



(10) **DE 11 2009 005 536 B3** 2017.05.11

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **11 2009 005 536.2**
 (22) Anmeldetag: **03.02.2009**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **11.05.2017**

(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 aus:
11 2009 004 636.3

(73) Patentinhaber:
IPGATE AG, Pfäffikon, CH

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

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

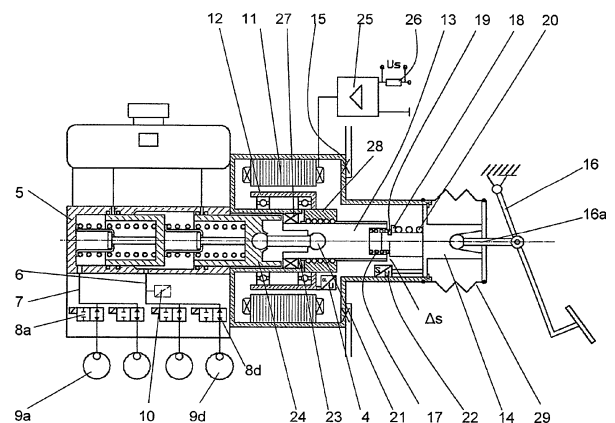
(56) Ermittelter Stand der Technik:

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: **Verfahren zur Steuerung einer elektromotorischen Bremskraftverstärkung, Bremssystem**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung einer elektromotorischen Bremskraftverstärkung, bei dem der Hauptbremszylinder oder Tandem-Hauptbremszylinder (5) von einem Elektromotor (11, 12) angetrieben wird, umfassend die Schritte:

- a. Erfassen eines Kolbenwegs des Hauptbremszylinders oder Tandem-Hauptbremszylinders, wobei der Kolbenweg über einen Drehwinkelgeber des Elektromotors erfasst;
- b. Erfassen eines Hubs einer Bremsbetätigungseinrichtung;
- c. Bestimmen einer Wegdifferenz basierend auf dem erfassten Kolbenweg und dem erfassten Hub der Bremsbetätigungseinrichtung;
- d. Verwenden der Wegdifferenz zur Steuerung der elektromotorischen Bremskraftverstärkung



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft Verfahren zur Steuerung eines elektromotorischen Bremskraftverstärkers gemäß dem Anspruch 1 sowie ein Bremssystem nach Anspruch 11.

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. 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.

[0005] 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.

[0006] 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 aufgebrauchten 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.

[0007] 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 4 327 206 A1 bekannt.

[0008] 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.

[0009] Die Konfiguration der DE 10 2004 050 103 A1 ist aufwändig. Weiterhin ist die erzielte Bremscharakteristik suboptimal.

[0010] Ausgehend von der DE 10 2004 050 103 A1 ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Verfahren zur Steuerung eines elektromotorischen Bremskraftverstärkers anzugeben.

[0011] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß dem Anspruch 1 sowie durch ein Bremssystem gemäß dem Anspruch 11 gelöst.

[0012] Insbesondere wird die Aufgabe durch ein Verfahren zur Steuerung einer elektromotorischen Bremskraftverstärkung gelöst, bei dem der Hauptbremszylinder oder Tandem-Hauptbremszylinder von einem Elektromotor angetrieben wird, wobei eine Bremsbetätigungseinrichtung im normalen Bremsbetrieb kraftunterstützend auf die Spindel und/oder einen Kolben des Bremskraftverstärkers wirkt. Erfindungsgemäß umfasst das Verfahren die Schritte:

- a. Erfassen eines Kolbenwegs des Hauptbremszylinders oder Tandem-Hauptbremszylinders, wobei der Kolbenweg über einen Drehwinkelgeber des Elektromotors erfasst wird;
- b. Erfassen eines Hubs der Bremsbetätigungseinrichtung;
- c. Bestimmen einer Wegdifferenz (Δh) zwischen Kolben und Betätigungseinrichtung, basierend auf dem erfassten Kolbenweg (s_K) und dem erfassten Hub der Bremsbetätigungseinrichtung;
- d. Verwenden der Wegdifferenz (Δh) zur Steuerung der elektromotorischen Bremskraftverstärkung.

[0013] Bei Verwendung der beschriebenen, 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 Betä-

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

[0014] 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.

[0015] Nachfolgend werden exemplarisch verschiedene mögliche Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Bremssystems anhand von Zeichnungen näher erläutert.

[0016] Es zeigen:

[0017] Fig. 1: Zwei mögliche Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Bremssystems;

[0018] Fig. 2: dritte mögliche Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bremssystems;

[0019] Fig. 3: vierte mögliche Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bremssystems;

[0020] Fig. 3a: Querschnittsdarstellung durch den Schnitt x-x in Fig. 3;

[0021] Fig. 4: fünfte mögliche Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bremssystems mit Kupplung zur Entkopplung des HZ-Kolbens und der Bremsbetätigungseinrichtung für den unverstärkten Bremsdruckaufbau im Störfall;

[0022] Fig. 4a: Detaildarstellung der Kupplung gem. Fig. 4;

[0023] Fig. 5: Bremsdruck P , Sensorspannung U , Kolbenweg s_K und Pedalhub S_P mit Federung;

[0024] Fig. 5a: Pedalkraft und Kolbenkraft über dem Pedalhub s ;

[0025] Fig. 5b: Bremsdruck P , Sensorspannung U , Kolbenweg s_K und Pedalhub S_P mit Federung bei einem Bremskreisausfall;

[0026] 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 Druckstangenkolbens **24** über den Stößel **21** und einem Drehwinkelgeber **4** zur Positionsbestimmung des Druckstangenkolbens **24** und der Erfassung der Rotorposition bzw. des Kolbenweges.

[0027] 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.

[0028] 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.

[0029] 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 Übertragungs-

einrichtung **14** drückt diese auf einen Anschlag im Gehäuse **15**.

[0030] Eine erhebliche Minderung des Stoßes wird durch eine Lösung erzielt, wie sie in der oberen Bildhälfte 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 10% des Federweges.

[0031] 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.

[0032] Die Kolben- oder Antriebsrückstellung erfolgt über den Motor. Um bei einer fehlerhaften Rückstellung und einem harten Anschlag eine zusätzliche Belastung des Kugelgewindetriebes zu reduzieren, ist eine Tellerfeder **23** zwischen der Momentenabstützung **27** und dem Kugelgewindetrieb **28** vorgesehen. Üblicherweise ist die Betätigungseinrichtung gegen Eindringen von Schmutz durch einen elastischen Balg **29** geschützt.

[0033] 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.

[0034] 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.

[0035] 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.

[0036] 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 bei-

den 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.

[0037] 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.

[0038] 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.

[0039] 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.

[0040] 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).

[0041] 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 Kupp-

lungselement 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 aktiviert, 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.

[0042] 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.

[0043] 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.

[0044] 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.

[0045] Die Fig. 5a zeigt die Pedalkraft F_P und Kolbenkraft F_K über dem Pedalhub s . Bei s_1 ist die Pe-

dalkraft 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.

[0046] 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.

[0047] Bei Hybridfahrzeugen kann ebenfalls eine variable Verstärkung, insbesondere eine niedrigere Verstärkung, eingesetzt werden, um die zusätzliche Bremswirkung des Generators bei Rekuperation auszugleichen.

[0048] Es folgen weitere Ausführungsbeispiele der Erfindung:

Ausführungsbeispiel 1:

[0049] 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:

[0050] 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:

[0051] 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:

[0052] 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:

[0053] 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:

[0054] Bremssystem nach einem der Ausführungsbeispiele 3 bis 5, wobei die Federweglänge für maximalen Bremsdruck mindestens 1 mm, vorzugsweise mindestens 4 mm beträgt.

Ausführungsbeispiel 7:

[0055] 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:

[0056] Bremssystem nach Ausführungsbeispiel 7, wobei das mindestens eine Federelement **20** in oder an der Übertragungseinrichtung **14** angeordnet ist.

Ausführungsbeispiel 9:

[0057] 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:

[0058] 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:

[0059] Bremssystem nach Ausführungsbeispiel 10, wobei der Kolben **24** und die Spindel **13** wahlweise mittels Form- oder Kraftschluss miteinander verbindbar sind.

Ausführungsbeispiel 12:

[0060] 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:

[0061] 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:

[0062] 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 Kraftübertragungsstößel **21** dient, erfolgt, wobei sich das Kupplungselement **40** durch die zylindrische Wandung der Spindel **13** hindurch erstreckt.

Ausführungsbeispiel 15:

[0063] 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:

[0064] 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:

[0065] Bremssystem nach einem der Ausführungsbeispiele 10 bis 16, wobei sich das Kupplungselement **40** durch die zylindrische Wandung des Spindel **13** hindurch erstreckt.

Ausführungsbeispiel 18:

[0066] 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:

[0067] 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:

[0068] Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ausführungsbeispiele, wobei das Bremssystem eine Arretiereinrichtung aufweist, mittels derer die Bewegung der Bremsbetätigungseinrichtung blockierbar ist.

Ausführungsbeispiel 21:

[0069] Bremssystem nach Ausführungsbeispiel 20 wobei die Arretierungseinrichtung die Bremsbetätigungseinrichtung in beliebigen Stellungen oder in einem bestimmten Bewegungsbereich blockieren kann.

Ausführungsbeispiel 22:

[0070] 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:

[0071] Bremssystem nach einem der Ausführungsbeispiele 18 bis 20, wobei eine Steuereinrichtung die Arretierungseinrichtung in Abhängigkeit der Signa-

le vom ABS/ESP-Regler und der Kolben und Betätigungseinrichtungspositionen ansteuert.

Ausführungsbeispiel 24:

[0072] 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:

[0073] 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:

[0074] 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:

[0075] 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:

[0076] 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:

[0077] 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:

[0078] Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ausführungsbeispiele, wobei die Steuereinrichtung den Federweg der Feder **20** als Steuergröße für die Einregelung der Bremskraftverstärkung verwendet.

Ausführungsbeispiel 31:

[0079] 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:

[0080] 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:

[0081] 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:

[0082] Bremssystem nach Ausführungsbeispiel 33, wobei der Stößel **31c** mittels Kugelgelenk an dem Lagerteil **31** angelenkt ist.

Ausführungsbeispiel 35:

[0083] 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. Verfahren zur Steuerung einer elektromotorischen Bremskraftverstärkung, bei dem der Hauptbremszylinder oder Tandem-Hauptbremszylinder (5) von einem Elektromotor (11, 12) angetrieben wird, wobei eine Bremsbetätigungseinrichtung (16, 16a, 14) im normalen Bremsbetrieb kraftunterstützend auf eine Spindel (13) und/oder einen Kolben (24) des Bremskraftverstärkers wirkt, umfassend die Schritte:

- Erfassen eines Kolbenwegs (sK) des Hauptbremszylinders oder Tandem-Hauptbremszylinders (5), wobei der Kolbenweg (sK) über einen Drehwinkelgeber (4) des Elektromotors (11, 12) erfasst wird;
- Erfassen eines Hubs der Bremsbetätigungseinrichtung (16, 16a, 14);
- Bestimmen einer Wegdifferenz (Δh) zwischen Kolben (24) und Bremsbetätigungseinrichtung (16, 16a, 14), basierend auf dem erfassten Kolbenweg (sK) und dem erfassten Hub der Bremsbetätigungseinrichtung (16, 16a, 14);
- Verwenden der Wegdifferenz (Δh) zur Steuerung der elektromotorischen Bremskraftverstärkung.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Hub der Bremsbetätigungseinrichtung (16, 16a, 14) auf Grund einer Feder (20) größer als der Kolbenweg (sK) ist.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch: ein Normieren von Sensortoleranzen, indem ein kleiner Leerhub Δs zwischen Bremsbetätigungseinrichtung (16, 16a, 14) und Spindel (13) eingebaut ist und bei Spannungsänderung eines Pedalhubsenors (22) diese Position als Basis dient.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Erhalt eines Stellbefehls zum Aufbau eines bestimmten Druckes die Bremsdrucksteuerung auf Basis einer gespeicherten Druckvolumenkennlinie erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 4 **dadurch gekennzeichnet**, dass die vorher über Kolbenweg (sK) und Druckmessung aufgenommene und in einem Kennfeld gespeicherte Druckvolumenkennlinie die entsprechende Kolbenbewegung über den Drehwinkelgeber mit entsprechendem Druck in den Bremskreisen erfolgt, wenn der Kolben (24) des Hauptbremszylinders einen Stellbefehl zum Aufbau eines bestimmten Druckes erhält, wobei der Drucksensor den Druck des Hauptbremszylinders misst und zwischen Hauptbremszylinder (5) und Radregelventilen (8a–8d) angeordnet ist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass entsprechend der gegenkraftabhängigen Auslenkung ein Dif-

ferenzweg Δh zwischen Hub der Bremsbetätigungseinrichtung (**16, 16a, 14**) und Kolbenweg (s_K) entsteht, der bei kleinem Hub der Bremsbetätigungseinrichtung (**16, 16a, 14**) zu einem ersten Bremsdruck (p_1) und bei maximaler Auslenkung (Δh_{\max}) der Bremsbetätigungseinrichtung (**16, 16a, 14**) zu einem zweiten Bremsdruck (p_2) führt, wobei die die Funktion der Wegdifferenz (Δh) mit einer entsprechenden Feder (**20**) linear oder degressiv gestaltet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, gekennzeichnet durch:

einen Plausibilitätsvergleich durch Auswertung des Hubs der Bremsbetätigungseinrichtung (**16, 16a, 14**) gegenüber dem Kolbenweg (s_K) und/oder durch Auswerten eines Druck im Hauptzylinder oder Stroms des Elektromotors (**11, 12**) gegenüber dem Hub der Bremsbetätigungseinrichtung (**16, 16a, 14**).

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

gekennzeichnet durch:

eine Normierung der Spannungen der Sensoren (**22, 4**) zur Erfassen des Hubs der Bremsbetätigungseinrichtung (**16, 16a, 14**) und zur Erfassen des Kolbenwegs (s_K) auf einem Bezugspunkt durch Berücksichtigung eines Leerweges (Δs) der Bremsbetätigungseinrichtung (**16, 16a, 14**).

9. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem

a) eine lineare Feder (**20**) verwandt wird;
 b) ein Druck oder eine Kolbenkraft proportional zur Wegdifferenz (Δh) eingestellt ist,
 um eine linear von der Wegdifferenz (Δh) abhängige Bremskraftverstärkung $K = F_k/F_p$ zu erhalten, wobei F_k die Kolbenkraft und F_p die Pedalkraft ist.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Differenzweg (Δh) durch eine progressive Federcharakteristik bestimmt ist, wobei die progressive Federcharakteristik durch mehrere Federn (**20, 20b**) gestaltet wird.

11. Bremssystem mit

– einer elektromotorischen Bremskraftverstärkung, bei dem der Hauptbremszylinder oder Tandem-Hauptbremszylinder (**5**) von einem Elektromotor (**11, 12**) angetrieben ist,
 – einer Steuerung die dazu ausgebildet ist,
 a) einen Kolbenweg (s_K) des Hauptbremszylinders oder Tandem-Hauptbremszylinders (**5**) zu erfassen, wobei der Kolbenweg (s_K) über den Drehwinkelgeber eines Elektromotor (**11, 12**) erfasst wird;
 b) einen Hub einer Bremsbetätigungseinrichtung (**16, 16a, 14**) zu erfassen, wobei die Bremsbetätigungseinrichtung (**16, 16a, 14**) im normalen Bremsbetrieb kraftunterstützend auf eine Spindel (**13**) und/oder einen Kolben (**24**) des Bremskraftverstärkers wirkt, wobei der Hub auf Grund einer Feder (**20**) größer als der Kolbenweg (s_K) ist;

c) eine Wegdifferenz (Δh) zwischen Kolben (**24**) und Bremsbetätigungseinrichtung (**16, 16a, 14**) basierend auf dem erfassten Kolbenweg (s_K) und dem erfassten Hub der Bremsbetätigungseinrichtung (**16, 16a, 14**) zu bestimmen;

d) die Wegdifferenz (Δh) zur Steuerung der elektromotorischen Bremskraftverstärkung zu verwenden.

12. Hybridfahrzeug mit einem Bremssystem gemäß Anspruch 11, wobei das Bremssystem dazu ausgebildet ist, eine variable Verstärkung einzusetzen, um eine zusätzliche Bremswirkung eines Generators des Hybridfahrzeugs bei Rekuperation auszugleichen.

13. Hybridfahrzeug gemäß Anspruch 11, wobei das Bremssystem dazu ausgebildet ist, eine niedrigere Verstärkung einzusetzen, um eine zusätzliche Bremswirkung eines Generators des Hybridfahrzeugs bei Rekuperation auszugleichen.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

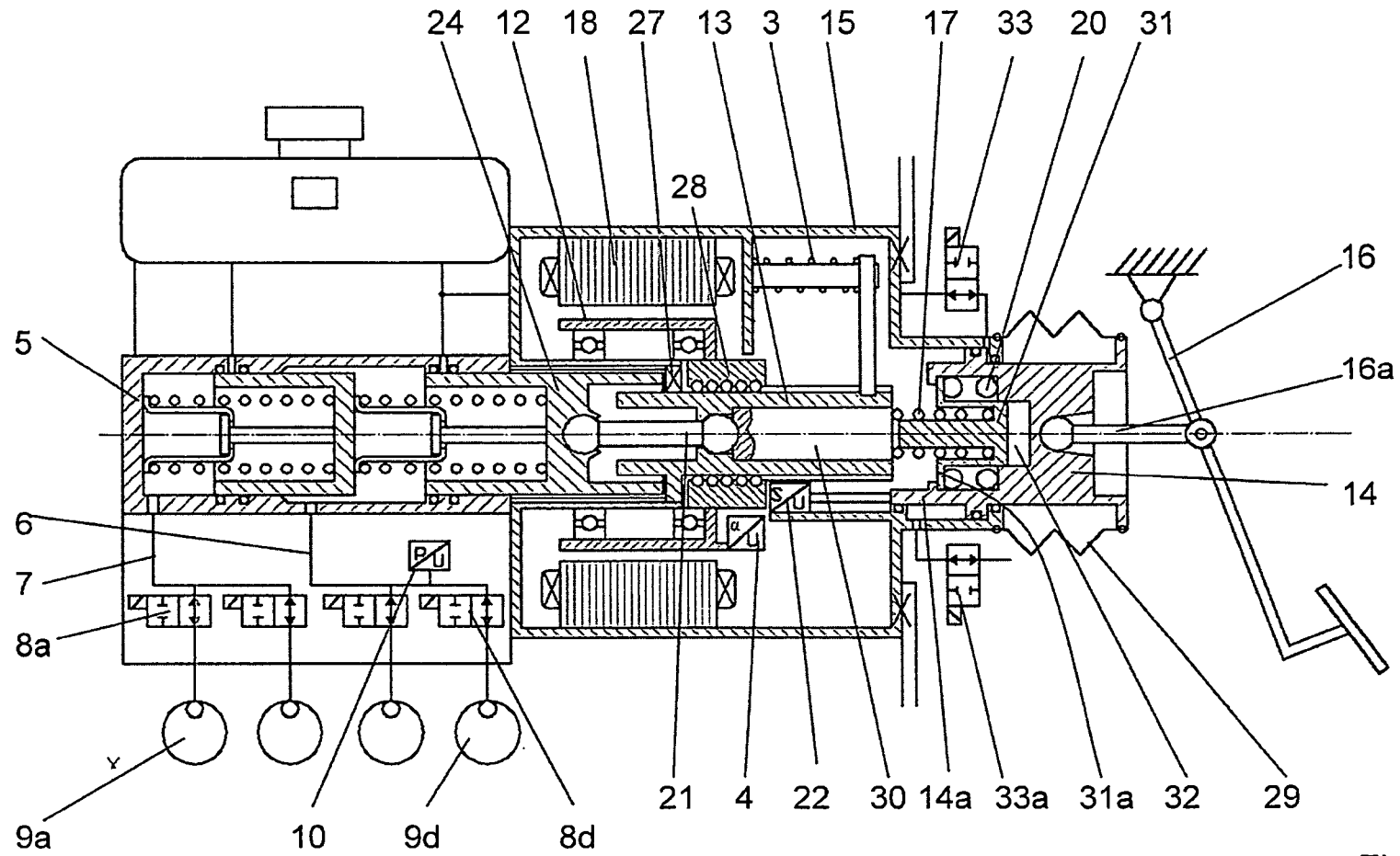
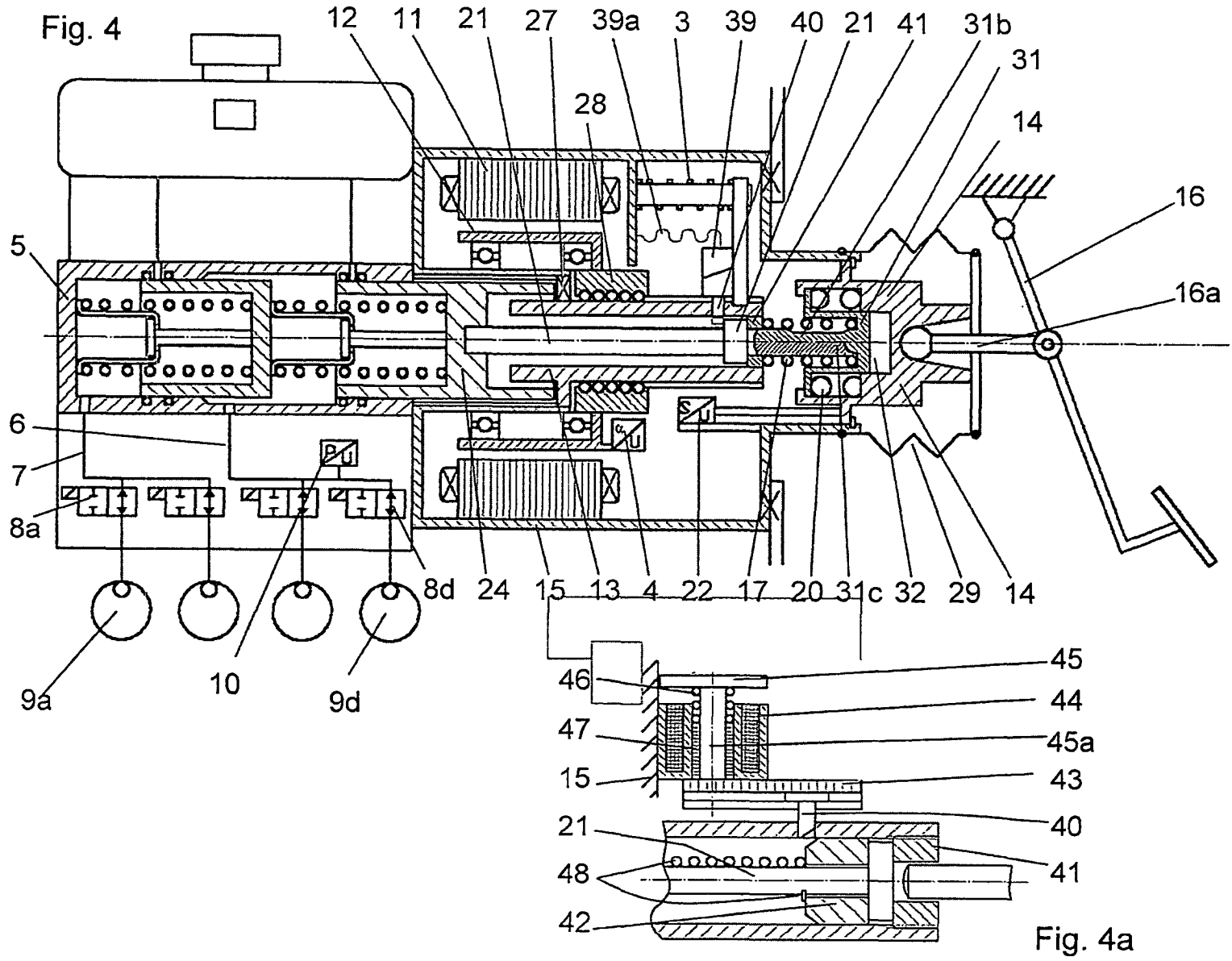
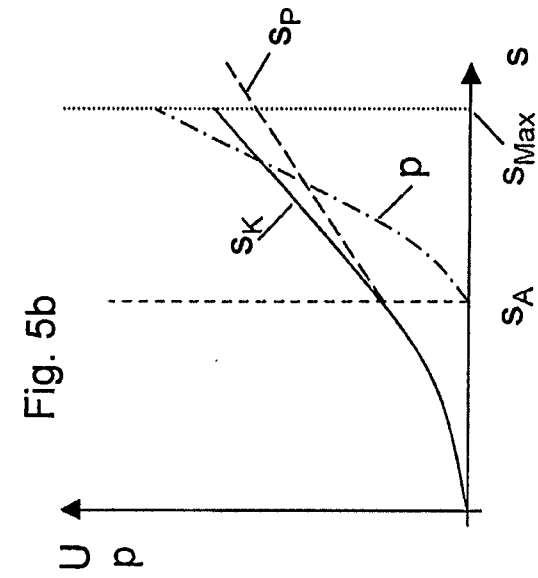


Fig. 2





Bremskreisausfall

