



(10) **DE 11 2009 004 636 B4** 2017.08.03

(12)

Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2009 004 636.3**
 (86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/EP2009/000694**
 (87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2010/088920**
 (86) PCT-Anmeldetag: **03.02.2009**
 (87) PCT-Veröffentlichungstag: **12.08.2010**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **03.08.2017**

(51) Int Cl.: **B60T 13/66** (2006.01)
B60T 8/40 (2006.01)
B60T 13/74 (2006.01)
B60T 7/04 (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:
11 2009 005 536.2; 11 2009 005 541.9

(73) Patentinhaber:
IPGATE AG, Pfäffikon, CH

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

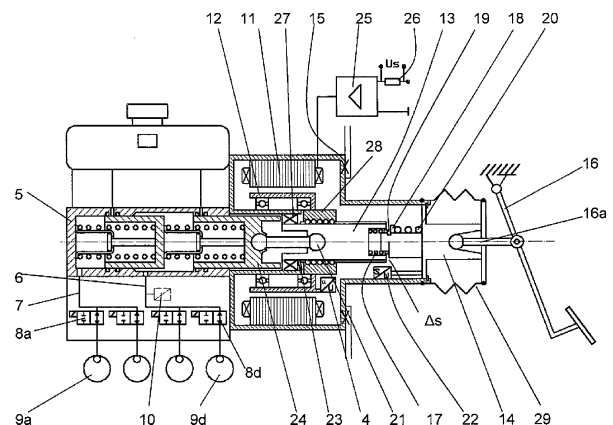
(72) Erfinder:
**Leiber, Heinz, 71739 Oberriexingen, DE; Leiber,
 Thomas, Dr., 81675 München, DE; Unterfrauner,
 Valentin, 80935 München, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	34 40 972	A1
DE	38 43 159	A1
DE	39 08 062	A1
DE	42 29 042	A1
DE	43 27 206	A1
DE	195 00 544	A1
DE	10 2004 050 103	A1
DE	10 2005 018 649	A1
DE	10 2006 050 277	A1
FR	2 860 474	A1
US	5 758 930	A
EP	0 284 718	A2

(54) Bezeichnung: **Bremssystem ohne Wegsimulator**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Bremssystem, einen elektromotorischen Bremskraftverstärker aufweisend, bei dem der Hauptbremszylinder oder Tandem-Hauptbremszylinder (5) über einen Spindeltrieb (13) von einem Elektromotor (11, 12) angetrieben ist und im ABS-Betrieb zum Druckabbau mit diesem verbunden ist, wobei der oder die Arbeitsräume des Bremskraftverstärkers über Hydraulikleitungen (6, 7) mit den Radzylindern von Radbremsen (9a–9d) in Verbindung sind und jeweils einer Radbremse (9a–9d) ein steuerbares Ventil (8a, 8b, 8c, 8d) zugeordnet ist, und dass mittels einer Steuereinrichtung ein Druckaufbau und Druckabbau in den Radbremsen (9a–9d) mittels des Bremskraftverstärkers und der gesteuerten Ventile (8a–8d) gleichzeitig und/oder nacheinander erfolgt, wobei eine Bremsbetätigungseinrichtung (16, 16a, 14) im normalen Bremsbetrieb kraftunterstützend auf die Spindel (13) und/oder den Kolben (24) des Bremskraftverstärkers wirkt.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Bremssystem mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

Stand der Technik

[0002] Die Wirksamkeit der aktiven Sicherheitsfunktionen von ABS und insbesondere ESP ist so groß, dass es demnächst in den USA und der EU gesetzlich vorgeschrieben ist. Es werden große Anstrengungen unternommen, den Aufwand zu reduzieren. Nach dem Stand der Technik sind verschiedene Lösungen bekannt, die aufwandsreduzierend sind.

[0003] Eine erste Lösung besteht in der Integration von Druckregelung und Bremskraftverstärkung, wie es aus der DE 10 2005 018 649 A1 bekannt ist. Dieses System basiert auf einem Wegsimulator mit zusätzlichen Funktionen und Aktuatoren für den Fehlerfall bei Ausfall des Antriebes. Dies erfordert einen entsprechenden Aufwand.

[0004] Eine zweite Lösung besteht in der Reduzierung des Ventilaufwandes durch einen Multiplexbetrieb. Die DE 34 40 972 A1 beschreibt einen hydraulischen Bremskraftverstärker BKV, bei dem die Druckregelung mittels des THZ mit entsprechenden Ventilen im Multiplexbetrieb erfolgt. Dieses System erfüllt nicht die hohen dynamischen Anforderungen, so dass die Umschaltzeiten zu hoch sind.

[0005] Außerdem sind die Geräusche beim Umschalten der Ventile zu hoch. Dasselbe gilt bezüglich der Dynamik für ein pneumatisches System wie es aus der DE 38 43 159 A1 oder DE 39 08 062 A1 vorbekannt ist.

[0006] Die DE 10 2005 018 649 A1 beschreibt ein elektromotorisches Multiplexsystem mit hoher Dynamik als sogenannte Twin- und Tandemlösung mit Wegsimulator. Damit bei ABS-Betrieb keine Pedalrückwirkung erfolgt, ist ein Leerhub zwischen Pedal und Antriebseinrichtung vorgesehen. Nachteilig ist hierbei, dass bei Ausfall des Antriebes ein zusätzlicher Pedalweg notwendig ist.

[0007] Aus der FR 2 860 474 A1 ist ferner ein elektromotorischer Bremskraftverstärker bekannt, bei dem ein Elektromotor über eine Spindel eine Bremskraftunterstützungskraft einregelt. Das Bremspedal wirkt dabei über einen Pedalstößel auf den Kolben des Bremskraftverstärkers. Anhand der von dem Bremspedal auf den Kolben aufgebrachten Kraft wird mittels des Spindelantriebs die Kraftunterstützung mit dem Elektromotor eingeregelt. Die Kraftmessung zur Bestimmung der notwendigen Bremskraftunterstützung hat sich jedoch als nicht praktikabel herausgestellt.

[0008] Diverse Bremskraftverstärker sind aus der DE 10 2006 050 277 A1, DE 195 00 544 A1, DE 42 29 042 A1, US 5 758 930 A, EP 0 284 718 A2 und DE 43 27 206 A1 bekannt.

[0009] Die DE 10 2004 050 103 A1 beschreibt einen Bremskraftverstärker, bei dem ein Pedal über ein Gestänge und ein Federelement mechanisch auf die Kolben eines Tandem-Hauptbremszylinders einwirkt. Eine Steuerung eines angeordneten elektromotorischen Antriebs erfolgt basierend auf einem Kraftgeber und einem Drucksensor.

[0010] Die Konfiguration der DE 10 2004 050 103 A1 ist aufwändig. Weiterhin ist die erzielte Bremscharakteristik nicht optimal.

[0011] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Bremssystem mit elektromotorischem Bremskraftverstärker derart weiter zu entwickeln, dass es ohne einen Wegsimulator auskommt und auch im Störfall, d. h. bei Ausfall des elektromotorischen Antriebs des Hauptbremszylinder-Kolbens (= HZ-Kolbens) eine Bremskraftaufbau in den Radbremsen möglich ist.

[0012] Diese Aufgabe wird vorteilhaft mit einem Bremssystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Bremssystems nach Anspruch 1 ergeben sich durch die Merkmale der Unteransprüche.

[0013] Auch bei Wegfall des Wegsimulators muss der Fahrer einen Gegendruck bei der Betätigung des Bremspedals erhalten. Dies geschieht erfindungsgemäß dadurch, dass das Bremspedal direkt über den Pedalstößel und evtl. über zusätzliche Übertragungsglieder auf das Kolbensystem des Bremskraftverstärkers wirkt. Über das Bremspedal wird somit eine Kraft auf das Kolbensystem ausgeübt, die im normalen Bremsbetrieb von dem Bremskraftverstärker verstärkt bzw. der Fahrer vom Bremskraftverstärker unterstützt wird.

[0014] Bei Verwendung einer, insbesondere starken, Feder zwischen Antrieb und Bremsbetätigungseinrichtung ist der Hub der Bremsbetätigungseinrichtung bzw. der Pedalhub größer als der Kolbenweg, welcher über den Motor mit Drehwinkelgeber erfasst wird. Diese Wegdifferenz kann zur Bremskraftsteuerung bzw. Verstärkung verwendet werden, wodurch sich eine erheblich einfachere Steuerung ergibt. Vorteilhaft werden die Sensortoleranzen, z. B. unterschiedliche Offset-Spannungen normiert, indem ein kleiner Leerhub zwischen Betätigungseinrichtung und Antrieb eingebaut ist und z. B. bei Spannungsänderung des Pedalhubgebers diese Position als Basis dient. Eine andere Möglichkeit besteht darin, dass bei Inbetriebnahme oder Service des Systems das Bremspedal betätigt wird, bis es die Spindel und da-

mit den Rotor bewegt. Die Bewegung wird dabei mittels des Drehwinkelsensors gemessen. Bei dieser Position erfolgt dann ein Abgleich der Sensorspannungen bzw. entsprechender Digitalwerte.

[0015] Zur Druckregelung ist ein Druckgeber im Druckstangenkreis vorgesehen, der zusammen mit dem Kolbenweg zur Bestimmung der Druckvolumenkennlinie dient. Diese Kennlinie ist die Basis für die genaue Drucksteuerung. Zur weiteren Systemvereinfachung, insbesondere für ABS, kann auch der Motorstrom über einen Shunt erfasst werden, der proportional zum Motormoment und damit Druck ist. Diese Messung oder auch der Druck kann auch für die Plausibilitätsüberwachung der Sensorsignale dienen, so dass auf redundante Sensoren verzichtet werden kann.

[0016] Nachfolgend werden exemplarisch verschiedene mögliche Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Bremssystems anhand von Zeichnungen näher erläutert.

[0017] Es zeigen:

[0018] Fig. 1: Zwei mögliche Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Bremssystems;

[0019] Fig. 2: dritte mögliche Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bremssystems;

[0020] Fig. 3: vierte mögliche Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bremssystems;

[0021] Fig. 3a: Querschnittsdarstellung durch den Schnitt x-x in Fig. 3;

[0022] Fig. 4: fünfte mögliche Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bremssystems mit Kupplung zur Entkopplung des HZ-Kolbens und der Bremsbetätigungseinrichtung für den unverstärkten Bremsdruckaufbau im Störfall;

[0023] Fig. 4a: Detaildarstellung der Kupplung gem. Fig. 4;

[0024] Fig. 5: Bremsdruck P , Sensorspannung U , Kolbenweg s_K und Pedalhub S_P mit Federung;

[0025] Fig. 5a: Pedalkraft und Kolbenkraft über dem Pedalhub s ;

[0026] Fig. 5b: Bremsdruck P , Sensorspannung U , Kolbenweg s_K und Pedalhub S_P mit Federung bei einem Bremskreisausfall;

[0027] Die Fig. 1 zeigt den grundsätzlichen Aufbau des erfindungsgemäßen Bremssystems bestehend aus HZ bzw. THZ **5**, EC-Motor mit Stator **11** und Rotor **12**, Spindel **13** zum Antrieb des Druckstangenkol-

bens **24** über den Stößel **21** und einem Drehwinkelgeber **4** zur Positionsbestimmung des Druckstangenkolbens **24** und der Erfassung der Rotorposition bzw. des Kolbenweges.

[0028] Erhält der Kolben **24** den Stellbefehl zum Aufbau eines bestimmten Druckes, so erfolgt über die vorher über Kolbenweg und Druckvermessung aufgenommene und in einem Kennfeld gespeicherte Druckvolumenkennlinie die entsprechende Kolbenbewegung über den Drehwinkelgeber **4** mit entsprechendem Druck in den Bremskreisen. Bei vereinfachten Systemen, z. B. ABS, kann auch ein für die Motorsteuerung ohnehin notwendiger Shunt **26** zur Strommessung der Ansteuerung **25** verwendet. Bei anschließendem kurzem konstanten Druck, was meistens bei einer Bremsung der Fall ist, erfolgt der Korrelationsvergleich aufgrund neuer Messdaten mit den abgelegten Kennfelddaten. Bei einer Abweichung wird bei späterem Fahrzeugstillstand nochmals einzeln die Druckvolumenkennlinie für jede Radbremse aufgenommen und das Kennfeld korrigiert. Ist die Abweichung nennenswert, z. B. an einem Radzylinder, so erfolgt der Hinweis, die Werkstatt aufzusuchen.

[0029] Der im HZ bzw. THZ erzeugte Druck gelangt über die Leitungen **6** und **7** von Druckstangenkolben und Schwimmkolben über die 2/2 Magnetventile **8a** bis **8d** zu den Radzylindern **9a** bis **9d**. Hierbei ist die Dimensionierung der Strömungswiderstände für das Multiplexverfahren in den Leitungen und Ventilen von großer Bedeutung. Zudem ist die Abstimmung der Schalt- und Umschaltzeiten entscheidend. Dies ist detailliert in weiteren Anmeldungen des Anmelders beschrieben und im Einzelnen nicht Gegenstand dieser Erfindung.

[0030] Bei Betätigung des Bremspedals **16** wirkt dieses über den Pedalstößel **16a** auf die Betätigungseinrichtung **14** und diese auf die Spindel **13**. In der unteren Bildhälfte ist ein Leerhub Δs eingezeichnet. Bei Nichtbetätigung des Bremspedals **16** hebt die Feder **17** die Übertragungseinrichtung **14** um den Leerhub Δs von der Spindel **13** ab. Der Leerhub Δs muss bei jeder Bremsung überwunden werden, bis der Bund der Übertragungseinrichtung **14** auf die Spindel **13** trifft. Bei dieser Lösung wirkt der Antrieb (Spindel) über die Übertragungseinrichtung **14** direkt auf das Bremspedal **16**, was bei der Druckreduzierung bei ABS und entsprechender schneller Kolbenbewegung durch den Stoß störend wirken kann. Die Bremskraftverstärkung erfolgt hier über einen nicht eingezeichneten Kraftsensor wie er in der DE 10 2004 050 103 A1 beschrieben ist. Die Rückstellfeder **17** zwischen Spindel **13** und Übertragungseinrichtung **14** drückt diese auf einen Anschlag im Gehäuse **15**.

[0031] Eine erhebliche Minderung des Stoßes wird durch eine Lösung erzielt, wie sie in der oberen Bild-

hälfte dargestellt ist. Hier wirkt eine starke Druckfeder **20** über eine Scheibe **18** auf die Spindel **13**. Aus Montagegründen ist diese Scheibe **18** über einen Sicherungsring **19** fixiert. Die Feder **20** ist linear oder degressiv für eine Pedalkraft oder Stangenkraft bei BKV-Funktion für einen Maximaldruck von z. B. 200 bar ausgelegt und weist einen Federhub von 4–6 mm auf. Die Feder **20** wird proportional zur Stangenkraft ausgelegt und überträgt diese Kraft auf die Spindel **13**, auf die außerdem entsprechend der gewählten BKV-Verstärkung die Verstärkung des Motors **11**, **12** wirkt. Beide Kräfte ergeben zusammen die Kraft, die auf den Kolben wirkt. Erfolgt bei Druckabsenkung für die ABS-Regelung eine schnelle Kolbenrückstellung, so wirkt diese über die Feder **20** gedämpft auf das Pedal. Eine 10 bar Druckabsenkung im Regelzyklus entspricht bei einem Mittelklassefahrzeug ca. 0,5 mm \approx 10% des Federweges.

[0032] Damit ist der Pedalhub entsprechend diesem Hub größer als der Kolbenweg. Die Feder **20** kann auch für eine entsprechende Pedalcharakteristik leicht vorgespannt sein. Diese kann zur Bremskraftverstärkung unterschiedliche Hübe verwenden, indem der Druck proportional zum Differenzweg ist. Dieser Weg wird aus den Signalen von Pedalhubsensor **22** und Kolbenweg gewonnen. Der Kolbenweg kann dabei über den Drehwinkelsensor **4** ermittelt werden. Die Bremsdrucksteuerung erfolgt über den Kolbenweg auf Basis der Druckvolumenkennlinie. Die Bremsbetätigungseinrichtung **16**, **16a**, **14** ist permanent während der Bremsung über die Feder **20** mit dem Antrieb in Kontakt. Entsprechend der gewünschten Verstärkung wird vom Motor über die Spindel **13** die entsprechende Kraft auf den Kolben **24** übertragen, so dass Pedalkraft und Verstärkerkraft die dem Druck proportionale Kolbenkraft ergibt. Die Spindelkraft wird über einen beweglich gelagerten Stößel **21** auf den Druckstangenkolben **24** übertragen. Dabei ist der Stößel **21** sowohl an den Druckstangenkolben **24** als auch an die Spindel **13** gekoppelt, damit hohe Druckgradienten auch bei kleinen Drücken realisiert werden können. Der Stößel hat die Aufgabe, den möglichen Versatz der Spindel **13** und Schlag des Kugelgewindegetriebes nicht auf den Druckstangenkolben **24** zu übertragen. Die Spindel-Momentenabstützung **27** läuft in einer Nut des Gehäuses, vorzugsweise mit guten Gleiteigenschaften, entsprechend dem Kolbenweg. Die Momentenabstützung wird dabei zugleich als Anschlag genutzt, da die THZ-Rückstellfedern auf die Spindel **13** wirken und neben der Kolbenrückstellung noch die Aufgabe der Motorrückstellung haben.

[0033] Die Kolben- oder Antriebsrückstellung erfolgt über den Motor. Um bei einer fehlerhaften Rückstellung und einem harten Anschlag eine zusätzliche Belastung des Kugelgewindegetriebes zu reduzieren, ist eine Tellerfeder **23** zwischen der Momentenabstützung **27** und dem Kugelgewindetrieb **28** vorgese-

hen. Üblicherweise ist die Betätigungseinrichtung gegen Eindringen von Schmutz durch einen elastischen Balg **29** geschützt.

[0034] Die Fig. 2 zeigt eine dritte und vierte mögliche Ausführungsform des erfindungsgemäßen Bremssystems. Zwischen dem Kolben **24** und Spindel **13** besteht eine starre Kopplung, indem der Stößel **21** beidseitig als Kugelgelenk ausgebildet ist. Auf der rechten Seite der Spindel wird hier ein entsprechendes Einsatzstück **30** eingeschraubt.

[0035] Auf der Seite der Bremsbetätigungseinrichtung **16**, **16a**, **14** ist die Feder **20** in einer entsprechenden Ausbildung der Pedalübertragungseinrichtung **14** eingelagert, deren Führungssteg **14a** den Pedalweggeber **22** betätigt. Die Feder **20** wirkt auf einen Bund **31a** eines Lagerteils **31** mit innen liegender Rückstellfeder **17**. Dieses Lagerteil ist zusätzlich in einer Bohrung geführt.

[0036] Die Übertragungseinrichtung **14** ist zusätzlich als Kolben ausgebildet, der im Gehäuse **15** gelagert und abgedichtet ist. Der Kolbenraum ist über ein Magnetventil **33** und **33a** mit dem Vorratsbehälter verbunden. Das Ventil dient zur Pedalwegblockierung mittels der Übertragungseinrichtung **14**. Erfolgt eine HZ-Kolbenrückstellung zum Druckabbau, so wirkt diese auf die Feder **20** und nicht auf das Pedal **16**, da bei gesperrtem Magnetventil **33**, **33a** nur eine Bewegung innerhalb der Flüssigkeitskomprimierung erfolgen kann. Der Rücklauf von der Kolbenkammer wird hierfür über das Magnetventil **33** geschlossen. Wenn der Kolbenweg, z. B. bei einem Sprung im Reibbeiwert, größer ist als der Federweg, werden über entsprechende Auswertung des Differenzwegs zwischen Kolbenweg und Pedalweg die Magnetventile **33**, **33a** geöffnet. In der unteren Bildhälfte wird die Pedalvorwärtsbewegung zum selben Zweck blockiert, indem der Pedalweg nicht mehr erhöht werden kann.

[0037] Die Fig. 3 zeigt eine vierte mögliche Ausführungsform des erfindungsgemäßen Bremssystems. Die Fig. 3a zeigt eine Querschnittsdarstellung entsprechend dem Schnitt x-x gem. Fig. 3. Bei dieser Ausführungsform ist eine elektromechanische Pedalblockierung realisiert. Die Übertragungseinrichtung **14** ist über Stege **14a** im Gehäuse **15a** (s. Fig. 3a) gelagert. In dem Gehäuse **15a** ist vertikal schwimmend ein Magnetjoch **34** mit Rückschluss **36** gelagert. Der Magnetfluss, der durch Spule **35** erzeugt wird, durchflutet Joch **34**, Rückschluss **36** und Stege **14a** und erzeugt eine Reibkraft zur Pedalblockierung in beiden Richtungen. Zur Verstärkung der Reibkraft können in bekannter Technik magnetisch leitende Lamellen eingesetzt werden. Durch variablen Strom kann die Pedalblockierkraft variiert werden. Auch ist es möglich, eine kleine Pedalrückwirkung zu erzeugen, indem erst nach einem bestimmten Kolbenweg die

elektromagnetische Pedalblockierung eingeschaltet wird. Dieses Blockieren wird wieder abgeschaltet, wenn der Kolben wieder in die Ausgangslage vor der Druckabsenkung zurück gestellt wurde. In der oberen Bildhälfte ist dargestellt wie durch mehrere Federn (**20, 20b**) sowie eine Federscheibe **20a** eine progressive Federkennlinie gestaltet werden kann.

[0038] Die Fig. 4 zeigt eine weitere Ausgestaltung des Bremssystems gem. der Fig. 2 und Fig. 3 ohne die Pedalblockierung mit dem Ziel, auch bei blockiertem Antrieb einen Druck erzeugen zu können. Dies wird dadurch ermöglicht, indem die Übertragungseinrichtung **14** die Pedalkraft auf den Stößel **21** überträgt und bei wirkender Bremskraftverstärkung zusätzlich die Spindelkräfte über das Mitnehmerelement **41** auf den HZ-Kolben **24** wirkt. Bei Ausfall der Bremskraftverstärkung wirkt dagegen nur die Pedalkraft.

[0039] Erfolgt nun für die Druckreduzierung für ABS eine Kolbenrückstellung, so wird der Hubmagnet **39** aktiv und bewegt den Kupplungselement **40** vor den Stößelbund **21a**. Damit wird die Spindelkraft auf den Stößel **21** übertragen und wirkt gegen die Übertragungseinrichtung **14** und ermöglicht somit einen Druckabbau im entsprechenden Bremskreis. Bei dieser Ausgestaltung ist der Hubmagnet **39** mit der Spindel **13** beweglich gelagert und erfordert einen flexiblen Anschluss **39a**.

[0040] Es ist sinnvoll, wenn die Kupplung nur dann wirksam ist, wenn zuvor zum Druckaufbau die Motorfunktion intakt ist. Damit wird verhindert, dass bei blockiertem Antrieb während des Druckaufbaus im Extremfall ein ABS-Signal generiert wird und anschließend trotz blockiertem Antrieb die Kupplung eingeschaltet wird, was dann zu einer Blockierung der Betätigungseinrichtung führen würde.

[0041] Die Spindel **13** und die Übertragungseinrichtung **14** haben infolge von Toleranzen einen radialen Versatz und Spindelschlag. Damit bei der Krafteinwirkung der Übertragungseinrichtung **14** auf den Stößel **21** keine Belastung an der Spindel **13** auftritt, sollte der mit der Übertragungseinrichtung **14** verbundene Stößel **31b** entweder biegeelastisch ausgebildet sein, wie es in der oberen Bildhälfte dargestellt ist oder gelenkig **31c**, insbesondere mittels Kugelgelenk, mit der Übertragungseinrichtung **14** verbunden sein (untere Bildhälfte).

[0042] Die Fig. 4a zeigt eine alternative Ausgestaltung, bei der der Hubmagnet mit Spule **44** am Gehäuse **15** befestigt ist. Der Anker **45** ist mit dem Kupplungselement **40** in einem Gleitlager **47** gelagert und wird über eine Rückstellfeder **46** in der Ausgangslage gehalten. Der Anker **45** mit Lagerbolzen **45a** ist mit einer Führungsschiene **43** verbunden, in der das Kupplungselement **40** mit Bund axial mit der Kolbenbewegung mit gleitet. Wird der Hubmagnet **44** akti-

viert, so drückt die Führungsschiene **43** das Kupplungselement **40** vor eine Hülse **42**, die mit dem Stößel **21** in Kontakt ist. Dies hat den Vorteil, dass die halbkugelige Ausbildung weniger stark belastet wird, da die Hülse **42** hier die Spannung reduziert. Die Hülse **42** muss über einen Fixiering oder Feder **48** axial fixiert werden, da diese bei Ausfall BKV entsprechend dem Pedalhub in der Spindelbohrung bewegt wird. Hülse **42** und Kupplungselement **40** können kegelförmig ausgebildet sein. Damit sind auch bei extrem seltenem Ausfall des Antriebes während der ABS-Regelung bei Abschalten des Magneten **44** die Entriegelungskräfte kleiner.

[0043] Die Fig. 5 zeigt den Bremsdruck p , Sensorspannung U , Kolbenweg s_K und Pedalhub S_P mit Federung. Entsprechend der gegenkraftabhängigen Auslenkung entsteht ein Differenzweg Δh , der bei kleinem Pedalhub zu einem Druck p_1 und bei maximaler Auslenkung mit Δh_{\max} zu einem Druck p_2 führt. Diese Funktion kann mit entsprechender Feder linear oder degressiv gestaltet werden.

[0044] Elektromotorische Bremskraftverstärker entsprechend dem vorgenannten Stand der Technik, besitzen redundante Sensoren für Drehwinkel des Motors oder Kolbenweg s_K und Pedalhub s_P , da insbesondere bei Wegsimulatorsystemen die Sensoren sicherheitskritisch sind, da u. a. Pedalhub und Kolbenweg ungleich sind. Bei dem erfindungsgemäßen System kann durch einen Plausibilitätsvergleich der Aufwand für die sonst übliche Redundanz reduziert bzw. darauf verzichtet werden. So entsteht z. B. bei Ausfall des Gebers zur Bestimmung des Pedalhubs s_P kein Differenzweg Δh , wodurch keine BKV-Wirkung eingeregelt wird. Das Pedal wirkt jedoch auf den Kolben wie beim Ausfall des BKV. Aus dem Kolbenweg s_K -Wert wird durch den Plausibilitätsvergleich der Fehler erkannt. Ähnliches gilt für s_K . Bei Ausfall der Δh -Rechnung hilft ein Vergleich des Pedalhub s_P mit dem gemessenen Druck oder Strom.

[0045] Die Spannungen der Sensoren müssen wegen unterschiedlicher Ausgangsspannung auf einen Bezugspunkt normiert oder abgeglichen werden. Es wird vorgeschlagen, einen Abgleich der Spannungen in der Ausgangslage unter Berücksichtigung eines Korrekturwertes, welcher z. B. der Leerweg Δs sein kann. Dieser ist gerätespezifisch und kann bei der Inbetriebnahme des Fahrzeugs in der Produktion oder im Service ermittelt werden.

[0046] Die Fig. 5a zeigt die Pedalkraft F_p und Kolbenkraft F_K über dem Pedalhub s . Bei s_1 ist die Pedalkraft F_{p1} und die Kolbenkraft F_{K1} . Die BKV-Verstärkung K ergibt sich bei s_1 zu

$$\frac{F_k}{F_{p1}} = K .$$

Bei s_{\max} ergibt sich $F_{P_{\max}}$ und $F_{K_{\max}}$. Bei linearer Feder kann die Verstärkung K linear sein, wenn Δh proportional zum, Druck bzw. der Kolbenkraft ist.

[0047] Die Fig. 5b zeigt einen Bremskreisausfall. Hier entsteht bis S_A kein Bremsdruck, da der aufgefallene Bremskreis einen Pedaldurchfall bis S_A zur Folge hat. Danach wirkt die Kolbengegenkraft und es entsteht wiederum ein Δh zur BKV-Funktion, wie in Fig. 5 beschrieben. Hier kann z. B. die Verstärkung erhöht werden, da bei gleichem Druck entsprechend dem Ausfall der Bremsen in der Summe eine kleinere Bremskraft entsteht.

[0048] Bei Hybridfahrzeugen kann ebenfalls eine variable Verstärkung, insbesondere eine niedrigere Verstärkung, eingesetzt werden, um die zusätzliche Bremswirkung des Generators bei Rekuperation auszugleichen.

[0049] Es folgen weitere Ausführungsbeispiele der Erfindung:

Ausführungsbeispiel 1:

[0050] Bremssystem, einen elektromotorischen Bremskraftverstärker aufweisend, bei dem der Hauptbremszylinder oder Tandem-Hauptbremszylinder **5** über einen Spindelantrieb **13** von einem Elektromotor **11**, **12** angetrieben ist und im ABS-Betrieb zum Druckabbau mit diesem verbunden ist, wobei der oder die Arbeitsräume des Bremskraftverstärkers über Hydraulikleitungen **6**, **7** mit den Radzylindern von Radbremsen **9a–9d** in Verbindung sind und jeweils einer Radbremse **9a–9d** ein steuerbares Ventil **8a**, **8b**, **8c**, **8d** zugeordnet ist, und dass mittels einer Steuereinrichtung ein Druckaufbau und Druckabbau in den Radbremsen **9a–9d** mittels des Bremskraftverstärkers und der gesteuerten Ventile **8a–8d** gleichzeitig und/oder nacheinander erfolgt, wobei eine Bremsbetätigungseinrichtung **16**, **16a**, **14** im normalen Bremsbetrieb kraftunterstützend auf die Spindel **13** und/oder den Kolben **24** des Bremskraftverstärkers wirkt.

Ausführungsbeispiel 2:

[0051] Bremssystem nach Ausführungsbeispiel 1, wobei dass im ABS-Betrieb die Spindel **13** oder der Kolben **24** die Bremsbetätigungseinrichtung **16**, **16a**, **14** kraftbeaufschlagt und/oder verstellt.

Ausführungsbeispiel 3:

[0052] Bremssystem nach Ausführungsbeispiel 1 oder 2, wobei die Betätigungseinrichtung **16**, **16a**, **14** über mindestens ein Federelement **20**, **20b**, insbesondere eine Druckfeder, auf die Spindel **13** und/oder den Kolben **24** des Bremskraftverstärkers wirkt.

Ausführungsbeispiel 4:

[0053] Bremssystem nach einem der Ausführungsbeispiele 1 bis 3, wobei das Federelement **20** sich mit seinem einen Ende an einer Übertragungseinrichtung **14** oder dem Pedalstößel **16a** und mit seinem anderen Ende an der Spindel **13**, dem Kolben **24** oder der Kolbenstange **21** abstützt.

Ausführungsbeispiel 5:

[0054] Bremssystem nach Ausführungsbeispiel 3 oder 4, wobei das mindestens eine Federelement **20** eine lineare oder degressive Kraft-Weg-Kennlinie für den oberen Kraftbereich aufweist.

Ausführungsbeispiel 6:

[0055] Bremssystem nach einem der Ausführungsbeispiele 3 bis 5, wobei die Federweglänge für maximalen Bremsdruck mindestens 1 mm, vorzugsweise mindestens 4 mm beträgt.

Ausführungsbeispiel 7:

[0056] Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ausführungsbeispiele, wobei die Bremsbetätigungseinrichtung ein Bremspedal **16** aufweist, welches mit einem Pedalstößel **16a** in Verbindung ist, wobei der Pedalstößel **16a** mit einer Übertragungseinrichtung **14** verbunden ist und die Übertragungseinrichtung **14** auf die Spindel **13** und/oder den Kolben **24** des Bremskraftverstärkers wirkt.

Ausführungsbeispiel 8:

[0057] Bremssystem nach Ausführungsbeispiel 7, wobei das mindestens eine Federelement **20** in oder an der Übertragungseinrichtung **14** angeordnet ist.

Ausführungsbeispiel 9:

[0058] Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ausführungsbeispiele, wobei ein zusätzliches Rückstellfederelement **17** die Übertragungseinrichtung **14** oder den Pedalstößel **16a** vom Kolben **24** oder der Spindel **13** abhebt.

Ausführungsbeispiel 10:

[0059] Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ausführungsbeispiele, wobei der Kolben **24** und die Spindel **13** ständig oder wahlweise, insbesondere mittels einer schaltbaren Kupplung **40–46**, verbunden oder wahlweise miteinander verbindbar bzw. entkupplbar sind.

Ausführungsbeispiel 11:

[0060] Bremssystem nach Ausführungsbeispiel 10, wobei der Kolben **24** und die Spindel **13** wahlweise mittels Form- oder Kraftschluss miteinander verbindbar sind.

Ausführungsbeispiel 12:

[0061] Bremssystem nach Ausführungsbeispiel 10, wobei der Kolben **24** und die Spindel **13** mittels eines Kraftübertragungsmittels, insbesondere in Form eines Stößels **21**, welcher als Biegestab ausgebildet sein kann, miteinander verbunden sind oder verbindbar sind.

Ausführungsbeispiel 13:

[0062] Bremssystem nach einem der Ausführungsbeispiele 10 bis 12, wobei das Kraftübertragungsmittel **21** durch die hohle Spindel **13** hindurch mit der Bremsbetätigungseinrichtung **16, 16a, 14** in Verbindung ist, wobei an der Spindel **13** ein Mitnehmerelement **41** angeordnet ist, mittels dem das Kraftübertragungsmittel **21** zum Druckaufbau mit der Spindel **13** verstellbar ist, und dass in Richtung des Druckabbaus wahlweise mittels der Kupplung **40–46** ein Formschluss oder Kraftschluss zwischen dem Kraftübertragungsmittel **21** und der Spindel **13** herstellbar ist.

Ausführungsbeispiel 14:

[0063] Bremssystem nach Ausführungsbeispiel 13, wobei bei erfolgter Einkupplung der Kupplung **40–46** der Formschluss zur Verstellung des Kraftübertragungsmittels **21** zum Druckabbau bzw. zum Zurückziehen des Kolbens **24** durch ein Kupplungselement **40**, welches insbesondere als Anschlag für das Kraftübertragungsmittel **21** dient, erfolgt, wobei sich das Kupplungselement **40** durch die zylindrische Wandung der Spindel **13** hindurch erstreckt.

Ausführungsbeispiel 15:

[0064] Bremssystem nach einem der Ausführungsbeispiele 10 bis 14, wobei die Kupplung **40–46** einen gehäusefest gelagerten, Antrieb **44, 46, 47** aufweist, der das Kupplungselement **40** verstellt, wobei das Kupplungselement **40** relativ zum Antrieb **44** parallel zur Spindelachse verschiebbar gelagert ist.

Ausführungsbeispiel 16:

[0065] Bremssystem nach einem der Ausführungsbeispiele 10 bis 15, wobei die Kupplung **40–46** einen Antrieb **44, 46, 47** zur Verstellung des Kupplungselementes **40** aufweist, wobei der Antrieb an der Spindel **13** befestigt ist.

Ausführungsbeispiel 17:

[0066] Bremssystem nach einem der Ausführungsbeispiele 10 bis 16, wobei sich das Kupplungselement **40** durch die zylindrische Wandung der Spindel **13** hindurch erstreckt.

Ausführungsbeispiel 18:

[0067] Bremssystem nach einem der Ausführungsbeispiele 10 bis 17, wobei das Kupplungselement **40** von einem Federelement **46** in Richtung der ausgekuppelten Stellung kraftbeaufschlagt ist.

Ausführungsbeispiel 19:

[0068] Bremssystem nach einem der Ausführungsbeispiele 10 bis 18, wobei die Steuereinrichtung die Kupplung **40–46** nur dann schließt, wenn zuvor die Motorfunktion des Antriebs **11, 12** für in Ordnung befunden wurde.

Ausführungsbeispiel 20:

[0069] Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ausführungsbeispiele, wobei das Bremssystem eine Arretiereinrichtung aufweist, mittels derer die Bewegung der Bremsbetätigungseinrichtung blockierbar ist.

Ausführungsbeispiel 21:

[0070] Bremssystem nach Ausführungsbeispiel 20 wobei die Arretierungseinrichtung die Bremsbetätigungseinrichtung in beliebigen Stellungen oder in einem bestimmten Bewegungsbereich blockieren kann.

Ausführungsbeispiel 22:

[0071] Bremssystem nach Ausführungsbeispiel 20 oder 21, wobei die Arretierungseinrichtung hydraulisch oder elektrisch, insbesondere mittels Elektromotor oder Elektromagnet angetrieben ist und auf die Betätigungseinrichtung, insbesondere die Übertragungseinrichtung **14** wirkt.

Ausführungsbeispiel 23:

[0072] Bremssystem nach einem der Ausführungsbeispiele 18 bis 20, wobei eine Steuereinrichtung die Arretierungseinrichtung in Abhängigkeit der Signale vom ABS/ESP-Regler und der Kolben und Betätigungseinrichtungspositionen ansteuert.

Ausführungsbeispiel 24:

[0073] Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ausführungsbeispiele, wobei das Bremssystem Sensoren zur Bestimmung der Kolbenposition sowie

der Position der Bremsbetätigungseinrichtung aufweist, und die Steuereinrichtung des Bremssystems den Antrieb des Bremskraftverstärkers in Abhängigkeit der beiden Positionen zueinander den Antrieb des Bremskraftverstärkers ansteuert.

Ausführungsbeispiel 25:

[0074] Bremssystem nach Ausführungsbeispiel 24, wobei die Steuereinrichtung aus den ermittelten Positionen von Kolben **13** und Bremsbetätigungseinrichtung **16**, **16a**, **14** die Pedalkraft ermittelt und anhand des zur Pedalkraft proportionalen Differenzhubes Δh den Antrieb **11**, **12** des Bremskraftverstärkers ansteuert.

Ausführungsbeispiel 26:

[0075] Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ausführungsbeispiele, wobei das Bremssystem einen Drucksensor **10** aufweist, mit dem der Druck in Druckkolbenkreis ermittelbar ist, wobei die Druckregelung für die Radbremsen **9a–9d** auf Basis der Druckvolumenkennlinien erfolgt.

Ausführungsbeispiel 27:

[0076] Bremssystem nach einem der Ausführungsbeispiele 1 bis 25, wobei mittels der Stromaufnahme des elektrischen Antriebs des Bremskraftverstärkers, insbesondere mittels eines Shunts **26** die zum Druck proportionale Stromstärke gemessen wird und die Druckregelung für die Radbremsen **9a**, **9b**, **9c**, **9d** auf Basis der Druckvolumenkennlinien und der Stromstärke, insbesondere ohne Verwendung eines Drucksensors, erfolgt.

Ausführungsbeispiel 28:

[0077] Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ausführungsbeispiele, wobei die Steuereinrichtung für die Zustandsgrößen „Bremsbetätigungseinrichtung, insbesondere Pedalhub s_p , und Kolbenstellung s_K eine Plausibilitätsprüfung durchführt.

Ausführungsbeispiel 29:

[0078] Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ausführungsbeispiele, wobei die Steuereinrichtung eine Normierung und Abgleich der Sensorsignale, insbesondere für die Druck-, Positions- und/oder Drehwinkelgeber, durchführt, wobei der Abgleich in der Ausgangslage von Bremspedal **16**, Spindel **13** und Kolben **24** unter Berücksichtigung der zuvor ermittelten realen Entfernung Δs als Korrekturwert, erfolgt.

Ausführungsbeispiel 30:

[0079] Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ausführungsbeispiele, wobei die Steuereinrichtung den Federweg der Feder **20** als Steuergröße für die Einregelung der Bremskraftverstärkung verwendet.

Ausführungsbeispiel 31:

[0080] Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ausführungsbeispiele, wobei die Rückstellfedern des HZ- bzw. THZ den Kolben **24** sowie die Spindel **13** in deren Ausgangsstellung verstellen.

Ausführungsbeispiel 32:

[0081] Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ausführungsbeispiele, wobei eine Feder **3** die Spindel **13** in Richtung ihrer Ausgangsstellung und die HZ- bzw. THZ-Federn den Kolben **24** in seine Ausgangsstellung kraftbeaufschlagt bzw. verstellen.

Ausführungsbeispiel 33:

[0082] Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ausführungsbeispiele, wobei das an der Übertragungseinrichtung **14** oder dem Kolbensystem **24**, **21**, **30** ein Lagerteil **31** parallel zur Spindelachse verschieblich gelagert ist, wobei das Lagerteil **31** einen biegeelastischen Stößel **31b** zur Kraftübertragung, auf das Kolbensystem bzw. die Übertragungseinrichtung **14** aufweist.

Ausführungsbeispiel 34:

[0083] Bremssystem nach Ausführungsbeispiel 33, wobei der Stößel **31c** mittels Kugelgelenk an dem Lagerteil **31** angelenkt ist.

Ausführungsbeispiel 35:

[0084] Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ausführungsbeispiele wobei die Steuereinrichtung die Bremskraftverstärkung in Abhängigkeit der mittels Rekuperation erzielten Bremswirkung einregelt.

Bezugszeichenliste

1	EC-Motor
2	Spindel
3	Spindelrückstellung
4	Drehwinkelgeber (Positionsgeber)
5	HZ bzw. THZ
6	Druckleitung vom Druckstangenkolben
7	Druckleitung vom Schwimmkolben
8a–8d	2/2 Magnetventile als Schaltventile

9a–9d	Radzylinder
10	Druckgeber
11	Stator
12	Rotor
13	Spindel
14	Übertragungseinrichtung
14a	Führungssteg
15	Gehäuse
15a	Gehäuselager für Übertragungseinrichtung
16	Bremspedal
16a	Pedalstößel
17	Rückstellfeder
18	Scheibe
19	Sicherungsring
20	Druckfeder
20a	Federscheibe
20b	zweite Druckfeder
21	Stößel
21a	Stößelbund
22	Pedalhubsensor
23	Tellerfeder
24	Druckstangenkolben
25	Motoransteuerung
26	Shunt
27	Momentabstützung
28	Kugelgewindeantrieb
29	Balg
30	Einsatzstück
31	Lagerteil
31a	Bund des Lagerteils
31b	biegeelastischer Stößel
31c	gelenkiger Stößel
32	Bohrung
33/33a	2/2 Magnetventil
34	Magnetjoch
35	Spule
36	Rückschluss
37	Magnetfluss
38	Lamellen
39	Hubmagnet
39a	flexibler elektrischer Anschluss
40	Kupplungselement
41	Mitnehmerelement
42	Hülse
43	Führungsschiene
44	Hubmagnet mit Spule
45	Magnetanker
45a	Lagerbolzen
46	Rückstellfeder
47	Lagerung
48	Feder

Patentansprüche

1. Bremssystem, einen elektromotorischen Bremskraftverstärker mit einem Elektromotor (11, 12) zum Antrieb eines Hauptbremszylinders oder Tandem-Hauptbremszylinders (5) aufweisend,

wobei der oder die Arbeitsräume des Bremskraftverstärkers über Hydraulikleitungen (6, 7) mit den Radzylindern von Radbremsen (9a–9d) in Verbindung sind und jeweils einer Radbremse (9a–9d) ein steuerbares Ventil (8a, 8b, 8c, 8d) zugeordnet ist, und dass mittels einer Steuereinrichtung ein Druckaufbau und Druckabbau in den Radbremsen (9a–9d) mittels des Bremskraftverstärkers und der gesteuerten Ventile (8a–8d) gleichzeitig oder nacheinander erfolgt, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Bremsbetätigungseinrichtung (16, 16a, 14) im normalen Bremsbetrieb kraftunterstützend auf den Kolben (24) des Bremskraftverstärkers wirkt, wobei die Bremsbetätigungseinrichtung (16, 16a, 14) über mindestens ein Federelement (20, 20b) auf den Kolben (24) des Bremskraftverstärkers wirkt, wobei das Bremssystem Sensoren (4, 22) zur Bestimmung der Kolbenposition sowie der Position der Bremsbetätigungseinrichtung (16, 16a, 14) aufweist, wobei die Sensoren (4, 22) zur Erfassung einer Aufgründ des Federelements (20, 20b) möglichen Wegdifferenz zwischen Kolben (24) und Bremsbetätigungseinrichtung (16, 16a, 24) angeordnet ist, und die Steuereinrichtung des Bremssystems in Abhängigkeit der Wegdifferenz den Antrieb des Bremskraftverstärkers ansteuert.

2. Bremssystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass im ABS-Betrieb der Kolben (24) des Bremskraftverstärkers zur Einregelung der Radbremsendrucke über den Elektromotor (11, 12) vor und zurück verstellt wird.

3. Bremssystem nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bremsbetätigungseinrichtung (16, 16a, 14) über mindestens eine Druckfeder (20, 20b) auf den Kolben (24) des Bremskraftverstärkers wirkt.

4. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet**, dass das mindestens eine Federelement (20, 20b) eine lineare oder degressive Kraft-Weg-Kennlinie für den oberen Kraftbereich aufweist.

5. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Federweglänge für maximalen Bremsdruck mindestens 1 mm beträgt.

6. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bremsbetätigungseinrichtung (16, 16a, 14) ein Bremspedal (16) aufweist, welches mit einem Pedalstößel (16a) in Verbindung ist, wobei der Pedalstößel (16a) mit einer Übertragungseinrichtung (14) verbunden ist und die Übertragungseinrichtung (14) auf den Kolben (24) des Bremskraftverstärkers wirkt.

7. Bremssystem nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das mindestens eine Federelement (**20, 20b**) in oder an der Übertragungseinrichtung (**14**) angeordnet ist.

8. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein zusätzliches Rückstellfederelement (**17**) die Übertragungseinrichtung (**14**) oder den Pedalstößel (**16a**) vom Kolben (**24**) abhebt.

9. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Elektromotor (**11, 12**) den Hauptbremszylinder oder Tandem-Hauptbremszylinder (**5**) über einen Spindeltrieb (**13**) antreibt.

10. Bremssystem nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kolben (**24**) und eine Spindel des Spindeltriebs (**13**) wahlweise verbunden oder wahlweise miteinander verbindbar sind.

11. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung aus den ermittelten Positionen von Kolben (**24**) und Bremsbetätigungseinrichtung (**16, 16a, 14**) die Pedalkraft ermittelt und anhand des zur Pedalkraft proportionalen Differenzhubes Δh den Antrieb (**11, 12**) des Bremskraftverstärkers ansteuert.

12. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Bremssystem einen Drucksensor (**10**) aufweist, mit dem der Druck im Druckkolbenkreis ermittelbar ist, wobei die Druckregelung für die Radbremsen (**9a–9d**) auf Basis der Druckvolumenkennlinien erfolgt.

13. Bremssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass mittels der Stromaufnahme des Elektromotors (**11, 12**) des Bremskraftverstärkers die zum Druck proportionale Stromstärke gemessen wird und die Druckregelung für die Radbremsen (**9a, 9b, 9c, 9d**) auf Basis der Druckvolumenkennlinien und der Stromstärke erfolgt.

14. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung für die Messgrößen Pedalhub S_p und Kolbenstellung S_K eine Plausibilitätsprüfung durchführt.

15. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung den Federweg des Federelements (**20, 20b**) als Steuergröße für die Einregelung der Bremskraftverstärkung verwendet.

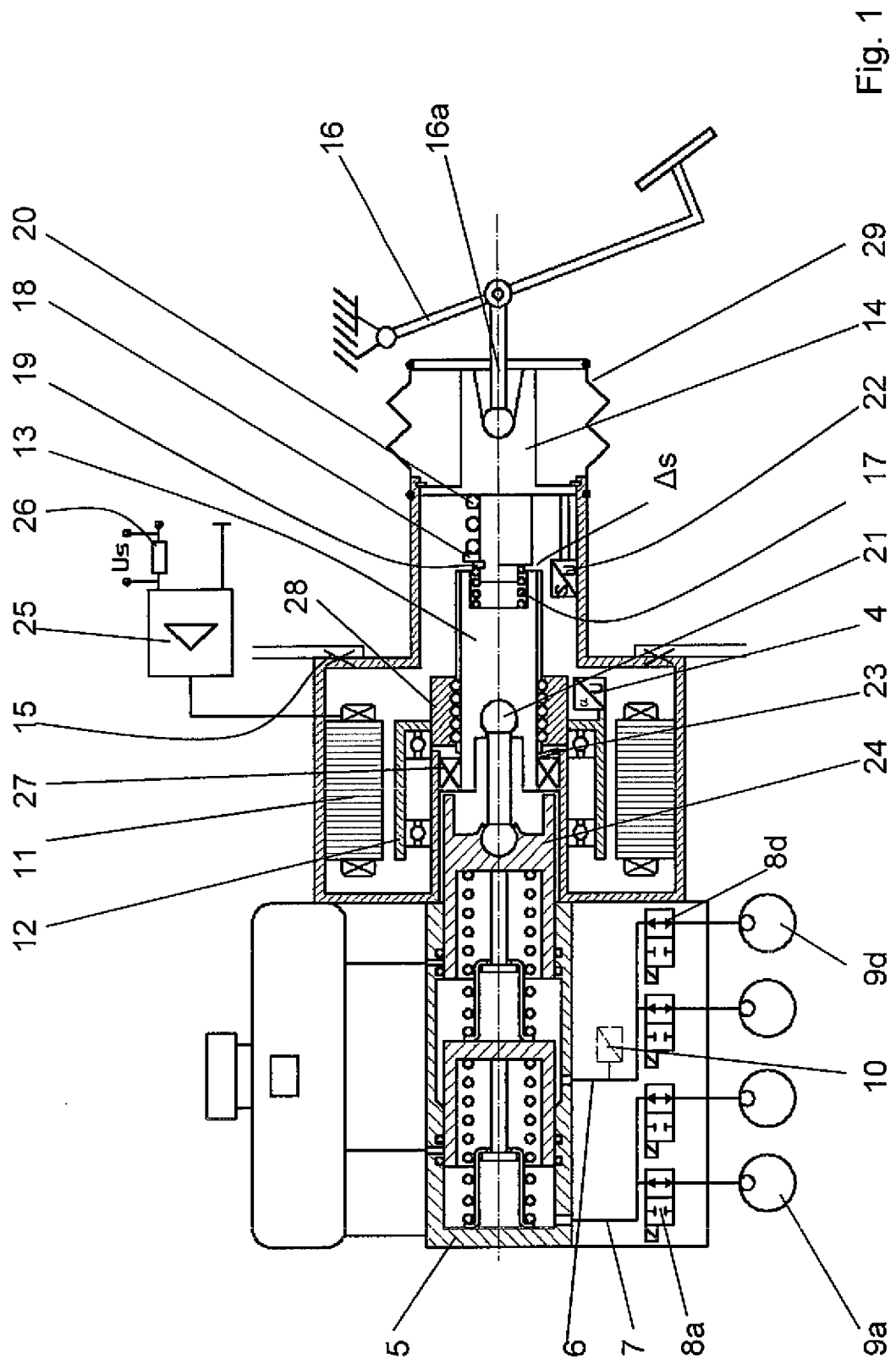
16. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die

Steuereinrichtung die Bremskraftverstärkung in Abhängigkeit der mittels Rekuperation erzielten Bremswirkung einregelt.

17. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass über einen Drehwinkelgeber (**4**) des Elektromotors (**11, 12**) ein Kolbenweg des Hauptbremszylinder oder Tandem-Hauptbremszylinder (**5**) bestimmt wird.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



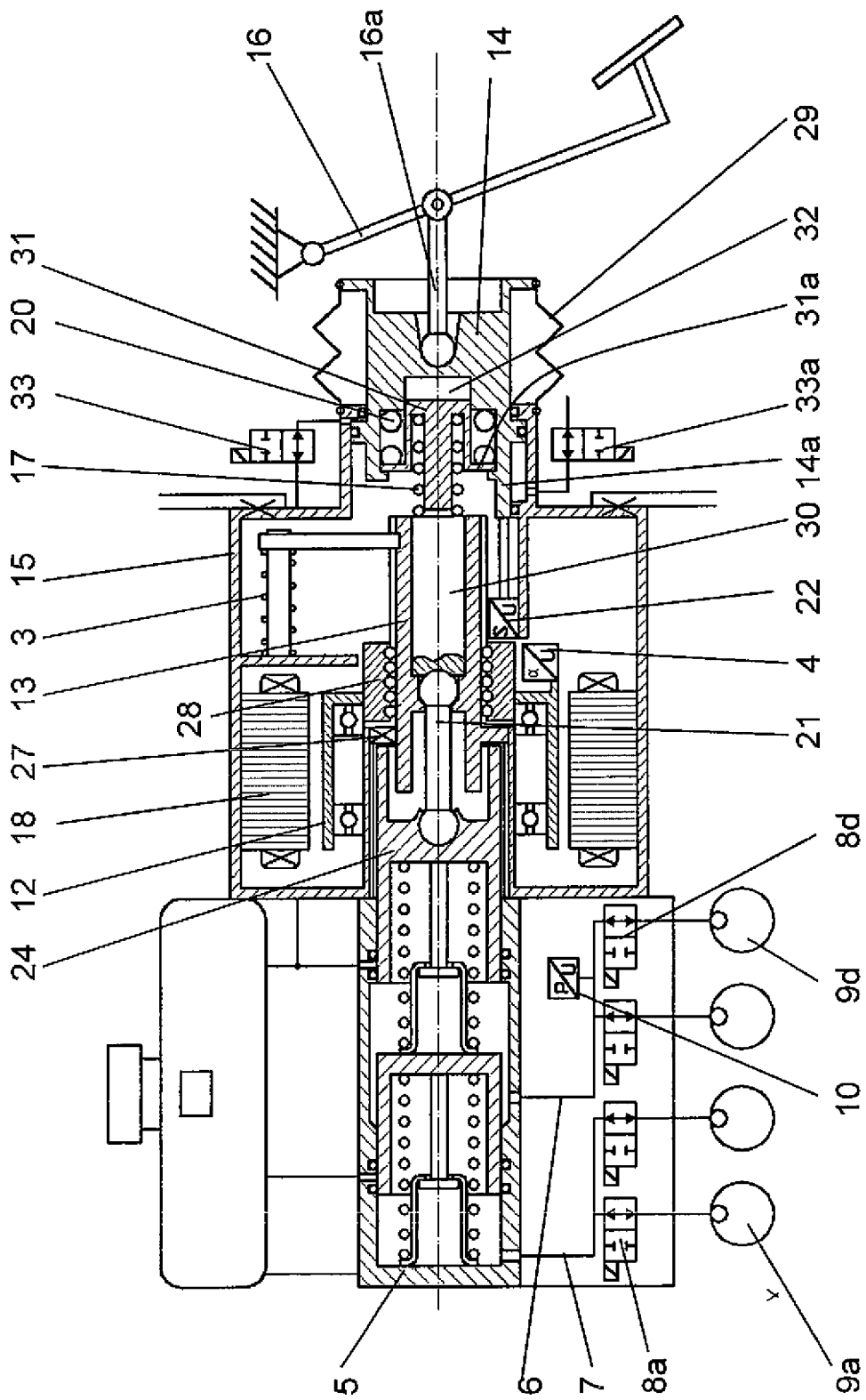


Fig. 2

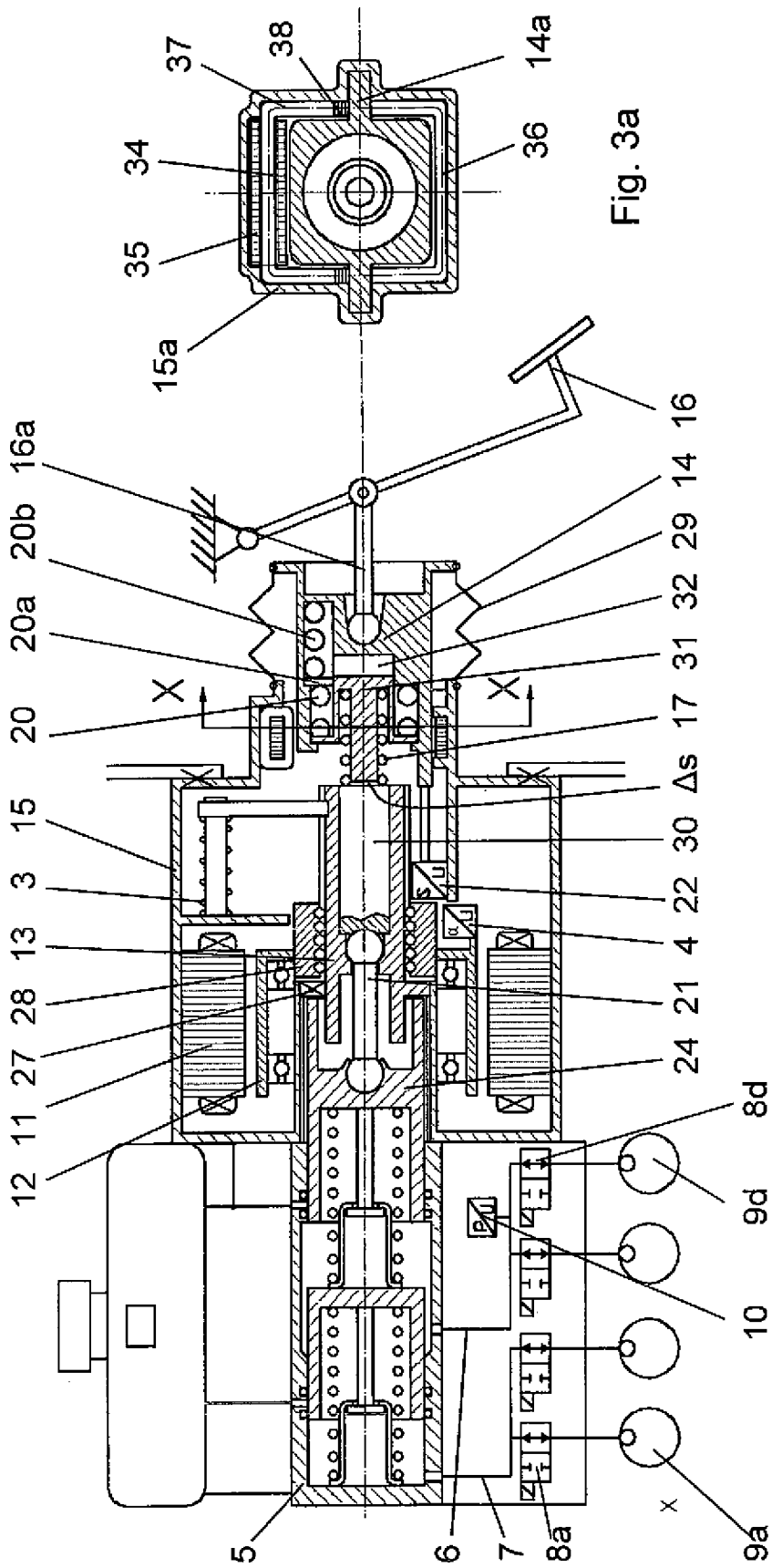
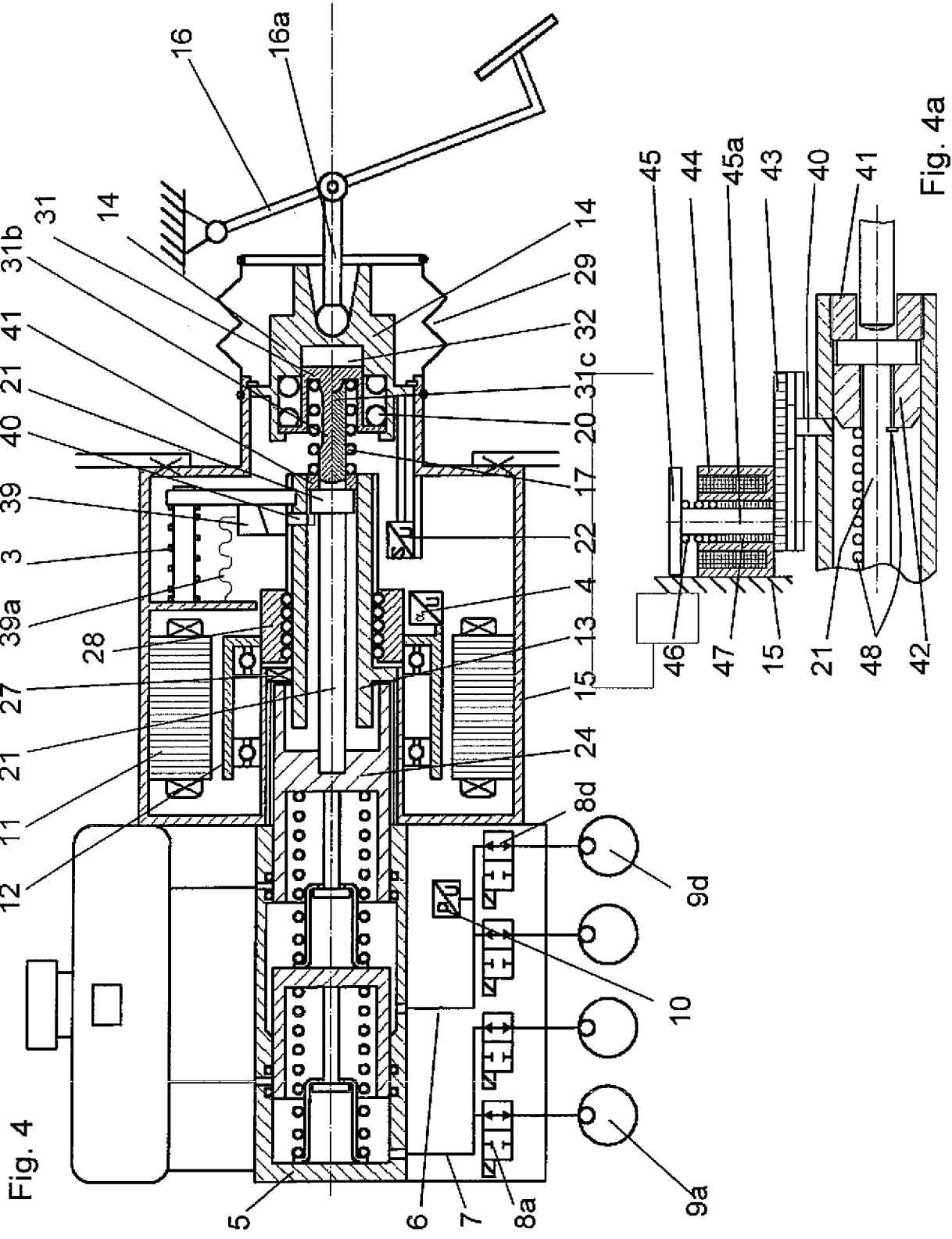
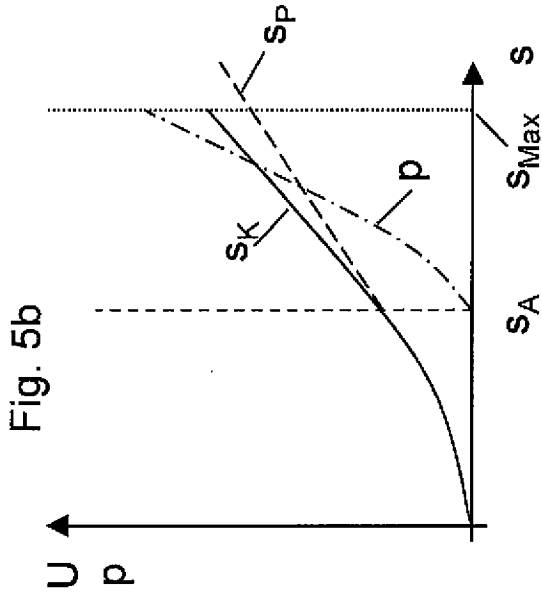


Fig. 3a

Fig. 3





Bremskreisausfall

