordneten und geöffneten Speicherventils (8) erfolgt.

6. Bremssystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Fluidspeicher (20, 20') ein Kolben-Zylinder-System umfasst und mindestens eine Feder auf den Kolben des Kolben-Zylinder-Systems des Fluidspeichers (20, 20') zu dessen Verstellung wirkt, wobei die Feder den Kolben des Fluidspeichers druckbeaufschlagt.

7. Bremssystem nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Fluidspeicher (20, 20') einen Fluidspeicherantrieb umfasst, der auf den/einen Kolben des/eines Kolben-Zylinder-Systems des Fluidspeichers (20, 20') zu dessen Verstellung und zu dessen Entleerung wirkt.

8. Bremssystem nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Drucksensor den Fluiddruck in der Speicherkammer des Fluidspeichers (20, 20') oder ein Sensor die Kolbenverstellung des Kolbens des Fluidspeichers (20, 20') ermittelt.

9. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Fluidspeicher (20, 20') genau einem Bremskreis mit zwei Radbremsen zugeordnet ist.

10. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung für die Verstellung des Kolbens (3) des Kolben-Zylinder-Systems die Druck-Volumen-Kennlinien der einzelnen Radbremsen (RB) berücksichtigt.

11. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung für die Verstellung des Kolbens (3) des Kolben-Zylinder-Systems (5) zur Erzeugung einer Druckdifferenz $dp=f(dT, p_0)$ ein adaptives Kennfeld verwendet.

12. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung zur Entleerung des Fluidspeichers (20, 20') eine ermittelte und in einem Speicher abgelegte Funktion $ds=f(dT, P_s)$ verwendet.

13. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung mittels des Kolbenantriebs (2) einen variablen Druckgradienten im Hauptzylinder (5) einregelt oder -steuert.

14. Verfahren zum Betrieb eines Bremssystems nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einem positiven μ -Sprung der Fluidspeicher (20, 20') entleert wird.

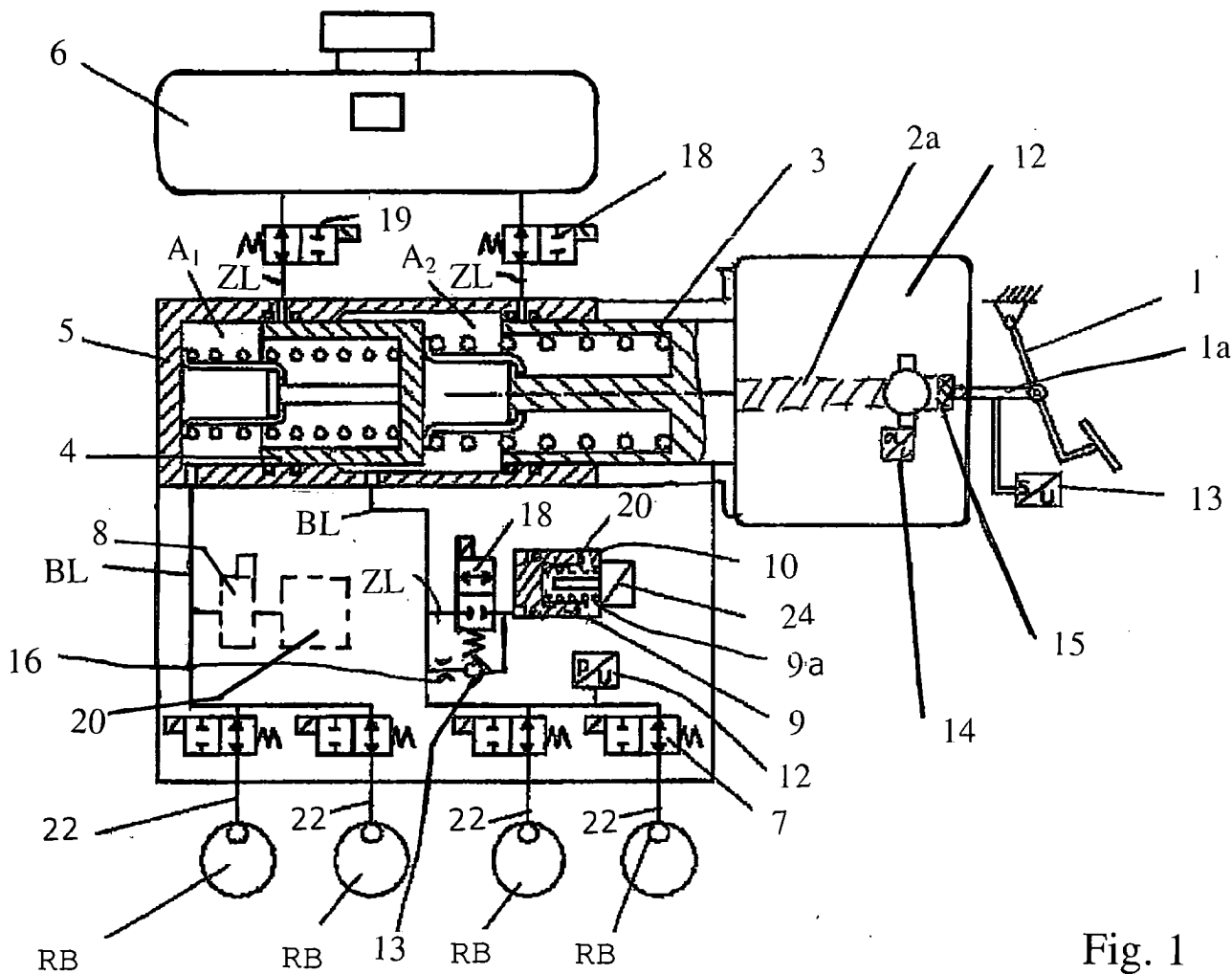
15. Verfahren zum Betrieb eines Bremssystems nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die/eine Entleerung des Fluidspeichers (20, 20') während einer anhaltenden Phase geschlossener Schaltventile (7) erfolgt.

16. Verfahren zum Betrieb eines Bremssystems nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mittels des Bremssystems ein Bremsbelagluftspiel in den Radbremsen (RB) eingestellt wird.

17. Verfahren zum Betrieb eines Bremssystems nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Fluidspeicher (20, 20') bei entsprechender Ansteuerung der Schaltventile (7) und des Speicherventils (8) gefüllt wird und das im Fluidspeicher (20, 20') gespeicherte Fluidvolumen

bei Bremsbeginn in den Bremskreis eingespeist wird,
wobei ein Schnüffelloch des Tandemhauptzylinders
(5) durch den Kolben (3) geschlossen ist.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen



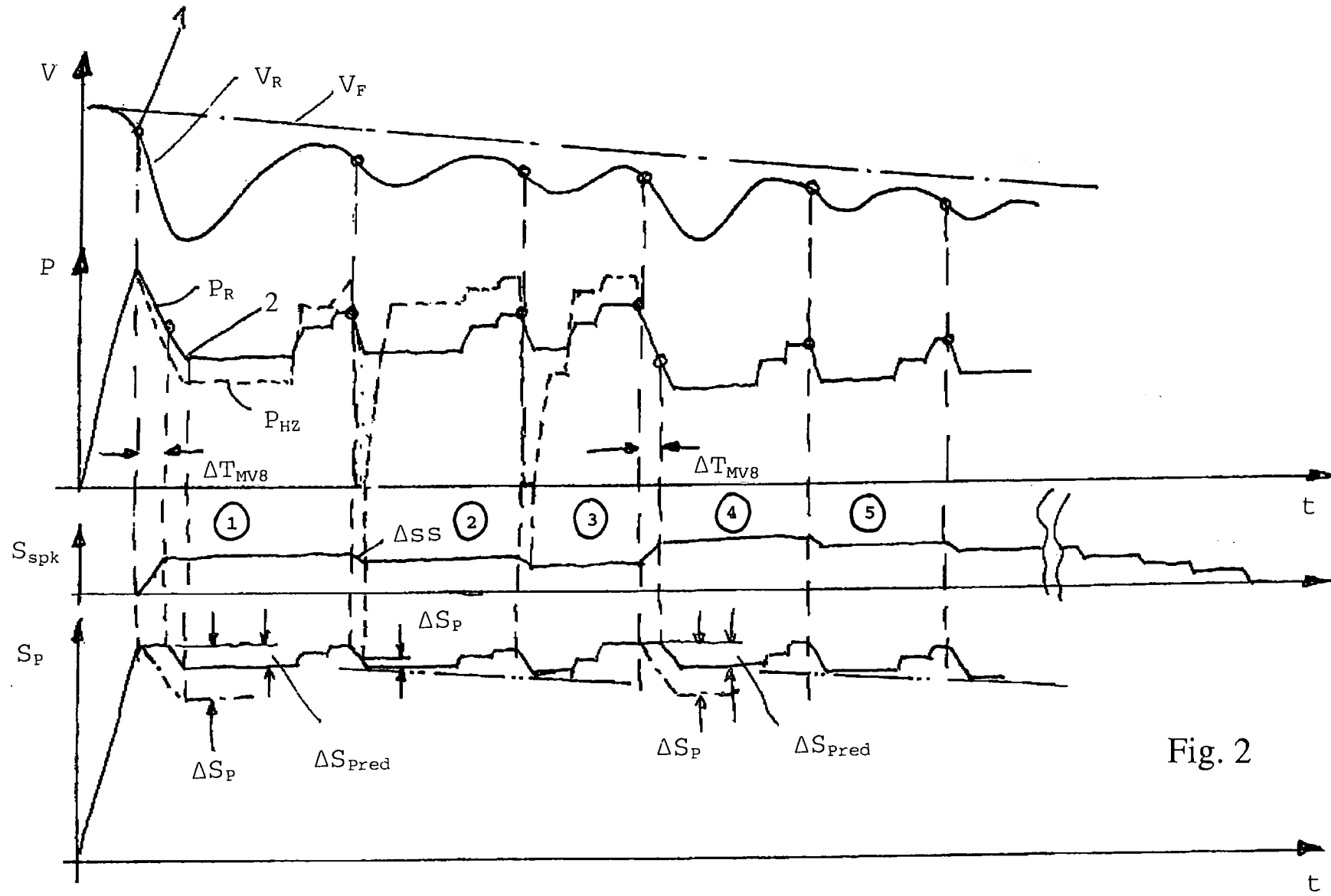
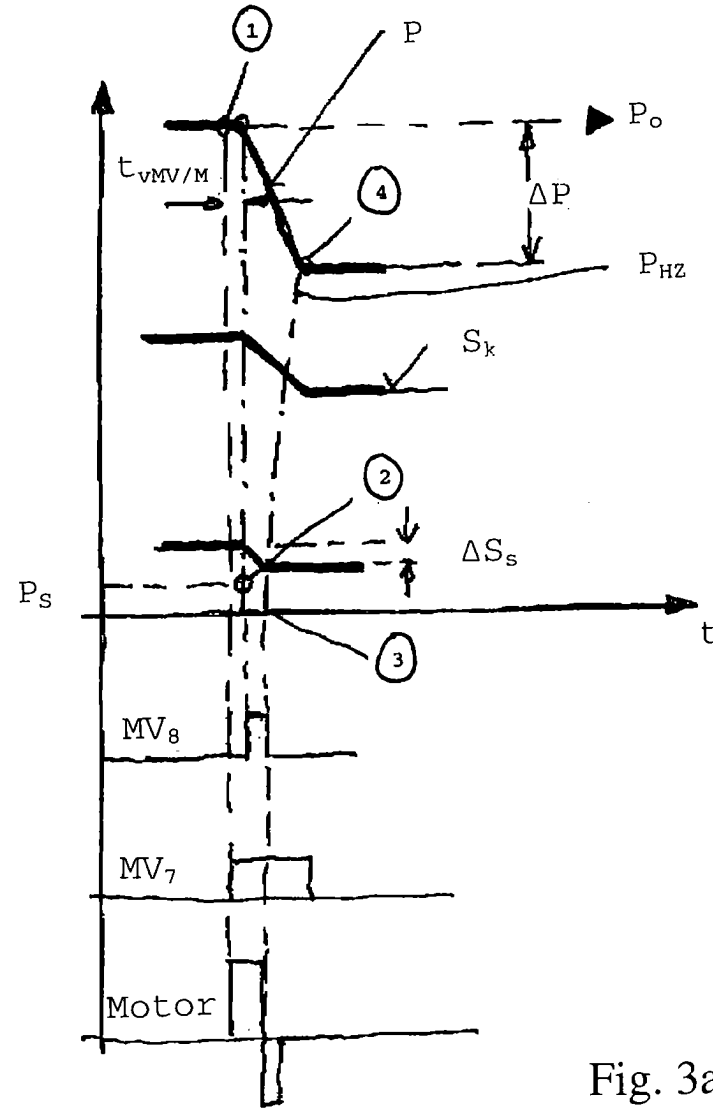
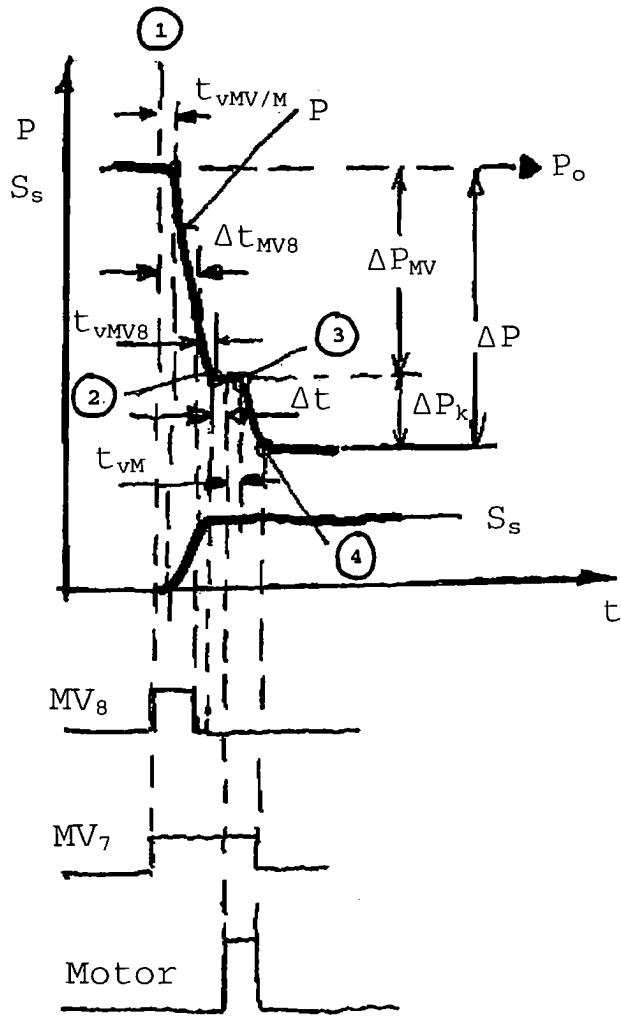


Fig. 2



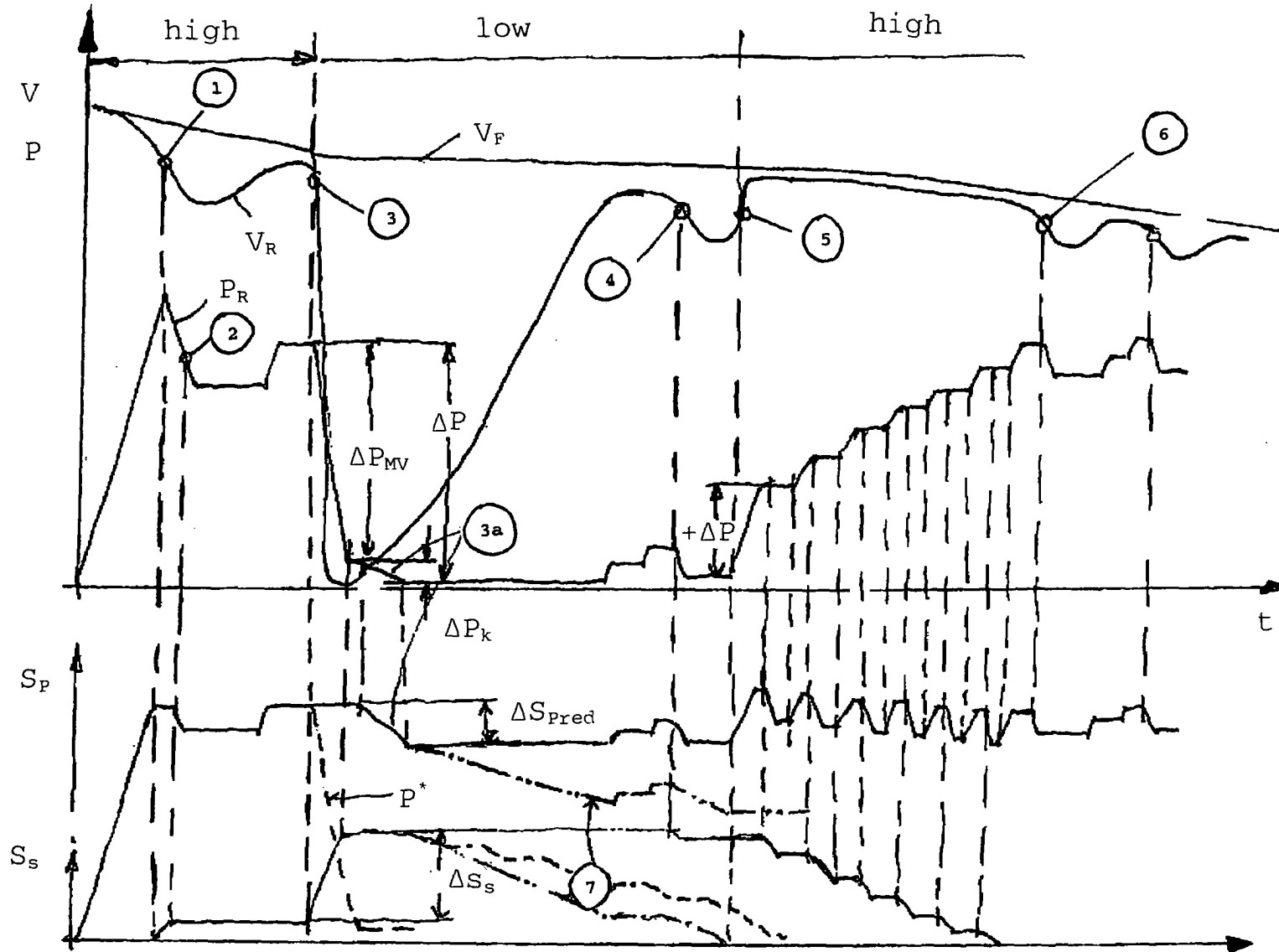


Fig. 4

