



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 040 424 A1** 2008.03.06

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 040 424.6**

(22) Anmeldetag: **29.08.2006**

(43) Offenlegungstag: **06.03.2008**

(51) Int Cl.⁸: **B60T 13/66 (2006.01)**

B60T 13/74 (2006.01)

B60T 13/16 (2006.01)

(71) Anmelder:

Continental Teves AG & Co. OHG, 60488 Frankfurt, DE

(72) Erfinder:

Drumm, Stefan A., 55291 Saulheim, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 197 03 776 A1

DE 103 46 674 A1

DE 103 30 146 A1

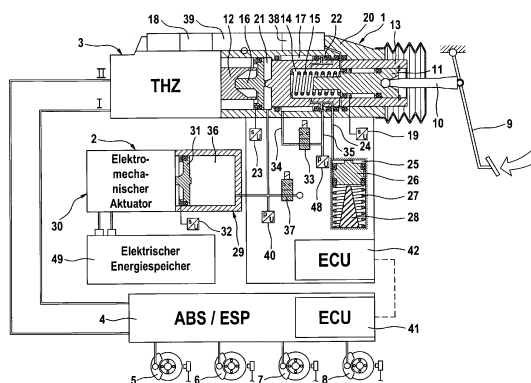
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Bremssystem für Kraftfahrzeuge**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Bremssystem mit einem Hauptzylinder (3), an den Radbremskreise (I, II) anschließbar sind, einem ersten Kolben (11), der über eine Betätigungskräfte übertragende Druckstange (10) mit einem Bremspedal (9) gekoppelt ist, einem zweiten Kolben (12), über den der Hauptzylinder (3) betätigt wird, einem dritten Kolben (13), der vom ersten Kolben (11) betätigbar ist, und der in eine kraftübertragende Verbindung mit dem zweiten Kolben (12) bringbar ist, mit einer Simulationseinrichtung mit mindestens einem elastischen Element (27, 28), die dem Fahrzeugführer ein angenehmes Pedalgefühl vermittelt, mit einem mit hydraulischem Druck beaufschlagbaren Zwischenraum (21) zwischen dem zweiten (12) und dritten Kolben (13), wobei eine Druckbeaufschlagung des Zwischenraums (21) den zweiten und den dritten Kolben (12, 13) in entgegengesetzter Richtung belastet, mit einer vom dritten Kolben (13) begrenzten, hydraulischen, mittels eines Sperrventils (33) absperrbaren Kammer (17), mit der bei Bedarf eine Bewegung des dritten Kolbens (13) in Betätigungsrichtung verhindert wird, mit einer Druckbereitstellungseinrichtung (2), die den Druck im Zwischenraum (21) steuert, mit einem unter Atmosphärendruck stehenden Druckmittelvorratsbehälter (39), der mit dem Zwischenraum (21) hydraulisch verbindbar ist, sowie mit Mitteln zur elektrischen Regelung des Drucks im Zwischenraum (21).

Um eine aufwändige Zwischenspeicherung hydraulischer Stellenergie zu umgehen, wird ...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Bremssystem für Kraftfahrzeuge mit

- einem Hauptzylinder, an den Radbremskreise angeschlossen sind,
- einem ersten Kolben, der über eine Betätigungs-kräfte übertragende Druckstange mit einem Bremspedal gekoppelt ist,
- einem zweiten Kolben, über den der Hauptzylinder betätigt wird,
- einem dritten Kolben, der vom ersten Kolben be-tätigbar ist, und der in eine kraftübertragende Ver-bindung mit dem zweiten Kolben bringbar ist,
- mit einer Simulationseinrichtung mit mindestens einem elastischen Element, die dem Fahrzeug-führer ein angenehmes Pedalgefühl vermittelt,
- mit einem mit hydraulischem Druck beaufschlag-baren Zwischenraum zwischen dem zweiten und dem dritten Kolben, wobei eine Druckbeaufschla-gung des Zwischenraums den zweiten und den dritten Kolben in entgegen gesetzter Richtung be-lastet,
- mit einer vom dritten Kolben begrenzten, hydrau-lischen, mittels eines Sperrventils absperrbaren Kammer, mit der bei Bedarf eine Bewegung des dritten Kolbens in Betätigungsrichtung verhindert wird,
- mit einer Druckbereitstellungseinrichtung, die den Druck im Zwischenraum steuert,
- mit einem unter Atmosphärendruck stehenden Druckmittelvorratsbehälter, der mit dem Zwi-schenraum hydraulisch verbindbar ist,
- sowie mit Mitteln zur elektrischen Regelung des im Zwischenraum eingesteuerten Druckes.

[0002] In der Kraftfahrzeugtechnik finden „bra-ke-by-wire“-Bremssysteme eine immer größere Ver-breitung. Bei diesen Bremssystemen kann die Bre-mse einerseits ohne aktives Zutun des Fahrzeugfüh-rers aufgrund elektronischer Signale "fremd-"betätigt werden. Diese elektronischen Signale können bei-spielsweise von einem elektronischen Stabilitätspro-gramm ESP oder einem Abstandsregelsystem ACC ausgegeben werden. Andererseits kann auf eine Be-tätigung des Bremssystems ganz oder teilweise ver-zichtet werden, wenn eine vom Fahrzeugführer über eine Bremspedalbetätigung angeforderte Bremswir-kung beispielsweise durch Umschalten eines elektri-schen Fahrzeugantriebs in einen Generatorbetrieb erzielt wird. In beiden Fällen entspricht der Betä-tigungszustand der Bremse nicht der vom Fahrzeug-führer vorgegebenen Bremspedalbetätigung. Bei herkömmlichen Bremssystemen führt dies zu einer Rückwirkung auf das Bremspedal. Die Bremspedal-charakteristik – d.h. die Abhängigkeit des Bremspe-dalwegs von der Bremspedalkraft ist durch die be-schriebene Rückwirkung gestört. Dieser Rückwir-kungseffekt auf das Bremspedal kann für den Fahrer überraschend und unangenehm sein, so dass der

Fahrer in einer kritischen Situation des Straßenver-kehrs das Bremspedal nicht in einem dieser Situation angepassten Maße betätigt, da er durch die für ihn nicht vorhersehbare Rückwirkung auf das Bremspe-dal irritiert wird.

[0003] Ein Bremssystem der eingangs genannten Gattung ist aus der DE 10 321 721 A1 bekannt. Das in der genannten Veröffentlichung offenbarte Brems-system kann u. a. bei Fahrzeugen mit einem Hybrid-antrieb verwendet werden, bei denen so genannte Rekuperationsbremsvorgänge durchgeführt werden. Das der Regelung des im erwähnten Zwischenraum eingesteuerten Druckes dienende Druckregelventil wird bei dem vorbekannten Bremssystem mittels me-chanischer Kraftübertragungsmittel angesteuert, die wirkungsmäßig zwischen dem ersten Kolben und dem Ventilkörper des Druckregelventils angeordnet sind. Als Mittel zur elektrischen Regelung des im Zwi-schenraum eingesteuerten Druckes sind elektromag-netisch ansteuerbare Ventileinrichtungen vorgese-hen, die als analog regelbare, stromlos geschlossene (SG-)2/2-Wegeventile ausgebildet sind. Als nachteilig wird bei dem vorbekannten Bremssystem die Tat-sache empfunden, dass die zu dessen Betrieb not-wendige Stellenergie in einem Hochdruckspeicher bereit gehalten werden muss, dessen Druckmittel während einer Bremsbetätigung in die Radbrems-kreise strömt. Einerseits ist es energetisch ineffizient, das Druckmittel zunächst auf das hohe Druckniveau des Hochdruckspeichers zu bringen, obwohl bei der Mehrzahl der Bremsungen nur ein Bruchteil dieses Speicherdruckniveaus benötigt wird und andererseits besteht hierbei die Gefahr dass bei einer möglichen Kontamination des Druckmittels durch Gasblasen das Bremssystem dadurch ausfallen kann, dass die Gasblasen durch ihre mit dem Ausströmen aus dem Hochdruckspeicher verbundene Volumenausdehnung eine zur hydraulischen Kraftübertragung notwendige Flüssigkeitssäule aus den Bremsleitungen verdrän-gen.

[0004] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfin-dung, ein Bremssystem der eingangs genannten Gattung vorzuschlagen, bei dem auf die aufwändige, energetisch ungünstige und einen Ausfall des Bremssystems begünstigende Zwischenspeicherung hydraulischer Stellenergie verzichtet werden kann.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß da-durch gelöst, dass das zur elektrischen Regelung des im Zwischenraum eingesteuerten Druckes benötigte Druckmittel in der Druckbereitstellungseinrichtung unter Atmosphärendruck bereitgehalten und bei Be-darf unter einen höheren Druck gesetzt wird.

[0006] Zum Konkretisierung des Erfindungsgedan-kens ist vorgesehen, dass die Druckbereitstellungs-einrichtung durch eine Zylinder-Kolben-Anordnung gebildet wird, deren Kolben durch einen elektrome-

chanischen Aktuator betätigbar ist.

[0007] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung des Erfindungsgegenstandes ist ein elektrischer Energiespeicher vorgesehen, der den elektromechanischen Aktuator mit Energie versorgt.

[0008] Eine andere vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung besteht darin, dass die Simulationseinrichtung einem ersten Bremskraftverstärkerdruckmittelkreis und die Druckbereitstellungseinrichtung, einem zweiten Bremskraftverstärkerdruckmittelkreis zugeordnet sind, wobei während des Betriebs des Bremssystems zwischen erstem und zweitem Bremskraftverstärkerdruckmittelkreis und den Radbremskreisen kein Druckmittelaustausch stattfindet. Durch diese Maßnahmen wird die Betriebssicherheit des erfindungsgemäßen Bremssystems erheblich erhöht, da von einer möglichen Leckage in einem der hydraulischen Kreise die anderen nicht betroffen sind.

[0009] Bei einer anderen Ausgestaltung des Erfindungsgegenstandes ist die Druckbereitstellungseinrichtung unter Zwischenschaltung eines elektrisch schaltbaren 2/2-Wegeventils an eine unter Atmosphärendruck stehende Kammer des zweiten Druckmittelvorratsbehälters angeschlossen. Selbstverständlich ist es auch möglich, das oben erwähnte Bereithalten des Druckmittelvorrats auf Atmosphärendruckniveau – wie in der Bremsentechnik üblich – durch ein Schnüffeloch, ein Kippventil oder ein Zentralventil zu erreichen. Das elektrisch schaltbare 2/2-Wegeventil bietet jedoch den Vorteil, dass der Aktuator der Druckbereitstellungseinrichtung im Bedarfsfall sofort mit dem Druckaufbau beginnen kann und nicht erst nach dem Zurücklegen eines Ventilschaltweges.

[0010] Weitere vorteilhafte Ausführungen des erfindungsgemäßen Bremssystems sind in den Unteransprüchen 7 bis 21 aufgeführt.

[0011] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend an zwei Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegende schematische Zeichnung näher erläutert, wobei die gleichen Komponenten mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind. In der Zeichnung zeigen:

[0012] [Fig. 1](#) den Aufbau einer ersten Ausführung des erfindungsgemäßen Bremssystems; und

[0013] [Fig. 2](#) den Aufbau einer zweiten Ausführung des erfindungsgemäßen Bremssystems.

[0014] Das in der Zeichnung dargestellte erfindungsgemäße Bremssystem besteht im Wesentlichen aus einer Betätigungseinrichtung **1**, einer Druckbereitstellungseinrichtung **2**, wobei die Betätigungseinheit und die Druckbereitstellungseinrichtung

einen Bremskraftverstärker bilden, sowie einem dem Bremskraftverstärker wirkungsmäßig nachgeschalteten Hauptbremszylinder bzw. Tandemhauptzylinder **3**, dessen nicht dargestellte Druckräume mit den unter Atmosphärendruck stehenden Kammern eines ersten Druckmittelvorratsbehälters **18** verbindbar sind. Andererseits sind an die Druckräume Radbremskreise **I, II** angeschlossen, die unter Zwischenschaltung eines bekannten ABS- oder ESP-Hydroaggregats bzw. eines steuerbaren Radbremsdruckmodulationsmoduls die Radbremsen **5-8** eines Kraftfahrzeuges mit hydraulischem Druckmittel versorgen. Dem Radbremsdruckmodulationsmodul **4** ist eine elektronische Steuer- und Regeleinheit **41** zugeordnet. Die Betätigungseinrichtung **1**, die in einem Gehäuse **20** angeordnet ist, an das der Tandemhauptzylinder **3** angeschlossen ist, ist über ein Bremspedal **9** ansteuerbar, das über eine Betätigungsstange **10** mit einem ersten Kolben **11** der Betätigungseinrichtung **1** wirkungsmäßig verbunden ist. Der Betätigungsweg des Bremspedals **9** wird mittels eines Wegsensors **19** erfasst, der den Weg des ersten Kolbens **11** sensiert. Zum gleichen Zweck kann jedoch auch ein Drehwinkelsensor verwendet werden, der den Drehwinkel des Bremspedals **9** erfasst. Der erste Kolben **11** ist in einem dritten Kolben **13** angeordnet, in dem er eine Druckkammer **14** begrenzt, die eine Druckfeder **15** aufnimmt, die bei unbetätigtem Bremspedal **9** den ersten Kolben **11** zur Anlage am dritten Kolben **13** bringt. Alternativ oder zusätzlich kann im Bereich der Druckstange **10** oder des Bremspedals **9** eine Pedalrückstellfeder vorgesehen sein. Die Druckkammer **14** ist in unbetätigtem Zustand der Betätigungseinrichtung **1** mit einer Kammer **38** eines zweiten Druckmittelvorratsbehälters **38, 39** verbunden, der der Betätigungseinrichtung **1** zugeordnet ist. Der dritte Kolben **13** wirkt mit einem zweiten Kolben **12** zusammen, der den Primärkolben des Tandemhauptzylinders **3** bilden kann, wobei im dargestellten Beispiel zwischen dem zweiten (**12**) und dem dritten Kolben **13** ein Druckübersetzungskolben **16** angeordnet ist. Zwischen dem dritten Kolben **13** und dem Druckübersetzungskolben **16** ist ein Zwischenraum **21** begrenzt, durch dessen Beaufschlagen mit einem hydraulischen Druck der dritte Kolben **13** an einem im Gehäuse **20** ausgebildeten Anschlag **22** gehalten wird, während der Druckübersetzungskolben **16** und damit der Primärkolben **12** des Tandemhauptzylinders im Sinne eines Druckaufbaus im Tandemhauptzylinder **3** beaufschlagt werden. Eine aus dieser Belastung resultierende Bewegung des Druckübersetzungskolbens **16** wird mittels eines zweiten Wegsensors **23** erfasst. Außerdem begrenzt der dritte Kolben **13** im Gehäuse **20** eine hydraulische Kammer **17**, deren Funktion im nachfolgenden Text erläutert wird. An die hydraulische Kammer **17** ist eine erste Leitung **34** angeschlossen, die über ein stromlos offenes (SO-)Sperrventil **33** mit einer zweiten Leitung **35** verbunden ist, die an die vorhin erwähnte Druckkammer **14** angeschlossen ist.

[0015] Weiterhin ist [Fig. 1](#) zu entnehmen, dass die vorhin erwähnte Druckkammer **14** über eine absperrebare Verbindungsleitung **24** mit einer Simulatorkammer **25** in Verbindung steht, die von einem Simulator Kolben **26** begrenzt wird. Dabei wirkt der Simulator Kolben **26** mit einer Simulatorfeder **27** sowie einer der Simulatorfeder **27** parallel geschalteten Elastomerfeder **28** zusammen. Dabei bilden die Simulatorkammer **25**, der Simulator Kolben **26**, die Simulatorfeder **27** sowie die Elastomerfeder **28** einen Pedalwegsimulator, der dem Fahrzeugführer bei der Betätigung des Bremssystems das gewohnte Pedalgefühl vermittelt, das einer üblichen Bremspedalcharakteristik entspricht. Dies bedeutet, dass bei geringem Bremspedalweg der Widerstand langsam ansteigt und bei größerem Bremspedalweg überproportional zunimmt. Zur Dämpfung der Bewegung des Simulator Kolbens **26** können nicht dargestellte, beispielsweise pneumatische Dämpfungsmittel vorgesehen sein. Die hydraulische Verbindungsleitung **24** zwischen der Simulatorkammer **25** und der Druckkammer **14** bzw. der Kammer **38** des zweiten Druckmittelvorratsbehälters wird durch eine Bewegung des dritten Kolbens **13** in Betätigungsrichtung des Hauptbremszylinders **3** abgesperrt, wodurch der Pedalwegsimulator wirkungsmäßig abgeschaltet wird. Der erste Kolben **11**, die Feder **15**, die hydraulische Kammer **14**, die hydraulische Verbindung **24**, die Simulatorkammer **25**, der Simulator Kolben **26**, die Simulatorfedern **18** und **27**, sowie die nicht dargestellten Dämpfungsmittel bilden zusammen die Simulationseinrichtung, die zusammen mit einer unter Atmosphärendruck stehenden Kammer **38** des zweiten Druckmittelvorratsbehälters einem ersten Bremskraftverstärkerdruckmittelkreis zugeordnet ist, der von den Radbremskreisen **I, II** vollständig getrennt ist.

[0016] Die vorhin erwähnte elektrohydraulische Druckbereitstellungseinrichtung **2** besteht im Wesentlichen aus einer hydraulischen Zylinder-Kolben-Anordnung **29** sowie einem elektromechanischen Aktuator **30**, der beispielsweise durch einen Elektromotor mit einem Untersetzungsgetriebe gebildet wird, der eine translatorische Bewegung eines hydraulischen Kolbens **31** gewährleistet, so dass in einem Druckraum **36** der hydraulischen Zylinder-Kolben-Anordnung **29** ein hydraulischer Druck aufgebaut wird. Der elektromechanische Aktuator **30** wird von einem elektrischen Energiespeicher mit Energie versorgt, der mit dem Bezugszeichen **49** versehen ist. Die Bewegung des Kolbens **31** wird mittels eines Wegsensors erfasst, der mit dem Bezugszeichen **32** versehen ist. Der Druckraum **36** ist einerseits an den Zwischenraum **21** angeschlossen und andererseits mittels eines stromlos offenen (SO-)2/2-Wegeventils **37** mit einer unter Atmosphärendruck stehenden Kammer **39** eines zweiten Druckmittelvorratsbehälters verbindbar. Dabei sind die Druckbereitstellungseinrichtung **2**, der Zwischenraum **21** sowie die Kammer **39** des zweiten Druckmittelvorratsbehälters ei-

nem zweiten Bremskraftverstärkerdruckmittelkreis zugeordnet, der sowohl vom ersten Bremskraftverstärkerdruckmittelkreis als auch von den Radbremskreisen **I, II** vollständig getrennt ist. Ein Drucksensor **40** dient dem Erfassen des von der Druckbereitstellungseinrichtung **2** bereitgestellten bzw. des im Zwischenraum **21** herrschenden Druckes.

[0017] Das vorhin erwähnte Sperrventil **33** ermöglicht ein Absperrern der Kammer **17** gegenüber der Druckkammer **14**, wodurch eine Bewegung des dritten Kolbens **13** in Betätigungsrichtung verhindert wird. Die Kammer **17**, die erste Druckmittelleitung **34**, das Sperrventil **33**, die zweite Druckmittelleitung **35**, die Druckkammer **14**, die Verbindungsleitung **24**, die Simulatorkammer **25** sowie der zweite Druckmittelvorratsbehälter **38** bilden einen zweiten Bremskraftverstärkerdruckmittelkreis, der vom ersten Bremskraftverstärkerdruckmittelkreis sowie von den beiden Radbremskreisen **I, II** vollständig getrennt ist. Den genannten Elementen ist eine eigene elektronische Steuereinheit **42** zugeordnet, die mit der vorhin erwähnten elektronischen Steuer- und Regeleinheit **41** zusammenwirkt und die der Erfassung von Sensordaten, der Verarbeitung dieser Daten, dem Austausch von Daten mit anderen Steuereinheiten, der Ansteuerung des elektromechanischen Aktuators **30**, sowie der Bremsleuchten des Fahrzeugs dient.

[0018] Der Aufbau der in [Fig. 2](#) gezeigten zweiten Ausführung des erfindungsgemäßen Bremssystems entspricht weitgehend dem der ersten Ausführung, die im Zusammenhang mit [Fig. 1](#) ausführlich erläutert wurde. Der hydraulische Druckraum **36** bzw. der Zwischenraum **21** ist an ein hydraulisches Volumenaufnahmeelement **43** angeschlossen, dessen Kolben **45** einen Raum **46** begrenzt, der eine Druckfeder **47** aufnimmt. Der Raum **46** steht unter Zwischenschaltung eines stromlos offenen (SO-)2/2-Wegeventils **44** mit dem dritten Druckmittelvorratsbehälter **39** in Verbindung.

[0019] Im nachfolgenden Text wird die Funktionsweise des erfindungsgemäßen Bremssystems im Zusammenhang mit [Fig. 1](#) näher erläutert.

[0020] Ein erster Betriebsmodus entspricht einer rein elektrischen, der sog. „Brake-by-wire“-Betriebsart, bei der sämtliche Komponenten des Bremssystems intakt sind und einwandfrei arbeiten. In diesem Modus werden zum Aufbau eines hydraulischen Druckes im Zwischenraum **21** das 2/2-Wegeventil **37** und der elektromechanische Aktuator **30** angesteuert, so dass der von der Druckbereitstellungseinrichtung **2** bereit gestellte bzw. der in ihrer Zylinder-Kolben-Anordnung **29** erzeugte Druck dem Zwischenraum **21** zugeführt wird. Durch die Druckwirkung wird der dritte Kolben **13** am Anschlag **22** gehalten und der Druckübersetzungskolben **16** nach links verschoben, wodurch der Hauptbremszylinder **3** betätigt wird.

Zum Zweck des Druckhaltens wird der Kolben **31** der Kolben-Zylinder-Anordnung **29** in der eingesteuerten Position fest gehalten. Das in der Verbindung zwischen dem Zwischenraum **21** und dem zweiten Druckmittelvorratsbehälter **38** eingefügte, stromlos offene 2/2-Wegeventil **37** wird sowohl beim Druckaufbau als auch beim Druckhalten in seiner geschlossenen Schaltstellung festgehalten.

[0021] Für einen Druckabbau wird der Kolben **31** der Zylinder-Kolben-Anordnung **29** zurück gefahren. Dabei strömt Druckmittel aus dem Zwischenraum **21** zurück in den Druckraum **36**. Zum vollständigen Abbau des Druckes auf Atmosphärendruckniveau wird schließlich das vorhin genannte 2/2-Wegeventil **37** geöffnet, wodurch eine hydraulische Verbindung zur zweiten Kammer **39** des zweiten Druckmittelvorratsbehälters hergestellt wird. Um einen Unterdruck im Zwischenraum **21** bzw. im Druckraum **36** zu vermeiden kann das 2/2-Wegeventil **37** so ausgestaltet sein, dass es im bestromten Zustand einen Druckmittelvolumenstrom vom dritten Druckmittelvorratsbehälter **39** in die Druckräume **21**, **26** erlaubt.

[0022] Der Vorgang der Ansteuerung des elektro-mechanischen Aktuators **30** wird von der elektronischen Steuereinheit **42** derart durchgeführt, dass der Druck im Zwischenraum **21** einem Solldruckwert angenähert wird. Dieser Solldruckwert ergibt sich einerseits aus einer erfassten Betätigungskomponente des Bremspedals **9** und andererseits aus einer Fremdbetätigungskomponente. Die Betätigungskomponente des Bremspedals **9** wird aus dem Betätigungsweg des Bremspedals **9** bzw. des ersten Kolbens **11** und aus dem hydraulischen Druck in der Druckkammer **14** ermittelt, der mittels eines Drucksensors **48** erfasst wird und der der Betätigungskraft des Bremspedals **9** proportional ist.

[0023] In einem zweiten Betriebsmodus, der durch eine Störung der Elektronik bzw. durch das Fehlen eines von der hydraulischen Druckbereitstellungseinrichtung **2** erzeugten Druckes charakterisiert ist und einer Rückfallebene entspricht, ist kein elektronisch gesteuerter Druckaufbau im Zwischenraum **21** möglich. In diesem Betriebsmodus kann das Bremssystem rein mechanisch betätigt werden. Der dritte Kolben **13** bewegt sich unter dem Einfluss einer Bremspedalbetätigung von seinem Anschlag **22** weg und verschiebt den zweiten Kolben **12** durch mechanischen Kontakt. Die Betätigung des Hauptbremszylinders **3** erfolgt ausschließlich mit Muskelkraft des Fahrzeugführers.

[0024] In einem dritten Betriebsmodus, der einer Rekuperationsbremsung entspricht, muss der im Zwischenraum **21** eingesteuerte Druck trotz einer Betätigung des Bremspedals **9** bis auf Null reduziert werden können, um eine möglichst vollständige Rekuperation der kinetischen Energie des Fahrzeugs zu

erreichen. Zu diesem Zweck wird das Sperrventil **33** geschlossen, so dass die Kammer **17** abgesperrt wird. Durch das Absperren der Kammer **17** wird eine Bewegung des dritten Kolbens **13** in der Betätigungsrichtung verhindert. Ein Verzögerungsbedarf, der durch Rekuperation nicht vollständig abgedeckt werden kann, wird durch eine der Differenz entsprechende Teilbremsung abgedeckt. Alternativ zur Verwendung des Sperrventils **33** kann im dritten Betriebsmodus, d.h. während einer Rekuperationsbremsung mit Hilfe der Druckbereitstellungseinrichtung **2** im Zwischenraum **21** ein Druck eingesteuert werden, der sowohl größer als der größte der momentan benötigten Radbremsdrücke als auch größer als der zum Zurückhalten des Kolbens **13** benötigte Druck gewählt wird. Mit Hilfe der nachgeschalteten ABS- bzw. ESP-Radbremsdruckmodulationseinheit werden aus diesem Druck die achs- oder radindividuellen Bremsdrücke erzeugt.

[0025] Durch die vorliegende Erfindung wird eine einfach aufgebaute Bremsanlage erreicht, bei der in einer „Brake-by-wire“-Betriebsart, sowie bei Rekuperationsbremsungen die Bremspedalcharakteristik nicht vom Betätigungszustand der restlichen Bremsanlage abhängt, wodurch das Pedalgefühl bei einer Fahrerbremsung weder durch das gleichzeitige Vorliegen einer Fremdbremsung noch durch andere Regelungsaktivitäten des Bremssystems wie Antiblockierregelung, Traktionskontrolle oder Fahrstabilitätsregelung gestört werden kann.

[0026] Die erfindungsgemäße Bremsanlage hat weiterhin den Vorteil, dass keine aufwändigen hydraulischen Bauelemente wie Pumpe, Hydrospeicher und Schieberventil benötigt werden. Als einzige hydraulische Komponenten werden im Vergleich zu den gerade genannten Komponenten einfache und kostengünstige elastomergedichtete Kolben und Zylinder, sowie die in der Bremsentechnik millionenfach bewährten 2/2-Elektromagnetventile eingesetzt. Die Erfindung ermöglicht den Einsatz eines mechatronischen Aktuators, der sowohl aus einem elektrischen Stellenergiespeicher als auch direkt aus einem elektrischen Fahrzeugbordnetz gespeist werden kann.

Patentansprüche

1. Bremsanlage für Kraftfahrzeuge mit
 - einem Hauptzylinder (**3**), an den Radbremskreise (**I**, **II**) angeschlossen sind,
 - einem ersten Kolben (**11**), der über eine Betätigungskräfte übertragende Druckstange (**10**) mit einem Bremspedal (**9**) gekoppelt ist,
 - einem zweiten Kolben (**12**), über den der Hauptzylinder (**3**) betätigt wird,
 - einem dritten Kolben (**13**), der vom ersten Kolben (**11**) betätigbar ist, und der in eine kraftübertragende Verbindung mit dem zweiten Kolben (**12**) bringbar ist,
 - mit einer Simulationseinrichtung mit mindestens ei-

nem elastischen Element (27,28), die in der Betriebsart „brake-by-wire“ dem Fahrzeugführer ein angenehmes Pedalgefühl vermittelt,

- mit einem mit hydraulischem Druck beaufschlagbaren Zwischenraum (21) zwischen dem zweiten (12) und dritten Kolben (13), wobei eine Druckbeaufschlagung des Zwischenraums (21) den zweiten und den dritten Kolben (12, 13) in entgegen gesetzter Richtung belastet,
- mit einer vom dritten Kolben (13) begrenzten, hydraulischen, mittels eines Sperrventils (33) absperrbaren Kammer (17), mit der bei Bedarf eine Bewegung des dritten Kolbens (13) in Betätigungsrichtung verhindert wird,
- mit einer Druckbereitstellungseinrichtung (2), die den Druck im Zwischenraum (21) steuert,
- mit einem unter Atmosphärendruck stehenden Druckmittelvorratsbehälter (39), der mit dem Zwischenraum (21) hydraulisch verbindbar ist, sowie
- mit Mitteln zur elektrischen Regelung des Drucks im Zwischenraum (21),

dadurch gekennzeichnet, dass das zur elektrischen Regelung des im Zwischenraum (21) eingesteuerten Druckes benötigte Druckmittel in der Druckbereitstellungseinrichtung (2) unter Atmosphärendruck bereitgehalten und bei Bedarf unter einen höheren Druck gesetzt wird.

2. Bremssystem nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass die Druckbereitstellungseinrichtung (2) durch eine Zylinder-Kolben-Anordnung (29) gebildet wird, deren Kolben (31) durch einen elektromechanischen Aktuator (30) betätigbar ist.

3. Bremssystem nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, dass ein elektrischer Energiespeicher (49) vorgesehen ist, der den elektromechanischen Aktuator (30) mit Energie versorgt, solange dieser nicht direkt aus einem elektrischen Fahrzeugbordnetz gespeist wird.

4. Bremssystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrische Energiespeicher (49) aus dem elektrischen Fahrzeugbordnetz nachgeladen und sein Ladezustand und seine Funktionsfähigkeit von einer dem Bremssystem zugeordneten Elektronikeinheit (41, 42) überwacht wird.

5. Bremssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4 dadurch gekennzeichnet, dass im dritten Kolben (13) eine hydraulische Druckkammer (14) ausgebildet ist, die der Erfassung einer am Bremspedal (9) wirkenden Betätigungskraft dient.

6. Bremssystem nach Anspruch 5 dadurch gekennzeichnet, dass die hydraulische Druckkammer (14) in absperrbarer Verbindung mit einer hydraulischen Simulatorkammer (25) steht, die von einem hydraulischen Simulatorkolben (26) begrenzt wird, der

mit den den Pedalwegsimulator bildenden Elementen (27, 28) in kraftübertragender Verbindung steht.

7. Bremssystem nach Anspruch 6 dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung zwischen der hydraulischen Druckkammer (14) mit der hydraulischen Simulatorkammer (25) durch eine Bewegung des dritten Kolbens (13) absperrbar ist.

8. Bremssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7 dadurch gekennzeichnet, dass die Druckbereitstellungseinrichtung (2) unter Zwischenschaltung eines elektrisch schaltbaren 2/2-Wegeventils (37) an den Druckmittelvorratsbehälter (39) angeschlossen ist.

9. Bremssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8 dadurch gekennzeichnet, dass das Sperrventil (33) zum Absperrn der Kammer (17) als ein elektrisch schaltbares 2/2-Wegeventil ausgebildet ist.

10. Bremssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9 dadurch gekennzeichnet, dass an die Druckbereitstellungseinrichtung (2) ein hydraulisches Volumenaufnahmeelement (43) angeschlossen ist.

11. Bremssystem nach Anspruch 10 dadurch gekennzeichnet, dass die Volumenaufnahmefunktion des hydraulischen Volumenaufnahmeelements mit Hilfe eines Elektromagnetventils (44) zu- und abschaltbar ist.

12. Bremssystem nach einem der Ansprüche 5 bis 11 dadurch gekennzeichnet, dass die Druckkammer (14), die Simulatorkammer (25), die hydraulische Kammer (17) und eine erste Kammer (38) eines Druckmittelvorratsbehälters einem ersten Bremskraftverstärkerdruckmittelkreis und die Druckbereitstellungseinrichtung (2), der Zwischenraum (21) und eine zweite Kammer (39) eines Druckmittelvorratsbehälters einem zweiten Bremskraftverstärkerdruckmittelkreis zugeordnet sind und dass während des Betriebs des Bremssystems zwischen dem ersten und zweiten Bremskraftverstärkerdruckmittelkreis, sowie den Radbremskreisen (I, II) kein Druckmittelaustausch stattfindet.

13. Bremssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 12 dadurch gekennzeichnet, dass ein Niederdrücken des Bremspedals (9) erfasst, elektronisch verarbeitet und in eine Aktivierung der Druckbereitstellungseinrichtung (2) umgesetzt wird.

14. Bremssystem nach Anspruch 13 dadurch gekennzeichnet, dass das Niederdrücken des Bremspedals über eine den Pedalweg repräsentierende Messgröße und/oder eine die Pedalkraft repräsentierende erfasst wird.

15. Bremssystem nach Anspruch 14 dadurch gekennzeichnet, dass die den Pedalweg repräsentierende

rende Größe der Weg des Kolbens (**11**) ist und durch einen Kolbenwegsensoren (**19**) erfasst wird.

16. Bremssystem nach Anspruch 14 dadurch gekennzeichnet, dass die den Pedalweg repräsentierende Größe der Drehwinkel des Bremspedals (**9**) ist und durch einen Drehwinkelsensoren erfasst wird.

17. Bremssystem nach Anspruch 14 dadurch gekennzeichnet, dass die die Pedalkraft repräsentierende Größe die Kraft in der Druckstange (**10**) ist, welche durch einen in die Druckstange (**10**) eingefügten Kraftsensoren erfasst wird.

18. Bremssystem nach Anspruch 14 dadurch gekennzeichnet, dass die die Pedalkraft repräsentierende Größe der Druck in der Druckkammer (**14**) ist, welcher durch einen Drucksensoren (**48**) erfasst wird.

19. Bremssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 18 dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zur Erfassung des vom zweiten Kolben (**12**) zurückgelegten Weges vorgesehen sind.

20. Bremssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 19 dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem zweiten (**12**) und dem dritten Kolben (**13**) ein Druckübersetzungskolben (**16**) vorgesehen ist.

21. Bremssystem nach Anspruch 20 dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (**23**) zur Erfassung des vom Druckübersetzungskolben (**16**) zurückgelegten Weges vorgesehen sind.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

