



(10) **DE 10 2010 039 816 B4** 2021.12.23

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2010 039 816.0**
(22) Anmeldetag: **26.08.2010**
(43) Offenlegungstag: **01.03.2012**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **23.12.2021**

(51) Int Cl.: **B60T 8/40 (2006.01)**
B60L 7/10 (2006.01)

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

(73) Patentinhaber:
**Continental Teves AG & Co. OHG, 60488
Frankfurt, DE**

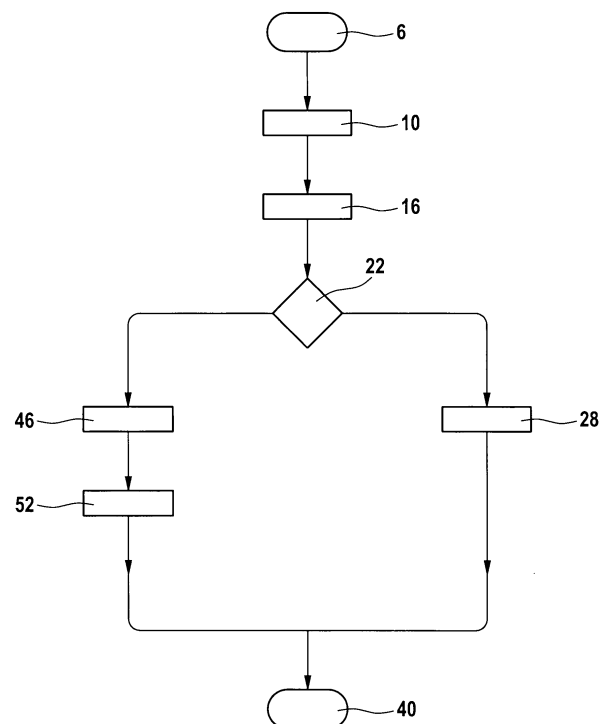
(72) Erfinder:
Ross, Scott, 61440 Oberursel, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	41 24 496	A1
DE	196 26 926	A1
DE	10 2007 028 070	A1
DE	10 2007 030 441	A1
DE	10 2009 009 647	A1
WO	2004/ 101 308	A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betreiben eines Bremssystems eines Kraftfahrzeuges, zugehöriges
Bremssystem und Kraftfahrzeug**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Betreiben eines Bremssystems (100) eines Kraftfahrzeuges, mit einem elektrischen Generator (146) und einem ersten hydraulischen und einem zweiten hydraulischen Bremskreis mit jeweils ersten und zweiten hydraulischen Betriebsbremsen (158, 164), einem Tandemhauptzylinder (112), einem Reservoir (118) für Bremsflüssigkeit und einem Bremspedal (106), dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Betätigung des Bremspedals (106) durch den Fahrer die verfügbare Bremskraft des Generators (146) bestimmt wird und daraus ein äquivalentes Bremsflüssigkeitsvolumen berechnet wird, das zu einer hydraulischen Bremsung des Kraftfahrzeuges mit der gleichen Bremskraft korrespondiert, und dass das äquivalente Bremsflüssigkeitsvolumen aus dem zweiten Bremskreis in eine mit dem zweiten Bremskreis verbundene speziell dafür vorgesehene Volumeneinheit (250) geleitet wird, wobei das in die Volumeneinheit (250) abgeführte Volumen durch entsprechende Dimensionierung der Volumeneinheit (250) derart begrenzt wird, dass durch das noch zur Verfügung stehende Volumen im zweiten Bremskreis bei einem Bremsvorgang und bei gleichzeitigem Ausfall des Generators (146) und des ersten Bremskreises eine vorgegebene maximale Verzögerung erzielt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Bremssystems eines Kraftfahrzeuges, mit einem elektrischen Generator und einem ersten hydraulischen und einem zweiten hydraulischen Bremskreis mit jeweils ersten und zweiten hydraulischen Betriebsbremsen, einem Tandemhauptzylinder, einem Reservoir für Bremsflüssigkeit und einem Bremspedal. Sie betrifft weiterhin ein zugehöriges Bremssystem und ein zugehöriges Kraftfahrzeug.

[0002] Kraftfahrzeuge, deren Antriebs- bzw. Bremssysteme einen elektrischen Generator umfassen, gewinnen zunehmend an Bedeutung. Ein solches Kraftfahrzeug kann beispielsweise mit einem Hybridsystem ausgestattet sein, bei dem das Kraftfahrzeug bevorzugt elektrisch, und - bei geleertem Akku - mit einem Verbrennungsmotor angetrieben wird. Alternativ dazu kann der Verbrennungsmotor auch benutzt werden, um den Akku wieder aufzuladen. Eine andere Kategorie von Kraftfahrzeugen wird rein elektrisch durch einen Elektromotor angetrieben. Diese Fahrzeuge fahren daher ausschließlich mit elektrischer Energie. Sie können beispielsweise an dafür vorgesehenen Ladestationen aufgeladen werden.

[0003] Ein aktuelles Problem bei elektrisch angetriebenen Fahrzeugen ist ihre im Vergleich zu mit Verbrennungsmotoren angetriebenen Fahrzeugen deutlich geringere Reichweite. Aus diesem Grund ist es vorteilhaft, die Batterien des Kraftfahrzeuges nicht nur im Stand, beispielsweise an den erwähnten Ladestationen, aufzuladen, sondern dies auch während des Betriebs des Kraftfahrzeuges zu tun. Da sich der Elektromotor auch als Generator für elektrische Energie betreiben lässt, lässt sich beim Bremsen des Kraftfahrzeuges rekuperativ Energie gewinnen. Beim Bremsvorgang des Kraftfahrzeuges führt die Energiegewinnung durch den Generator zu einem Verzögerungsmoment bzw. Bremsmoment des Kraftfahrzeuges, da die Bewegungsenergie bzw. Rotationsenergie der mit dem Elektromotor verbundenen Achse bzw. der daran befestigten Räder in elektrische Energie umgewandelt wird.

[0004] Bremssysteme, bei denen durch den im Generatormodus betriebenen Elektromotor ein Verzögerungsmoment erzeugt wird, weisen zusätzliche Bremsmittel auf. Diese zusätzlichen Bremsmittel, die gewöhnlich in zwei gesetzlich vorgeschriebenen Bremskreisen realisiert sind, umfassen beispielsweise elektromechanische, hydraulische und/oder elektrohydraulische Bremsen. Problematisch bei herkömmlichen Bremssystemen dieser Art ist, dass entweder nicht das maximal mögliche Verzögerungsmoment des Generators genutzt werden kann, oder dass beim Umschalten zwischen der Bremsverzögerung des Generators und der anderen Bremsmittel eine Lücke entsteht, in der das Fahrzeug nicht mit opti-

mierter Bremskraftverteilung verzögert werden kann. Weiterhin kann durch die Entkopplung der rekuperativen Bremsung durch den Generator von dem Bremspedal für den Fahrer ein ungewöhnliches Pedalgefühl entstehen, so dass er die von ihm erzielte Bremswirkung schlecht einschätzen kann.

[0005] Zusätzlich dazu besteht die Gefahr, wenn der Generator mit der Hinterachse des Fahrzeuges verbunden ist, dass das Fahrzeug durch gleichzeitige Verzögerung durch den Generator und die Hinterradbremsen in einen instabilen Zustand gerät.

[0006] Aus der WO2004101308 A1 ist bekannt, in einer Bremsanlage mit einer hydraulischen Betriebsbremse und einem elektrischen Generator beim Bremsen mittels des elektrischen Generators Bremsmittel in den Niederdruckspeicher des ABS-Systems abzulassen.

[0007] Aus der DE 10 2009 009 647 A1 ist weiter bekannt in einer Bremsanlage mit einer hydraulischen Betriebsbremse und einem elektrischen Generator einen Trennzylinder vorzusehen, der zwei durch einen Trennkolben getrennte Kammern aufweist, wobei eine erste Kammer mit dem Hauptbremszylinder verbunden ist und die zweite Kammer mit dem Niederdruckspeicher des ABS-Systems verbunden ist.

[0008] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben eines Bremssystems eines Kraftfahrzeuges anzugeben, das eine maximale Ausnutzung des vom Generator verfügbaren Bremsmomentes erlaubt und gleichzeitig - bei gewohntem Pedalgefühl - eine optimierte Bremskraftverteilung und damit einen stabilen Zustand des Kraftfahrzeuges gewährleistet. Weiterhin sollen ein zugehöriges Bremssystem sowie ein zugehöriges Kraftfahrzeug bereitgestellt werden.

[0009] Die Aufgabe wird gelöst durch den Gegenstand der Patentansprüche 1, 7 und 8. In Bezug auf das Verfahren wird die oben genannte Aufgabe dadurch gelöst, dass bei einer Betätigung des Bremspedals durch den Fahrer die verfügbare Bremskraft des Generators bestimmt wird und darauf ein äquivalentes Bremsflüssigkeitsvolumen berechnet wird, das vor einer hydraulischen Bremsung des Kraftfahrzeuges mit der gleichen Bremskraft korrespondiert, und dass das äquivalente Bremsflüssigkeitsvolumen aus dem zweiten Bremskreis in eine mit dem zweiten Bremskreis verbundene speziell dafür vorgesehene Volumeneinheit geleitet wird, wobei das in die Volumeneinheit abgeführte Volumen durch entsprechende Dimensionierung der Volumeneinheit derart begrenzt wird, dass durch das noch zur Verfügung stehende Volumen im zweiten Bremskreis bei einem Bremsvorgang und bei gleichzeitigem Ausfall des Generators und des ersten Bremskreises eine vorgegebene maximale Verzögerung erzielt wird.

[0010] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0011] Die Erfindung geht von der Überlegung aus, dass ein Generator zur rekuperativen Rückgewinnung von Energie in optimierter Weise genutzt wird, wenn zumindest teilweise während Bremsprozessen das gesamte momentan von dem Generator lieferbare Bremsmoment zur Bremsung eingesetzt wird. Auf diese Weise können die Batterien in möglichst kurzer Zeit möglichst effektiv aufgeladen werden. Eine vollständige Nutzung des rekuperativen Bremsmomentes durch den Generator bedingt, dass während dieser Phase des Bremsvorganges kein Verzögerungs- bzw. Bremsmoment von den anderen Bremsmitteln, beispielsweise den elektrohydraulischen oder hydraulischen Bremsen, erzeugt wird. Andererseits sollte bei Sollbremsmomenten, die das momentan von dem Generator lieferbare Bremsmoment übersteigen, unmittelbar zusätzliches Bremsmoment durch die Betriebsbremsen erzeugt werden, wobei die Bremskraftverteilung bezüglich der Fahrzeugachsen einen stabilen Fahrzeugzustand gewährleisten sollte.

[0012] Die Erfindung beruht weitergehend auf der Überlegung, dass für den Fahrer während des gesamten Bremsvorganges wichtig ist, eine Rückkopplung zu haben bezüglich der von ihm bewirkten Verzögerung. Da beispielsweise in einem hydraulischen Bremssystem die Bremswirkung des Generators von den hydraulischen Bremskreisen vollständig entkoppelt ist, wäre es für den Fahrer des Kraftfahrzeuges unvorteilhaft, wenn bei Bremsen durch den elektrischen Generator die Rückkopplung, die er am Bremspedal erfährt, deutlich anders ist als bei Bremsvorgängen, die beispielsweise hydraulisch vonstattengehen, beispielsweise wenn die Batterien voll aufgeladen sind.

[0013] Wie nunmehr erkannt wurde, lässt sich die optimierte rekuperative Nutzung des Generators mit einem gewohnten Pedalgefüge kombinieren, in dem der Fahrer während des Bremsvorgangs tatsächlich Bremsflüssigkeit verschiebt. Diese Bremsflüssigkeit wird aber nun nicht in die Bremsen geleitet, sondern in eine speziell dafür vorgesehene Volumeneinheit. Damit der Fahrer nun bei einem Bremsvorgang durch den elektrischen Generator genau die gleiche Rückkopplung erhält als würde er das gleiche Verzögerungsmoment hydraulisch bewirken, soll nun das vom Fahrer bewegte Bremsflüssigkeitsvolumen gerade dem Volumen entsprechen, das eine Verzögerung mit dem gleichen Verzögerungsmoment ergeben würde, wie sie von dem Generator geliefert wird. Es soll also gewissermaßen ein äquivalentes Bremsflüssigkeitsvolumen in die Volumeneinheit bzw. den Volumenspeicher geschoben werden. Bei gleichem Bremsmoment „fühlt“ sich der Bremsvorgang für den Fahrer also im Wesentlichen gleich an, unabhängig

davon, ob gerade durch den Generator oder ausschließlich hydraulisch oder in Kombination von beiden gebremst wird.

[0014] Vorteilhafterweise wird in dem Fall, dass der Fahrer das Verzögerungsmoment über das von dem Generator verfügbare Verzögerungsmoment erhöhen möchte, durch ein Trennventil der zweite Bremskreis von dem Tandemhauptzylinder getrennt. In diesem Fall wird durch die Trennung verhindert, dass weitere Bremsflüssigkeit in die Volumeneinheit verschoben wird, was dem Fahrer das Gefühl vermitteln würde, dass er das Bremsmoment weiter erhöhen könnte. Die Überprüfung der jeweiligen, vom Generator abrufbaren Verzögerungen bzw. Bremsmomente geschieht vorzugsweise kontinuierlich.

[0015] Vorzugsweise werden in dem Fall, dass der Fahrer das Verzögerungsmoment über das von dem Generator verfügbare Verzögerungsmoment erhöhen möchte, die Betriebsbremsen des ersten Bremskreises betätigt. Dies geschieht bevorzugt elektrohydraulisch, beispielsweise durch Ansteuern einer Pumpe. In dem Fall, dass in einem Kraftfahrzeug der hintere Bremskreis mit den Hinterrädern bzw. den Hinterradbremmen verbunden ist, und der Generator mit der Hinterachse verbunden ist, würden die Bremsen des ersten Bremskreises den Vorderradbremmen entsprechen. Während also bis zu dem Moment, bis zu dem der Generator Bremsmoment liefern kann, ausschließlich hinten an der Hinterachse rekuperativ gebremst wird, erfolgt nun eine Bremskraftverteilung auf beide Achsen, da bei einem weiteren Bremswunsch die Vorderradbremmen aktiviert werden. Die gesamte Bremskraft verteilt sich daher auf Vorderradbremmen und Hinterradbremmen. Würden in diesem Fall die hydraulischen oder elektrohydraulischen Hinterradbremmen aktiviert, könnte dies in einer Überbremsung und beispielsweise dem Ausbrechen des Hecks des Fahrzeuges resultieren. Durch die Aktivierung der Vorderradbremmen lässt sich ein ungleich stabilerer Fahrzeugzustand während des Bremsvorgangs erreichen.

[0016] In Kombination mit den Vorderradbremmen können im oben beschriebenen Fall bedarfsweise auch die Betriebsbremsen des zweiten Bremskreises betätigt werden. Das heißt, während des Bremsvorganges kann an der Hinterachse durch den Generator und über die Betriebsbremsen, und vorne durch die vorne angebrachten Betriebsbremsen gebremst werden. Auf diese Weise lässt sich auch an der Hinterachse das Bremsmoment bedarfsweise erhöhen. In den Phasen des Bremsvorganges, in denen der Generator nur ein vernachlässigbares Bremsmoment liefern kann, wird vorne und hinten durch die Betriebsbremsen gebremst.

[0017] Die Bremskraftverteilung auf die beiden Fahrzeugachsen - im Wesentlichen die Verteilung auf

Vorder- und Hinterachse bzw. auf Generator + hintere Betriebsbremsen und vordere Betriebsbremsen - wird vorzugsweise anhand einer vorgegebenen charakteristischen Kurve für die Sollbremsverteilung durchgeführt. Eine solche Kurve gibt beispielsweise in Abhängigkeit von dem von dem Generator verfügbaren Bremsmoment und dem insgesamt geforderten Sollbremsmoment das jeweilige Sollbremsmoment der Vorderradbremse an.

[0018] Bremssysteme für Kraftfahrzeuge im Allgemeinen und insbesondere auch Bremssysteme der oben dargestellten Art müssen mit einer so genannten Rückfallebene ausgestattet sein. Dies bedeutet, dass bei einem Ausfall von Komponenten, z. B. des Bordnetzes oder einzelnen Bremsen, vom Fahrer - gewöhnlich durch höhere Muskelkraft - immer noch ein den Sicherheitsanforderungen genügendes Bremsmoment erzeugt werden kann. Bei dem oben genannten Verfahren zum Betreiben eines Bremssystems wird dieser Anforderung Genüge getan, indem das in die Volumeneinheit abgeführte Volumen physikalisch - durch entsprechende Dimensionierung der Volumeneinheit - derart begrenzt wird, dass durch das noch zur Verfügung stehende Volumen von Bremsflüssigkeit im zweiten Bremskreis bei einem Bremsvorgang bei gleichzeitigem Ausfall des Generators, der elektrohydraulischen Komponenten des zweiten Bremskreises und der dem ersten Bremskreis zugeordneten Bremsen eine vorgegebene Verzögerung erzielt wird. Vorteilhafterweise beträgt diese vorgegebene Verzögerung im Wesentlichen 0,3 g.

[0019] In Bezug auf das Bremssystem für ein Kraftfahrzeug wird die oben genannte Aufgabe gelöst mit einem elektrischen Generator und einem ersten hydraulischen und einem zweiten hydraulischen Bremskreis mit jeweils ersten und zweiten hydraulischen Betriebsbremsen, einem Tandemhauptzylinder, einem Reservoir für Bremsflüssigkeit und einem Bremspedal und mit einer elektronischen Steuereinheit, in der ein Verfahren der oben genannten Art software- und/oder hardwaremäßig implementiert ist. In der Steuer- und Regeleinheit kann beispielsweise die charakteristische Kurve für die Bremskraftverteilung auf Generator, Vorderrad- und Hinterradbremse hinterlegt sein.

[0020] In Bezug auf das Kraftfahrzeug wird die oben genannte Aufgabe gelöst mit einem oben genannten Bremssystem. In einer bevorzugten Ausführungsform des Kraftfahrzeuges ist der zweite Bremskreis den Hinterrädern und der erste Bremskreis den Vorderrädern zugeordnet. Vorteilhafterweise wird der Generator als Elektromotor zum Antrieb des Fahrzeuges betrieben. Diese Betriebsart kann in reinen Elektrofahrzeugen sowie in hybridangetriebenen Kraftfahrzeugen eingesetzt werden.

[0021] Die Vorteile der Erfindung bestehen insbesondere darin, dass durch den Einsatz des Generators zur Erzeugung des Bremsmomentes und der Leitung eines äquivalenten Bremsflüssigkeitsvolumens in eine Volumeneinheit während jeder Fahrsituation des Kraftfahrzeuges der Generator in optimierter Weise zum Bremsen genutzt werden kann, während der Fahrer das gewohnte Feedback durch das Bremspedal erhält. Durch den Einsatz der Betriebsbremsen des ersten Bremskreises in dem Fall, dass der Bremswunsch des Fahrers bzw. das dazu korrespondierende Bremsmoment das vom Generator zu diesem Zeitpunkt lieferbare Bremsmoment übersteigt, wird eine starke Belastung der Hinterachse bzw. eine Überbremsung verhindert. Zusätzlich dazu hat der Fahrer ohne Unterbrechung bzw. Lücke instantan die Möglichkeit, zusätzliches Bremsmoment zu generieren.

[0022] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen in stark schematisierter Darstellung:

Fig. 1 ein Flussdiagramm des Verfahrens in einer bevorzugten Ausführungsform,

Fig. 2 ein Diagramm einer vorteilhaften Bremskraftverteilung zwischen Generator und hydraulischen Vorderradbremse, und

Fig. 3 ein hydraulisches Schaltbild eines Bremssystems in einer bevorzugten Ausführungsform.

[0023] Gleiche Teile sind in allen Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0024] Das Verfahren bzw. der Verfahrensablauf beginnt mit Start **6**, das den Zeitpunkt markiert, in dem der Fahrer einen Bremswunsch äußert. In Block **10** wird der Bremswunsch des Fahrers bestimmt und daraus ein Sollbremsmoment des Kraftfahrzeuges abgeleitet. In Block **16** wird das momentan maximal verfügbare Generatorbremsmoment bestimmt. Die Verfahrensschritte **10** und **16** können auch im Wesentlichen gleichzeitig durchgeführt werden. In der Entscheidung **22** wird nun getestet, ob der Bremswunsch des Fahrers bzw. das korrespondierende Sollbremsmoment größer ist als das derzeit vom Generator lieferbare Bremsmoment. Falls dies nicht der Fall ist, falls also das vom Fahrer gewünschte Bremsmoment vollständig durch den Generator geliefert werden kann, verzweigt sich das Verfahren von der Entscheidung **22** zu Block **28**. In Block **28** wird das Kraftfahrzeug mit Hilfe des von dem Generator gelieferten Bremsmomentes abgebremst. Das Verfahren geht weiter zu Stopp **40**.

[0025] In dem Fall, dass in der Entscheidung **22** festgestellt wurde, dass das gewünschte Bremsmoment des Fahrers das vom Generator erzeugbare Bremsmoment übersteigt, verzweigt das Verfahren zu Block **46**. In Block **46** wird in Abhängigkeit von dem ge-

wünschten totalen Bremsmoment und dem vom Generator lieferbaren Bremsmoment die Bremskraftverteilung zwischen Generator und Betriebsbremsen bestimmt. Im vorliegenden Fall wird das zusätzliche Bremsmoment von den Vorderradbremse geliefert. Eine Diskussion der Bremskraftverteilung erfolgt unten im Zusammenhang mit **Fig. 2**.

[0026] Nachdem in Block **46** die Bremskraftverteilung bestimmt wurde, wird in Block **52** das Kraftfahrzeug durch den Generator und die Vorderradbremse abgebremst. Das Verfahren verzweigt weiter zu Stopp **40**. Die Verfahrensschritte zwischen Start **6** und Stopp **40** werden während eines Bremsvorganges quasi kontinuierlich durchgeführt.

[0027] In beiden Verzweigungen, in die das Verfahren aus der Entscheidung **22** verzweigt, wird ein Bremsflüssigkeitsvolumen, das dem im Block **16** bestimmten Generatorbremsmoment äquivalent ist, in eine Volumeneinheit geleitet. Der Bremsprozess durch den Generator wird somit gewissermaßen abgebildet auf einen rein hydraulischen Bremsprozess. Daraus folgt auch, dass der Fahrer während der Bremsung bzw. der ausschließlichen Bremsung durch den Generator das gleiche oder ein sehr ähnliches Bremsgefühl hat, wie wenn er rein hydraulisch bremsen würde. Wenn in Entscheidung **22** festgestellt wird, dass das gewünschte Bremsmoment das vom Generator lieferbare Bremsmoment übersteigt, wird nach Leitung des äquivalenten Bremsflüssigkeitsvolumens in die Volumeneinheit ein Trennventil geschlossen, durch das verhindert wird, dass weitere Bremsflüssigkeit in die Volumeneinheit geleitet wird. Das Trennventil wird vorzugsweise nur einmal während eines Bremsvorganges geschlossen. Die Volumeneinheit ist zusätzlich dazu derart dimensioniert, dass im Rückfallmodus bzw. in der Rückfallebene des Bremssystems, bei Ausfall des Generators, der elektrohydraulischen Komponenten des zweiten Bremskreises und der Vorderradbremse noch genügend Bremsflüssigkeit vorhanden ist, um eine Verzögerung von wenigstens 0,3 g zu erreichen.

[0028] In **Fig. 2** ist eine synthetische Bremskraftverteilung zwischen Generatorbremsmoment, das auf der Ordinate in Einheiten von g abgebildet ist, wobei g die Erdbeschleunigung bezeichnet, und der Bremskraft der Vorderradbremse, die auf der Abszisse aufgetragen ist, ebenfalls in Einheiten von g, dargestellt.

[0029] Bremsmomente zwischen 0 g und 0,15 g, die auf der Ordinate zwischen dem Nullpunkt und dem Punkt **P1** liegen, werden vollständig von dem Generator geliefert. Sollen größere Bremsmomente erzeugt werden, werden zusätzlich zu dem Generator die Vorderradbremse aktiviert. Zwischen den Punkten **P1** und **P2** wachsen sowohl das vom Generator erzeugte Bremsmoment als auch das durch die Vorderbremsen erzeugte Bremsmoment linear an.

Für noch größere Bremsmomente zwischen Punkt **P2** und Punkt **P3** ergibt sich dann das Bremsmoment, wie auch in den vorherigen Abschnitten, aus der Bremsverteilung **70**.

[0030] Je nach Stärke des verfügbaren Bremsmomentes des Generators können auch die Betriebsbremsen an der Hinterachse bzw. an den Hinterrädern eingesetzt werden, um das gewünschte Bremsmoment zu erzeugen.

[0031] Ein rekuperativ genutztes, elektrohydraulisches Bremssystem **100** eines Kraftfahrzeuges in einer bevorzugten Ausführungsform ist in **Fig. 3** als hydraulisches Schaltbild dargestellt. Das Bremssystem **100** weist ein Bremspedal **106**, einen Tandemhauptzylinder **112** und ein Reservoir **118** für Bremsflüssigkeit auf. Über einen Pedalwegsensor **124** wird die Stellung des Bremspedals **106** bestimmt. Die hydraulische Leitung **140** verbindet den Tandemhauptzylinder **112** mit einem ersten, die hydraulische Leitung **130** mit einem zweiten Bremskreis. Der zweite Bremskreis entspricht im vorliegenden Fall dem Bremskreis der Hinterräder. Ein Generator **146** wird zum rekuperativen Bremsen des Kraftfahrzeuges benutzt. Eine elektronische Steuer- und Regelungseinheit **152** ist signalseitig mit dem Generator **146** und den ansteuerbaren Komponenten des Bremssystems **100** sowie mit den Sensoren verbunden.

[0032] Dem ersten Bremskreis sind die Radbremse **158**, die Vorderradbremse, dem zweiten Bremskreis die Radbremse **164**, die Hinterradbremse, zugeordnet. Weiterhin sind den entsprechenden Rädern Raddrehzahlsensoren **170** zugeordnet.

[0033] Jeder der zwei Bremskreise weist jeweils eine hydraulische Pumpe **176**, einen Niederdruckspeicher **182**, sowie verschiedene stromlos offene oder stromlos geschlossene, elektromagnetisch betätigbare Ventile **188, 190, 192, 194, 196, 198, 200, 202** auf. Den beiden Bremskreisen sind (elektromagnetisch betätigbare) Trennventile **220, 230** vorgeschaltet. In einige hydraulische Leitungen des Bremssystems **100** sind Sperrventile **236**, beispielsweise in Form von Rückschlagventilen, geschaltet.

[0034] In dem Bremssystem **100** kann auf bekannte Weise Bremsflüssigkeit in die Radbremse **158, 164** oder in den jeweiligen Niederdruckspeicher **182** geleitet werden. Von dort kann sie beispielsweise mit Hilfe der jeweiligen Pumpe **176** über die hydraulischen Leitungen wieder dem jeweiligen Bremskreis zugeführt werden.

[0035] Das Bremssystem **100** umfasst eine Volumeneinheit **250**, die auch als E-Gap bezeichnet werden kann. Die Volumeneinheit **250** umfasst einen bremsmittelflüssigkeitsfreien Bereich **256**, einen Speicherbereich **262** für Bremsflüssigkeit und einen

Kontrollflüssigkeitsbereich **268**. Sie umfasst weiterhin drei verschiebbare Kolben **274, 278, 280**. Weiterhin sind drei Federn **286, 292, 298** vorgesehen. Das Speichervolumen **262** ist derart begrenzt, dass bei vollständiger Füllung dieses Volumens mit Bremsflüssigkeit noch genügend Bremsflüssigkeit im zweiten Bremskreis zur Verfügung steht, um das Kraftfahrzeug im Rückfallmodus mit wenigstens 0,3 g zu verzögern.

[0036] An der Kontrollverbindung **300** ist der Kontrollflüssigkeitsbereich **268** mit der hydraulischen Leitung **310** zwischen der Pumpe **176** und einer staudruckerzeugenden Kaskadenblende **316** verbunden. Die Abstimmung der Kaskadenblende **316** am Ausgang der Pumpe **176** ist so gewählt, dass besonders bei hohen Pumpendrehzahlen und/oder bei hoher Druckaufbaudynamik Druckpulsationen abgemildert werden können. Der Kontrollflüssigkeitsbereich **268** wird so gewissermaßen als Dämpfungskammer genutzt.

[0037] An der Speicherverbindung **320** kann in den Speicherbereich **262** Bremsflüssigkeit eingelassen und ausgelassen bzw. über die Pumpe **176** in den Bremskreis zurückgefördert werden. Über einen Rücklaufkanal **330** mit einem Rücklaufventil **336** ist eine Verbindung zwischen Kontrollverbindung **300** und Speicherverbindung **320** geschaffen.

[0038] Beide Bremskreise werden im Betriebszustand des Kraftfahrzeuges - vor dem ersten Bremsvorgang und bei Bedarf nach einem Bremsvorgang - durch Pumpenlauf, also durch Ansteuerung der Pumpe bzw. der Pumpen, mit Bremsflüssigkeit vorgefüllt. Für Druckaufbauvorgänge - beispielsweise beim Vorfüllen der Bremskreise - können das Trennventil **220** und das Rücklaufventil **336** geschlossen werden.

[0039] Bei einem Bremsvorgang, bei der der Fahrer des Kraftfahrzeugs das Bremspedal **106** betätigt, wird von der Steuer- und Regeleinheit **152** das geforderte Verzögerungs- bzw. Bremsmoment bestimmt. Sie ermittelt daraufhin das vom Generator **146** erzeugbare Bremsmoment. Zu diesem ermittelten Bremsmoment bestimmt die Steuer- und Regeleinheit **152** dann ein äquivalentes Bremsflüssigkeitsvolumen, welches in den Speicherbereich **262** der Volumeneinheit **250** geleitet wird. Wenn die Pedalstellung die Position erreicht, die zu dem vom Generator **146** lieferbaren Bremsmoment bzw. dem dazu äquivalenten Bremsflüssigkeitsvolumen entspricht, wird das Trennventil **220** geschlossen. Wenn das Trennventil **220** während eines Bremsvorgangs geschlossen wurde, wird es nicht wieder geöffnet. Ausnahmen können dann gemacht werden, wenn beispielsweise eine Panikbremsung des Fahrers von der Steuer- und Regeleinheit **152** erkannt wird.

[0040] Wenn andererseits durch die Bremsung an der Hinterachse das Fahrzeug einen instabilen Bremszustand anzunehmen droht, wird das Trennventil **220** geschlossen und die Vorderradbremse **158** werden aktiviert um das gewünschte Bremsmoment aufzubauen.

[0041] Das Bremssystem **100** verhält sich besonders vorteilhaft auch in Situationen, in denen das Kraftfahrzeug nur langsam bewegt wird, beispielsweise bei Parkmanövern. In diesen Situationen liefert der Generator kein nennenswertes Drehmoment. Der Fahrer kann aber unmittelbar hydraulisch über die Vorderradbremse Druck aufbauen. Auf diese Weise wird (stufenmäßiger) Druck auf die Hinterachse vermieden und das Kraftfahrzeug kann vollständig über die Vorderradbremse gebremst werden.

Bezugszeichenliste

6	Start
10, 16	Block
22	Entscheidung
28	Block
40	Stopp
46, 52	Block
70	Bremskraftverteilung
76	Ordinate
82	Abszisse
100	Bremssystem
106	Bremspedal
112	Tandemhauptzylinder
118	Reservoir
124	Pedalwegsensor
130, 140	hydraulische Leitung
146	Generator
152	Steuer- und Regeleinheit
158, 164	Radbremse
170	Raddrehzahlsensor
176	Pumpe
182	Niederdruckspeicher
188	Ventil
190	Ventil
192	Ventil
194	Ventil
196	Ventil
198	Ventil

200	Ventil
202	Ventil
220, 230	Trennventil
236	Sperrventil
242, 244	hydraulische Leitung
250	Volumeneinheit
256	Bereich
262	Speicherbereich
268	Kontrollflüssigkeitsbereich
274	Kolben
278, 280	Kolben
286, 292	Feder
298	Feder
300	Kontrollverbindung
310	hydraulische Leitung
316	Kaskadenblende
320	Speicherverbindung
330	Rücklaufkanal
336	Rücklaufventil
P1	Punkt 1
P2	Punkt 2
P3	Punkt 3

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Bremssystems (100) eines Kraftfahrzeuges, mit einem elektrischen Generator (146) und einem ersten hydraulischen und einem zweiten hydraulischen Bremskreis mit jeweils ersten und zweiten hydraulischen Betriebsbremsen (158, 164), einem Tandemhauptzylinder (112), einem Reservoir (118) für Bremsflüssigkeit und einem Bremspedal (106), **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einer Betätigung des Bremspedals (106) durch den Fahrer die verfügbare Bremskraft des Generators (146) bestimmt wird und daraus ein äquivalentes Bremsflüssigkeitsvolumen berechnet wird, das zu einer hydraulischen Bremsung des Kraftfahrzeuges mit der gleichen Bremskraft korrespondiert, und dass das äquivalente Bremsflüssigkeitsvolumen aus dem zweiten Bremskreis in eine mit dem zweiten Bremskreis verbundene speziell dafür vorgesehene Volumeneinheit (250) geleitet wird, wobei das in die Volumeneinheit (250) abgeführte Volumen durch entsprechende Dimensionierung der Volumeneinheit (250) derart begrenzt wird, dass durch das noch zur Verfügung stehende Volumen im zweiten Bremskreis bei einem Bremsvorgang und bei gleichzeitigem Ausfall des Generators (146) und des ersten Bremskrei-

ses eine vorgegebene maximale Verzögerung erzielt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei in dem Fall, dass der Fahrer das Verzögerungsmoment über das von dem Generator (146) verfügbare Verzögerungsmoment erhöhen möchte, durch ein Trennventil (220) der zweite Bremskreis von dem Tandemhauptzylinder (112) getrennt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei in dem Fall, dass der Fahrer das Verzögerungsmoment über das von dem Generator (146) verfügbare Verzögerungsmoment erhöhen möchte, die Betriebsbremsen (158) des ersten Bremskreises betätigt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei bedarfsweise auch die Betriebsbremsen (164) des zweiten Bremskreises betätigt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, wobei eine Bremskraftverteilung (70) anhand einer vorgegebenen charakteristischen Kurve für die Sollbremskraftverteilung durchgeführt wird.

6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die vorgegebene Verzögerung 0,3 g beträgt.

7. Bremssystem (100) für ein Kraftfahrzeug mit einem elektrischen Generator (146) und einem ersten hydraulischen und einem zweiten hydraulischen Bremskreis mit jeweils ersten und zweiten hydraulischen Betriebsbremsen (158, 164), einem Tandemhauptzylinder (112), einem Reservoir (118) für Bremsflüssigkeit und einem Bremspedal (106) und mit einer elektronischen Steuereinheit (152), in der ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6 software- und/oder hardwaremäßig implementiert ist.

8. Kraftfahrzeug mit einem Bremssystem (100) nach Anspruch 7.

9. Kraftfahrzeug nach Anspruch 8, wobei der zweite Bremskreis den Hinterrädern und der erste Bremskreis den Vorderrädern zugeordnet ist.

10. Kraftfahrzeug nach Anspruch 8 oder 9, wobei der Generator (146) als Elektromotor zum Antrieb des Fahrzeuges betrieben wird.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

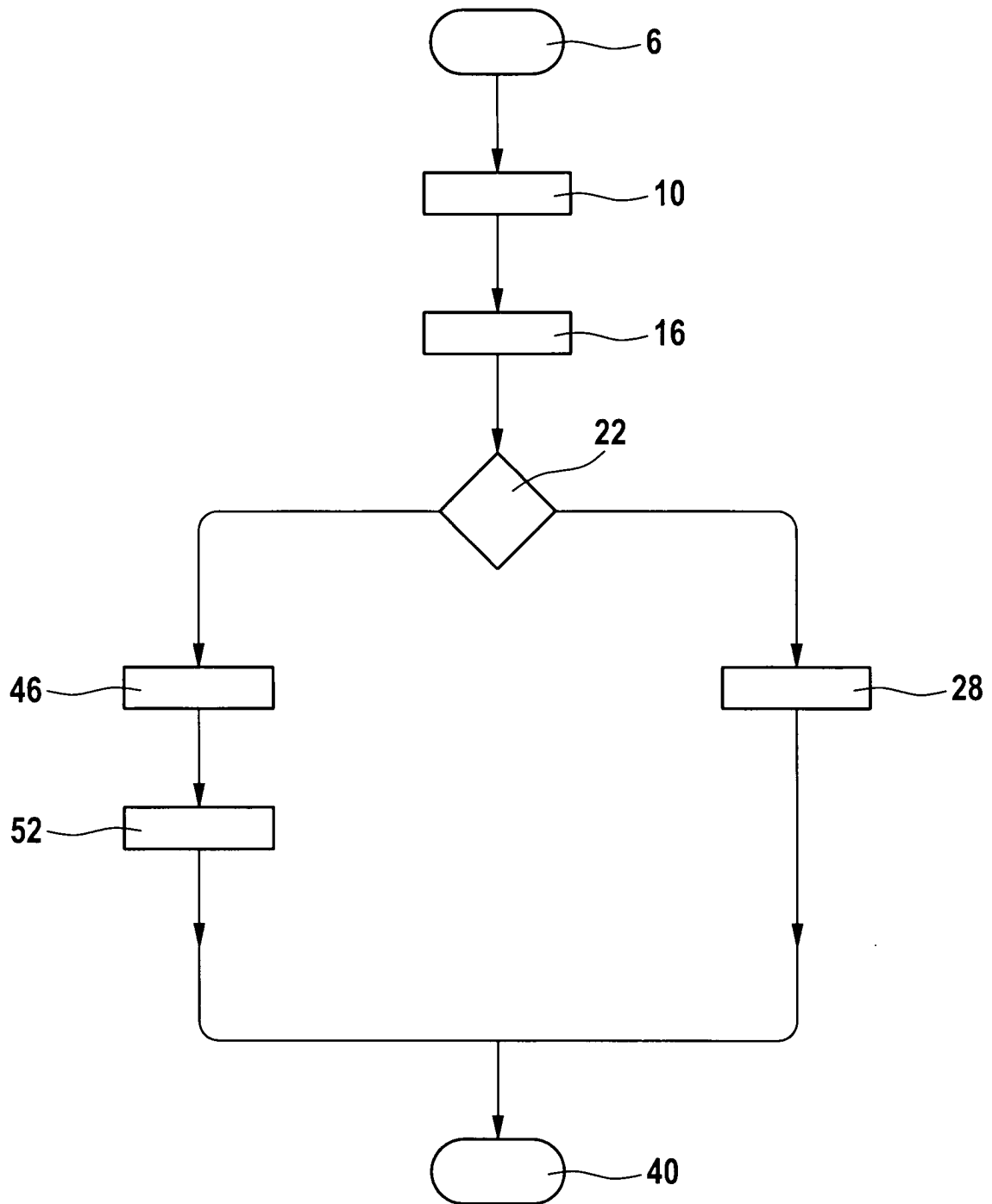


Fig. 1

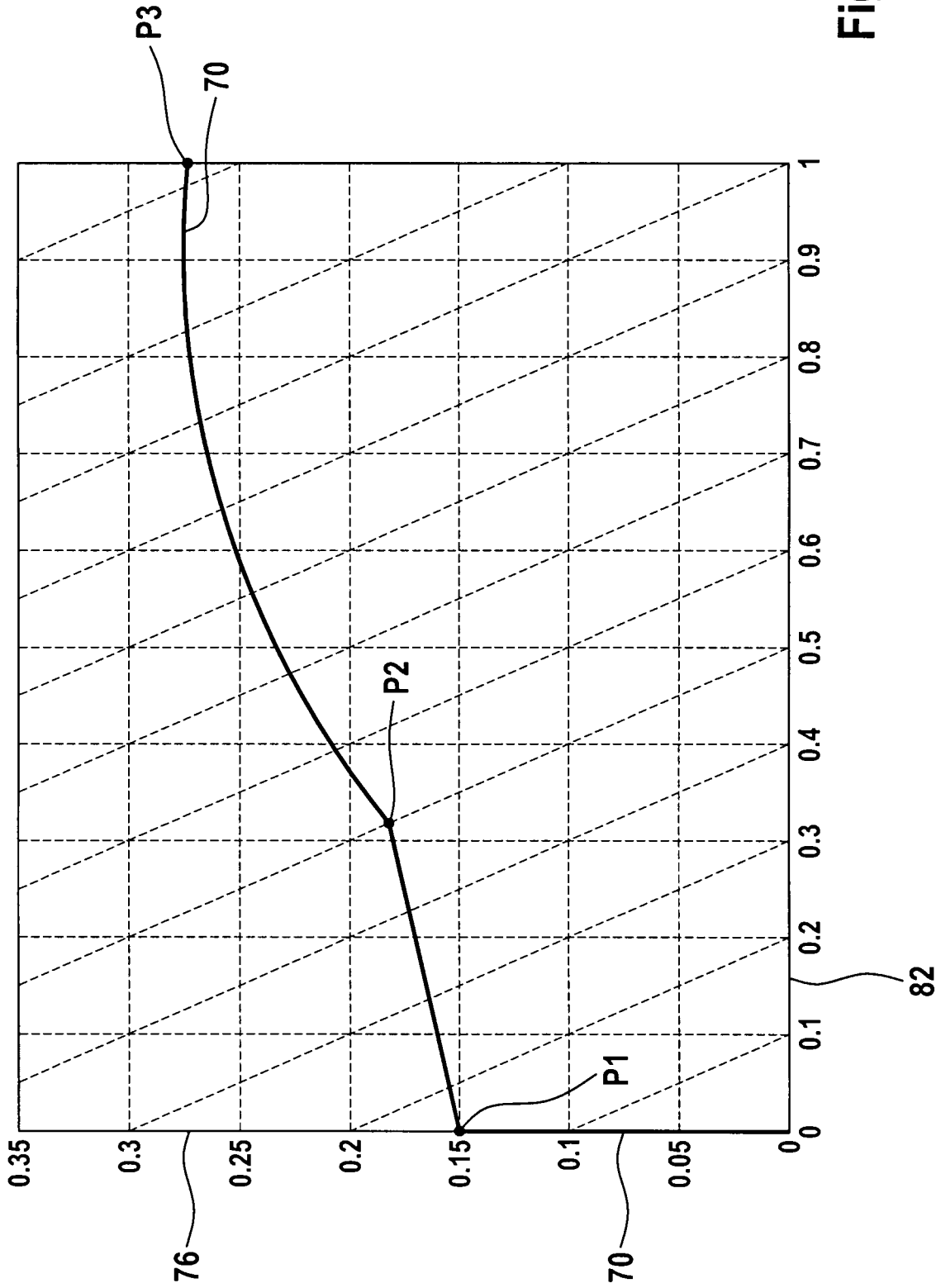


Fig. 2

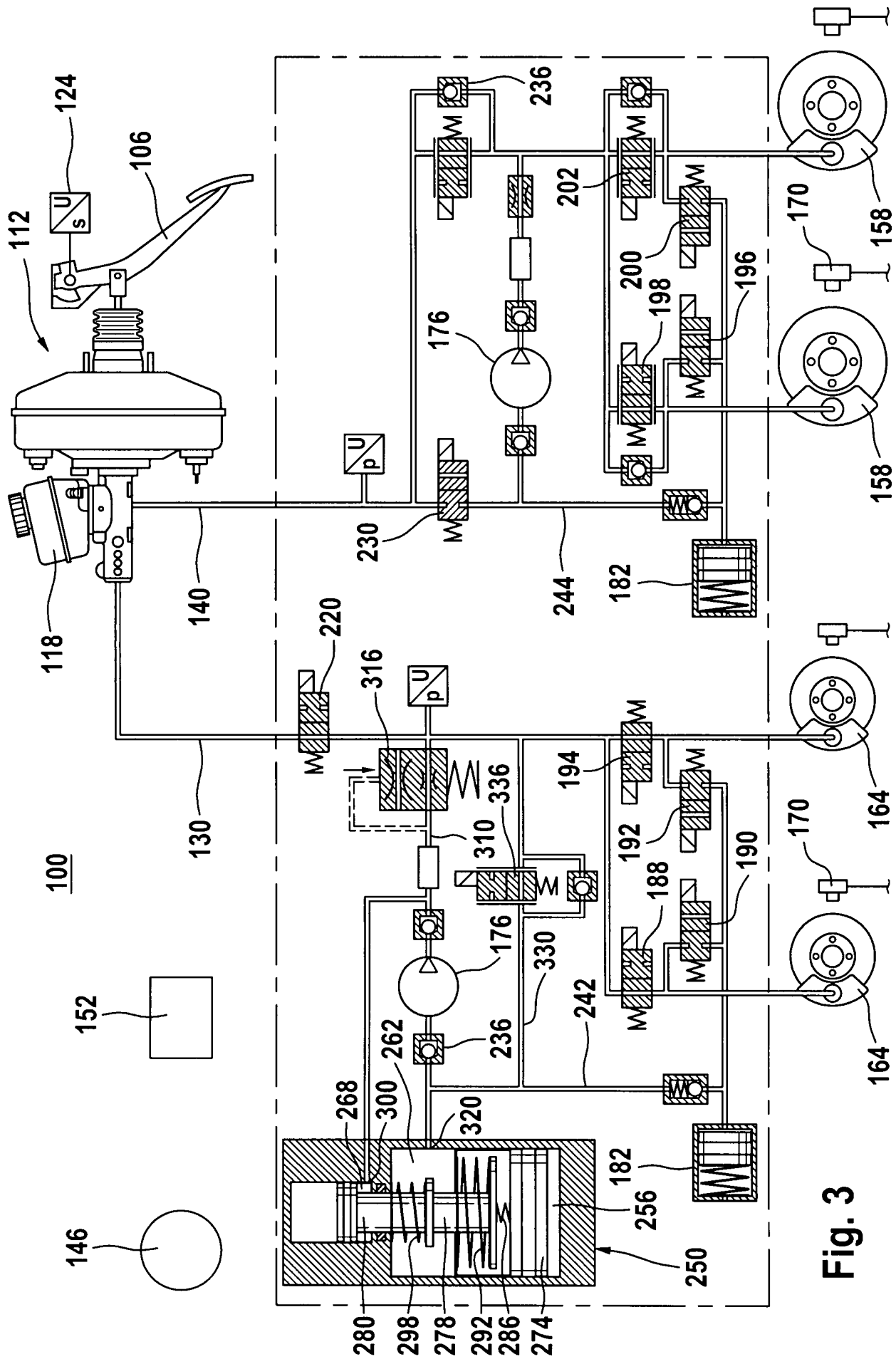


Fig. 3