



(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2010 043 202.4

(51) Int Cl.: **B60T 7/02 (2006.01)**

(22) Anmeldetag: 02.11.2010

B60T 13/04 (2006.01)

(43) Offenlegungstag: 03.05.2012

B60T 13/66 (2006.01)

B60T 1/06 (2006.01)

(71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469, Stuttgart, DE

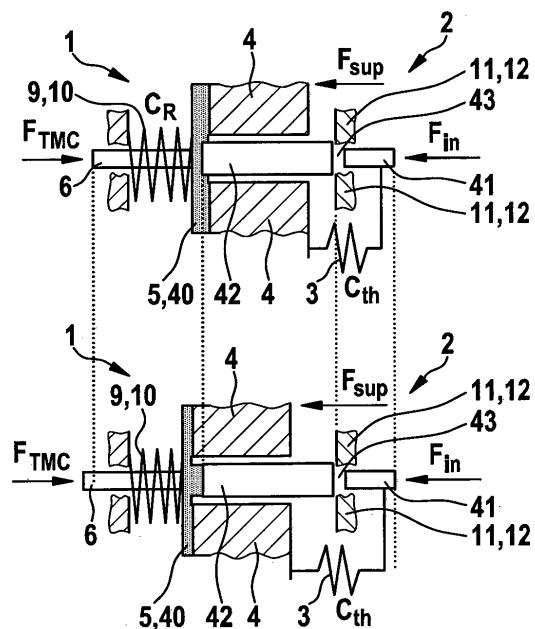
(72) Erfinder:

Mahnkopf, Dirk, 71634, Ludwigsburg, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Bremskraftverstärker und Verfahren zum Betrieb eines Bremskraftverstärkers**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Bremskraftverstärker (1) mit einem durch einen Fahrer betätigbaren Eingangselement (2), einem Aktuator zum Erzeugen einer Unterstützungskraft (F_{sup}), einem Ausgangselement (6), welches durch das Eingangselement (2) und/oder den Aktuator mit einer Eingangskraft (F_{in}) bzw. der Unterstützungskraft (F_{sup}) beaufschlagbar ist und durch welches ein Kolben eines Hauptbremszylinders mit einer Betätigungs Kraft beaufschlagbar ist, und einer Kraftübertragungseinheit (5) mit elastischen Eigenschaften, welche zwischen dem Eingangselement (2) und dem Aktuator einerseits und dem Ausgangselement (6) andererseits angeordnet ist und die Eingangskraft (F_{in}) und/oder die Unterstützungskraft (F_{sup}) auf das Ausgangselement (6) überträgt. Außerdem ist eine Vorspanneinheit (8) vorgesehen, welche derart auf die Kraftübertragungseinheit (5) einwirkt, dass sie die Kraftübertragungseinheit (5) im Ruhezustand des Bremskraftverstärkers (1) mit einem Kräftepaar beaufschlägt. Gemäß einem Verfahren zum Betrieb des Bremskraftverstärkers wird im Vorfeld eines zu erwartenden Bremswunsches oder unmittelbar nach Erkennen eines Bremswunsches in einem Zeitbereich vor oder unmittelbar nach Erkennen einer Betätigung des Eingangselements (2) eine Unterstützungskraft (F_{sup}) durch den Aktuator erzeugt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Bremskraftverstärker und ein Verfahren zum Betrieb eines Bremskraftverstärkers.

Stand der Technik

[0002] Bei Fahrzeugen mit herkömmlichen Scheibenbremsen treten während eines ungebremsten Betriebszustandes, also bei unbetätigtem Bremspedal, häufig Energieverluste in Form eines Restbremsmomentes auf, da die Bremsbeläge an der Bremsscheibe schleifen. Dieses Schleifen kann z. B. durch Scheibenschlag und/oder durch in vielen Fällen nicht korrekte Belagrückstellung und Lüftspieleinhaltung hervorgerufen werden.

[0003] Zur Energieeinsparung wurden daher Scheibenbremsen entwickelt, bei welchen sich die Bremse im ungebremsten Zustand in einer sogenannten "Zero-Drag"-Position befindet, so dass hierbei keinerlei Reibung zwischen den Bremsbelägen und der Bremsscheibe auftritt. Ein entsprechend ausgestalteter Bremssattel wird häufig auch als "zero-drag-caliper" bezeichnet.

[0004] Nachteilig an derartigen Bremssystemen ist es aber, dass sich dabei oftmals die Bremsbeläge nach dem Lösen des Bremspedals sehr weit von der Bremsscheibe zurückziehen, so dass sich bei Betätigung des Bremsbetätigungselements ein im Vergleich zu herkömmlichen Bremssystemen erhöhter Leer- oder Todweg ergibt. Ein derartiger zusätzlicher Leer- oder Todweg ist aber unerwünscht und sollte daher vermieden oder ausgeglichen werden. Dabei sei darauf hingewiesen, dass sich derartige erhöhte Leer- oder Todwege systembedingt auch unabhängig von "zero-drag-calipern" ergeben können.

[0005] Bisher war die Kompensation derartiger unerwünschter zusätzlicher Leer- oder Todwege nur durch den Einsatz sogenannter reiner Fremdkraftbremsanlagen realisierbar, bei denen die zur Erzeugung der Bremskraft benötigte Energie von einer oder mehreren Energieversorgungseinrichtungen, jedoch nicht von der physischen Kraft des Fahrzeugführers, erzeugt wird.

Offenbarung der Erfindung

[0006] Ein erfindungsgemäßer Bremskraftverstärker umfasst ein durch einen Fahrer betätigbares Eingangselement, einen Aktuator zum Erzeugen einer Unterstützungskraft, ein Ausgangselement, welches durch das Eingangselement und/oder den Aktuator mit einer Eingangskraft bzw. der Unterstützungskraft beaufschlagbar ist und durch welches ein Kolben eines Hauptbremszylinders mit einer Betätigungs Kraft beaufschlagbar ist, und eine Kraftübertragungseinheit mit elastischen Eigenschaften, welche zwischen dem Eingangselement und dem Aktuator einerseits und dem Ausgangselement andererseits angeordnet ist und die Eingangskraft und/oder die Unterstützungskraft auf das Ausgangselement überträgt. Außerdem ist eine Vorspanneinheit vorgesehen, welche derart auf die Kraftübertragungseinheit einwirkt, dass sie die Kraftübertragungseinheit im Ruhezustand des Bremskraftverstärkers mit einem Kräftepaar beaufschlagt.

[0007] Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zum Betrieb eines erfindungsgemäßen Bremskraftverstärkers wird im Vorfeld eines zu erwartenden Bremswunsches oder unmittelbar nach Erkennen eines Bremswunsches in einem Zeitbereich vor oder unmittelbar nach Erkennen einer Betätigung des Eingangselements eine Unterstützungskraft durch den Aktuator erzeugt wird.

Vorteile der Erfindung

[0008] Die Erfindung basiert auf der Grundidee, einen Bremskraftverstärker derart auszustalten, dass unerwünschte Leer- oder Todwege des Bremsystems ohne spürbaren Einfluss auf die Pedalcharakteristik, z. B. in Form einer Verschiebung des Bremsbetätigungselements, kompensiert werden. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass eine Vorspanneinheit derart auf die Kraftübertragungseinheit eines Bremskraftverstärkers einwirkt, dass sie die Kraftübertragungseinheit im Ruhezustand des Bremskraftverstärkers mit einem Kräftepaar beaufschlagt. Wird nun im Vorfeld eines zu erwartenden Bremswunsches oder unmittelbar nach Erkennen eines Bremswunsches in einem Zeitbereich vor oder unmittelbar nach Erkennen einer Betätigung des Eingangselements eine Unterstützungskraft durch den Aktuator erzeugt, so kann durch geeignete Auslegung der Vorspanneinheit und damit des Kräftepaars sowie der im Vorfeld eines zu erwartenden Bremswunsches oder unmittelbar nach Erkennen eines Bremswunsches erzeugten Unterstützungskraft ein vordefinierter Weg am Ausgang des Bremskraftverstärkers und somit an dem Kolben des Hauptbremszylinders überwunden werden, ohne dass ein entsprechender Weg am Eingang des Bremskraftverstärkers und damit an dem Eingangselement vorliegen muss. Der Leer- oder Todweg kann damit kompensiert werden, ohne dass der Fahrer dies, z. B. durch eine entsprechende Verschiebung des Eingangselements, bemerkt.

[0009] Im Vergleich zur aufwendigen und kostenintensiven Realisierung eines reinen Fremdkraftbremsystems stellt die erfindungsgemäße Ausgestaltung eines Bremskraftverstärkers eine besonders einfache und damit kostengünstige Variante zur Kompensation von Leer- oder Todwegen in Bremssystemen dar. Der erfindungsgemäße Bremskraftver-

stärker und das erfindungsgemäße Betriebsverfahren zeichnen sich darüber hinaus dadurch aus, dass sowohl Todwege im Bereich des Bremszylinders als auch Todwege im Bereich des Hauptbremszylinders kompensiert werden können. Außerdem erfolgt die Kompensation für den Fahrer unmerklich, so dass auch ein hoher Komfort sicher gestellt ist.

[0010] Eine weitere vorteilhafte Anwendung des erfindungsgemäßen Bremskraftverstärkers oder des erfindungsgemäßen Betriebsverfahrens ergibt sich beim Einsatz in einem Hybrid- oder Elektrofahrzeug. Hier kann der Fremdkraftmodus der Bremskraftverstärkers beim Verblenden eines Generatormomentes genutzt werden. Im Falle einer Bremsung wird zunächst der Druck im Rahmen der Todwegkompensation aufgebaut. Falls nun ein generatorisches Moment hinzukommt, kann das hydraulische Bremsmoment entsprechend reduziert werden, so dass das gesamte Bremsmoment konstant bleibt. Hierbei strömt Bremsflüssigkeit aus dem Bremssystem in den Hauptbremszylinder zurück, wodurch sich die Kraftübertragungseinheit in Richtung des Bremsbetätigungsselementes verschiebt. Bei einem herkömmlichen Bremssystem ist der Luftspalt entsprechend groß auszulegen, so dass hierbei kein Kontakt zwischen der Kraftübertragungseinheit und dem Eingangselement entsteht. Mit einem erfindungsgemäßen Bremskraftverstärker bzw. bei Verwendung des erfindungsgemäßen Betriebsverfahrens muss der Luftspalt hingegen nicht vergrößert werden, wodurch unter anderem im Falle eines Verstärkerausfallen kein erhöhter Leerweg vorliegt. Da während der Verblendung keine direkte Verbindung zwischen dem Bremssystem und dem Bremsbetätigungsselement besteht, kommt es zu keiner Rückwirkung aus das Bremsbetätigungsselement, das heißt die Pedalcharakteristik bleibt konstant.

[0011] Die Erfindung kann unabhängig von dem Typ des Bremskraftverstärkers eingesetzt werden, das heißt der Aktuator des Bremskraftverstärkers kann als pneumatischer oder hydraulischer oder elektrohydraulischer oder elektromechanischer oder elektrothermischer Aktuator ausgestaltet sein.

[0012] Da die Kraftübertragungseinheit und insbesondere deren Steifigkeit im Vergleich zu herkömmlichen Bremskraftverstärkern nicht oder nur geringfügig verändert wird, ergibt sich auch im Falle eines Ausfallen des Bremskraftverstärkers kein verändertes Verhalten. Insbesondere tritt keine nennenswerte Erhöhung der notwendigen Betätigungsleistung des Fahrers zur Erzielung einer gewünschten Verzögerung auf.

[0013] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist die Kraftübertragungseinheit, welche als eine elastisch deformierbare Reaktionsscheibe oder eine elastische Federkonstruktion ausgebildet sein kann, der-

art ausgestaltet, dass eine Abweichung des Verhältnisses der Unterstützungskraft zur Eingangskraft von einem vorgegebenen Verhältnis zu einer Auslenkung der Kraftübertragungseinheit führt.

[0014] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist die Vorspanneinheit eine Krafterzeugungseinheit auf, welche die Kraftübertragungseinheit im Ruhezustand aktiv mit einer ersten Kraft des Kräftepaars beaufschlagt.

[0015] Eine konstruktiv besonders einfache und damit kostensparende Ausführungsform der Erfindung ergibt sich, wenn die Krafterzeugungseinheit als ein im Ruhezustand des Bremskraftverstärkers vorgespanntes Federelement ausgebildet ist, welches sich einseitig an der Kraftübertragungseinheit abstützt. Dabei kann als Federelement beispielsweise eine Rückholfeder des Bremskraftverstärkers oder eine Feder des Hauptbremszylinders dienen.

[0016] Eine weitere Reduzierung des Konstruktions- und Kostenaufwandes kann dadurch erreicht werden, dass die zur Erzeugung des Kräftepaars erforderliche zweite Kraft in Form einer Reaktionskraft realisiert wird. Dies kann dadurch erreicht werden, dass die Vorspanneinheit eine Reaktionseinheit umfasst, welche eine Reaktionskraft zu der ersten Kraft erzeugt, welche zusammen mit der ersten Kraft dann das Kräftepaar bildet.

[0017] In besonders einfacher Art und Weise kann die Reaktionskraft dadurch erzeugt werden, dass die Reaktionseinheit einen Anschlag umfasst, an welchem sich die Kraftübertragungseinheit unmittelbar oder mittelbar abstützt.

[0018] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung weist das Eingangselement ein durch den Fahrer betätigbares erstes Teilelement zum Erzeugen der Eingangskraft und ein davon getrenntes zweites Teilelement zur Übertragung der Eingangskraft auf die Kraftübertragungseinheit auf. Der Anschlag ist dabei derart angeordnet, dass sich in Ruhelage des Bremskraftverstärkers das zweite Teilelement des Eingangselements mit seiner der Kraftübertragungseinheit abgewandten Seite daran abstützt. Diese Ausführungsform hat den Vorteil, dass der Anschlag nicht unmittelbar an der Kraftübertragungseinheit, sondern in einem Bereich zwischen der Kraftübertragungseinheit und dem Eingangselement angeordnet sein kann, was die konstruktive Flexibilität deutlich erhöht. Dadurch kann auf konkrete Rahmenbedingungen des Bremssystems oder umliegender Fahrzeugkomponenten, z. B. hinsichtlich Bauraums, besser Rücksicht genommen werden.

[0019] Dieser Vorteil kann alternativ auch dadurch erreicht werden, dass das Eingangselement beweglich in einem Rohr angeordnet ist, welches in Ruhe-

lage des Bremskraftverstärkers an der Kraftübertragungseinheit anliegt und sich mit seiner der Kraftübertragungseinheit abgewandten Seite an dem Anschlag abstützt.

[0020] Zur Realisierung einer sogenannten "Springer-Funktion" kann zwischen dem Eingangselement und der Kraftübertragungseinheit oder zwischen dem ersten und zweiten Teilelement des Eingangselements ein einstellbarer Luftspalt vorgesehen sein. Dieser Luftspalt bewirkt, dass der Fahrer bei Betätigung des Eingangselementes zunächst nicht gegen die Kraftübertragungseinheit drücken muss, sondern es mit geringen Kräften bewegen kann. Die Steuerung oder Regelung der Aktuatorikraft erfolgt in diesem Bereich wegabhängig in Abhängigkeit vom Weg des Eingangselementes bei nahezu konstanter Eingangskraft. Die Betätigungsarbeit wird in diesem Bereich vorwiegend vom Aktuator aufgebracht. Die Größe des Luftspaltes definiert dabei die Größe des so genannten Jumpins, das heißt diejenige Kraft bzw. denjenigen Druck, bei welcher/welchem das Bremsystem von einem Fremdkraftmodus in einen Hilfskraftmodus übergeht.

[0021] Eine zusätzliche Kompensation von unerwünschten Leer- oder Todwegen des Bremsystems lässt sich dadurch realisieren, dass der Luftspalt im Ruhezustand kleiner oder größer eingestellt ist als ein gewünschter Luftspalt zu Beginn eines Bremsvorganges. Wird im Vorfeld eines zu erwartenden Bremswunsches oder unmittelbar nach Erkennen eines Bremswunsches in einem Zeitbereich vor oder unmittelbar nach Erkennen einer Betätigung des Eingangselementes eine Unterstützungskraft durch den Aktuator erzeugt, so wird ein vordefinierter Weg am Ausgang des Bremskraftverstärkers und damit am Kolben des Hauptbremszylinders überwunden. Da in diesem Zeitbereich aber noch keine Verbindung zwischen dem Eingangselement und der Kraftübertragungseinheit besteht, hat dies keine Auswirkungen auf das Betätigungssegment und ist daher für den Fahrer nicht zu bemerken. Der überwundene Weg am Ausgang des Bremskraftverstärkers und die damit verbundenen Änderungen an der Kraftübertragungseinheit beeinflussen ab einer auslegungsbedingten Unterstützungskraft direkt den Luftspalt zwischen dem Eingangselement und der Kraftübertragungseinheit oder zwischen dem ersten und zweiten Teilelement des Eingangselementes. Ohne weitere Maßnahmen würde dadurch der zur Realisierung einer gewünschten Springer-Funktion erforderliche Luftspalt in Abhängigkeit von den durch die Unterstützungskraft bewirkten Deformationen der Kraftübertragungseinheit und des Hauptbremszylinders zu groß oder zu klein werden. Dies kann dadurch ausgeglichen werden, dass der Luftspalt im Ruhezustand kleiner bzw. größer eingestellt ist als ein gewünschter Luftspalt zu Beginn eines Bremsvorganges.

[0022] Weitere Merkmale und Vorteile von Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0023] Es zeigen:

[0024] [Fig. 1](#) ein Ersatzmodell einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bremskraftverstärkers,

[0025] [Fig. 2](#) ein Ersatzmodell einer zweiten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bremskraftverstärkers,

[0026] [Fig. 3](#) ein Ersatzmodell einer dritten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bremskraftverstärkers und

[0027] [Fig. 4](#) eine schematische Darstellung einer Ausführungsvariante eines Bremskraftverstärkers gemäß [Fig. 3](#).

Ausführungsformen der Erfindung

[0028] Die [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) zeigen anhand von Ersatzmodellen verschiedene Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Bremskraftverstärkers **1**. Ein Eingangselement **2** ist mechanisch mit einem nicht dargestellten Bremsbetätigungssegment, welches z. B. als Bremspedal oder Bremshebel ausgeführt sein kann, gekoppelt und auf diese Weise durch einen Fahrer betätigbar. Wirkt eine Eingangskraft F_{in} , die größer ist als ein Kraftschwellwert, auf das Eingangselement **2**, welches z. B. in Form eines Eingangskolbens ausgestaltet sein kann, so verschiebt sich dieses um einen Weg s_{in} . Die Eingangskraft F_{in} entspricht dabei in der Regel einer Betätigungsarbeit des Fahrers. Der Kraftschwellwert ist in den [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) in Form eines Federelementes **3** mit einer Steifigkeit c_{th} und einer Federvorspannung F_{th} wiedergegeben. Ein nicht dargestellter Aktuator kann eine Unterstützungskraft F_{sup} auf einen Verstärkerkörper **4** aufbringen, was zu einem Verstellweg s_{sup} des Verstärkerkörpers **4** führt. Der Aktuator kann dabei in beliebiger Form, z. B. als pneumatischer oder hydraulischer oder elektrohydraulischer oder elektromechanischer oder elektrothermischer Aktuator ausgeführt sein. Der Verstärkerkörper **4** kann z. B. als Unterstützungs Kolben ausgestaltet sein. Über eine Kraftübertragungseinheit **5**, welche elastische Eigenschaften aufweist, werden die Eingangskraft F_{in} und die Unterstützungskraft F_{sup} zu einer Ausgangskraft F_{out} zusammengeführt und auf ein Ausgangselement **6** übertragen. Das Ausgangselement **6** verschiebt sich dabei um einen Weg s_{out} . Das Ausgangselement **6** ist mechanisch mit einem nicht dargestellten Kolben eines Hauptbremszylinders gekoppelt, welcher

durch die Kraftübertragungseinheit mit einer (Brems-)Betätigungs Kraft beaufschlagbar ist. Die Kraftübertragungseinheit 5 ist derart ausgestaltet, dass eine Abweichung des Verhältnisses der Unterstützungs kraft F_{sup} zur Eingangskraft F_{in} von einem vorgegebenen Verhältnis zu einer Auslenkung oder Deformation der Kraftübertragungseinheit 5 führt. Die Kraftübertragungseinheit 5 ist somit als Kraftwaage ausgeführt, welche durch eine elastisch deformierbare Reaktionsscheibe oder eine elastische Federkonstruktion realisiert sein kann. Von Seiten des Ausgangselements 6 wirkt auf die Kraftübertragungseinheit eine Kraft F_{TMC} , welche sich aus der Vorspannung der Federn im Hauptbremszylinder sowie ggf. durch einen Vordruck ergibt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind einige der genannten Größen lediglich in [Fig. 1](#) dargestellt.

[0029] Die Ersatzmodelle des Bremskraftverstärkers 1 beinhalten des Weiteren Größen, welche die Kraftübertragungseinheit 5 charakterisieren. So besitzt die Kraftübertragungseinheit 5 eine Steifigkeit c_2 . Außerdem ist in [Fig. 1](#) ein Anlagepunkt 7 des Ausgangselements 6 an der Kraftübertragungseinheit 5 zu erkennen. Ein Quotient X gibt das Verhältnis der Strecke x zwischen dem Anlagepunkt 7 und einem Angriffspunkt des Verstärkerkörpers 4 sowie der Strecke zwischen dem Anlagepunkt 7 und einem Angriffspunkt des Eingangselementes 4 (hier gekennzeichnet mit der Länge eins) an. Die Hebellängen, also die Längen "x" und "1" entsprechen dabei z. B. Kontaktflächen zwischen dem Eingangselement 2 bzw. dem Verstärkerkörper 4 und einer Reaktionsscheibe. Lediglich aus Gründen der Übersichtlichkeit sind der Anlagepunkt 7 sowie die Hebellängen in den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) nicht dargestellt.

[0030] Insbesondere beim Einsatz von sogenannten "zero drag calipern" oder auch systembedingt kann es im Bereich des Bremssystems zu unerwünschten Leer- oder Todwegen kommen. Um diese zu kom pensieren weist ein erfindungsgemäßer Bremskraftverstärker 1 eine Vorspanneinheit 8 auf, welche derart auf die Kraftübertragungseinheit 5 einwirkt, dass sie die Kraftübertragungseinheit 5 im Ruhezustand des Bremskraftverstärkers 1, welcher in den [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) dargestellt ist, mit einem Kräftepaar beaufschlagt.

[0031] Die Vorspanneinheit 8 weist dabei eine Krafterzeugungseinheit 9 auf, welche die Kraftübertragungseinheit 5 im Ruhezustand aktiv mit einer ersten Kraft des Kräftepaars beaufschlagt. Bei den Ausführungsformen gemäß den [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) wird die Krafterzeugungseinheit 9 durch ein Federelement gebildet. Bei den Ausführungsformen gemäß den [Fig. 1](#) und [Fig. 3](#) dient dabei eine vorgespannte Rückholfeder 10 des Bremskraftverstärkers 1 mit einer Steifigkeit c_R als Krafterzeugungseinheit 9. Bei der Ausführungsform gemäß [Fig. 2](#) dient eine nicht

dargestellte vorgespannte Feder des Hauptbremszylinders als Krafterzeugungseinheit 9. Alternativ dazu kann die erste Kraft, mit welcher die Kraftübertragungseinheit 5 im Ruhezustand aktiv beaufschlagt werden auch durch eine beliebige andere Krafterzeugungseinheit 9, wie z. B. einen Elektromotor, erzeugt werden.

[0032] Die Vorspanneinheit 7 umfasst außerdem eine Reaktionseinheit 11, welche eine Reaktionskraft zu der ersten Kraft erzeugt. Die Reaktionskraft bildet dann zusammen mit der ersten Kraft das Kräftepaar. Gemäß den Ausführungsformen gemäß den [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) umfasst die Reaktionseinheit 11 jeweils einen Anschlag 12' ([Fig. 1](#)) bzw. 12 ([Fig. 2](#) und [Fig. 3](#)), an welchem sich die Kraftübertragungseinheit 4 unmittelbar oder mittelbar abstützt und mit dessen Hilfe eine Reaktionskraft auf die erste aktive Kraft erzeugt wird.

[0033] Alternativ zu den dargestellten Ausführungsformen mit einer Reaktionseinheit 11 können auch beide Kräfte des Kräftepaars aktiv erzeugt werden. So ist es beispielsweise denkbar die Reaktionseinheit 11 durch einen Elektromotor zu ersetzen, welcher die Kraftübertragungseinheit 5 aktiv mit einer Gegenkraft zu der ersten Kraft beaufschlagt.

[0034] Die Funktionsweise eines erfindungsgemäßen Bremskraftverstärkers 1 soll im Folgenden beispielhaft anhand von [Fig. 4](#) erläutert werden, welche schematisch und stark vereinfacht eine konkrete Ausgestaltung eines Bremskraftverstärkers gemäß dem Ersatzschaltbild nach [Fig. 3](#) zeigt.

[0035] Im oberen Teil von [Fig. 4](#) ist die Ruhelage des Bremssystems und damit des Bremskraftverstärkers 1 gezeigt. Die Rückholfeder 10 des Bremskraftverstärkers 1, welche in diesem Fall als Krafterzeugungseinheit 9 dient, stützt sich über die als Reaktionsscheibe 40 ausgestaltete Kraftübertragungseinheit 5 an dem Eingangselement 2 ab. Das Eingangselement 2 ist dabei zweigeteilt und weist ein durch den Fahrer betätigbares erstes Teilelement 41 zum Erzeugen der Eingangskraft F_{in} und ein davon getrenntes zweites Teilelement 42 zur Übertragung der Eingangskraft F_{in} auf das die Reaktionsscheibe 40 auf. Das zweite Teilelement 42 stützt sich auf seiner der Reaktionsscheibe 40 abgewandten Seite an dem Anschlag 12 ab, welcher bei dieser Ausführungsform als Teil der Reaktionseinheit 11 dient. Die Reaktionsscheibe 40 wird damit einerseits über die vorgespannte Rückholfeder 10 aktiv mit einer ersten Kraft beaufschlagt. Diese erste Kraft führt über das zweite Teilelement 42 und den Anschlag 12 zu einer in entgegengesetzter Richtung wirkenden Reaktionskraft, welche ebenfalls auf die Reaktionsscheibe 40 einwirkt. Die Reaktionsscheibe 40 wird auf diese Weise in der Ruhelage mit einem Kräftepaar beaufschlagt,

welches zur dargestellten Deformation der Reaktionsscheibe **40** führt.

[0036] Bei der dargestellten Ausführungsform ist zwischen dem ersten Teilelement **41** und dem zweiten Teilelement **42** des Eingangselements **2** ein Luftspalt **43** vorgesehen, welcher der Realisierung einer „Springer“-Funktion dient und einen gewünschten Leerweg darstellt, der erst überwunden werden muss, bevor das Eingangselement **2** die Reaktionsscheibe **40** mit der Eingangskraft F_{in} direkt beaufschlagt.

[0037] Wird im Vorfeld eines zu erwartenden Bremswunsches oder unmittelbar nach Erkennen eines Bremswunsches in einem Zeitbereich vor oder unmittelbar nach Erkennen einer Betätigung des Eingangselements **2** eine Unterstützungskraft F_{sup} durch den nicht dargestellten Aktuator erzeugt, wird zum einen das Ausgangselement **6** in Richtung des Hauptbremszylinders verschoben. Zum anderen wird auch die Reaktionsscheibe **40**, wie im unteren Teil der [Fig. 4](#) dargestellt, deformiert. Dies führt dazu, dass zwar ein Ausgangsweg s_{out} des Ausgangselements **6** überwunden wird, die beiden Teilelemente **41** und **42** des Eingangselements **2** aber exakt in ihrer Position verbleiben bis eine Kontaktkraft zwischen dem Eingangselement **2** und der Reaktionsscheibe **40** (bei loser Ankopplung des zweiten Teilelements **42** an die Reaktionsscheibe **40**) oder dem Eingangselement **2** und dem Anschlag **12** (bei fester Ankopplung des zweiten Teilelements **42** an die Reaktionsscheibe **40**) gleich "0" ist. Wird die Unterstützungskraft F_{sup} weiter erhöht, so vergrößert sich bei fester Ankopplung des zweiten Teilelements **42** an die Reaktionsscheibe **40** der Luftspalt **43** zwischen dem ersten Teilelement **41** und dem zweiten Teilelement **42** des Eingangselements **2**. Bei loser Ankopplung des zweiten Teilelements **42** des Eingangselements **2** an die Reaktionsscheibe **40** ergibt sich bei weiterer Erhöhung der Unterstützungskraft F_{sup} ein zusätzlicher Luftspalt zwischen der Reaktionsscheibe **40** und dem zweiten Teilelement **42** des Eingangselements **2** und/oder eine Vergrößerung des Luftspalts **43**. Sowohl die Vergrößerung des Luftspalts **43** als auch die Ausbildung eines zusätzlichen Luftspalts zwischen der Reaktionsscheibe und dem zweiten Teilelement **42** des Eingangselements **2** würden aber ohne weitere Maßnahmen dazu führen, dass der Gesamluftspalt zur Realisierung der gewünschten „Springer“-Funktion zu groß werden würde. Dieser Effekt kann dadurch kompensiert werden, dass der Luftspalt **43** im Ruhezustand, welcher im Rahmen der Fertigung des Bremskraftverstärkers **1** eingestellt wird, kleiner ist als ein gewünschter Luftspalt zu Beginn eines Bremsvorganges. In Abhängigkeit von dem Verhältnis der Verformungseigenschaften (Steifigkeit) der Kraftübertragungseinheit **5** und des Hauptbremszylinders, auf dessen Kolben das Ausgangselement **6** wirkt, in Verbindung mit dem Brems-

system kann es bei einer weiteren Erhöhung der Unterstützungskraft F_{sup} auch zu einer Verringerung des ursprünglich eingestellten Luftspalts **43** kommen. In diesem Fall ist zur Kompensation dieses Effektes der Luftspalt **43** im Ruhezustand entsprechend größer einzustellen als ein gewünschter Luftspalt zu Beginn eines Bremsvorganges. Der Bremskraftverstärker **1** ist somit in der Lage, im Vorfeld eines zu erwartenden Bremswunsches oder unmittelbar nach Erkennen eines Bremswunsches einen Ausgangsweg s_{out} ohne jegliche Rückwirkung auf das erste Teilelement **41** des Eingangselements **2** und damit unbemerkt für einen Fahrer zu überwinden. Dieses kann ausgenutzt werden, um unerwünschte Tod- oder Leerwege im Bereich des Bremssystems zu kompensieren. Dazu wird die Vorspanneinheit **7** derart ausgelegt, dass sich der Bremskraftverstärker **1** durch Aufbringen der Unterstützungskraft F_{sup} im Vorfeld eines zu erwartenden Bremswunsches oder unmittelbar nach Erkennen eines Bremswunsches exakt in eine Ausgangsposition bewegt, welcher einem konventionellen Bremskraftverstärker ohne unerwünschte Tod- oder Leerwege im Bremssystem entspricht.

[0038] Speziell ist es möglich, sofern während der Todwegkompensation des zweiten Teilelement **42** des Eingangselements **2** zwischen dem Anschlag **12** und der Kraftübertragungseinheit **5** eingeklemmt bleibt, das heißt das zweite Teilelement **42** mit einer Druckkraft beaufschlagt wird, dass der Luftspalt **43** konstant bleibt.

[0039] Wie bereits erwähnt wird erfindungsgemäß eine Unterstützungskraft F_{sup} im Vorfeld eines zu erwartenden Bremswunsches oder unmittelbar nach Erkennen eines Bremswunsches in einem Zeitbereich vor oder unmittelbar nach Erkennen einer Betätigung des Eingangselements erzeugt. Der genaue Zeitpunkt kann dabei auf vielfältige Weise festgelegt werden. So können beispielsweise ein Loslassen eines Gaspedals oder ein Ansprechen eines Bremslichtschalters oder auch ein Erkennen eines Schleppmomentes als Indizien für eine in Kürze zu erwartende Betätigung des Eingangselements des Bremskraftverstärkers interpretiert werden und damit als Trigger zur sukzessiven Erhöhung der Unterstützungskraft F_{sup} dienen.

[0040] Alternativ zu der in [Fig. 4](#) dargestellten Ausführungsform kann das Eingangselement **2** auch beweglich in einem Rohr angeordnet sein, welches in Ruhelage des Bremskraftverstärkers **1** an der Kraftübertragungseinheit **5** anliegt und sich mit seiner der Kraftübertragungseinheit **5** abgewandten Seite an dem Anschlag **12** abstützt. In diesem Fall wird die Reaktionskraft über das Rohr in Zusammenwirkung mit dem Anschlag **12** erzeugt. Selbstverständlich kann sich die Kraftübertragungseinheit **5**, also z. B. die Reaktionsscheibe **40**, durch entsprechende konstruktive Auslegung des Bremskraftverstärkers **1** ohne Auswir-

kung auf die Anwendbarkeit der Erfindung auch unmittelbar an dem Anschlag **12** abstützen.

Patentansprüche

1. Bremskraftverstärker (**1**) mit
 - einem durch einen Fahrer betätigbaren Eingangselement (**2**),
 - einem Aktuator zum Erzeugen einer Unterstützungskraft (F_{sup}),
 - einem Ausgangselement (**6**), welches durch das Eingangselement (**2**) und/oder den Aktuator mit einer Eingangskraft (F_{in}) bzw. der Unterstützungskraft (F_{sup}) beaufschlagbar ist und durch welches ein Kolben eines Hauptbremszylinders mit einer Betätigungs Kraft beaufschlagbar ist,
 - einer Kraftübertragungseinheit (**5**) mit elastischen Eigenschaften, welche zwischen dem Eingangselement (**2**) und dem Aktuator einerseits und dem Ausgangselement (**6**) andererseits angeordnet ist und die Eingangskraft (F_{in}) und/oder die Unterstützungskraft (F_{sup}) auf das Ausgangselement (**6**) überträgt, und
 - einer Vorspanneinheit (**8**), welche derart auf die Kraftübertragungseinheit (**5**) einwirkt, dass sie die Kraftübertragungseinheit (**5**) im Ruhezustand des Bremskraftverstärkers (**1**) mit einem Kräftepaar beaufschlagt.
2. Bremskraftverstärker nach Anspruch 1, wobei der Aktuator als pneumatischer oder hydraulischer oder elektrohydraulischer oder elektromechanischer oder elektrothermischer Aktuator ausgestaltet ist.
3. Bremskraftverstärker nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die Kraftübertragungseinheit (**5**) derart ausgestaltet ist, dass eine Abweichung des Verhältnisses der Unterstützungskraft (F) zur Eingangskraft (F_{in}) von einem vorgegebenen Verhältnis zu einer Auslenkung der Kraftübertragungseinheit (**5**) führt.
4. Bremskraftverstärker nach Anspruch 3, wobei die Kraftübertragungseinheit (**5**) als eine elastisch deformierbare Reaktionsscheibe (**40**) oder eine elastische Federkonstruktion ausgebildet ist.
5. Bremskraftverstärker nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Vorspanneinheit (**8**) eine Krafterzeugungseinheit (**9**) aufweist, welche die Kraftübertragungseinheit (**5**) im Ruhezustand aktiv mit einer ersten Kraft des Kräftepaars beaufschlagt.
6. Bremskraftverstärker nach Anspruch 5, wobei die Krafterzeugungseinheit (**9**) als ein im Ruhezustand des Bremskraftverstärkers (**1**) vorgespanntes Federelement ausgebildet ist, welches sich einseitig an der Kraftübertragungseinheit (**5**) abstützt.

7. Bremskraftverstärker nach Anspruch 6, wobei eine Rückholfeder (**10**) des Bremskraftverstärkers (**1**) als Federelement dient.
8. Bremskraftverstärker nach Anspruch 6, wobei eine Feder des Hauptbremszylinders als Federelement dient.
9. Bremskraftverstärker nach einem der Ansprüche 5 bis 8, wobei die Vorspanneinheit (**8**) eine Reaktionseinheit (**11**) umfasst, welche eine Reaktionskraft zu der ersten Kraft erzeugt, welche zusammen mit der ersten Kraft das Kräftepaar bildet.
10. Bremskraftverstärker nach Anspruch 9, wobei die Reaktionseinheit (**11**) einen Anschlag (**12**, **12'**) umfasst, an welchem sich die Kraftübertragungseinheit (**5**) unmittelbar oder mittelbar abstützt.
11. Bremskraftverstärker nach Anspruch 10, wobei das Eingangselement (**2**) ein durch den Fahrer betätigbares erstes Teilelement (**41**) zum Erzeugen der Eingangskraft (F_{in}) und ein davon getrenntes zweites Teilelement (**42**) zur Übertragung der Eingangskraft (F_{in}) auf die Kraftübertragungseinheit (**5**) aufweist und der Anschlag (**12**) derart angeordnet ist, dass sich in Ruhelage des Bremskraftverstärkers (**1**) das zweite Teilelement (**42**) des Eingangselements (**2**) mit seiner der Kraftübertragungseinheit (**5**) abgewandten Seite daran abstützt.
12. Bremskraftverstärker nach Anspruch 10, wobei das Eingangselement (**2**) beweglich in einem Rohr angeordnet ist, welches in Ruhelage des Bremskraftverstärkers (**1**) an der Kraftübertragungseinheit (**5**) anliegt und sich mit seiner der Kraftübertragungseinheit (**5**) abgewandten Seite an dem Anschlag (**12**) abstützt.
13. Bremskraftverstärker nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen dem Eingangselement (**2**) und der Kraftübertragungseinheit (**5**) oder zwischen dem ersten (**41**) und zweiten Teilelement (**42**) des Eingangselements (**2**) ein Luftspalt (**43**) vorgesehen ist.
14. Bremskraftverstärker nach Anspruch 13, wobei der Luftspalt (**43**) im Ruhezustand kleiner oder größer ist als ein gewünschter Luftspalt zu Beginn eines Bremsvorganges.
15. Verfahren zum Betrieb eines Bremskraftverstärkers (**1**) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei im Vorfeld eines zu erwartenden Bremswunsches oder unmittelbar nach Erkennen eines Bremswunsches in einem Zeitbereich vor oder unmittelbar nach Erkennen einer Betätigung des Eingangsele-

ments (2) eine Unterstützungskraft (F_{sup}) durch den Aktuator erzeugt wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

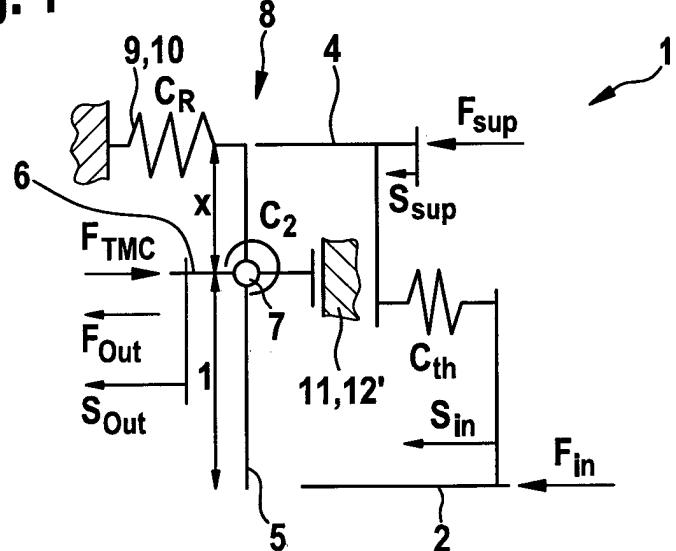
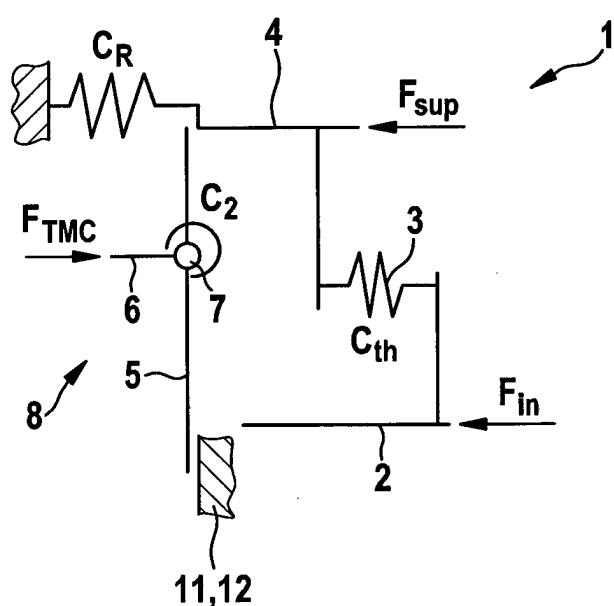
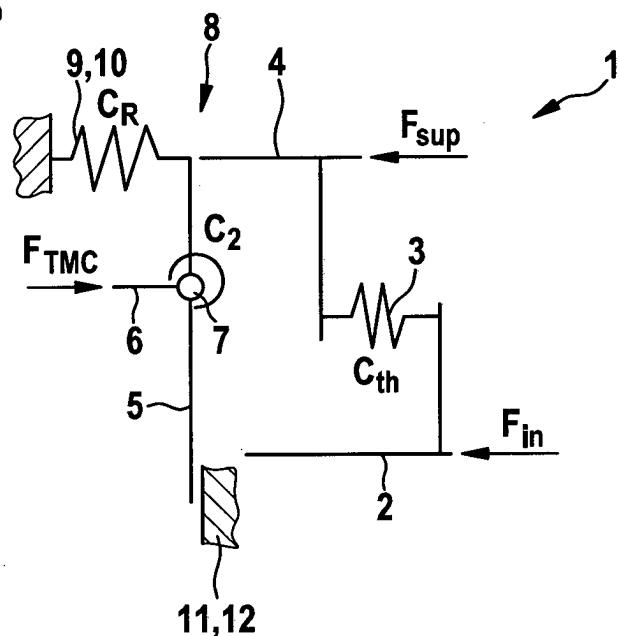
Fig. 1**Fig. 2**

Fig. 3**Fig. 4**