



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 17 928 T2** 2008.11.27

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 567 372 B1**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B60G 21/06** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 17 928.2**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/AU03/01637**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 767 294.6**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2004/052667**

(86) PCT-Anmeldetag: **08.12.2003**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **24.06.2004**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **31.08.2005**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **05.12.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **27.11.2008**

(30) Unionspriorität:  
**2002953153 06.12.2002 AU**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE, FR, GB**

(73) Patentinhaber:  
**Kinetic Pty Ltd., Dunsborough, W.A., AU**

(72) Erfinder:  
**REVILL, Christopher Paull, Dunsborough, W.A.  
6281, AU; MUNDAY, Raymond Andrew, Busselton,  
W.A. 6280, AU**

(74) Vertreter:  
**Ackmann, Menges & Demski Patent- und  
Rechtsanwälte, 80469 München**

(54) Bezeichnung: **HYDRAULISCHES AUFHÄNGUNGSSYSTEM**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung ist auf ein Aufhängungssystem für ein Fahrzeug gerichtet, wobei das Aufhängungssystem wenigstens Rollsteifigkeit bietet und eine unabhängige Steuerung von Hebe-, Roll- und Nickdämpfung hat.

**[0002]** Es sind viele alternative untereinander verbundene Aufhängungssysteme bekannt, welche die Fähigkeit haben, zwischen verschiedenen Arten der Radbewegung in Bezug auf die Fahrzeugkarosserie passiv zu unterscheiden, und deshalb eine Vielfalt von Alternativen in der Funktionalität bieten. Zum Beispiel die US-Patente Nr. 6,010,139 und 6,270,098 der Anmelderin bieten eine Druck ausgleichende „Lastverteil“-Einheit zwischen zwei Paaren von diagonal miteinander verbundenen doppeltwirkenden Radzylindern. Dieses System bietet unterschiedliche Hebe-, Roll- und Nicksteifigkeitsraten bei null Verwindungssteifigkeit und unterschiedliche Dämpfungsraten in allen vier Basisaufhängungsbetriebsarten (Heben, Rollen, Nicken und Verwinden oder heave, roll, pitch and warp). Dieses System trägt das Gewicht des Fahrzeuges, so dass, wenn sich die Belastungen an dem Fahrzeug ändern oder wenn sich die Fluidtemperatur ändert, das Fluidvolumen in jedem der sechs Volumina in dem System eingestellt werden muss. Außerdem gibt es, da die sechs Volumina in dem System in gewissen Lastzuständen sein können, was alles bei unterschiedlichen Drücken der Fall sein kann, die Möglichkeit für das Fluid, an den Dichtungen zu lecken, was auch verlangt, dass Fluidvolumeneinstellungen vorgenommen werden, um die korrekte Fahrzeughöhe aufrechtzuerhalten. Das verlangt eine Hochdruckfluidquelle, Sensoren, Steuerelektronik und -ventile, was die Kosten des Systems für ein passives System relativ hoch macht. Darüber hinaus kann der hohe Druck, der in diesen Systemen benutzt wird, zu Problemen mit der stationären Reibung oder Haftreibung innerhalb der Lastverteilereinheit und der Radzylinder führen.

**[0003]** Ein Beispiel eines passiven Systems, das hohe Rollsteifigkeit bei niedriger Verwindungssteifigkeit und vernachlässigbarer Hebesteifigkeit bietet und für hohe Rolldämpfung bei niedrigerer, komfortablerer und isolierender Hebedämpfung sorgt, findet sich in der WO-A-00/61394 der Anmelderin. Da das System keine nennenswerte Hebesteifigkeit bietet, sind separate Tragfedern erforderlich.

**[0004]** Ein Beispiel eines Systems, das einfach Roll- und/oder Nickdämpfung hat, findet sich in dem US-Patent Nr. 5,486,018 von Yamaha und in US 6,024,366 von Kayaba. Das System in diesen Dokumenten benutzt eine Vorrichtung zwischen einem Paar Raddämpfungszyklindern, wobei jeder Raddämpfungszyklinder ein Dämpferventil in seinem Kolben hat, um für eine doppeltwirkende Dämpfung zu

sorgen, den Zylinder aber einfachwirkend zu machen (d. h. es gibt nur eine Fluidöffnung).

**[0005]** Die Vorrichtung bietet unabhängige Grade der Dämpfung für Bewegungen in Phase (d. h. Heben) und für Bewegungen außer Phase (d. h. Rollen und/oder Nicken). Dieses System bietet jedoch keine nennenswerte Steifigkeit in irgendeiner Betriebsart, so dass zusätzlich zu der Notwendigkeit von Tragfedern im Allgemeinen Antirollstäbe erforderlich sein werden für einen guten Ausgleich zwischen Prell- und Rollsteifigkeit. Außerdem, da die Radzylinder effektiv einfachwirkend sind (d. h. nur eine Fluidöffnung haben), ist das Ausmaß an Dämpfung, das die Vorrichtung bieten kann, begrenzt. Es gibt Verbesserungen, die an dem System vorgenommen werden, um dieses Problem zu bekämpfen, welche sich in der japanischen Patentveröffentlichung Nr. 11291737 finden, wobei diese aber mehr Installation und Schieberventile mit sich bringen.

**[0006]** In der EP 858918 ist in **Fig. 9** ein Rolllagesteuersystem gezeigt, das vier doppeltwirkende Radzylinder umfasst, die so verbunden sind, dass zwei Fluidvolumina gebildet sind, ein aktives Rollsteuersystem, das Ventile aufweist, einen Tank, Hochdruckpumpensensoren und eine Verdrängereinheit, wobei die Verdrängereinheit angetrieben wird, um Fluid aus einem der Fluidvolumina zu dem anderen zu übertragen und so zu ermöglichen, dass die Rolllage eines Fahrzeuges aktiv gesteuert wird. Schraubenfedern sind vorgesehen zum Tragen des Hauptgewichts der Fahrzeugkarosserie, wobei jedoch eine beträchtliche statische Belastung durch die hintere Gasfeder und die hinteren Hydraulikzylinder aufgenommen werden muss, um die Steuerung des Druckes in der Gasfeder zum Einstellen der statischen Höhe des Hecks des Fahrzeuges zu ermöglichen, ohne für eine dynamische Steuerung des Nickens des Fahrzeuges zu sorgen. **Fig. 10** der EP 858918 zeigt eine weitere Entwicklung desselben Systems, in welchem dieses Mal eine Verbindungssequenz zwischen den vier Zylindern benutzt wird, die eine Querverbindung der Kammern von diagonal entgegengesetzten Rädern ergibt, welche erste und zweite diagonale Paare von Fluidvolumina ergibt. Jedes diagonale Paar von Fluidvolumina hat eine zugeordnete Verdrängereinheit, ähnlich aktiv gesteuert auf Zielpositionen in Abhängigkeit von den Roll- und Nickbeschleunigungen an der Fahrzeugkarosserie. Dieses Hydrauliksystem hat nicht null Verwindungssteifigkeit und entkoppelt auch nicht die Nicksteifigkeit von der Rollsteifigkeit, obgleich wiederum Schraubenfedern das Hauptgewicht der Fahrzeugkarosserie tragen können.

**[0007]** Lotus hat auf dem Gebiet der aktiven Aufhängung Pionierarbeit geleistet durch die Verwendung von doppeltwirkenden Fluidzylindern an jedem Rad, um entweder die Last des Fahrzeuges zu tragen oder, wie in der US 5,217,246 gezeigt, parallel

mit Schraubenfedern, welche das Hauptgewicht der Fahrzeugkarosserie tragen, wobei der Radzylinder für eine Steuerung der Lageeinstellung und Dämpfung sorgt. Jeder Radzylinder ist nicht passiv hydraulisch mit irgendeinem anderen Radzylinder verbunden, sondern wird durch wenigstens eine zentrale elektronische Steuereinheit aufgrund von erfassten ungefederten und gefederten Karosseriebeschleunigungen, -kräften und -positionen individuell gesteuert. Obgleich das System keinen betriebsartentkoppelten passiven Betrieb bietet, kann die elektronische Steuereinheit alle vier Aufhängungsbetriebsarten analysieren und für eine individuelle Einstellung der Kraft an jedem Rad, die durch seine Programmierung bestimmt wird, sorgen.

**[0008]** Es ist deshalb ein Ziel der vorliegenden Erfindung, ein hydraulisches System für eine Fahrzeugaufhängung zu schaffen, welches wenigstens eines der Probleme der oben beschriebenen Systeme überwindet, wobei das hydraulische System für Rollsteifigkeit, Rolldämpfung, Nickdämpfung und wahlweise für Nicksteifigkeit sorgt, die alle vorzugsweise ausgelegt und abgestimmt werden können, und zwar unabhängig voneinander, um eine Optimierung jedes Parameters zu ermöglichen.

**[0009]** Demgemäß schafft die vorliegende Erfindung ein Dämpfungs- und Steifigkeitssystem in einem Fahrzeugaufhängungssystem für ein Fahrzeug, wobei das Fahrzeug eine Fahrzeugkarosserie und ein erstes Paar und ein zweites Paar diagonal beabstandete Radbaugruppen aufweist, wobei das erste Paar diagonal beabstandete Radbaugruppen wenigstens eine vordere linke Radbaugruppe und wenigstens eine hintere rechte Radbaugruppe umfasst, wobei das zweite paar diagonal beabstandete Radbaugruppen wenigstens eine vordere rechte Radbaugruppe und wenigstens eine hintere linke Radbaugruppe umfasst und wobei das Dämpfungs- und Steifigkeitssystem aufweist:  
 wenigstens einen Radzylinder, der zwischen jeder Radbaugruppe und der Fahrzeugkarosserie angeordnet ist, wobei jeder Zylinder wenigstens eine Kompressionskammer enthält;  
 eine Lastverteilereinheit, die zwischen die Kompressionskammern des vorderen linken, vorderen rechten, hinteren linken und hinteren rechten Radzylinders geschaltet ist, wobei die Lastverteilereinheit eine erste und eine zweite Kolbenstangenbaugruppe, ein erstes, ein zweites, ein drittes und ein viertes Systemvolumen sowie ein erstes und ein zweites modales Federungsvolumen aufweist,  
 wobei die erste Kolbenstangenbaugruppe eine erste, eine zweite, eine dritte und eine vierte effektive Fläche festlegt, wobei die zweite Kolbenstangenbaugruppe eine fünfte, eine sechste, eine siebente und eine achte effektive Fläche festlegt und wobei die erste und die zweite Kolbenstangenbaugruppe innerhalb der Lastverteilereinheit so angeordnet sind, dass

jede Kolbenstangenbaugruppe sich um eine Hauptachse der Kolbenstangenbaugruppe drehen und längs derselben verschieben kann,  
 wobei die erste effektive Fläche eine bewegliche Wand des ersten Systemvolumens bildet, so dass, wenn die erste Kolbenstangenbaugruppe sich längs ihrer Hauptachse verschiebt, sich das Volumen des ersten Systemvolumens verändert, wobei die zweite effektive Fläche eine bewegliche Wand des zweiten Systemvolumens bildet, wobei die dritte effektive Fläche eine bewegliche Wand des ersten modalen Federungsvolumens bildet, wobei die vierte effektive Fläche eine bewegliche Wand des zweiten modalen Federungsvolumens bildet, wobei die fünfte effektive Fläche eine bewegliche Wand des dritten Systemvolumens bildet, so dass, wenn die zweite Kolbenstangenbaugruppe sich längs ihrer Hauptachse verschiebt, sich das Volumen des dritten Systemvolumens verändert, wobei die sechste effektive Fläche eine bewegliche Wand des vierten Systemvolumens bildet, wobei die siebente effektive Fläche eine bewegliche Wand des ersten modalen Federungsvolumens bildet und wobei die achte effektive Fläche eine bewegliche Wand des zweiten modalen Federungsvolumens bildet,  
 wobei das erste Systemvolumen zunimmt im Volumen proportional zu der Abnahme im Volumen des zweiten Systemvolumens mit der Bewegung ersten Kolbenstangenbaugruppe, wobei das dritte Systemvolumen zunimmt im Volumen proportional zu der Abnahme im Volumen des vierten Systemvolumens mit der Bewegung der zweiten Kolbenstangenbaugruppe,  
 wobei das Volumen des ersten modalen Federungsvolumens abnimmt proportional zu der Zunahme im Volumen des ersten und des dritten Systemvolumens mit der Bewegung der ersten und der zweiten Kolbenstangenbaugruppe, wobei das Volumen des zweiten modalen Federungsvolumens abnimmt proportional zu der Zunahme im Volumen des zweiten und des vierten Systemvolumens,  
 wobei das erste und das vierte Systemvolumen mit den Kompressionskammern der Radzylinder verbunden sind, die einem der Paare von diagonal beabstandeten Radbaugruppen zugeordnet sind, wobei das zweite und das dritte Systemvolumen mit den Kompressionskammern der Radzylinder verbunden sind, die dem anderen Paar der diagonal beabstandeten Radbaugruppen zugeordnet sind, wobei das Dämpfungs- und Steifigkeitssystem dadurch im Wesentlichen null Verwindungssteifigkeit schafft, und dadurch gekennzeichnet, dass:  
 das Fahrzeugaufhängungssystem weiter vordere und hintere elastische Fahrzeugtrageinrichtungen zwischen der Fahrzeugkarosserie und den Radbaugruppen zum elastischen Abstützen des Fahrzeuges über den Radbaugruppen aufweist,  
 wobei das Fahrzeug hauptsächlich durch die elastischen Fahrzeugtrageinrichtungen abgestützt wird.

**[0010]** Weil das Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nicht die Hauptabstützung für das Fahrzeug sein muss, kann in dem System Fluid relativ niedrigen Druckes benutzt werden. Das reduziert oder eliminiert Probleme, die mit der Haftreibung verbunden sind. Darüber hinaus sorgt die Verwendung von elastischen Fahrzeugtrageeinrichtungen, welche von dem Dämpfungs- und Steifigkeitssystem separat sind, für eine gewisse Verwindungssteifigkeit, was helfen kann, die Fahrzeugstabilität unter gewissen Bedingungen zu verbessern.

**[0011]** Die Lastverteilereinheit kann ein erstes Paar axial ausgerichtete Primärkammern und ein zweites Paar axial ausgerichtete Primärkammern aufweisen, wobei jede Primärkammer einen Kolben enthält, welcher jede Primärkammer in zwei Sekundärkammern trennt, wobei eine erste Stange, welche die Kolben der beiden ersten Primärkammern verbindet, eine erste Kolbenstangenbaugruppe bildet, und wobei eine zweite Stange, welche die Kolben der beiden zweiten Primärkammern verbindet, eine zweite Kolbenstangenbaugruppe bildet, wobei eine der Sekundärkammern in dem ersten Paar Primärkammern eine erste vordere Systemkammer ist und mit der Kompressionskammer eines vorderen Radzylinders auf einer ersten Seite des Fahrzeuges verbunden ist, wobei die andere Sekundärkammer in dem ersten Paar Primärkammern, welche sich im Volumen in derselben Richtung wie die erste vordere Systemkammer mit der Bewegung in der ersten Kolbenstangenbaugruppe verändert, eine erste hintere Nickkammer ist, wobei eine der Sekundärkammern in dem ersten Paar Primärkammern, welche sich im Volumen in der entgegengesetzten Richtung wie die erste vordere Systemkammer mit der Bewegung der ersten Kolbenstangenbaugruppe verändert, eine erste hintere Systemkammer ist und mit der Kompressionskammer eines hinteren Radzylinders auf einer ersten Seite des Fahrzeuges verbunden ist, wobei die andere Sekundärkammer in dem ersten Paar Primärkammern, welche sich im Volumen in derselben Richtung wie die erste hintere Systemkammer mit der Bewegung der ersten Kolbenstangenbaugruppe verändert, eine erste vordere Nickkammer ist, wobei eine der Sekundärkammern in dem zweiten Paar Primärkammern eine zweite vordere Systemkammer ist und mit der Kompressionskammer eines vorderen Radzylinders auf einer zweiten Seite des Fahrzeuges verbunden ist, wobei die andere Sekundärkammer in dem zweiten Paar Primärkammern, welche sich im Volumen in derselben Richtung wie die zweite vordere Systemkammer mit der Bewegung der zweiten Kolbenstangenbaugruppe verändert, eine zweite hintere Nickkammer ist, wobei eine der Sekundärkammern in dem zweiten

Paar Primärkammern, welche sich im Volumen in der entgegengesetzten Richtung wie die zweite vordere Systemkammer mit der Bewegung der zweiten Kolbenstangenbaugruppe verändert, eine zweite hintere Systemkammer ist und mit der Kompressionskammer eines hinteren Radzylinders auf einer zweiten Seite des Fahrzeuges verbunden ist, wobei die andere Sekundärkammer in dem zweiten Paar Primärkammern, welche sich im Volumen in derselben Richtung wie die zweite hintere Systemkammer mit der Bewegung der zweiten Kolbenstangenbaugruppe verändert, eine zweite vordere Nickkammer ist, und wobei die erste und die zweite vordere Nickkammer miteinander verbunden sind und ein vorderes Nickvolumen bilden und wobei die erste und die zweite hintere Nickkammer miteinander verbunden sind und ein hinteres Nickvolumen bilden.

**[0012]** Alternativ kann die Lastverteilereinheit ein erstes Paar axial ausgerichtete Primärkammern und ein zweites Paar axial ausgerichtete Primärkammern aufweisen, wobei jede Primärkammer einen Kolben enthält, welcher jede Primärkammer in zwei Sekundärkammern trennt, wobei eine erste Stange die Kolben der beiden ersten Primärkammern verbindet und eine erste Kolbenstangenbaugruppe bildet und wobei eine zweite Stange die Kolben der zweiten Primärkammern verbindet und eine zweite Kolbenstangenbaugruppe bildet, wobei eine der Sekundärkammern in dem ersten Paar Primärkammern eine vordere linke Systemkammer ist und mit der Kompressionskammer eines vorderen Radzylinders auf einer linken Seite des Fahrzeuges verbunden ist, wobei die andere Sekundärkammer in dem ersten Paar Primärkammern, welche sich im Volumen in derselben Richtung wie die vordere Systemkammer mit der Bewegung der ersten Kolbenstangenbaugruppe verändert, eine erste rechte Rollkammer ist, wobei eine der Sekundärkammern in dem ersten Paar Primärkammern, welche sich im Volumen in der entgegengesetzten Richtung zu der vorderen linken Systemkammer mit der Bewegung der ersten Kolbenstangenbaugruppe verändert, eine vordere rechte Systemkammer ist und mit der Kompressionskammer des anderen vorderen Radzylinders auf einer rechten Seite des Fahrzeuges verbunden ist, wobei die andere Sekundärkammer in dem ersten Paar Primärkammern, die sich im Volumen in derselben Richtung wie die vordere rechte Systemkammer mit der Bewegung der ersten Kolbenstangenbaugruppe verändert, eine erste linke Rollkammer ist, wobei eine der Sekundärkammern in dem zweiten Paar Primärkammern eine hintere linke Systemkammer ist und mit der Kompressionskammer eines hinteren Radzylinders auf der linken Seite des Fahrzeuges verbunden ist, wobei die andere Sekundärkammer in dem zweiten Paar Primärkammern, welche sich im Volumen in

derselben Richtung wie die hintere linke Systemkammer mit der Bewegung der zweiten Kolbenstangenbaugruppe verändert, eine zweite rechte Rollkammer ist,

wobei eine der Sekundärkammern in dem zweiten Paar Primärkammern, welche sich im Volumen in der entgegen gesetzten Richtung wie die zweite vordere Systemkammer mit der Bewegung der zweiten Kolbenstangenbaugruppe verändert, eine hintere rechte Systemkammer ist und mit der Kompressionskammer eines hinteren Radzylinders auf der rechten Seite des Fahrzeuges verbunden ist,

wobei die andere Sekundärkammer in dem zweiten Paar Primärkammern, welche sich im Volumen in derselben Richtung wie die hintere rechte Systemkammer mit der Bewegung der zweiten Kolbenstangenbaugruppe verändert, eine zweite linke Rollkammer ist, und

wobei die erste und die zweite linke Rollkammer miteinander verbunden sind und ein linkes Rollvolumen bilden und wobei die erste und die zweite rechte Rollkammer miteinander verbunden sind und ein rechtes Rollvolumen bilden.

**[0013]** Die Radzylinder können alle einfachwirkend sein. Alle einfachwirkenden Zylinder sollten ideal zwei Kammern benutzen, mit Dämpfung in dem Kolben des Zylinders, um für eine gute Steuerung von Rückpralldämpfungs Kräften zu sorgen. Es kann zu bevorzugen sein, bei Fahrzeugen mit extremen Rollmomentverteilungen doppelwirkende Zylinder an dem Ende des Fahrzeuges zu benutzen, was die hohe Rollsteifigkeit und einfachwirkende Zylinder an dem anderen Ende des Fahrzeuges verlangt. Deshalb können die Radzylinder an einem Ende des Fahrzeuges eine Rückprallkammer enthalten, wobei die Rückprallkammer jedes Radzylinders an einem Ende des Fahrzeuges mit der Kompressionskammer des diagonal entgegengesetzten Radzylinders (an dem entgegengesetzten Ende und auf der entgegengesetzten Seite des Fahrzeuges) verbunden ist.

**[0014]** Bei Fahrzeugen mit gleichmäßigeren Rollmomentverteilungen wird jedoch der breiteste Leistungsbereich erzielt, indem doppelwirkende Radzylinder für alle Räder verwendet werden. Deshalb enthält jeder Radzylinder eine Rückprallkammer, wobei die Rückprallkammer jedes doppelwirkenden Radzylinders mit der Kompressionskammer des diagonal entgegengesetzten Radzylinders verbunden ist.

**[0015]** Um dem Fahrzeug zu ermöglichen, sich in der Heberichtung zu bewegen, wird Beweglichkeit in dem Steifigkeits- und Dämpfungssystem verlangt. Diese Beweglichkeit kann teilweise oder sogar gänzlich aus dem benutzten Fluid kommen. Es ist jedoch zu bevorzugen, dass zusätzliche Beweglichkeit hinzugefügt wird, da die Dämpfung dieser zusätzlichen Beweglichkeit einen gewissen Grad an modaler Dämpfung ermöglicht. Deshalb kann die Kompressi-

onskammer jedes Radzylinders in Fluidverbindung mit einem Akkumulator sein.

**[0016]** Das vordere Nickvolumen kann mit dem hinteren Nickvolumen über eine Nickventilanordnung verbunden sein. Wenn Fluid durch das Nickventil strömt, wird durch das Steifigkeits- und Dämpfungssystem keine Nicksteifigkeit geschaffen, sondern nur eine gewisse Nickdämpfung, die durch irgendein Dämpferventil in der Nickventilanordnung teilweise gesteuert wird. Für maximalen Komfort kann es vorteilhaft sein, unter einigen Bedingungen keine Dämpfung in der Nickventilanordnung zu haben.

**[0017]** Das vordere Nickvolumen kann mit einem vorderen Nickakkumulator über ein vorderes Nickdämpferventil verbunden sein und das hintere Nickvolumen kann mit einem hinteren Nickakkumulator über ein hinteres Nickdämpferventil verbunden sein. Wenn kein Nickventil verwendet wird oder wenn es geschlossen ist, sorgen der vordere und der hintere Nickakkumulator für zusätzliche Nickbeweglichkeit in dem Steifigkeits- und Dämpfungssystem.

**[0018]** Die Nickventilanordnung kann ein gesteuertes variables Dämpferventil aufweisen. Alternativ kann die Nickventilanordnung ein passives Dämpferventil aufweisen. Alternativ oder zusätzlich kann die Nickventilanordnung ein Verriegelungsventil aufweisen, um das vordere Nickvolumen von dem hinteren Nickvolumen zu isolieren. Die Nickventilanordnung kann Ventile aufweisen, welche aufgrund von Längsbeschleunigungs-, Gaspositionssensor- oder -schalter-, Bremspositionssensor- oder -schalter-, Fahrzeuggeschwindigkeits-, Nickgeschwindigkeits- und/oder Beschleunigungssignalen, vorderen und hinteren Vertikalbeschleunigungsmessern und/oder Rad positionssensoren betätigt werden.

**[0019]** Es kann ein Rollventil vorgesehen sein zum Miteinanderverbinden der beiden vorderen Kompressionskammern und es kann ein Rollventil vorgesehen sein zum Miteinanderverbinden der beiden hinteren Kompressionskammern. Diese Rollventile beseitigen etwas von der oder sämtliche Rollsteifigkeit und Dämpfung des Steifigkeits- und Dämpfungssystems, wodurch der Komfort verbessert wird, wenn das Fahrzeug geradeaus fährt. Das Ventil (die Ventile) kann (können) deshalb gesteuert werden, um während der Geradeausfahrt geöffnet zu sein und während Kurvenfahrt geschlossen zu sein oder wenn die Oberfläche mehr Rollstabilität von dem Aufhängungssystem verlangt. Das Ventil (die Ventile) kann (können) betätigt werden in Abhängigkeit von Lenkwinkel-, Lenkgeschwindigkeits-, Fahrzeuggeschwindigkeits-, Seitenbeschleunigungs-, Rollgeschwindigkeits- und/oder Beschleunigungssignalen, linken und rechten Vertikalbeschleunigungsmessern und/oder Radpositionen.

**[0020]** Wenn die Trageinrichtungen die Hauptabstützung für die Fahrzeugkarosserie sind, können alle vier Systemkammern (vorn links, vorn rechts, hinten links und hinten rechts) denselben statischen Betriebs-Vorladungsdruck haben. Außerdem ist, wenn das System Hydraulikfluid und Gas enthält, die beide mit zunehmender Temperatur expandieren, eine Druckkompensationsanordnung erforderlich, um den statischen Systemdruck und die Rollsteifigkeit innerhalb eines Entwurfsbereiches über der Entwurfstemperatur zu halten. Diese Druckkompensationsanordnung kann auch benutzt werden, um jeden Fluidverlust über der Zeit zu kompensieren. Deshalb kann eine Druckaufrechterhaltungsvorrichtung mit jeder der vier Systemkammern durch Ventile verbunden sein. Darüber hinaus können die Nickkammern denselben Betriebs-Norladungsdruck untereinander und sogar wahlweise denselben Druck wie die Systemkammern haben. Deshalb kann wenigstens eine Nickkammer mit der Druckaufrechterhaltungsvorrichtung durch ein Ventil verbunden sein. Die Ventile zwischen der Druckaufrechterhaltungsvorrichtung und der Nickkammer (den Nickkammern) können einfache Drosselstellen sein, die vorzugsweise Filter auf beiden Seiten jeder Drosselstelle aufweisen. Alternativ können sie irgendein anderer Ventiltyp sein wie z. B. ein solenoidbetätigtes Ventil, obgleich zum Verhindern von plötzlichen Bewegungen des Fahrzeuges beim Öffnen dieser Ventile eine Drosselstelle im Idealfall vorgesehen sein wird.

**[0021]** Die Druckaufrechterhaltungsvorrichtung kann ein einfacher Akkumulator sein. Alternativ kann sie eine Fluiddruckquelle aufweisen und auf einen voreingestellten Druck regeln. Die Fluiddruckquelle kann eine Pumpe sein, und es können ein Tank und ein Akkumulator vorhanden sein. Alternativ kann die Fluiddruckquelle eine Leitung sein, die von einer weiteren Fluiddruckquelle auf dem Fahrzeug kommt, wie z. B. Servolenkung, Bremsen, usw.

**[0022]** Der voreingestellte Druck, den die Druckaufrechterhaltungsvorrichtung regelt, kann ein festgelegter Druck sein (d. h. Verwendung eines Überdruckventils zum Halten des Fluiddruckes oder ein Druckschalter). Alternativ kann der voreingestellte Druck, auf den die Druckaufrechterhaltungsvorrichtung regelt, verändert werden als das Ergebnis einer Eingabe durch die Bedienungsperson (zum Schalten oder Steuern der Steifigkeit), als eine Funktion der Fahrzeugbelastung, als eine Funktion der Systemtemperatur oder als eine Kombination von etwas von dem oder all dem, was oben angegeben ist.

**[0023]** Die Druckaufrechterhaltungsvorrichtung kann eine erste und eine zweite Ausgangsdruckleitung aufweisen, wobei die Systemkammern mit der ersten Ausgangsdruckleitung verbunden sind und wobei die wenigstens eine Nickkammer mit der zweiten Ausgangsdruckleitung verbunden ist. Der Druck

in den Systemkammern kann dann separat von dem Nickkammerdruck geregelt werden. Der Druck in der ersten und/oder zweiten Ausgangsdruckleitung kann durch einzelne einfache Akkumulatoren bestimmt werden oder auf einen festen oder variablen Druck geregelt werden. Auf diese Weise kann die Roll- und Nicksteifigkeit des Steifigkeits- und Dämpfungssystem separat geregelt werden.

**[0024]** Zum Schaffen einer zentrierenden Kraft an den Lastverteilereinheitskolben- und -stangenbaugruppen können elastische Zentriervorrichtungen entweder in den System- oder in den Nickkammern verwendet werden.

**[0025]** Die Fahrzeugtrageinrichtungen können irgendeine bekannte Trageinrichtung sein wie Schraubenfedern, Luftfedern, Torsionsstäbe, Blattfedern und Gummikegel. Die Fahrzeugtrageinrichtungen können in dem Fall von Schraubenfedern und Luftfedern um die Radzylinder montiert werden oder separat montiert werden.

**[0026]** Die beigefügten Zeichnungen veranschaulichen bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. Andere Ausführungsformen sind möglich, und infolgedessen ist die Besonderheit der beigefügten Zeichnungen nicht dahingehend zu verstehen, dass sie die Allgemeinheit der vorhergehenden Beschreibung der Erfindung einschränkt. In den Zeichnungen ist:

**[0027]** [Fig. 1](#) eine schematische Ansicht einer ersten bevorzugten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Hydrauliksystems, das Rollsteifigkeit sowie Roll- und Nickdämpfung hat,

**[0028]** [Fig. 2](#) eine schematische Ansicht einer zweiten bevorzugten Ausführungsform eines Hydrauliksystems nach der vorliegenden Erfindung, welches der ersten Anordnung gleicht, aber mit dem Zusatz einer Druckaufrechterhaltungsanordnung,

**[0029]** [Fig. 3](#) eine schematische Ansicht einer dritten bevorzugten Ausführungsform eines Hydrauliksystems nach der vorliegenden Erfindung, das sowohl Steifigkeit als auch Dämpfung sowohl in der Roll- als auch in der Nickbetriebsart hat,

**[0030]** [Fig. 4](#) eine schematische Ansicht einer vierten bevorzugten Ausführungsform eines Hydrauliksystems nach der vorliegenden Erfindung, mit Ventilen zum Reduzieren oder Eliminieren von Roll- und Nicksteifigkeit und Dämpfung, und

**[0031]** [Fig. 5](#) eine schematische Ansicht einer fünften bevorzugten Ausführungsform eines Hydrauliksystems nach der vorliegenden Erfindung.

**[0032]** In [Fig. 1](#), auf die zuerst Bezug genommen

wird, ist ein Aufhängungssystem für ein Fahrzeug gezeigt. Vier Radzylinder (**11, 12, 13, 14**) sind zwischen der Fahrzeugkarosserie (nicht dargestellt) und vier orthogonal angeordneten Rädern (nicht dargestellt) des Fahrzeuges angeordnet. Jeder Radzylinder enthält einen Zylinder (**15, 16, 17, 18**), der mit einer Radnabe oder anderen Aufhängungsgeometrie verbunden ist, um sich mit dem Rad zu bewegen, einen Kolben (**19, 20, 21, 22**), der in dem Zylinder verschiebbar gelagert ist, und eine Stange (**23, 24, 25, 26**), die zwischen dem Kolben und der Karosserie des Fahrzeuges befestigt ist. Die Verbindung der Stange mit der Fahrzeugkarosserie kann irgendeine bekannte Einrichtung sein, üblicherweise eine Gummibüchse, welche in dem Fall eines McPherson-Strebengeometrie üblicherweise ein Lager aufweist.

**[0033]** Zur Erleichterung des Verständnisses sind die elastischen Fahrzeugtrageinrichtungen als „Feder-Zusätze“ gezeigt, d. h. als Schraubenfedern (**27, 28, 29, 30**), die um den Radzylinder positioniert und zwischen einer unteren Federplatte (**31, 32, 33, 34**), die an dem Zylinder befestigt ist, und einer oberen Federplatte (**35, 36, 37, 38**), welche mit der Fahrzeugkarosserie oder der Stange verbunden sein kann (direkt oder indirekt, beispielsweise über ein Lager oder eine Büchse), angeordnet sind. Es dürfte klar sein, dass die elastischen Trageinrichtungen von irgendeinem alternativen bekannten Typ sein können, beispielsweise Luftfedern, und um den Zylinder angeordnet sein können, wie es mit den Schraubenfedern gezeigt ist, oder separat von dem Radzylinder, was die Alternativen verbreitert, z. B. zu Torsionsstäben, welche mit der Geometrie verbunden sind, die für die Radlagerung sorgt.

**[0034]** Die Radzylinder sind grundsätzlich herkömmliche doppelwirkende Radzylinder. Wenn der vordere linke Radzylinder **11** als ein Beispiel genommen wird, hat der Kolben **19** (der als ein integraler Bestandteil der Stange **23** ausgebildet sein kann) zwei Nuten, welche ein Lager **39** und eine Dichtung **40** enthalten. In einigen Fällen können die einzelnen Lager- und Dichtungsteile durch ein einzelnes Teil (nicht dargestellt) ersetzt werden, welches mit dem Kolben verbunden oder um den Kolben geformt sein kann, um die Montage zu erleichtern und die Kosten zu senken. Das Zylinderende (**41**) hat drei Nuten, die eine Stangendichtung **42**, ein Lager **43** und einen Stangennocken **44** oder eine andere Form von Sekundärdichtung wie z. B. einen Excluder enthalten. Jeder Radzylinder hat deshalb eine Kompressionskammer (**45, 46, 47, 48**) und eine Rückprallkammer (**49, 50, 51, 52**), die durch den Kolben (**19, 20, 21, 22**) innerhalb jedes Zylinders (**15, 16, 17, 18**) gebildet ist.

**[0035]** Die vier doppelwirkenden Radzylinder sind durch ein Paar Diagonalkreise verbunden, um für eine passive Entkopplung von Roll- und Nicksteifigkeit von der Hebesteifigkeit zu sorgen. Der erste Dia-

gonalkreis enthält zwei Fluidvolumina, ein vorderes linkes Kompressionsvolumen und ein hinteres rechtes Kompressionsvolumen.

**[0036]** Das vordere linke Kompressionsvolumen enthält die vordere linke Kompressionskammer **45**, eine vordere linke Kompressionsleitung **61**, einen vorderen linken Kompressionsakkumulator **69**, eine hintere rechte Rückpralleitung **67** und eine hintere rechte Rückprallkammer **51**. Das hintere rechte Kompressionsvolumen enthält ebenso eine hintere rechte Kompressionskammer **47**, eine hintere rechte Kompressionsleitung **63**, einen hinteren rechten Kompressionsakkumulator **71**, eine vordere linke Rückpralleitung **65** und eine vordere linke Rückprallkammer **49**.

**[0037]** Der zweite Diagonalkreis umfasst ebenso zwei Fluidvolumina, ein vorderes rechtes Kompressionsvolumen und ein hinteres linkes Kompressionsvolumen. Das vordere rechte Kompressionsvolumen enthält die vordere rechte Kompressionskammer **46**, eine vordere rechte Kompressionsleitung **62**, einen vorderen rechten Kompressionsakkumulator **70**, eine linke hintere Rückpralleitung **68** und eine hintere linke Rückprallkammer **52**. Das hintere linke Kompressionsvolumen enthält ebenso eine hintere linke Kompressionskammer **44**, eine hintere linke Kompressionsleitung **64**, einen hinteren linken Kompressionsakkumulator **72**, eine vordere rechte Rückpralleitung **66** und eine vordere rechte Rückprallkammer **50**.

**[0038]** Diese einfache Diagonalverbindungsanordnung würde eine Kompressionskammer und die ringförmige Rückprallkammer des diagonal entgegengesetzten Radzylinders in jeden Akkumulator bei Roll- und Nickbewegung verlagern, wohingegen bei Hebebewegung nur ein Stangenvolumen (Kompressionskammer minus ringförmiger Rückprallkammer) in den Akkumulator verlagert wird, was eine höhere Roll- und Nicksteifigkeit als Hebesteifigkeit ergibt.

**[0039]** Zwischen dem ersten und dem zweiten Diagonalkreis ist eine Lastverteilereinheit **76**, welche vier Primärkammern (**77, 78, 79, 80**) umfasst, von denen jede durch einen Kolben (**81, 82, 83, 84**), der eine Kolbendichtung (**85, 86, 87, 88**) aufweist, in eine Systemkammer (**89, 90, 91, 92**) und in eine Nickkammer (**93, 94, 95, 96**) getrennt ist. Die Kolben sind zu Paaren miteinander verbunden durch Stangen (**97, 98**), welche Dichtungen (**99, 100**) haben, die auf ihnen laufen, um die Nickkammer **93** von **96** und **94** von **95** abzudichten.

**[0040]** Die vordere linke Systemkammer **89** ist mit der vorderen rechten Kompressionsleitung **61** verbunden und bildet nun einen Teil des zuvor definierten vorderen linken Kompressionsvolumens. Ebenso ist die vordere rechte Systemkammer **90** mit der vorderen rechten Kompressionsleitung **62** verbunden

und bildet nun einen Teil des vorderen rechten Kompressionsvolumens, die hintere rechte Systemkammer **91** ist mit der hinteren rechten Kompressionsleitung **63** verbunden und bildet nun einen Teil des hinteren rechten Kompressionsvolumens, und schließlich ist die hintere linke Systemkammer **92** mit der hinteren linken Kompressionsleitung **64** verbunden und bildet nun einen Teil des hinteren linken Kompressionsvolumens.

**[0041]** Bei Rollbewegung reagieren die Stangen (**97, 98**) auf die Druckänderungen in dem ersten und dem zweiten Diagonalkreis und halten die Rollsteifigkeit des Hydrauliksystems aufrecht. Zum Beseitigen der Verwindungssteifigkeit des Hydrauliksystems ist die vordere linke Nickkammer **93** mit der vorderen rechten Nickkammer **94** durch einen Kanal **101** verbunden (die beiden vorderen Nickkammern **93, 94** und der Kanal **101** bilden zusammen ein vorderes Nickvolumen), und die hintere rechte Nickkammer **95** ist mit der hinteren linken Nickkammer **96** durch einen ähnlichen Kanal **102** verbunden (die beiden hinteren Nickkammern **95, 96** und der Kanal **102** bilden zusammen ein hinteres Nickvolumen).

**[0042]** Zum Beseitigen der Nicksteifigkeit des Hydrauliksystems sind die vorderen Nickkammern **93, 94** mit den hinteren Nickkammern durch einen Kanal (**103**) verbunden. Zum Schaffen von Nickdämpfung in dem Hydrauliksystem ist ein Dämpferventil **104** in dem Kanal **103** platziert. Das Dämpferventil **104** kann ein passives Ventil irgendeines bekannten Typs sein (Scheibenbaumstapel-, Wendelabblasebauart usw.) oder kann tatsächlich sein oder einfach beinhalten eine gesteuerte variable Drosselstelle (wobei die Steuerung auf Eingangssignalen aus Sensoren für Längsbeschleunigung und/oder Gaspedal- und Bremsposition) basiert. Die maximale Kraft, die an den Rädern verfügbar ist aufgrund dieses Nickdämpfungsvermögens **104** wird durch die Nicksteifigkeit des ersten und des zweiten Diagonalkreises begrenzt (die zu der Rollsteifigkeit in Beziehung steht und deshalb weit höher ist als jemals wünschenswert). Diese Anordnung erlaubt, die Nickdämpfung der Aufhängung relativ unabhängig von allen anderen Parametern einzustellen, was einen großen Freiheitsgrad ergibt, um die optimale Dämpfungseinstellung für ein Fahrzeug zu erreichen.

**[0043]** Eine bevorzugte Anordnung des Nickdämpferventils **104** ist ein passives Dämpferventil parallel mit einem schaltbaren Bypassventil hohen Durchsatzes, welches so gesteuert wird, dass es im normalen stationären Betrieb des Fahrzeuges offen ist, hingegen geschlossen ist, während das Fahrzeug beschleunigt oder bremst. Eine komplexere Steuerung kann verwendet werden, wenn die Nickbeschleunigung oder die Radpositionen erfasst werden, um zu erlauben, dass das Ventil während Welleneingangssignalen geschlossen wird, deren Frequenz die Nick-

bewegung der Fahrzeugkarosserie anregt. Wenn das Bypassventil in der offenen Position ist, wird die Einzelraddämpfung reduziert (da sie zu der Nickdämpfung in Beziehung steht), was weitere Komfortgewinne mit sich bringt und die Verwendung eines aggressiveren Nickdämpferventils bei Bedarf gestattet, um die Nickbewegung zu steuern, wenn das Bypassventil geschlossen ist.

**[0044]** Das Dämpfen von sämtlichen Bewegungen jedes Rades relativ zu der Karosserie kann erreicht werden, indem Dämpfer an den Zylindern benutzt werden, um die Passage von Fluid hauptsächlich hinaus (was aber auch hinein erfolgen kann) aus wenigstens einer der Kammern jedes Radzylinders zu dämpfen. Drosselstellen (**105, 106, 107, 108**) sind an den vorderen Kompressionsleitungen zum Bewirken von Dämpfung gezeigt. Diese Drosselstellen können die Fluidströmung in beiden Richtungen beeinflussen, um für Kompression und Rückpralldämpfung zu sorgen. Bei typischen Systementwurfparametern wird jedoch bevorzugt, dass die Drosselstellen **105, 106, 107, 108** nur Kompressionsdämpfer sind, welche bewirken, dass die Fluidströmung nur in der Kompressionsrichtung gedrosselt wird, wobei ein Einlass (Rückschlag)-Ventil parallel verwendet wird, um eine freie Strömung von Fluid in die Kompressionskammern hinein bei Rückprallbewegungen zu erlauben und so Kavitation zu verhindern. Es sind dann Rückprall- oder Rückstoßdämpfer (**109, 110, 111, 112**) erforderlich, die hauptsächlich einfachwirkend sind, dieses Mal für Rückprallrichtungsfluidströmungen, mit einem Einlassventil parallel für den freien Eintritt von Fluid in die Rückprallkammer bei Kompressionsbewegungen. Selbstverständlich können die Rückprallventile (**109, 110, 111, 112**) dafür ausgelegt werden, ähnliche oder unterschiedliche Drosselungen bei Bedarf in beiden Richtungen zu bewirken.

**[0045]** Diese Raddämpferventile (**105 bis 112**) können in den Radzylinderentwurf integriert oder an die Leitungen wie gezeigt angeschlossen werden. Sie können von irgendeiner bekannten Bauart sein und können gesteuert werden, damit sich variable oder umschaltbare Kurven der Kraft über der Geschwindigkeit ergeben.

**[0046]** Zusätzliche Dämpferventile können zwischen den Systemleitungen und den Akkumulatoren verwendet werden, um für zusätzliche Dämpfung zu sorgen, hauptsächlich für Roll- und Nickbewegungen des Fahrzeuges. Wiederum können sie, obgleich diese Ventile als einfache Drosselstellen dargestellt sind, die Form von irgendeinem bekannten Dämpferventil annehmen einschließlich variablen Dämpferventilen und können zwischen Komfort- und Handhabungseinstellungen umschaltbar sein (oder es kann ein umschaltbarer Bypass verwendet werden, um ihre Auswirkung zu reduzieren oder zu eliminieren).



**[0047]** Wenn die Kompressionsdämpferventile (**105** bis **109**) in die Radzylinder (**11** bis **14**) integriert sind, dann können auch die Akkumulatoren (**69** bis **72**) und die optionalen Akkumulatordämpferventile (**113** bis **116**) in die Radzylinder integriert werden.

**[0048]** Da das Hydrauliksystem nicht die Haupttrag-einrichtung ist (die Schraubenfedern oder Luft- usw. Federn übernehmen einen großen Teil der Fahrzeugabstützung), können alle Volumina in dem System (die oben definierten vorderen und hinteren linken und rechten Kompressionsvolumina und die vorderen und hinteren Nickvolumina) mit einem gemeinsamen statischen Vorladungsdruck betrieben werden. Der Vorteil des Betriebes von allen Systemen mit demselben statischen Vorladungsdruck besteht darin, dass Druckdifferenzen an den Kolbendichtungen in dem gesamten System eliminiert werden und so deshalb auch Lageänderungen, die durch Fluidleckage zwischen den Systemen verursacht werden, und der Bedarf an einem ein mit Energie versorgten Steuersystem, welches Fluid zwischen den Volumina pumpen kann.

**[0049]** Obgleich ein mit Energie versorgtes Steuersystem, das eine Pumpe, Ventile, Positionssensoren benutzt, bei Bedarf verwendet werden kann, zeigt [Fig. 2](#) ein bevorzugtes Verfahren zum Aufrechterhalten der mittleren Position der Lastverteilereinheitskolben und des statischen Vorladungsdruckes in den Fluidvolumina.

**[0050]** Wenn die Systemvolumina alle mit einem gemeinsamen Druck betrieben werden und untereinander verbunden sind (wenngleich auch auf äußerst gedrosselte Art und Weise), ist es möglich, die Zentrumsposition der Kolben in der Lastverteilereinheit aufrechtzuerhalten, indem elastische Vorrichtungen verwendet werden, um die Kolben in eine zentrale Position zu drängen, ohne dass es notwendig ist, irgendwelche Sensoren oder eine mit Energieeinsatz durchgeführte Justierung zu verwenden. Die elastischen Vorrichtungen tragen zu den Nick-, Verwindungs- und Einzelradsteifigkeiten des Hydrauliksystems bei, so dass das beachtet werden sollte, wenn die Steifigkeit dieser Federn gewählt wird. In [Fig. 2](#) sind Schraubenfedern gezeigt, obgleich irgendeine elastische Vorrichtung verwendet werden kann.

**[0051]** Die Systemkammern sind über Drosselstellen (**145**, **146**, **147**, **148**) mit einer gemeinsamen Leitung oder einem gemeinsamen Kanal **151** verbunden, der seinerseits mit einer Druckaufrechterhaltungsvorrichtung **152** verbunden ist. Die miteinander verbundenen vorderen und hinteren Nickvolumina verlangen nur eine stark gedämpfte Verbindung mit der Druckaufrechterhaltungsvorrichtung **152**, welche als die Drosselstelle **149** gezeigt ist, die auch mit der gemeinsamen Leitung oder dem gemeinsamen Kanal **151** verbunden ist. Jede Drosselstelle ist üblicher-

weise eine Mikroöffnung mit Filtern auf beiden Seiten zum Verhindern einer Blockierung, obgleich jede bekannte Drosseleinrichtung verwendet werden kann. Die Öffnung ist so bemessen, dass sich die verlangten Kenndaten ergeben, um die Drücke in den Systemvolumina innerhalb eines akzeptablen Bereiches zu halten, während ein signifikanter Fluidverlust während Kurvenfahrt verhindert wird, um die statische Rolllage innerhalb eines akzeptablen Bereiches zu halten, wenn zur Geradeausfahrt zurückgekehrt wird.

**[0052]** Die Druckaufrechterhaltungsvorrichtung **152** kann zwar weggelassen werden, Änderungen in den Volumina des Fluids und des Gases in dem Hydrauliksystem und in seinen Akkumulatoren in dem Betriebstemperaturbereich des Fahrzeuges sind jedoch üblicherweise groß genug, um irgendeine Art von Kompensationsvorrichtung zu erfordern. Die Komplexität dieser Vorrichtung kann beträchtlich variieren, je nach den Entwurfsparametern und der verlangten Funktionalität.

**[0053]** In seiner einfachsten Form kann die Druckaufrechterhaltungsvorrichtung (**152**) ein einfacher Akkumulator mit irgendeinem bekannten Aufbau sein (z. B. die Balgbauart mit Gasfeder, die Kolbenbauart mit Gasfeder oder mit mechanischer Feder).

**[0054]** Alternativ kann die Druckaufrechterhaltungsvorrichtung (**152**) eine Fluiddruckquelle benutzen (z. B. einen Tank mit einer Pumpe oder ein anderes Fahrzeugsystem wie die Servolenkung), um den Druck in den hydraulischen Aufhängungsvolumina entweder auf einem festen oder auf einem variablen Druck zu halten. Wenn ein fester Druck gewählt wird, können die erforderlichen Komponenten zwar einfache, billige, passive, mechanische Teile sein, wenn sich jedoch die Systemtemperatur ändert, wird sich die Systemsteifigkeit etwas ändern. Um die Systemsteifigkeitskenndaten bei sich verändernder Temperatur konstant zu halten, muss der Druck in den Systemen in Abhängigkeit von deren Temperatur eingestellt werden.

**[0055]** Außerdem kann auch die Rollsteifigkeit des hydraulischen Aufhängungssystems eingestellt werden durch Verändern des Druckes in den Systemen so, dass, wenn eine Druckaufrechterhaltungsvorrichtung (**152**) mit variablen Drucksollwerten verwendet wird, der Druck in Abhängigkeit von der Belastung in dem Fahrzeug und/oder von einem vom Fahrer betätigten Betriebsartwähler oder einem variablen Wähler verändert werden kann.

**[0056]** [Fig. 3](#) zeigt eine alternative Anordnung des hydraulischen Aufhängungssystems. Der Kanal **103**, welcher die Nickvolumina verbindet, ist entfernt worden, und jedes Nickvolumen ist nun über einen Kanal oder eine Leitung (**181**, **182**) mit einem Akkumulator (**183**, **184**) verbunden. Diese Anordnung ergibt eine

Nicksteifigkeit, die durch die Zylindergrößen und das Gasvolumen in jedem Akkumulator bestimmt wird. Deshalb kann die Nicksteifigkeit auf einen sehr niedrigen Wert eingestellt werden. Ein Vorteil dieser Anordnung gegenüber der Version nach den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) ist, dass der Durchmesser der Primärkammern (77, 78, 79, 80) in der Lastverteilereinheit benutzt werden kann, um die Rollmomentverteilung einzustellen (oder zu ihr beizutragen). In den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) ist der Durchmesser der Zylinder (15, 16, 17, 18) der Radzylinder der Hauptabstimmparameter, der verfügbar ist (zusammen mit der mechanischen Verstärkung der Radzylinder usw.), um das Einstellen der Rollmomentverteilung des Systems zu ermöglichen. Die Kolben (81, 82, 83, 84) in der Lastverteilereinheit haben alle denselben Durchmesser, da das Fluid, das in den Nickkammern verwendet wird, praktisch inkompressibel ist, so dass die vorderen und hinteren Volumina übereinstimmen müssen (wobei hingegen die zusätzlichen Anmerkungen weiter unten beachtet werden sollten). Wenn die Kolben in der Lastverteilereinheit alle denselben Durchmesser haben, dann muss zum Aufteilen der Kraftänderungen in einer typisch größeren als 50%-Verteilung zwischen den vorderen und hinteren Radzylindern bei Rollbewegung der Durchmesser der vorderen Zylinder (15, 16) größer sein als der Durchmesser der hinteren Zylinder (17, 18). Wenn dann der Druck durch die Lastverteilereinheitstangen und -kolben ausgeglichen ist, ergibt der größere Durchmesser des vorderen Zylinders eine größere Kraft des vorderen Zylinders. Wenn jedoch die Fahrzeugrollmomentverteilung extrem ist (sie kann über 80% betragen), wird der Durchmesser der vorderen Zylinder (15, 16) extrem im Vergleich zu dem Durchmesser der hinteren Zylinder (17, 18). Das bewirkt, dass große Fluidvolumina in die vorderen Radzylinder und aus den vorderen Radzylindern bei Vorderradbewegung bewegt werden müssen, was zu unerwünschten Radzylinderkräften aufgrund von Fluidmassenbeschleunigungseffekten führt. Das kann überwunden werden, indem die vorderen und hinteren Zylinder (15, 16 und 17, 18) so bemessen werden, dass sie einen mehr ähnlichen Durchmesser haben, und indem die Rollmomentverteilung des Hydrauliksystems geändert wird, indem die Lastverteilereinheit benutzt wird. In [Fig. 3](#) haben die vorderen Primärkammern (77, 78) einen kleineren Durchmesser als die hinteren Primärkammern (79, 80). Das bedeutet, dass bei Rollbewegung, damit die Lastverteilereinheitstangen und -kolben ausgeglichen sind, der Druck in den vorderen Kompressionsvolumina höher sein muss als der Druck in den hinteren Kompressionsvolumina, was die verlangte Richtung bei der Rollmomentverteilung ergibt. Die Lastverteilereinheit kann so bemessen werden, dass sie für die gesamte verlangte Entwurfsrollmomentverteilung für das Hydrauliksystem sorgt oder für einen Teil davon, wobei die Radzylinderdurchmesser benutzt werden, um den verlangten Rest zu übernehmen, oder aber es können die Radzylinder

verwendet werden, um alles verlangte zu übernehmen, wobei die Lastverteilereinheit rundherum Kammerähnlichen Durchmessers hat.

**[0057]** Es sei angemerkt, dass ein Akkumulator in dem Kanal 103 in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) verwendet werden könnte, und zwar mit zwei einfachwirkenden Dämpferventilen, eines zwischen dem Akkumulator und dem vorderen Nickvolumen, welches die Fluidströmung aus dem vorderen Nickvolumen dämpft, und eines zwischen dem Akkumulator und dem hinteren Nickvolumen, welches die Strömung des Fluids aus dem hinteren Nickvolumen dämpft. Es können dann unterschiedliche Bohrungen zwischen den vorderen Primärkammern (77, 78) und den hinteren Primärkammern (79, 80) benutzt werden, um die Rollmomentverteilung wie oben beschrieben einzustellen.

**[0058]** Es wird nun wieder auf die in [Fig. 3](#) gezeigte Anordnung Bezug genommen, bei der die Nickdämpfung durch Dämpferventile in den Leitungen (181, 182) zwischen den beiden Nickvolumina und ihren Akkulatoren (183, 184) erfolgt. Wiederum sind diese Dämpferventile vorzugsweise einfachwirkend und sorgen für eine Drosselung in der Kompressionsrichtung für jeden Akkumulator (d. h. sie bewirken, dass die Fluidströmung aus den Nickvolumina in die Akkulatoren gedrosselt wird) und haben relativ freidurchströmbare „Einlassventile“, um dem Fluid zu erlauben, frei aus den Akkulatoren zurück in die Nickvolumina zu strömen. Diese Ventile können irgendeinen bekannten Aufbau haben und können umschaltbar sein oder variable Dämpfungskurven liefern.

**[0059]** Die Druckaufrechterhaltungsanordnung, die in [Fig. 2](#) gezeigt ist, kann leicht und offensichtlich angepasst werden, um eine gedrosselte Verbindung zu dem hinteren Nickvolumen aufzuweisen, da sie nicht länger mit dem vorderen Nickvolumen in Verbindung steht. Alternativ können die Nickvolumina auf einem anderen Druck als die vorderen und hinteren, linken und rechten Systemvolumina gehalten werden. Dann könnte die Rollsteifigkeit gesteuert werden durch Steuern des Druckes in den vier Systemvolumina, und die Nicksteifigkeit könnte separat gesteuert werden durch Steuern des Druckes in den beiden Nickvolumina.

**[0060]** Ein alternatives Verfahren zum Ändern der Roll- und/oder Nicksteifigkeit besteht darin, zusätzliche Akkulatoren zu verwenden. Für Rollen können die Akkulatoren an den beiden vorderen, den beiden hinteren oder an allen vier Kompressionsvolumina angeordnet sein. Für Nicken können zusätzliche Akkulatoren hinzugefügt werden zu dem vorderen oder dem hinteren Nickvolumen oder zu dem vorderen und dem hinteren Nickvolumen. In allen Fällen können die Akkulatoren mit dem Hydraulik-

system über schaltbare Absperrventile verbunden sein. Das erlaubt, die Roll- und/oder Nicksteifigkeit zwischen einer hohen und einer niedrigen Einstellung umzuschalten. Diese Einstellungen sind im Allgemeinen auf beiden Seiten einer Mehrzweckzeileinstellung, so dass das System eine verbesserte Handhabung und Steuerung mit hoher Steifigkeit und verbessertem Komfort mit geringer Steifigkeit bewirken kann, was gewählt oder automatisch gesteuert wird durch irgendeine bekannte Einrichtung (Beschleunigungssensoren, Gaspedal- und Bremsensensoren, Positionssensoren, usw.). Eine Alternative zum hydraulischen Schalten eines ganzen Akkumulators in die Systeme und aus den Systemen besteht darin, einen Akkumulatorentwurf mit zwei Gasvolumina zu verwenden, wobei dann einfachere, billigere Gasschaltventile verwendet werden können, um die Gasvolumina, die für die Systeme verfügbar sind, zu verändern, indem das Absperrventil zwischen den beiden Gasvolumina geschaltet wird, um eines der Volumina zu isolieren.

**[0061]** Ein weiteres alternatives Verfahren zum Umschalten der Roll- und/oder Nicksteifigkeit ist es, „Überbrückungsventile“ zu verwenden, die wenigstens zwei der System- oder Nickvolumina miteinander verbinden, wie es in [Fig. 4](#) gezeigt ist.

**[0062]** Das Nickverbindungsventil **191** verbindet die vorderen und hinteren Nickvolumina miteinander, um die Nicksteifigkeit zu beseitigen, wie in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#). Dieses Nickverbindungsventil **191** kann ein einfaches Sperrventil sein, um die Nicksteifigkeit und Dämpfung zu beseitigen, damit sich die optimalen Komfortwerte ergeben, oder es kann ein Dämpfventil in Reihe mit dem Sperrventil umfassen, um die Verbindung zu dämpfen. Alternativ kann es ein gesteuertes variables Dämpfventil oder sogar einfach ein passives Dämpfventil sein. Die Steuerung des Sperrventils oder des variablen Dämpfventils muss die Fahrzeugparameter erfassen, um zu gewährleisten, dass das Hydrauliksystem während Beschleunigungs-, Brems- oder welleninduzierten Nickbewegungen steif ist und dass das System während der normalen Fahrt des Fahrzeuges nickweich ist (und deshalb verbesserten Einzelradkomfort bietet). Es könnte eine mechanische oder eine elektrische Anordnung sein, die für die Längsbeschleunigung, die Brems- oder Gaspedalposition empfindlich ist. Alternativ könnte sie elektronisch sein und Nickbewegungen unter Verwendung von Beschleunigungsmessern erfassen und/oder Radpositionen statt oder zusätzlich zu oder alternativ zu dem Erfassen der Längsbeschleunigung, der Brems- oder Gaspedalposition.

**[0063]** Das Rollverbindungsventil **192** verbindet, wie dargestellt, die beiden vorderen Kompressionsleitungen (**61**, **62**) des hydraulischen Systems miteinander. Das beseitigt eine große Komponente der

Rollsteifigkeit und der Rolldämpfung des hydraulischen Systems, da nicht nur die vorderen Kompressionsvolumina frei Fluid austauschen können, wodurch die Rollsteifigkeit und die Dämpfung beseitigt werden (normalerweise aufgrund der Akkumulatoren **69**, **70** und ihrer Dämpfventile **113**, **114**), sondern auch die hinteren Kompressionsvolumina Fluid über die Lastverteilereinheitskolben- und -stangenbaugruppen (**81**, **97**, **84** und **82**, **98**, **83**) austauschen können, die sich bewegen (als wenn sie auf eine Verwindungsbewegung reagieren) und Fluid über die vorderen Kompressionsleitungen und das Rollverbindungsventil **192** übertragen. Zum Reduzieren des Strömungsweges, der für das Fluid aus den hinteren Kompressionsvolumina erforderlich ist, kann ein ähnliches Rollverbindungsventil zwischen den hinteren Kompressionsleitungen angeordnet werden. Auf jeden Fall werden die Rollsteifigkeit und die Dämpfung aufgrund der hinteren Kompressionsakkumulatoren **71**, **72** und ihrer Dämpfventile **115**, **116** auch teilweise oder im Wesentlichen beseitigt.

**[0064]** Das (die) Rollverbindungsventil(e) kann (können) irgendwo zwischen den vorderen (und/oder hinteren) Kompressionsvolumina angeordnet sein. Zum Beispiel kann das Ventil **192** in die Lastverteilereinheit (**76**) eingefügt werden, die die vorderen Kompressionssystemkammern **89**, **90** miteinander verbindet.

**[0065]** Wie bei dem Nickverbindungsventil kann (können) das (die) Rollverbindungsventil(e) ein Sperrventil oder eine variable Drosselstelle sein. Die Steuerung kann mechanisch oder elektrisch sein und für die laterale Beschleunigung oder die Lenkradposition empfindlich sein. Im Idealfall ist die Steuerung elektronisch und erfasst den Lenkwinkel und/oder die Lenkgeschwindigkeit, die Fahrzeuggeschwindigkeit und die laterale Beschleunigung.

**[0066]** [Fig. 4](#) zeigt zwar unterschiedliche Bohrungen in der Lastverteilereinheit, es kann aber offenbar eine Bohrung mit demselben Durchmesser vorn und hinten bei Bedarf verwendet werden.

**[0067]** Einfachwirkende Radzylinder können an allen vier Rädern benutzt werden, aber die Rollsteifigkeit und die Dämpfung, die verfügbar sind, sind sehr begrenzt. Es kann jedoch in dem Fall von extremen Rollmomentverteilungen (70% aufwärts oder ein sogar noch breiterer Bereich, abhängig von den Fahrzeugsteifigkeits- und -geometrieparametern) vorteilhaft sein, einfachwirkende Radzylinder an einem Ende des Fahrzeuges zu verwenden. Doppeltwirkende Radzylinder werden an dem Ende des Fahrzeuges beibehalten, was eine höhere Änderung in den Rollbelastungen verlangt. Mit den einfachwirkenden Radzylindern werden die Rückpralleitungen beseitigt. Im Idealfall werden die Kolben als Dämpfventile benutzt, um für ausreichende Rückpralldämpfung

für die Steuerung zu sorgen.

**[0068]** Die Verbindungssequenz der hydraulischen Radzylinder mit der Lastverteilereinheit ist in allen [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) dieselbe. Es kann jedoch, wie es für den Fachmann offensichtlich ist, die Verbindungssequenz geändert werden, um ähnliche Funktionalität zu produzieren. Die Verbindungskanäle **101** und **102** müssen eventuell verlegt werden, damit sie passen. Zum Beispiel können die Systemkammern alle in den beiden vorderen Primärkammern (**77**, **78**) sein, auf beiden Seiten der beiden Kolben **81** und **82**, wobei die Nickkammern in den anderen beiden Primärkammern (**79**, **80**) beiderseits der Kolben **83** und **84** sind. Alternativ könnten die System- und Nickkammerpositionen gegenüber der in den [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) gezeigten Auslegung vertauscht werden.

**[0069]** [Fig. 5](#) zeigt eine alternative Verbindungssequenz der hydraulischen Radzylinder zu der Lastverteilereinheit. In den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) würde, wenn die Nickakkumulatoren (**183**, **184**) unendlich steif wären, die Nicksteifigkeit des hydraulischen Systems durch die Rollsteifigkeit bestimmt werden. Bei der Einstellung der Fahrzeugaufhängung für normale Straßen ist jedoch die Nicksteifigkeit üblicherweise kleiner als die Rollsteifigkeit, so dass die Nachgiebigkeit, die durch die Nickakkumulatoren (**183**, **184**) geschaffen wird, eine Nicksteifigkeit von unter oder bis zu der Rollsteifigkeit erlaubt. Bei einigen Fahrzeugen wie z. B. Rennwagen mit aerodynamischen Hilfen kann jedoch die Steuerung der Nicklage sehr wichtig sein. In diesem Fall kann das hydraulische System in der Darstellung in [Fig. 5](#) effektiv um neunzig Grad gedreht werden. Diese Anordnung erlaubt dem hydraulischen System, eine hohe Nicksteifigkeit bei einer niedrigeren Hebesteifigkeit, null Verwindungssteifigkeit und eine Rollsteifigkeit zwischen Hebe- und Verwindungssteifigkeit zu schaffen.

**[0070]** Der Aufbau der LDU gleicht der in den vorherigen Figuren. Obgleich alle Systemkammern **201–204** mit gleichem Durchmesser gezeigt sind, ist es möglich, die Rollmomentverteilung des Hydrauliksystems zu ändern, indem Systemkammern vorn (**201**, **202**) und hinten (**203**, **204**) mit unterschiedlichem Durchmesser verwendet werden. Die vordere linke Systemkammer **201** ist mit der vorderen linken Kompressionsleitung **61** verbunden, die vordere rechte Kompressionskammer ist mit der vorderen rechten Kompressionsleitung verbunden, die hintere rechte Systemkammer ist mit der hinteren rechten Kompressionsleitung verbunden und die hintere linke Systemkammer ist mit der hinteren rechten Kompressionsleitung verbunden. Dieses Drehen der LDU um neunzig Grad hat die Nickkammern der vorherigen Anordnungen effektiv in die Rollkammern **205–208** verwandelt. Die beiden linken Rollkammern (**205**, **208**) sind durch einen Kanal **209** miteinander verbunden, und die beiden rechten Rollkammern (**206**, **207**)

sind durch einen Kanal **210** miteinander verbunden. Die beiden linken Rollkammern sind auch durch einen Kanal **211** mit einem linken Rollakkumulator **213** über ein linkes Rolldämpferventil **215** verbunden. Ebenso sind die beiden rechten Rollkammern durch einen Kanal **212** mit einem rechten Rollakkumulator **214** über ein rechtes Rolldämpferventil **216** verbunden.

## Patentansprüche

1. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem in einem Fahrzeugaufhängungssystem für ein Fahrzeug, wobei das Fahrzeug eine Fahrzeugkarosserie und ein erstes Paar und ein zweites Paar diagonal beabstandete Radbaugruppen aufweist, wobei das erste Paar diagonal beabstandete Radbaugruppen wenigstens eine vordere linke Radbaugruppe und wenigstens eine hintere rechte Radbaugruppe umfasst, wobei das zweite paar diagonal beabstandete Radbaugruppen wenigstens eine vordere rechte Radbaugruppe und wenigstens eine hintere linke Radbaugruppe umfasst und wobei das Dämpfungs- und Steifigkeitssystem aufweist:

wenigstens einen Radzylinder (**11**, **12**, **13**, **14**), der zwischen jeder Radbaugruppe und der Fahrzeugkarosserie angeordnet ist, wobei jeder Zylinder wenigstens eine Kompressionskammer (**45**, **46**, **47**, **48**) enthält;

eine Lastverteilereinheit (**76**), die zwischen die Kompressionskammern des vorderen linken, vorderen rechten, hinteren linken und hinteren rechten Radzylinders geschaltet ist, wobei die Lastverteilereinheit eine erste und eine zweite Kolbenstangenbaugruppe (**97**, **98**), ein erstes, ein zweites, ein drittes und ein viertes Systemvolumen (**89**, **90**, **91**, **92** oder **201**, **202**, **203**, **204**) sowie ein erstes und ein zweites modales Federungsvolumen (**93**, **94**, **95**, **96** oder **205**, **206**, **207**, **208**) aufweist,

wobei die erste Kolbenstangenbaugruppe (**97**) eine erste, eine zweite, eine dritte und eine vierte effektive Fläche festlegt, wobei die zweite Kolbenstangenbaugruppe eine fünfte, eine sechste, eine siebente und eine achte effektive Fläche festlegt und wobei die erste und die zweite Kolbenstangenbaugruppe innerhalb der Lastverteilereinheit so angeordnet sind, dass jede Kolbenstangenbaugruppe sich um eine Hauptachse der Kolbenstangenbaugruppe drehen und längs derselben verschieben kann, wobei die erste effektive Fläche eine bewegliche Wand (**81**) des ersten Systemvolumens (**89**) bildet, so dass, wenn die erste Kolbenstangenbaugruppe (**97**) sich längs ihrer Hauptachse verschiebt, sich das Volumen des ersten Systemvolumens (**89**) verändert, wobei die zweite effektive Fläche eine bewegliche Wand (**84**) des zweiten Systemvolumens (**92**) bildet, wobei die dritte effektive Fläche eine bewegliche Wand des ersten modalen Federungsvolumens (**93**, **94**) bildet, wobei die vierte effektive Fläche eine bewegliche Wand des zweiten modalen Federungsvolumens



lumens (95, 96) bildet, wobei die fünfte effektive Fläche eine bewegliche Wand (82) des dritten Systemvolumens (90) bildet, so dass, wenn die zweite Kolbenstangenbaugruppe (98) sich längs ihrer Hauptachse verschiebt, sich das Volumen des dritten Systemvolumens (90) verändert, wobei die sechste effektive Fläche eine bewegliche Wand (83) des vierten Systemvolumens (91) bildet, wobei die siebente effektive Fläche eine bewegliche Wand des ersten modalen Federungsvolumens (93, 94) bildet und wobei die achte effektive Fläche eine bewegliche Wand des zweiten modalen Federungsvolumens (95, 96) bildet, wobei das erste Systemvolumen (89 oder 201) zunimmt im Volumen proportional zu der Abnahme im Volumen des zweiten Systemvolumens (92 oder 202) mit der Bewegung ersten Kolbenstangenbaugruppe, wobei das dritte Systemvolumen (90 oder 204) zunimmt im Volumen proportional zu der Abnahme im Volumen des vierten Systemvolumens (91 oder 203) mit der Bewegung der zweiten Kolbenstangenbaugruppe,

wobei das Volumen des ersten modalen Federungsvolumens (93 und 94 oder 205 und 208) abnimmt proportional zu der Zunahme im Volumen des ersten und des dritten Systemvolumens (89, 90 oder 201, 204) mit der Bewegung der ersten und der zweiten Kolbenstangenbaugruppe, wobei das Volumen des zweiten modalen Federungsvolumens (95 und 96 oder 206, 207) abnimmt proportional zu der Zunahme im Volumen des zweiten und des vierten Systemvolumens (92, 91 oder 202, 203), wobei das erste und das vierte Systemvolumen (89, 91 oder 201, 203) mit den Kompressionskammern (45, 47) der Radzylinder (11, 13) verbunden sind, die einem der Paare von diagonal beabstandeten Radbaugruppen zugeordnet sind, wobei das zweite und das dritte Systemvolumen (90, 92 oder 202, 204) mit den Kompressionskammern (46, 48) der Radzylinder (12, 14) verbunden sind, die dem anderen Paar der diagonal beabstandeten Radbaugruppen zugeordnet sind, wobei das Dämpfungs- und Steifigkeitssystem dadurch im Wesentlichen null Verwindungssteifigkeit schafft; und **dadurch gekennzeichnet**, dass:

das Fahrzeugaufhängungssystem weiter vordere und hintere elastische Fahrzeugtrageinrichtungen (27, 28, 29, 30) zwischen der Fahrzeugkarosserie und den Radbaugruppen zum elastischen Abstützen des Fahrzeuges über den Radbaugruppen aufweist, wobei das Fahrzeug hauptsächlich durch die elastischen Fahrzeugtrageinrichtungen abgestützt wird.

2. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach Anspruch 1, weiter mit einer Druckaufrechterhaltungsvorrichtung (152), die mit dem ersten, dem zweiten, dem dritten und dem vierten Systemvolumen (89, 90, 91, 92) verbunden ist, um den statischen Druck der Systemvolumina auf einem im Wesentlichen gemeinsamen Druck zu halten.

3. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach An-

spruch 2, wobei die Druckaufrechterhaltungsvorrichtung weiter mit dem ersten und dem zweiten modalen Steifigkeitsvolumen (93 und 94, 95 und 96; oder 205 und 208, 206 und 207) verbunden ist, um den statischen Druck der modalen Federungsvolumina auf im Wesentlichen demselben gemeinsamen Druck zu halten.

4. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach Anspruch 1, wobei das erste Systemvolumen (89) mit der Kompressionskammer (45) des wenigstens einen Radzylinders (11) verbunden ist, welcher der wenigstens einen vorderen linken Radbaugruppe zugeordnet ist, wobei das zweite Systemvolumen (92) mit der Kompressionskammer (48) des wenigstens einen Radzylinders (14) verbunden ist, welcher der wenigstens einen hinteren linken Radbaugruppe zugeordnet ist, wobei das dritte Systemvolumen (90) mit der Kompressionskammer (46) des wenigstens einen Radzylinders (12) verbunden ist, welcher der wenigstens einen vorderen rechten Radbaugruppe zugeordnet ist, und wobei das vierte Systemvolumen (91) mit der Kompressionskammer (47) des wenigstens einen Radzylinders (13) verbunden ist, welcher der wenigstens einen hinteren rechten Radbaugruppe zugeordnet ist, wobei das erste modale Federungsvolumen (93 und 94) dadurch ein vorderes Stoßfederungsvolumen und das zweite modale Federungsvolumen (95 und 96) dadurch ein hinteres Stoßfederungsvolumen ist, wobei das vordere und das hintere Stoßfederungsvolumen dadurch das Dämpfungs- und Steifigkeitssystem mit einer zusätzlichen Nickbeweglichkeit versehen, die von der Roll- und Hebesteifigkeit des Dämpfungs- und Steifigkeitssystem unabhängig ist.

5. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach Anspruch 1, wobei das erste Systemvolumen (201) mit der Kompressionskammer (45) des wenigstens einen Radzylinders (11) verbunden ist, welcher der wenigstens einen vorderen linken Radbaugruppe zugeordnet ist, wobei das zweite Systemvolumen (202) mit der Kompressionskammer (46) des wenigstens einen Radzylinders (12) verbunden ist, welcher der wenigstens einen vorderen rechten Radbaugruppe zugeordnet ist, wobei das dritte Systemvolumen (204) mit der Kompressionskammer (48) des wenigstens einen Radzylinders (14) verbunden ist, welcher der wenigstens einen hinteren linken Radbaugruppe zugeordnet ist, und wobei das vierte Systemvolumen (203) mit der Kompressionskammer (47) des wenigstens einen Radzylinders (13) verbunden ist, welcher der wenigstens einen hinteren rechten Radbaugruppe zugeordnet ist, wobei das erste modale Federungsvolumen (205, 208) dadurch ein linkes Rollfederungsvolumen und das zweite modale Federungsvolumen (206, 207) dadurch ein rechtes Rollfederungsvolumen ist, wobei das linke und das rechte Rollfederungsvolumen dadurch das Dämpfungs- und Steifigkeitssystem mit zusätzlicher Rollbeweglichkeit

versehen, die von der Nick- und Hebesteifigkeit des Dämpfungs- und Steifigkeitssystems unabhängig ist.

6. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach Anspruch 1, wobei

die Lastverteilereinheit (76) ein erstes Paar axial ausgerichtete Primärkammern (77, 80) und ein zweites Paar axial ausgerichtete Primärkammern (78, 79) aufweist, wobei jede Primärkammer einen Kolben (81, 82, 83, 84) enthält, welcher jede Primärkammer in zwei Sekundärkammern (89, 93; 90, 94; 91, 95; 92, 96) trennt, wobei eine erste Stange (97), welche die Kolben der beiden ersten Primärkammern verbindet, eine erste Kolbenstangenbaugruppe bildet, und wobei eine zweite Stange (98), welche die Kolben der beiden zweiten Primärkammern verbindet, eine zweite Kolbenstangenbaugruppe bildet,

wobei eine der Sekundärkammern in dem ersten Paar Primärkammern eine erste vordere Systemkammer (89) ist und mit der Kompressionskammer (45) eines vorderen Radzylinders auf einer ersten Seite des Fahrzeuges verbunden ist, wobei die andere Sekundärkammer in dem ersten Paar Primärkammern, welche sich im Volumen in derselben Richtung wie die erste vordere Systemkammer mit der Bewegung in der ersten Kolbenstangenbaugruppe verändert, eine erste hintere Nickkammer (96) ist, wobei eine der Sekundärkammern in dem ersten Paar Primärkammern, welche sich im Volumen in der entgegengesetzten Richtung wie die erste vordere Systemkammer mit der Bewegung der ersten Kolbenstangenbaugruppe verändert, eine erste hintere Systemkammer (92) ist und mit der Kompressionskammer (48) eines hinteren Radzylinders auf einer ersten Seite des Fahrzeuges verbunden ist, wobei die andere Sekundärkammer in dem ersten Paar Primärkammern, welche sich im Volumen in derselben Richtung wie die erste hintere Systemkammer mit der Bewegung der ersten Kolbenstangenbaugruppe verändert, eine erste vordere Nickkammer (93) ist,

wobei eine der Sekundärkammern in dem zweiten Paar Primärkammern eine zweite vordere Systemkammer (90) ist und mit der Kompressionskammer (46) eines vorderen Radzylinders auf einer zweiten Seite des Fahrzeuges verbunden ist,

wobei die andere Sekundärkammer in dem zweiten Paar Primärkammern, welche sich im Volumen in derselben Richtung wie die zweite vordere Systemkammer mit der Bewegung der zweiten Kolbenstangenbaugruppe verändert, eine zweite hintere Nickkammer (95) ist,

wobei eine der Sekundärkammern in dem zweiten Paar Primärkammern, welche sich im Volumen in der entgegengesetzten Richtung wie die zweite vordere Systemkammer mit der Bewegung der zweiten Kolbenstangenbaugruppe verändert, eine zweite hintere Systemkammer (91) ist und mit der Kompressionskammer (47) eines hinteren Radzylinders auf einer zweiten Seite des Fahrzeuges verbunden ist,

wobei die andere Sekundärkammer in dem zweiten Paar Primärkammern, welche sich im Volumen in derselben Richtung wie die zweite hintere Systemkammer mit der Bewegung der zweiten Kolbenstangenbaugruppe verändert, eine zweite vordere Nickkammer (94) ist, und

wobei die erste und die zweite vordere Nickkammer (93, 94) miteinander verbunden sind (101) und ein vorderes Nickvolumen bilden und wobei die erste und die zweite hintere Nickkammer (95, 96) miteinander verbunden sind (102) und ein hinteres Nickvolumen bilden.

7. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach Anspruch 1, wobei

die Lastverteilereinheit (76) ein erstes Paar axial ausgerichtete Primärkammern (77, 80) und ein zweites Paar axial ausgerichtete Primärkammern (78, 79) aufweist, wobei jede Primärkammer einen Kolben (81, 82, 83, 84) enthält, welcher jede Primärkammer in zwei Sekundärkammern (89, 93; 90, 94; 91, 95; 92, 96) trennt, wobei eine erste Stange (97) die Kolben der beiden ersten Primärkammern verbindet und eine erste Kolbenstangenbaugruppe bildet und wobei eine zweite Stange (98) die Kolben der zweiten Primärkammern verbindet und eine zweite Kolbenstangenbaugruppe bildet,

wobei eine der Sekundärkammern in dem ersten Paar Primärkammern eine vordere linke Systemkammer (89) ist und mit der Kompressionskammer (45) eines vorderen Radzylinders auf einer linken Seite des Fahrzeuges verbunden ist,

wobei die andere Sekundärkammer in dem ersten Paar Primärkammern, welche sich im Volumen in derselben Richtung wie die vordere Systemkammer mit der Bewegung der ersten Kolbenstangenbaugruppe verändert, eine erste rechte Rollkammer (96) ist,

wobei eine der Sekundärkammern in dem ersten Paar Primärkammern, welche sich im Volumen in der entgegengesetzten Richtung zu der vorderen linken Systemkammer mit der Bewegung der ersten Kolbenstangenbaugruppe verändert, eine vordere rechte Systemkammer (92) ist und mit der Kompressionskammer (46) des anderen vorderen Radzylinders auf einer rechten Seite des Fahrzeuges verbunden ist, wobei die andere Sekundärkammer in dem ersten Paar Primärkammern, die sich im Volumen in derselben Richtung wie die vordere rechte Systemkammer mit der Bewegung der ersten Kolbenstangenbaugruppe verändert, eine erste linke Rollkammer (93) ist,

wobei eine der Sekundärkammern in dem zweiten Paar Primärkammern eine hintere linke Systemkammer (90) ist und mit der Kompressionskammer (46) eines hinteren Radzylinders auf der linken Seite des Fahrzeuges verbunden ist,

wobei die andere Sekundärkammer in dem zweiten Paar Primärkammern, welche sich im Volumen in derselben Richtung wie die hintere linke Systemkam-

mer mit der Bewegung der zweiten Kolbenstangenbaugruppe verändert, eine zweite rechte Rollkammer (95) ist,

wobei eine der Sekundärkammern in dem zweiten Paar Primärkammern, welche sich im Volumen in der entgegen gesetzten Richtung wie die zweite vordere Systemkammer mit der Bewegung der zweiten Kolbenstangenbaugruppe verändert, eine hintere rechte Systemkammer (91) ist und mit der Kompressionskammer (47) eines hinteren Radzylinders auf der rechten Seite des Fahrzeuges verbunden ist, wobei die andere Sekundärkammer in dem zweiten Paar Primärkammern, welche sich im Volumen in derselben Richtung wie die hintere rechte Systemkammer mit der Bewegung der zweiten Kolbenstangenbaugruppe verändert, eine zweite linke Rollkammer (94) ist, und

wobei die erste und die zweite linke Rollkammer (93, 94) miteinander verbunden sind (101) und ein linkes Rollvolumen bilden und wobei die erste und die zweite rechte Rollkammer (95, 96) miteinander verbunden sind (102) und ein rechtes Rollvolumen bilden.

8. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach Anspruch 6 oder 7, wobei die Radzylinder von wenigstens den beiden vorderen oder den beiden hinteren Radzylindern einfachwirkende Radzylinder sind.

9. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach Anspruch 8, wobei jeder einfachwirkende Radzylinder einen Kolben enthält, der den Radzylinder in eine Kompressions- und eine Rückprallkammer unterteilt, wobei die Dämpfung in dem Kolben des Radzylinders vorgesehen ist, um wenigstens eine Rückpralldämpfungskraft zu erzeugen.

10. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach Anspruch 8, wobei die Radzylinder an einem Ende des Fahrzeuges doppeltwirkende Radzylinder (1, 12, 13, 14) sind, die weiter eine Rückprallkammer (49, 50, 51, 52) enthalten, wobei die Rückprallkammer von jedem doppeltwirkenden Radzylinder mit der Kompressionskammer (47, 48) des diagonal entgegengesetzten Radzylinders verbunden ist.

11. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach Anspruch 6 oder 7, wobei jeder Radzylinder ein doppeltwirkender Radzylinder (11, 12, 13, 14) ist, der weiter eine Rückprallkammer (49, 50, 51, 52) aufweist, wobei die Rückprallkammer von jedem doppeltwirkenden Radzylinder mit der Kompressionskammer des diagonal entgegengesetzten Radzylinders verbunden ist.

12. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kompressionskammer (45, 46, 47, 49) von jedem der wenigsten zwei Radzylinder in Fluidverbindung mit einem Akkumulator (69, 70, 71, 72) sein kann.

13. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach Anspruch 6, wobei das vordere Nickvolumen mit dem hinteren Nickvolumen über eine Nickventilanordnung (103, 104) verbunden ist.

14. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach Anspruch 13, wobei die Nickventilanordnung wenigstens ein Nickdämpferventil (104) enthält, um eine Nickdämpfung bereitzustellen.

15. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach Anspruch 14, wobei das wenigstens eine Nickdämpferventil ein variables Dämpferventil (191) ist.

16. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach Anspruch 14, wobei die Nickventilanordnung weiter einen Bypasskanal (103) und ein Bypassventil (104) aufweist, wobei der Bypasskanal mit beiden Seiten des wenigstens einen Nickdämpferventils (104) verbunden ist und wobei das Bypassventil in dem Bypasskanal (103) angeordnet und umschaltbar ist, um die Nickdämpfung zu ermöglichen oder zu sperren.

17. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach Anspruch 6, wobei das vordere Nickvolumen mit einem vorderen Nickakkumulator (183) über ein vorderes Nickdämpferventil (185) verbunden ist und das hintere Nickvolumen mit einem hinteren Nickakkumulator (184) über ein hinteres Nickdämpferventil (186) verbunden ist und wobei der vordere und der hintere Nickakkumulator (183, 184) für zusätzliche Nickbeweglichkeit in dem Steifigkeits- und Dämpfungssystem sorgen.

18. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach Anspruch 17, wobei von dem vorderen und dem hinteren Nickdämpferventil wenigstens eines ein variables Dämpferventil ist.

19. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach Anspruch 17 oder 18, wobei das vordere Nickvolumen mit dem hinteren Nickvolumen durch ein Nicksteifigkeitsventil (191) verbunden ist.

20. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach Anspruch 19, wobei das Nicksteifigkeitsventil ein Dämpferventil ist.

21. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach Anspruch 19, wobei das Nicksteifigkeitsventil (191) ein Verriegelungsventil ist, um das vordere Nickvolumen von dem hinteren Nickvolumen zu isolieren.

22. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach Anspruch 6, wobei ein Rollventil (192) vorgesehen ist, um die Kompressionskammern (45, 46) der wenigstens zwei vorderen Radzylinder miteinander zu verbinden.

23. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach An-

spruch 6, wobei ein Rollventil (**192**) vorgesehen ist, um die Kompressionskammern der wenigstens zwei hinteren Radzylinder miteinander zu verbinden.

24. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach Anspruch 6 oder 7, weiter mit einer Druckaufrechterhaltungsvorrichtung (**152**), die mit wenigstens vier der Sekundärkammern in der Lastverteilereinheit (**76**) über Druckaufrechterhaltungskanäle verbunden ist.

25. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach Anspruch 24, weiter mit einem Ventil in jedem Druckaufrechterhaltungskanal.

26. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach Anspruch 24, weiter mit einer Drosselstelle (**145**, **146**, **147**, **148**) in jedem Druckaufrechterhaltungskanal.

27. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach 24, wobei die Druckaufrechterhaltungsvorrichtung eine Fluiddruckquelle enthält.

28. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach Anspruch 24 oder 27, wobei die Druckaufrechterhaltungsvorrichtung einen Akkumulator aufweist.

29. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach Anspruch 27, wobei die Druckaufrechterhaltungseinheit gesteuert wird, um den statischen Druck in den wenigstens vier Sekundärkammern auf einen voreingestellten Druck zu regeln.

30. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach Anspruch 29, wobei der voreingestellte Druck variiert werden kann.

31. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach 6, weiter mit einer Druckaufrechterhaltungsvorrichtung (**152**), wobei die Druckaufrechterhaltungsvorrichtung einen ersten und einen zweiten Ausgangsdruck aufweist, wobei der erste Ausgangsdruck mit der ersten vorderen, der zweiten vorderen, der ersten hinteren und der zweiten hinteren Systemkammer der Lastverteilereinheit durch Systemdruckaufrechterhaltungskanäle verbunden ist und wobei der zweite Ausgangsdruck mit dem vorderen Nickvolumen und dem hinteren Nickvolumen durch Nickdruckaufrechterhaltungskanäle verbunden ist.

32. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach Anspruch 31, wobei die Druckaufrechterhaltungsvorrichtung eine Fluiddruckquelle aufweist, wobei der Druck in den Systemkammern auf einen ersten voreingestellten Druck gesteuert wird, wobei der Druck in den Nickvolumina auf einen zweiten voreingestellten Druck gesteuert wird, wobei der erste voreingestellte Druck variabel ist, um die Rollsteifigkeit des Dämpfungs- und Steifigkeitssystems separat zu der Nicksteifigkeit zu verändern, und wobei der zweite voreingestellte Druck variabel ist, um die Nicksteifig-

keit des Dämpfungs- und Steifigkeitssystems zu verändern.

33. Dämpfungs- und Steifigkeitssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiter mit elastischen Zentriervorrichtungen (**141**, **142**, **143**, **144**), um eine Zentrierkraft an den Kolbenstangenbaugruppen in der Lastverteilereinheit zu erzeugen zum Vorspannen der Kolbenstangenbaugruppen in Richtung zu einer Mittelhubposition.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen



Anhängende Zeichnungen

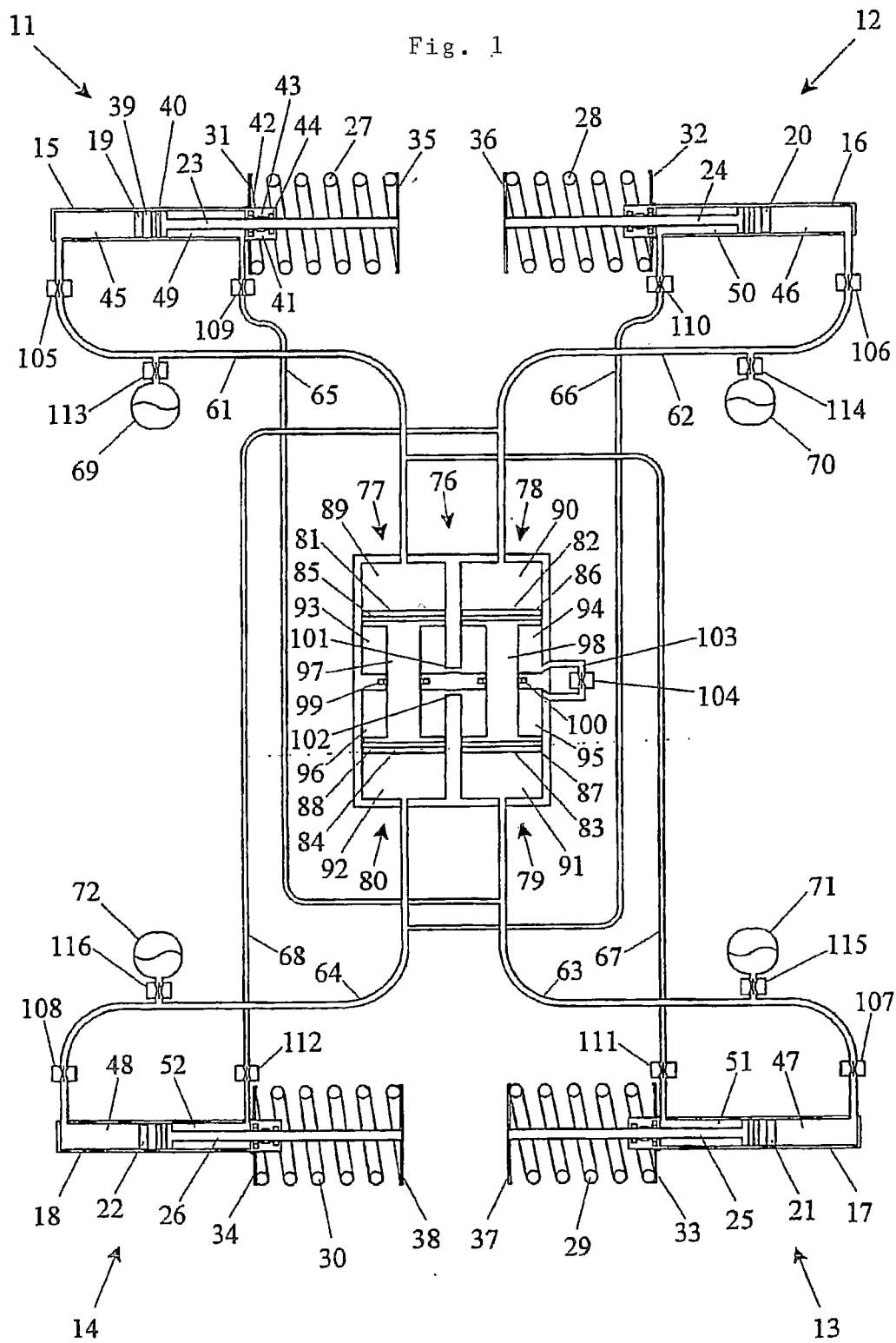


Fig. 2

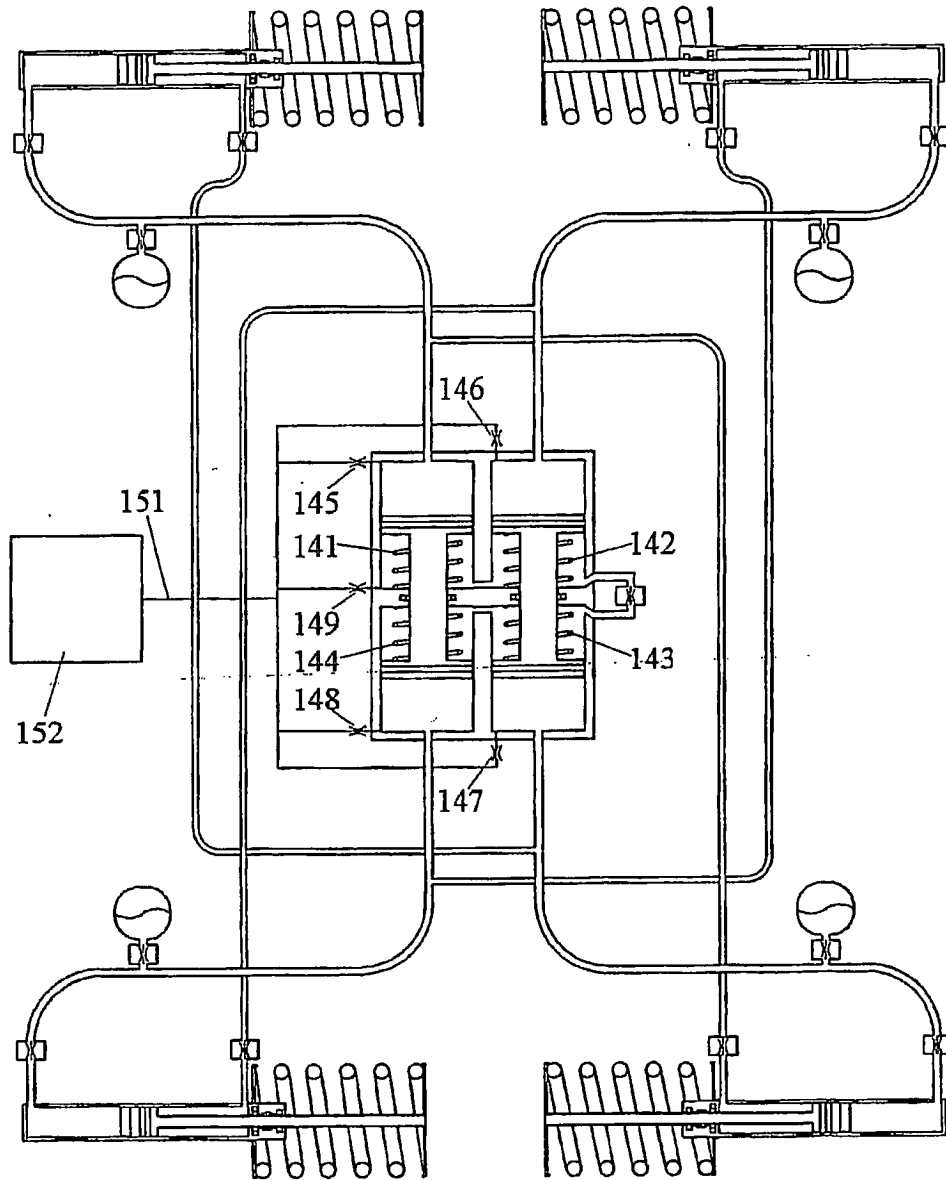


Fig. 3

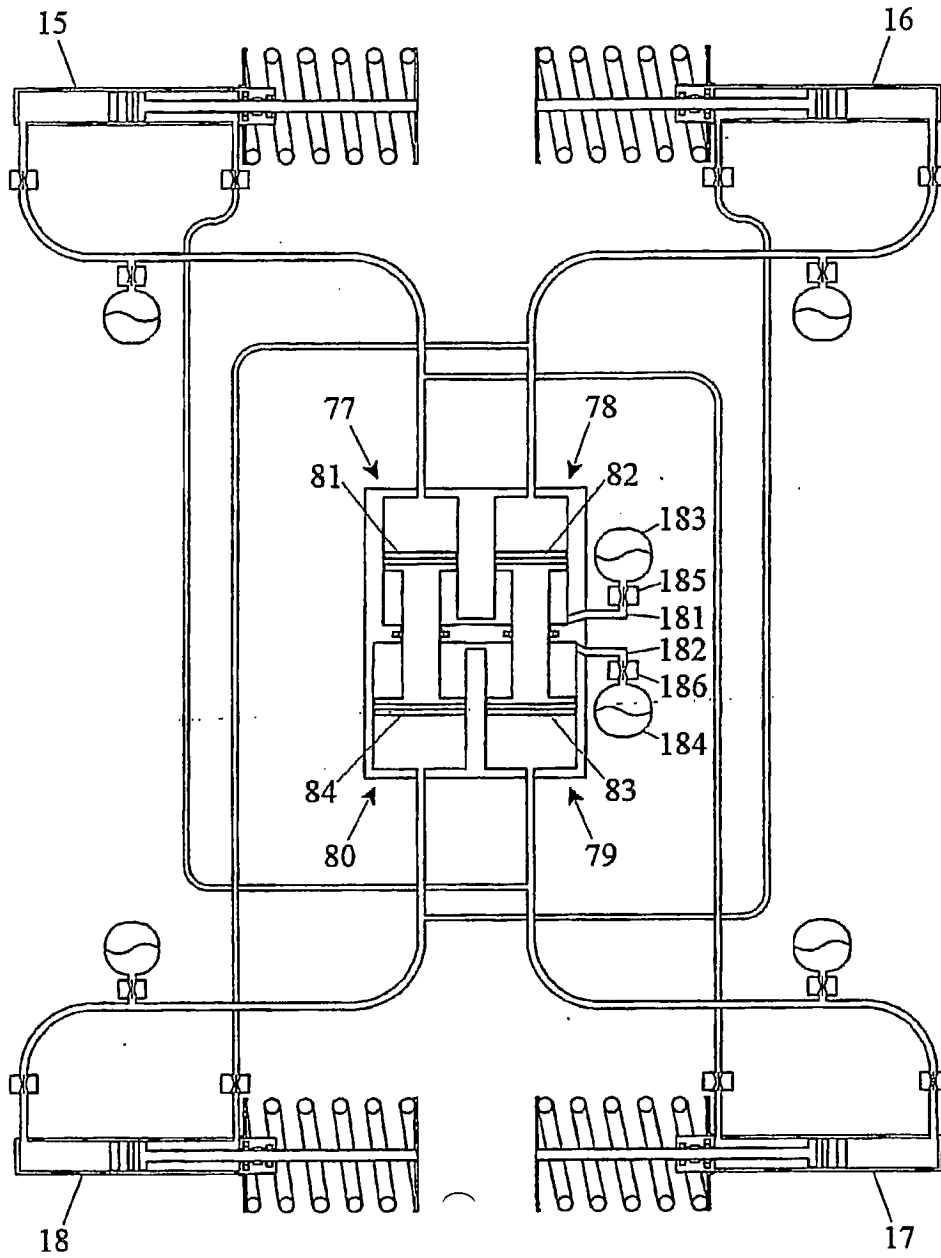


Fig. 4

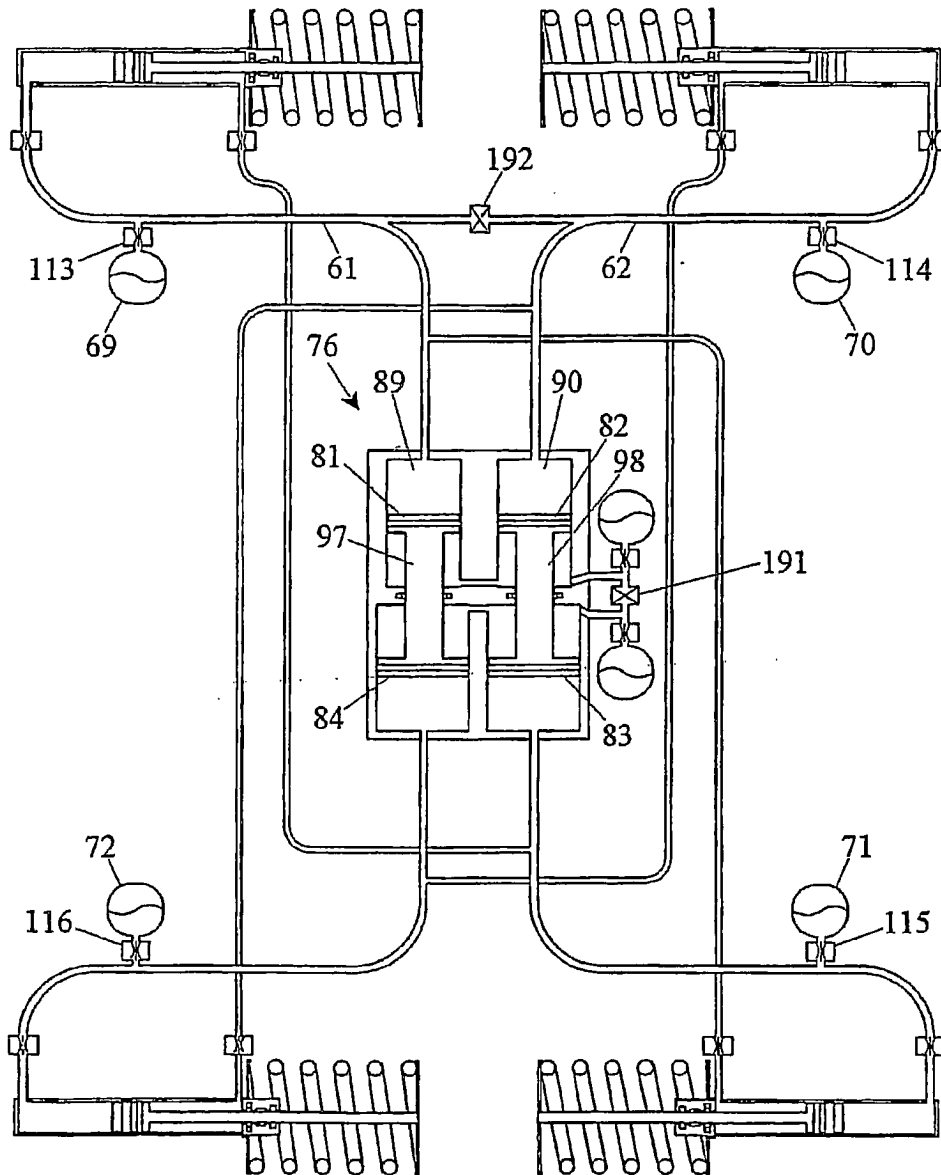


Fig. 5

