

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
9. Juli 2009 (09.07.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2009/083217 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
**Nicht klassifiziert**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/011021

(22) Internationales Anmeldedatum:  
22. Dezember 2008 (22.12.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2007 062 839.2  
21. Dezember 2007 (21.12.2007) DE  
10 2008 051 316.4 14. August 2008 (14.08.2008) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **IPGATE AG** [CH/CH]; Toblerstraße 76a, CH-8044 Zürich (CH).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **LEIBER, Heinz** [DE/DE]; Theodor-Heuss-Strasse 34, 71739 Oberriexingen (DE). **UNTERFRAUNER, Valentin** [DE/DE]; Glockenbecherstrasse 1, 80935 München (DE).

(74) Anwalt: **GERBER, Wolfram**; Postfach 20 05 09, 40103 Düsseldorf (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: BRAKE SYSTEM COMPRISING AT LEAST ONE CONVEYING UNIT FOR REDELIVERING BRAKE FLUID TO THE WORKING CHAMBERS OF A BRAKE BOOSTER

(54) Bezeichnung: BREMSANLAGE MIT MINDESTENS EINER FÖRDERUNGSEINRICHTUNG ZUM NACHFÖRDERN VON BREMSFLÜSSIGKEIT IN DIE ARBEITSRÄUME EINES BREMSKRAFTVERSTÄRKERS

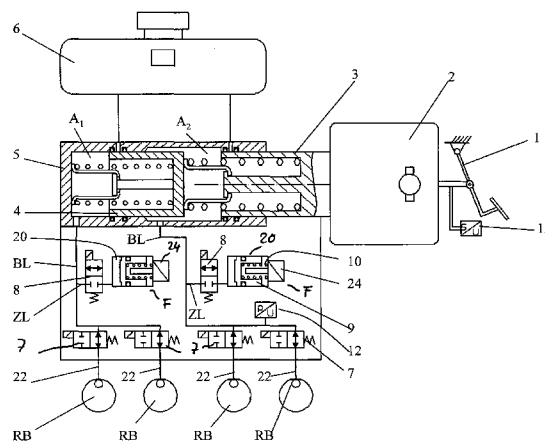


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a brake system comprising an electromotive drive device for a brake booster (BKV, 3, 4, 5) having at least one piston (3, 4), the at least one piston (3, 4) being driven by the drive device for pressure build-up and pressure relief in at least one wheel brake (RB) and being mechanically adjustable by means of a brake actuator (1), especially in the form of a brake pedal, only in the event of malfunction of the drive device, at least one decoupling valve (7) for closing and opening the brake line (BL) being arranged in the brake line (BL) between every wheel brake (RB) and a working chamber (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>) of the brake booster (BKV) being characterized in that at least one delivery unit (F) delivers, when required, brake fluid from a reservoir (20; 20') to the respective working chamber (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>) of the brake booster (BKV) via at least one supply line (ZL) that is connected to a brake line (BL) or the brake booster (BKV), especially to a working chamber (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>), a controlled valve (8; 16) for opening and closing the respective supply line (ZL) being arranged in every supply line (ZL).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/083217 A2



BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,  
TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-  
öffentlichen nach Erhalt des Berichts*

**Erklärung gemäß Regel 4.17:**

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

---

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Bremsanlage mit einer elektromotorischen Antriebseinrichtung für einen Bremskraftverstärker (BKV, 3, 4, 5) mit mindestens einem Kolben (3, 4), wobei der mindestens eine Kolben (3, 4) von der Antriebseinrichtung zum Druckaufbau und zum Druckabbau in mindestens einer Radbremse (RB) angetrieben ist und nur bei einer Störung der Antriebseinrichtung mechanisch mittels einer Bremsbetätigungseinrichtung (1), insbesondere in Form eines Bremspedals verstellbar ist, wobei in der Bremsleitung (BL) zwischen jeder Radbremse (RB) und einem Arbeitsraum (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>) des Bremskraftverstärkers (BKV) mindestens ein Abkopplungsventil (7) zum Verschließen und Öffnen der Bremsleitung (BL) angeordnet ist, wobei mindestens eine Fördereinrichtung (F) vorgesehen ist, die über mindestens eine Zuführleitung (ZL), welche jeweils mit einer Bremsleitung (BL) oder dem Bremskraftverstärker (BKV), insbesondere mit einem Arbeitsraum (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>), verbunden ist, bei Bedarf aus einem Vorratsbehälter (20; 20') Bremsflüssigkeit in den jeweiligen Arbeitsraum (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>) des Bremskraftverstärkers (BKV) fördert, wobei in jeder Zuführleitung (ZL) ein gesteuertes Ventil (8; 16) zum Öffnen und Verschließen der jeweiligen Zuführleitung (ZL) angeordnet ist.

GE 070183wo/E107wo

22.12.08

all01386

5 **Anmelder**

IPGATE AG

Toblerstrasse 76a

CH-8044 Zürich

10 **Bezeichnung**

Bremsanlage mit mindestens einer Förderungseinrichtung zum Nachfördern von Bremsflüssigkeit in die Arbeitsräume eines Bremskraftverstärkers

15

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Bremsanlage nach dem Oberbegriff des Anspruch 1.

Der Hauptbremszylinder (HZ) einer Kfz Bremsanlage wird bei konventionellen Systemen so ausgelegt, dass dessen Verdrängungsvolumen der Volumenaufnahme der Radbremsen zum Erreichen des maximale Bremsdruckes entspricht. Zudem wird eine Reserve für Extremfälle wie Fading oder schlecht entlüftete Bremsanlagen vorgesehen. Die Volumenaufnahme der Radbremsen ist fahrzeugabhängig. Grundsätzlich steigt das Volumen relativ zum Fahrzeuggewicht. Das Verdrängungsvolumen des HZ kann durch dessen Kolbendurchmesser und Hub bestimmt werden. Bei konventionellen Bremssystemen ist das Bremspedal über die Druckstange mit dem HZ verbunden, sodass der Pedalhub über eine konstante Pedalübersetzung mit dem Druckstangenkolben (DK) des HZ verbunden ist. Aus ergonomischen Gründen wird die Bremsanlage

so ausgelegt, dass bei ca. 50% Pedalweg der Blockierdruck erreicht wird. Da der Pedalhub im Fahrzeug begrenzt ist, muss das nötige Verdrängungsvolumen für höhere Fahrzeugklassen durch Vergrößerung des Hz Durchmessers bereitgestellt werden.

- 5 Aus der Kolbenfläche ergibt sich die Kolbenkraft welche zum Erreichen des gewünschten Bremsdruckes erforderlich ist. Die Pedalkraft wird durch den sogenannten Vakuumbremskraftverstärker (Vak. BKV) verstärkt, sodass die Pedalkräfte bei intakter Bremskraftunterstützung moderat sind.
- 10 Für die Auslegung der Bremsanlage sind noch 2 Fakten kritisch:
- Die Verstärkungskraft des Vak. BKV ist durch den sogenannten Aussteuerpunkt begrenzt. In der Regel liegt dieser Aussteuerpunkt etwas oberhalb des Blockierdruckes auf hohem Reibwert, welcher ca. 100 bar entspricht. Bei  
15 Fading der Bremsanlage sind jedoch höhere Drücke erforderlich, sodass die Bremskraftverstärkung in Sättigung geht und die Pedalkräfte erheblich ansteigen. Um dem entgegenzuwirken wird bei Fahrzeugen mit ESP Anlage die sogenannte ESP Pumpe benutzt um Bremsflüssigkeit aus dem  
20 HZ in die Bremskreise zu pumpen. Hierbei hängt die Druckanstiegsgeschwindigkeit von der Pumpenleistung ab. Die Pumpenleistung liegt bei großen Fahrzeugen bei ca. 400 Watt, sodass die Druckanstiegsgeschwindigkeit erheblich geringer ist als im Druckbereich bis zum Aussteuerpunkt.  
25
  - Die Kolbenfläche des Hz bewirkt bei BKV Ausfall sehr hohe Pedalkräfte. Somit ist bei BKV Ausfall die Fußkraft zum Erreichen eines bestimmten Druckes etwa 5 mal größer als bei intaktem BKV. Durch die Rückstellfedern und Reibung im Hz und Vak. BKV ist die Pedalanfangskraft zudem  
30 sehr hoch. Ab mittleren Fahrzeugklassen kann somit der Normalfahrer bei BKV Ausfall praktisch keine vernünftige Abbremsung mehr erreichen. Zudem wird der Fahrer zusätz-

lich durch die ungewohnt hohen Anfangsbetätigungskräfte irritiert.

Bei Systemen mit Wegsimulator kann der Hz freier dimensioniert werden, da der Pedalweg und der Kolbenweg nicht fest gekoppelt sind. In der Regel wird ein um ca. 20-30% größere Kolbenweg verwendet und zugleich der gesamte Kolbenweg für die Bremsung bei hohen Blockierdrücken inklusive Fading genutzt. Dadurch sind HZ Kolbenflächen von lediglich 50% der konventionellen Auslegung möglich, wodurch kleinere Pedalkräfte zur Erzeugung des notwendigen Bremsdrucks ausreichen. Für ein Wegsimulatorsystem bieten sich besonders elektromotorische Bremskraftverstärker an wie sie in DE 102005018649.19 und DE 102006059840.7 beschrieben werden. Diese Lösungen haben bei entsprechender Ausgestaltung den zusätzlichen Vorteil, dass die Reibungs- und Rückstellkräfte des Elektromotors sehr klein sind, was ca. 50% kleinere Ansprechkräfte bewirkt. Somit ist die Kraft-Weg-Kennlinie des Pedals bei Ausfall des elektromotorischen BKV im Vergleich zur wirksamen Bremskraftverstärkung nicht so stark unterschiedlich. Trotz dieser Vorteile sind analog zur Hz-Dimensionierung der anfangs beschriebenen konventionellen Bremsanlage vom Kleinwagen bis zum schweren SUV mehrere Hauptbremszylindergrößen notwendig, um die diversen Volumenaufnahmen abzudecken. Die großen Hauptbremszylinderkolbenflächen für schwere Fahrzeuge bewirken sehr hohe Pedalkräfte.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Bremsanlage bereitzustellen, die für mehrere Fahrzeuggrößen einsetzbar ist, wobei auch bei schweren Fahrzeugklassen nur geringe Pedalkräfte aufzubringen sind.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einer Bremsanlage mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen ergeben sich durch die Merkmale der rückbezogenen Ansprüche.

Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, bei einer Bremsanlage nur einen im Durchmesser kleineren Hauptbremszylinder mit

einer z.B. für eine kleinere Fahrzeugklasse ausreichenden Hauptbremszylindergröße auch für größere Fahrzeuge zu verwenden. Dies ist insbesondere bei einer elektromotorischen Bremsanlage möglich, sofern das Volumen der Arbeitsräume des Hauptbremszylinders durch Nachfördern quasi vergrößert wird. Das Nachfördern erfolgt dabei immer dann, wenn die Kolben des Hauptbremszylinders beim Bremsen fast ihre Endstellung erreicht haben und ein weiterer Druckaufbau nicht mehr möglich ist. Vor dem Nachfördern erfolgt ein Abkuppeln der Bremskreise mittels der ohnehin vorhandenen Ventile. Dann verfährt der Kolbenantrieb des Hauptbremszylinders den/die Kolben zurück, wobei gleichzeitig zusätzliche Bremsflüssigkeit in den/die Arbeitsraum bzw. -räume des Hauptbremszylinders aus mindestens einem Vorratsbehälter gefördert wird. Sobald der Nachförderprozess beendet ist, kann der Hauptbremszylinder wieder an die Bremskreise angekoppelt und der Druck in den Bremskreise weiter erhöht werden. Hierzu wird jede Fördereinrichtung wieder mittel des geschalteten Ventile vom Bremskreis getrennt bzw. abgekoppelt.

Die Erfindung sieht vorteilhaft mindestens eine zusätzliche Fördereinrichtung bestehend aus einem Vorratsbehältnis und einem Ventil vor. Sofern der Hauptbremszylinder einen oder zwei Arbeitsräume aufweist, kann dieser eine oder beide Arbeitsräume über eine einzige Fördereinrichtung befüllt werden. Um vorteilhaft eine Entkopplung der Arbeitsräume zu gewährleisten, ist es jedoch vorteilhaft, jedem Arbeitsraum des Hauptbremszylinders jeweils mindestens eine Nachförderereinrichtung zuzuordnen.

Für schwere Fahrzeuge kann somit ein Hauptbremszylinder mit reduziertem Durchmesser verwendet werden, bei dem das Hauptbremszylinder-Volumen relativ zur Volumenaufnahme der Radbremsen unterdimensioniert ist. Aus einem Vorratsbehälter kann durch das Vorsehen einer Fördereinrichtung für extreme Druckanforderungen bei Bedarf das benötigte Zusatzvolumen an Bremsflüssigkeit abgerufen werden, welches vom elektromotorisch be-

triebenem BKV anschließend in die Bremskreise nachgefördert wird.

Der Bedarf für eine Nachförderung wird durch den zurückgelegten Hauptbremszylinder-Weg und dem aufgebauten Druck erkannt.  
5 Ist z.B. bei 140 bar der Kolbenweg erschöpft, so wird aus der Nachförderkammer zusätzliche Bremsflüssigkeit in den Hz gefördert, damit der Druck bis zum Maximaldruck erhöht werden kann.

Dadurch ist es möglich vom Kleinwagen bis zum SUV den selben Hauptbremszylinder einzusetzen. Ab der Fahrzeugklasse bei welcher das Hauptbremszylindervolumen nicht mehr zur Abdeckung  
10 sämtlicher Extremsituationen ausreicht, muss die zusätzliche Fördereinrichtung installiert werden. Durch die Hauptbremszylinderdimensionierung wird bestimmt, ab welcher Klasse eine Fördereinrichtung notwendig ist. Durch die kleine Hauptbrems-  
15 zylinder-Kolbenfläche profitieren hohe Fahrzeugklassen bei einem Ausfall des von wesentlich kleineren Pedalkräften als bei konventionellen Systemen. Das Pedalgefühl weicht somit nicht so stark vom Normalfall bei intakter Bremskraftverstärkung ab, wodurch der Fahrer weniger irritiert wird.

20 Durch die Standardisierung und Reduzierung der Varianten sind erhebliche Kostenreduzierungen für die Herstellung und geringere Logistikkosten für die Beschaffung und Ersatzteilhaltung möglich. Die Realisierung der Nachförderkomponente ist einfach und damit auch zuverlässig. Zudem ist die Funktion diagnostizierbar.  
25

Vorteilhaft ist bzw. sind die Fördereinrichtungen unmittelbar am oder im Gehäuse des elektromotorisch angetriebenen Bremskraftverstärkers angeordnet bzw. integriert.

Die Nachförderkammer kann noch für eine weitere Funktion genutzt werden, zur Einstellung des Bremsbelagspiels. Wie in der  
30 DE (E114) beschrieben verursachen anliegende Bremsbeläge einen erheblichen zusätzlichem Kraftstoffverbrauch. In dieser Anmeldung ist beschrieben wie durch Unterdruck in der Bremsleitung

und Bremskolben und durch gezielte Kolbensteuerung und Ansteuerung der Schaltventile dies erreicht wird. Bei dieser Anmeldung ist die Ansteuerung sehr komplex, wenn nicht der Kolben aus der Anfangsstellung zurückgefahren werden kann, da dies bei dem elektromotorischen Bremskraftverstärker konstruktiven Mehraufwand bedeutet. Dagegen ist es mit der Nachförderkammer einfach indem ein entsprechendes Volumen kurzzeitig vom HZ in diese Kammer gefördert wird und mit entsprechender Ventil-schaltung der HZ Kolben zurückbewegt wird um den Unterdruck in vorzugsweise einem Radzylinder zu erzeugen. Die restlichen Radzylinder werden hintereinander bedient. Dabei kann bei Messung des Unterdruckes über den Druckgeber und entsprechender Wegsteuerung des Druckstangenkolbens ein Lüftspiel im Radzylinder erzeugt werden. Dieses Bremslüftspiel kann bei oder auch vor einer Bremsung jederzeit wieder eliminiert werden. So können aufgrund eines externen Signals bereits vor Beginn der Bremsung die Bremsbeläge wieder an die Bremsscheibe anzulegen. Durch diese sogenannte Vorfüllung ist es möglich den Bremsweg zu verkürzen, insbesondere wenn der Vorfülldruck bereits ein Druckniveau von 5 bar erreicht.

Nachfolgend werden anhand von Zeichnungen zwei mögliche Ausführungsformen der Erfindung näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1: Bremsanlage gemäß einer ersten Ausführungsform mit je einer Fördereinrichtung für jeden Arbeitsraum des Hauptbremszylinders;

Fig. 1a: Weg-Druck-Diagramm für die Bremsanlage gem. Fig. 1 zwei Kraftfahrzeuge mit unterschiedlichen Volumina der Radbremsen;

Fig. 2: Bremsanlage gemäß einer zweiten Ausführungsform mit einer gekoppelten Fördereinrichtung für beide Arbeitsräume des Hauptbremszylinders;

Fig. 3: Bremsanlage gemäß einer ersten Ausführungsform mit je einem Magnetventil zwischen den Arbeitsräumen des Hauptbremszylinders und dem Vorratsbehälter

Die Figur 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines el. mot. BKV wie er in der DE 102005018649.19, DE 102006059840.7 und DE 102005003648 beschrieben ist, wobei sich diese Anmeldung deren Offenbarungsgehalt vollumfänglich zu eigen macht. Bei intaktem BKV ist das Pedal vom Hz entkoppelt. Die Pedalkraft wird vom nicht dargestellten Wegsimulator aufgenommen, welcher ein gewohntes Pedalgefühl generiert. Der Pedalhubsensor 11 erfasst den Pedalhub welcher über einer Kennlinie einem gewünschten Bremsdruck zugeordnet werden kann. Somit wird durch Betätigung des Bremspedals 1 der Bremskraftverstärker 2 aktiviert, welcher auf den Druckstangenkolben 3 des Hauptbremszylinders 5 wirkt. Durch die Volumenverdrängung und den Druck wird der Schwimmkolben 4 bewegt. Beide Kolben 3 und 4 bewirken die Druckerzeugung in den jeweiligen Bremskreisen. Die entsprechende Bremsflüssigkeit wird im Vorratsbehälter bereitgestellt. Zu Details des Aufbaus des bekannten Hauptbremszylinders wird auf die DE 102005018649.19, DE 102006059840.7 und DE 102005003648 verwiesen. Bekanntlich können der Pedalweg und der Kolbenweg bei Wegsimulatorsystemen unterschiedlich sein. Der Kolben eilt bei Bremsungen auf hohem Reibwert dem Pedal voraus. Kommt nun der Kolben 3, 4 in den Bereich des Hubendes findet der Nachförderprozess statt. Dabei werden zunächst die Regelventile 7 geschlossen und der erreichte Druck wird in den Radbremsen eingesperrt. Anschließend werden die Nachförderventile 8 geöffnet. Gleichzeitig wird der Druckstangenkolben 3 durch den elektromotorischen BKV zurückgefahren wodurch der Druck im Hauptbremszylinder gegen Null (0) sinkt. Aus den bereits befüllten Nachförderkammern 20 wird die gespeicherte Bremsflüssigkeit mittels der Feder 10 und des Kolbens 9 in die Arbeitsräume  $A_1$ ,  $A_2$  des Hauptbremszylinders gefördert. In der Nachförderkammer 20 herrscht vorzugsweise Überdruck, z.B. 5 bar, sodass die Bremsflüssigkeit aktiv in den Hauptbremszylinder gefördert wird. Anschließend werden die Nachfördeventile 8 ge-

geschlossen und die Regelventile 7 geöffnet. Durch eine entsprechende Motoransteuerung wird die Bremsflüssigkeit nun in die Bremskreise 22 verdrängt wodurch der Druck in den jeweiligen Bremskreisen 22, je nach Stellung der Ventile 7, weiter ansteigt. Somit ist ein weiterer Druckanstieg möglich ohne dass die Kolben 3 und 4 in den Endbereich (linke Stellung) gelangen. Wahlweise kann auch nur in einem Bremskreis 22 nachgefördert werden. Durch entsprechende Auslegung von Kolbenfläche und Kolbenhub kann in der Nachförderkammer 20 das fehlende Volumen im Hz zur Abdeckung sämtlicher Extremfälle vorgehalten werden. Durch die Vorspannung der Feder 10 beträgt der Fülldruck z.B. 5 bis 10 bar bei entsprechender Federauslegung. Gemeinsam mit einem Nachförderventil 8 mit großem Öffnungsquerschnitt wird somit ein schnelles Nachfördern in die Arbeitsräume  $A_1$ ,  $A_2$ , in z.B. 50 ms ermöglicht, wodurch eine nennenswerte Verzögerung des Druckanstiegs vermieden wird.

Die Nachförderventile 8 sollten Durchfluss- und Schaltzeit optimiert sein. Die Ventile 8, welche vorzugsweise stromlos geschlossen ausgeführt werden, können einen großen Ventilsitzquerschnitt aufweisen. Durch den Einsatz einer gewöhnlichen Spule kann das Ventil 8 somit nur bei mittleren Drücken, wie z.B. 50 bar, öffnen. Dies ist für das Nachfördern kein Nachteil, da das Schalten der Nachförderventile bei ca. 10 bar stattfindet. Somit sind für das Nachfördern keine teuren druckausgeglichenen Ventile notwendig. Aus Zeitgründen kann es auch sinnvoll sein, dass beim Nachfördern nicht das gesamte Volumen im Nachförderblock 20 in einem Zug nachgefördert wird. Nähert sich z.B. bei 140 bar der Kolben 3, 4 der Endstellung, kann zunächst Volumen für einen Druckaufbau auf 170 bar nachgefördert werden. Soll der Druck weiterhin steigen kann bei 170 bar in einem neuen Nachförderschritt das restliche Volumen für z.B. 200 bar Maximaldruck nachgefördert werden. Da für den Großteil der Fälle der erste Nachförderschritt ausreicht kann somit für diese Bremsungen die Totzeit im Druckaufbau während des Nachförderns reduziert werden.

Die Nachförderkammer 20 kann nach Befüllung am Bandende bzw. beim Service, bei jedem Fahrzeugstart oder auch in Beschleunigungsphasen befüllt und diagnostiziert werden. Dazu wird über den Motorantrieb vorzugsweise der Maximaldruck in der Nachförderkammer z.B. 10 bar druckgeregelt eingesteuert. Wird nun das Nachfördeventil 8 geöffnet darf sich der Druckstangenkolben 3 nicht bewegen. Falls dies doch der Fall ist deutet dies auf ein Leck in der Kolbendichtung oder ein undichtes Nachfördeventil 8 hin. Über den Kolbenweg  $s_K$  kann das Differenzvolumen festgestellt werden. Durch das Differenzvolumen und die Diagnoseintervalle kann festgestellt werden, in welchem Ausmaß die Leckage stattfindet. Dazu wird im Hauptbremszylinder der maximale Nachförderdruck eingeregelt. Zudem kann nun diagnostiziert werden, ob das Nachfördeventil 8 bzw. der Kolben 9 klemmen. Sobald der Nachförderblock 20 wieder aufgefüllt ist, wird der Kolben 3 zurückgefahren. Am Verlauf der Druckvolumen-Kennlinie kann nun festgestellt werden, ob sich der Nachförderkolben 9 mit bewegt und ob das Nachfördeventil 8 geschaltet hat.

Alternativ kann der Füllzustand der Nachförderkammer 20 geprüft werden, indem die Regelventile 7 geschlossen werden, im Hz der maximale Fülldruck der Nachförderkammer 20 z.B. 10 bar eingestellt wird, die Kolbenstellung als Stellgröße eingeregelt wird, die Nachfördeventile 8 geöffnet werden und durch den Drucksensor 12 überwacht wird, ob der Druck im Hz abfällt.

Durch die Anpassung des Nachfördevolumens ist es somit möglich das selbe Grundsystem für mehrere Fahrzeugklassen zu verwenden. Bei konventionellen Lösungen bestehend aus Hz und Vakuum BKV muss für jede Fahrzeugklasse eine individuelle Dimensionierung verwendet werden, was Mehrkosten für die Logistik bei Produktion und Reparatur bedeutet.

Außerdem entstehen bei Ausfall der Bremskraftverstärkung durch die kleineren Kolbendurchmesser erheblich kleinere Pedalkräfte.

Da bei dem Wegsimulatorsystem der Entlüftungszustand der Bremsanlage über die Druck-Volumen-Kennlinie regelmäßig überprüft werden kann, kann das Gesamtvolumen der Bremsenbetätigung, bestehend aus Hauptbremszylindervolumen und Nachförderblockverdrängungsvolumen, insgesamt im Vergleich zu konventionellen Systemen reduziert werden. Das zusätzliche Sicherheitsvolumen für schlecht entlüftete Volumen muss nicht mehr vorgesehen werden, wie es bei konventionellen Systemen der Fall ist.

10 Eine weitere Möglichkeit zur Überwachung des Füllzustandes der Nachförderkammer 20 ist der Einsatz eines optionalen Sensors 24. Dieser Sensor erfasst die Position des Kolbens 9. Der Sensor 24 kann als wegauflösender Sensor oder als Schalter ausgeführt werden, welcher eine Position des Kolbens 9 erfasst.  
15 Dieser Sensor kann zur Diagnose genutzt werden oder zur definierten Kolbensteuerung damit für die Funktion der Unterdruckerzeugung ausreichend Volumen bereitgestellt werden kann.

Figur 1a zeigt den Druckverlauf  $p$  über den Kolbenweg  $s_N$  des Druckstangenkolbens 3 für einen Kleinwagen A und einen Sport Utility Vehicle (SUV) B. Beide Fahrzeuge verwenden den selben Hauptbremszylinder. Die gestrichelte Linie zeigt die Begrenzungen bei  $p_{MAX}$  und Ende des Kolbenweges. Der Kleinwagen erreicht bei 40% Kolbenweg schon den Blockierdruck  $p_1$  bei einer Bremsung auf trockenem Asphalt. Dagegen hat das SUV mit Kurve  
20 B eine deutlich höhere Volumenaufnahme, d.h. Kolbenweg, so dass  $p_A$  bei z.B. 70% Kolbenweg  $s_N$  erreicht ist. Zu erwähnen ist erneut, dass durch den Einsatz des Wegsimulators 2 in beiden Fällen der maximale Pedalhub auf z.B. 40% begrenzt ist. Der Hz-Kolben eilt dem Pedal voraus und der reale Kolbenhub ist am Pedal 1 nicht erkennbar. Mit dem Hz-Volumen eines Kleinwagens können beim SUV z.B. 140 bar erreicht werden. Wird bei B der Druck z.B. bei Fading noch weiter gesteigert, so wird bei Erreichen von  $s_N$  durch den bereits beschriebene Nachförderprozess N Zusatzvolumen für den Druckanstieg auf z.B.  
30 200 bar bereitgestellt. In der Figur 1a wird ersichtlich, wie

sich der Kolben 3, 4 zurückbewegt und anschließend bis auf  $p_{\text{Max}}$  Druck aufbauen kann.

Bei Zurücknahme des Bremsdruckes wird bei einem Druck  $p_2$  oder bei einer geeigneten Kolbenstellung das Zusatzvolumen wieder  
5 in den Nachförderblock 20 zurückverdrängt. Dieser Prozess wird als Rückfördern bezeichnet und ist in Figur 1a mit R1 bezeichnet. Während dem Druckabbau z.B. bei 50 bar werden bei geöffneten Regelventilen 7 die Nachförderventile 8 geöffnet. Somit werden die Nachförderkammern 20 durch den hohen Differenzdruck  
10 am Nachförderventil 8 schnell befüllt. Der Druckabbau am Rad muss somit für den Rückförderprozess nicht unterbrochen werden. Allerdings ist hierbei ein abrupter Druckabfall an den Radbremsen die Folge, was evtl. für den Fahrer spürbar ist. Um dies zu vermeiden kann mittels dem Druckgeber 12 und PWM Ansteuerung der Nachförderventile der Druckabbaugradient oder  
15 auch die Füllgeschwindigkeit der Nachförderkammer 20 variiert werden.

In Figur 1a ist mit R2 ein alternativer Rückförderprozess dargestellt. Beim Druckabbau. werden zunächst die Regelventile 7  
20 geschlossen und die Nachförderventile 8 geöffnet. Nun kann durch eine entsprechende Bewegung des Hz-Kolbens 3 das nachgeförderte Zusatzvolumen wieder in die Fördereinrichtung verdrängt werden. Anschließend werden die Regelventile 7 wieder geöffnet und der Druckabbau in den Radbremsen kann fortgesetzt  
25 werden. Während dieser Rückförderphase findet an den Radbremsen kein Druckabbau statt. Deshalb ist es auch hier wieder wichtig, dass dieser Prozess schnell erfolgt, damit der Fahrer keine Unterbrechung des Druckabbaus spürt.

Während des Rückförderns ist wie beim Nachfördern für den Fahrer  
30 keine Rückwirkung am Pedal zu erkennen. Durch dieses geregelte Rückfördern in die Nachförderkammer 20 kann sichergestellt werden, dass der Druck in Ausgangsstellung von Druckstangenkolben 3 und Schwimmkolben 4 nahezu dem Umgebungsdruck entspricht, sodass die Primärmanschetten 23 differenzdruckfrei

über die Zulauföffnungen 21 zum Vorratsbehälter 6gleiten. Diese Tatsache ist erforderlich um eine ausreichende Lebensdauer eines sogenannten Plunger-Zylinders, wie in Figur 1 dargestellt, zu gewährleisten. Somit kann auf den Einsatz eines teureren und größeren Hauptbremszylinders mit sogenanntem Zentralventil verzichtet werden, welche derzeit bei Bremsanlagen mit ESP-Ausrüstung verwendet werden müssen.

Die Figur 2 zeigt eine alternative zweite Ausführungsform der Erfindung, bei der ebenfalls aus einer Nachförderkammer Volumen in den Hauptbremszylinder nachgefördert wird.

Diese Einrichtung besteht aus einem Zylinder 13 welcher zwei Kolben enthält, die über eine Stange 16 über einem Mitnehmer an den Antrieb des Kolbens 3 angekoppelt sind. Bei Vorwärtsbewegung zum Druckaufbau wirkt der Antrieb direkt auf den Kolben 14, bei der Rückwärtsbewegung wird die Stange 16 über die Feder 17 mitgenommen. Dies dient der Sicherheit, damit z.B. bei Fehlfunktion der Magnetventile oder Klemmen der Stange 16 der Kolben 3 wieder zum vollen Druckabbau in die Ausgangsstellung gelangen kann.

Zum Nachfördern sind zwei Schaltungen möglich. Auf der rechten Kolbenseite wird hierbei beim Zurückbewegen des Kolbens 3 das Magnetventil 18a und die Regelventile 7 geschlossen, wobei das Volumen über das offene Magnetventil 19a über die Lippendichtung in den Hauptbremszylinder 5 gelangt. Bei der anschließenden Vorwärtsbewegung wird das Magnetventil 19a wieder geschlossen und das Magnetventil 18a geöffnet, was zum weiteren Druckanstieg führt. Bei der linken Kolbenseite wird bei der Zurücknahme des Kolbens 3 bzw. 14 das Magnetventil 19 und die Regelventile 7 geschlossen und das Magnetventil 18 zum Nachsaugen aus dem Vorratsbehälter 6 geöffnet. Bei der Vorwärtsbewegung wird vom Kolben 14 das Volumen über die offenen Magnetventile 19 und 7 zur weiteren Drucksteigerung in den Hz gefördert.

Bei der Lösung nach Fig. 1 ist das Nachfördern auf das Volumen der Nachförderkammer 20 begrenzt. Dagegen kann mit der Lösung gem. Fig. 2 solange nachgefördert werden bis der Vorratsbehälter leer ist.

5 In Fig. 3 ist dargestellt, wie die Fördereinrichtung 20 genutzt werden kann, um an der Radbremse RB aktiv ein Belagluftspiel einzustellen. Der Aufbau einer Radbremse RB ist allgemein bekannt und wird hier nicht näher erläutert. Vertiefend dazu siehe Bremsenhandbuch 2. Auflage, Vieweg 2004.

10 Zum Einstellen eines Belagluftspiels zwischen Bremsscheibe und Bremsbelag wird im THZ 3,4,5 kurzzeitig ein Unterdruck erzeugt. Somit werden die Bremskolben in den Radbremsen aktiv zurückgezogen wodurch sich ein Abstand zwischen dem Bremsbelag und der Bremsscheibe einstellt. Dies hat zur Folge, dass die  
15 Restreibwirkung zwischen Bremsbelägen und Bremsscheibe eliminiert werden kann. Die Nachförderkammer 20, dessen Grundfunktion bereits in Fig. 1 erläutert wurde kann zur Erzeugung des Unterdrucks genutzt werden. Als Erweiterung zum Aufbau in Fig. 1 ist in Fig. 3 je ein Schaltventil 18 zwischen den Arbeits-  
20 räumen A1 und A2 des Hauptbremszylinders und dem Vorratsbehälter 6 platziert.

Die Nachförderkammern 20 sind im Normalbetrieb nicht komplett befüllt. Sie enthalten ausreichen viel Volumen um wie in Fig. 1 beschriebenen Fall Bremsflüssigkeit für hohe Druckanforderungen bereitzustellen, können aber noch zusätzliches Volumen  
25 aufnehmen.

Zu Beginn der Belagluftspieleinstellung wird der Kolben 3 über den Motorantrieb 2 vorgefahren. Der Kolben 4 bewegt sich analog dazu. Bei geöffneten Nachförderventilen 8 wird somit die  
30 Bremsflüssigkeit in die nur teilweise befüllten Nachförderkammern 20 verdrängt. Anschließend werden die Nachförderventile 8 geschlossen. Nun werden die Magnetventile 18 geschlossen und eines der Regelventile 7 geöffnet. Der Kolben 3 welcher sich immer noch in der ausgefahrenen Stellung befindet wird vom Mo-

torspindeltrieb ein Stück Richtung Ausgangsstellung zurückgezogen. Dadurch entsteht Unterdruck, welcher sich über die Bremsleitung 22 auf die jeweilige Radbremse RB überträgt deren Regelventil 7 geöffnet ist. Nun werden die restlichen 3 Rad-

5 bremsen durch sequentielles Öffnen der jeweiligen Regelventile zurückgezogen. Der Verfahrweg des Kolbens 3 ist über das Flächenverhältnis mit dem Bremskolben proportional zum dessen Verfahrweg des Bremskolbens. In dieser Phase wird der Unterdruck ausgewertet, sodass erst unter einem Druckniveau oder

10 zeitlichem Druckverlauf die Kolbenbewegung bewertet wird. Unter zeitlichem Druckverlauf ist gemeint, dass wenn der Unterdruck über die Kolbenreibung konstant ist, dies gleichbedeutend einer Bewegung des Bremskolbens entspricht. Abschließend werden die Magnetventile 18 wieder geöffnet. Somit wird der

15 Unterdruck im THZ 5 aufgehoben. Die Aufgabe der Magnetventile 18 ist es, zu verhindern, dass während der Unterdruckphase im THZ keine Bremsflüssigkeit aus dem Behälter über die THZ Dichtungen in die Arbeitsräume A1 und A2 des THZ gelangt. Es ist auch möglich, alle Bremskolben der Radbremsen RB gleichzeitig

20 zurückzuziehen, indem in der Unterdruckphase alle Regelventile 7 geöffnet werden.

Wie eingangs erwähnt sind die Nachförderkammern im Normalbetrieb nicht komplett befüllt, damit diese Volumen zur Belaglüftspieleinstellung aufnehmen können. Über den Sensor 24 kann

25 der Befüllzustand überwacht werden. Alternativ ist es auch möglich die Nachförderkammern zunächst komplett zu befüllen und bei zurückgefahrenem Kolben 3, geschlossenen Regelventilen 7 und geöffneten Magnetventilen 18 die Nachförderventile 8 kurzzeitig zu öffnen um ein definiertes Volumen aus der Nach-

30 förderkammer entweichen zu lassen. Eine weitere Möglichkeit ist es die Nachförderkammern komplett zu entleeren und über den Kolbenhub 3 ein definiertes Volumen einzubringen. Dabei ist es von Vorteil, wenn die beiden Nachförderkammern 20 getrennt voneinander befüllt werden, sodass eine Kammer 20 immer

35 voll ist und das Volumen für einen in Figur 1 beschriebenen Notfall bereitsteht.

Durch das eingestellte Belaglüftspiel besteht ein erhöhter Abstand zwischen dem Bremsbelag und der Bremsscheibe. Dieser würde bei einer Bremsung stören, da dies eine zusätzliche Volumenaufnahme und somit einen Verlustweg vom Kolben 3 verursacht. Somit ist es wichtig vor einer möglichen Bremsung die  
5 Bremsbeläge wieder an die Bremsscheibe anzulegen. Man spricht hierbei von einer Vorfüllung.

Dazu kann die Bremsflüssigkeit aus den Nachförderkammern 20 genutzt werden. Zunächst werden die Magnetventile 18 geschlossen, die Regelventile 7 geöffnet und anschließend die Nachförderventile 8 geöffnet. Die Federn 10 verdrängen über die Kolben 9 somit die Bremsflüssigkeit aus den Nachförderkammern 20 in die Radbremsen RB. Über die Position des Kolbens 9, welche der Sensor 24 liefert, kann das erforderliche Volumen geregelt  
10 werden. Alternativ kann das Vorfüllvolumen aus der Öffnungszeit der Nachförderventile und den Befülldruck der Nachförderkammer 20 eingestellt werden. Über den Drucksensor 12 kann auch erfasst werden wenn das Belaglüftspiel aufgehoben ist. Sobald die Bremsbeläge an der Bremsscheibe anliegen steigt der  
15 Druck im Bremskreis. Noch effektiver hinsichtlich Bremswegverkürzung ist eine Vorfüllung auf ca. 5 bar, was über einen externen Sensor, z.B. Pedalnäherungssensor, erfordert.

Ein Verfahren, welches anwendbar ist wenn bei eingestelltem Belaglüftspiel sich die Nachförderkammern 20 z.B. aufgrund einer Leckage entleert haben, sieht folgende Arbeitsschritte vor: Die Nachförderventile 8 bleiben zunächst geschlossen, die Regelventile 7 geöffnet. Der Kolben 3 wird vom Motorantrieb betätigt, sodass ein entsprechendes Volumen an Bremsflüssigkeit in die Bremskreise gefördert wird, bis die Bremsbeläge  
25 anliegen. Anschließend werden die Regelventile 7 geschlossen und der Kolben 3 wird wieder zurückgefahren. Somit entsteht Unterdruck in den Arbeitsräumen A1 und A2. Sobald der Kolben 3 seine Ausgangsstellung erreicht wird aufgrund des Unterdruckes das entsprechende Differenzvolumen aus dem Vorratsbehälter gesaugt.  
30  
35

Bezugszeichenliste:

	1	Bremspedal
	2	Motorantrieb mit ,Wegsimulator
	3	Druckstangenkolben DK
5	4	Schwimmkolben
	5	Hauptbremszylinder Hz
	6	Vorratsbehälter
	7	Regelventile
	8	Nachförderventil
10	9	Kolben
	10	Feder
	11	Pedalwegsensoren
	12	Drucksensoren
	13	Zylinder
15	14	Doppelkolben
	15	Mitnehmer
	16	Stange
	17	Feder
	18	Magnetventil
20	18a	Magnetventil
	19	Magnetventil
	19a	Magnetventil
	20	Nachförderkammer
	21	Zulauföffnungen
25	22	Bremskreis
	23	Primärmanschette
	24	Sensoren
	$p_{max}$	max. Bremsdruck
	$p_1$	Blockierdruck für $\mu=1.0$ (trockene Asphalt)
30	$A_1, A_2$	Arbeitsräume des HZ
	A	Druck - Weg Kennlinie für Kleinwagen
	B	Druck - Weg Kennlinie für SUV
	F	Fördereinrichtung
	L	Leitungen
35	N	Nachförderung
	R1, R2	Rückförderung
	$s_K$	Kolbenweg des HZ
	$s_N$	Nachförderposition
	$p_2$	Füllung der Nachförderkammer
40	BL	Bremsleitung
	ZL	Zuführleitung

GE 070183wo/E107wo

22.12.08

all01386

5

**P a t e n t a n s p r ü c h e**

1. Bremsanlage mit einer elektromotorischen Antriebseinrichtung für einen Bremskraftverstärker (BKV, 3, 4, 5) mit mindestens einem Kolben (3, 4), wobei der mindestens eine  
10 Kolben (3, 4) von der Antriebseinrichtung zum Druckaufbau und zum Druckabbau in mindestens einer Radbremse (RB) angetrieben ist und nur bei einer Störung der Antriebseinrichtung mechanisch mittels einer Bremsbetätigungseinrichtung (1), insbesondere in Form eines Bremspedals verstellbar ist, wobei in der Bremsleitung (BL) zwischen je-  
15 der Radbremse (RB) und einem Arbeitsraum (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>) des Bremskraftverstärkers (BKV) mindestens ein Abkopplungsventil (7) zum Verschließen und Öffnen der Bremsleitung (BL) angeordnet ist, **d a d u r c h g e k e n n -**  
20 **z e i c h n e t**, dass mindestens eine Fördereinrichtung (F) vorgesehen ist, die über mindestens eine Zuführleitung (ZL), welche jeweils mit einer Bremsleitung (BL) oder dem Bremskraftverstärker (BKV), insbesondere mit einem Arbeitsraum (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>), verbunden ist, bei Bedarf aus  
25 einem Vorratsbehälter (20; 20') Bremsflüssigkeit in den jeweiligen Arbeitsraum (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>) des Bremskraftverstärkers (BKV) fördert, wobei in jeder Zuführleitung (ZL) ein gesteuertes Ventil (8; 19, 19a) zum Öffnen und Verschließen der jeweiligen Zuführleitung (ZL) angeordnet ist.
- 30 2. Bremsanlage nach Anspruch 1, **d a d u r c h g e k e n n -**  
**z e i c h n e t**, dass die Fördereinrichtung (F) ein Kolbenzylindersystem ist, dessen mindestens einer Kolben (9;

- 14) von einem Antrieb oder einer Feder (10, 17) druckbeaufschlagt ist und der Antrieb bzw. die Feder den Förderdruck erzeugt, wobei ein Vorratsbehälter jeweils durch einen Arbeitsraum (20; 20') des Kolbenzylindersystems gebildet ist.
- 5
3. Bremsanlage nach Anspruch 1 oder 2, **d a d u r c h g e - k e n n z e i c h n e t**, dass jedem Arbeitsraum ( $A_1$ ,  $A_2$ ) eine Fördereinrichtung (F) zugeordnet ist.
4. Bremsanlage nach Anspruch 2 oder 3, **d a d u r c h g e - k e n n z e i c h n e t**, dass der Arbeitsraum (20; 20') des Kolbenzylindersystems der Fördereinrichtung (F) mittels des Bremskraftverstärkers (BKV) befüllbar ist.
- 10
5. Bremsanlage nach Anspruch 1 oder 2, **d a d u r c h g e - k e n n z e i c h n e t**, dass die Fördereinrichtung (F) ein Kolbenzylindersystem ist, dessen mindestens einer Kolben (14) vom Antrieb des Bremskraftverstärkers (BKV) angetrieben oder an dessen Kolben (3) angekoppelt ist.
- 15
6. Bremsanlage nach Anspruch 5, **d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t**, dass der mindestens eine Kolben (14) des Kolbenzylindersystems über einen Mitnehmer (15, 16) an den angetriebenen Kolben (3) des Bremskraftverstärkers (BKV) angekoppelt ist.
- 20
7. Bremsanlage nach Anspruch 6, **d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t**, dass der Mitnehmer (15) beim Druckaufbau im Bremskraftverstärker (BKV) den mindestens einen Kolben (14) des Kolbenzylindersystems der Fördereinrichtung (F) mittels eines Formschlusses mitnimmt, wobei beim Druckabbau im Bremskraftverstärker (BKV) der Mitnehmer (15) lediglich über ein Federelement (17) den bzw. die Kolben (14) der Fördereinrichtung (F) mitnimmt.
- 25
- 30

8. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeder Arbeitsraum (20') des Kolbenzylindersystems über eine Leitung (L) mit dem Vorratsbehälter (6) der Bremsanlage in  
5 Verbindung ist, wobei in der Leitung (L) ein gesteuertes Absperrventil (18, 18a) zur wahlweisen Unterbrechung der Leitung (L) angeordnet ist.
9. Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Vo-  
10 lumen eines Arbeitsraumes ( $A_1$ ,  $A_2$ ) des Bremskraftverstärkers (BKV) kleiner als das zur Erzielung des Maximaldruckes in den Radbremsen (RB) erforderliche Bremsflüssigkeitsvolumen ist.
10. Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kol-  
15 benzylindersystem des Bremskraftverstärkers (BKV) einen Durchmesser aufweist, der im Störfall bei manueller Betätigung nur geringe Pedalkräfte zum Bremsdruckaufbau bedingt.
- 20 11. Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schaltventil (8) in der Zuführleitung (ZL) für Niederdruck ausgelegt ist und einen großen Durchlassquerschnitt aufweist.
- 25 12. Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Sensor (24) die Position des Kolbens (9) einer Nachförderkammer (20) ermittelt.
- 30 13. Verfahren zum Betrieb einer Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass während des Nachförderns von Bremsflüssigkeit in einen Arbeitsraum ( $A_1$ ,  $A_2$ ) des Bremskraft-

verstärkers (BKV) die mit dem Arbeitsraum (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>) verbundenen Radbremsen (RB) mittels der Abkoppelventile (7) von dem Arbeitsraum (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>) zum Druckerhalt abgekoppelt sind, und gleichzeitig das Ventil (8, 19, 19a) in der Zuführ-  
5 leitung (ZL) geöffnet ist und durch Zurückfahren des bzw. der Kolben(s) des Bremskraftverstärkers (BKV) dessen Arbeitsraum bzw. -räume vergrößert wird bzw. werden.

14. Verfahren nach Anspruch 13, **d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t**, dass zur Reduzierung der Totzeit beim  
10 Bremsdruckaufbau mehrfach mittels einer oder mehrerer Fördereinrichtung(-en) (F) Bremsflüssigkeit nachgefördert wird.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, **d a d u r c h g e - k e n n z e i c h n e t**, dass zum Wiederbefüllen des Vorratsbehälters (20, 20') der Fördereinrichtung (F) die mit dem jeweiligen Arbeitsraum (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>) verbundenen Radbremsen (RB) mittels der Abkoppelventile (7) von dem Arbeitsraum (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>) abgekoppelt sind und durch Druckaufbau im Bremskraftverstärker (BKV) Bremsflüssigkeit vom Arbeitsraum  
15 (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>) des Bremskraftverstärkers in den Vorratsbehälter (20, 20') gefördert wird, wobei nach dem Befüllvorgang das Ventil (8) in der Zuführleitung (ZL) in die geschlossene Stellung gestellt wird.  
20

16. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, **d a d u r c h g e - k e n n z e i c h n e t**, dass beim Wiederbefüllen des Arbeitsraums (20') eines vom Antrieb des Bremskraftverstärkers (BKV) angetriebenen Kolbenzylindersystems, dass in der Leitung (L), welche den Arbeitsraum mit dem Vorratsbehälter (6) der Bremsanlage verbindet, angeordnete Ventil (18, 18a) geöffnet ist, und dass das in der Zuführ-  
25 leitung (ZL), welche den Arbeitsraum (20') der Fördereinrichtung (F) mit dem Bremskraftverstärker (BKV) verbindet, angeordnete Ventil (16) geschlossen ist.  
30

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, **d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, dass durch Ver-  
gleich der Hauptzylinder-Kolbenbewegung des Bremskraft-  
verstärkers (BKV) bei zu und/oder abgeschalteter Nachför-  
5 derung unter Verwendung des Drucksignals von mindestens  
eines Druckgebers die Funktion der Fördereinrichtung (F)  
überprüft wird.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 17, **d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, dass Bremsflüs-  
10 sigkeit aus den Radbremsen (RB) beim Druckabbau in der  
Bremsleitung (BL) zum Wiederbefüllen des Vorratsbehälters  
(20) einer Fördereinrichtung (F) unter entsprechender  
Schaltung der vorgesehenen Ventile (7, 8) erfolgt.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 18, **d a -  
15 d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, dass der Gradient  
des Druckabbaues in die Nachförderkammer durch PWM-  
Betrieb der Nachförderventile über den Druckgeber kon-  
trolliert gesteuert wird.
20. Verfahren zum Betrieb einer Bremsanlage nach einem der  
20 Ansprüche 1 bis 12 oder nach einem der Ansprüche 13 bis  
19, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, dass zur  
Erzeugung eines Unterdrucks in den Arbeitsräumen ( $A_1$ ,  $A_2$ )  
des Bremskraftverstärkers die Ventile (18, 18a) geschlos-  
sen werden und die Kolben (3, 4) des Bremskraftverstär-  
25 kers zur Vergrößerung der Arbeitsräume ( $A_1$ ,  $A_2$ ) zurück ge-  
fahren werden, um insbesondere ein Belaglüftspiel in den  
Radbremsen (RB) bei gleichzeitig geöffneten Ventilen (7)  
einzustellen.
21. Verfahren zum Betrieb einer Bremsanlage nach einem der  
30 Ansprüche 1 bis 12 oder nach Anspruch 20, **d a d u r c h**  
**g e k e n n z e i c h n e t**, dass ein Teil des Volumens im  
Hauptbremszylinders (5) in eine oder mehrere Nachförder-  
kammer(n) (20) mittels des Hauptbremszylinders (5) bei

geöffnetem Nachförderventil (8) verdrängt wird, wobei danach bei geschlossenem Nachförderventil (8) und geöffnetem Regelventil (7) die Bremskolben in den Radbremsen (RB) durch Zurückfahren der Kolben (3, 4) des Hauptbremszylinders (5) von den Bremsscheiben zur Erzielung eines Belaglüftspiels abgehoben werden.

22. Verfahren nach Anspruch 20 oder 21, **d a d u r c h g e - k e n n z e i c h n e t**, dass das Belaglüftspiel in den Radbremsen (RB) nacheinander oder gleichzeitig oder paarweise eingestellt wird.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 22, **d a - d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, dass ein Ventil (18), welches in der den Vorratsbehälter (6) mit dem Hauptbremszylinder (5) verbindenden Leitung (L) angeordnet ist, während der Erzeugung eines Unterdruck durch Zurückfahren der Kolben (3,4) des Hauptbremszylinders (5) geschlossen ist.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 23, **d a - d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, dass eine definierter Hub der Kolben (3,4) anhand des mittels eines Sensors (12) ermittelten Drucks in der Bremsleitung (BL) oder im Hauptbremszylinder (5) durchgeführt wird.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 24, **d a - d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, dass der Kolben (9) der Nachförderkammer (20) sich in einer Zwischenstellung befindet, sodass diese weiteres Volumen für die Unterdrucksteuerung oder Einstellung des Belaglüftspiels aufnehmen kann.

26. Verfahren nach Anspruch 25, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, dass diese Zwischenstellung durch gezielte Öffnungszeiten der Magnetventile (8) und Zurückgabe des Volumens in die Arbeitsräume (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>) des Haupt-

bremszylinders (5) erfolgt, während der Zeiten, während nicht gebremst wird.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 26, **d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, dass die Einregelung der Zwischenstellung des Kolbens (9) einer Nachförderkammer (20) mittels des Positionsgeber (24) erfolgt
28. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 27, **d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, dass das in einer Nachförderkammer (20) gespeicherte Volumen an Bremsflüssigkeit vor Beginn einer Bremsung durch einen externes Signal zur Vorfüllung der Bremse durch Öffnen des Nachförderventils (8) und optional eines oder aller Regelventile (7) bereitgestellt wird.
29. Verfahren nach Anspruch 28, **d a d u r c h g e k e n n -  
z e i c h n e t**, dass dieses Volumen bei der Unterdrucksteuerung so bemessen wird, dass bei der Vorfüllung der Bremse ein Druck von ca. 5 bar entsteht.
30. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 29, **d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, dass zur Einstellung eines Bremsluftspiels zwischen Bremsscheibe und Bremsbelag einer Radbremse (RB) mittels der Kolben (3, 4) ein Unterdruck in den Arbeitsräumen ( $A_1$ ,  $A_2$ ) des Bremskraftverstärkers erzeugt wird, wobei gleichzeitig das jeweilige oder die Ventil(e) (7) geöffnet ist bzw. sind und die Leitung (L), welche den jeweiligen Arbeitsraum ( $A_1$ ,  $A_2$ ) des Bremskraftverstärkers mit dem Vorratsbehälter (6) oder der Nachfördereinrichtung (20') verbindet, mittels des Ventils (18; 19, 19a) verschlossen ist.
31. Verfahren nach Anspruch 20 bis 30, **d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t**, dass zur Aufhebung des Belagluftspiels die Ventile (18, 18a) geschlossen und danach die

Ventile (7) sowie das jeweilige Ventil (8, 19, 19a) geöffnet wird.

32. Verfahren nach Anspruch 31, **d a d u r c h g e k e n n -**  
**z e i c h n e t**, dass bei einem eine Bremskraft bewirken-  
5 den Druck in der jeweiligen Bremsleitung (22) die Brems-  
leitung durch Öffnen der entsprechenden Ventile (18, 18a,  
19, 19a) mit dem Vorratsbehälter (6) verbunden wird.

33. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 32, **d a -**  
**d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, dass zur Aufhe-  
10 bung des Bremsluftspiels die Ventile (8) geschlossen und  
das bzw. die Ventil(e) (7) geöffnet sind, wonach dann  
mittels der Kolben (3, 4) über die Bremsleitung (22) Hyd-  
raulikmedium in die Radbremse gefördert wird.



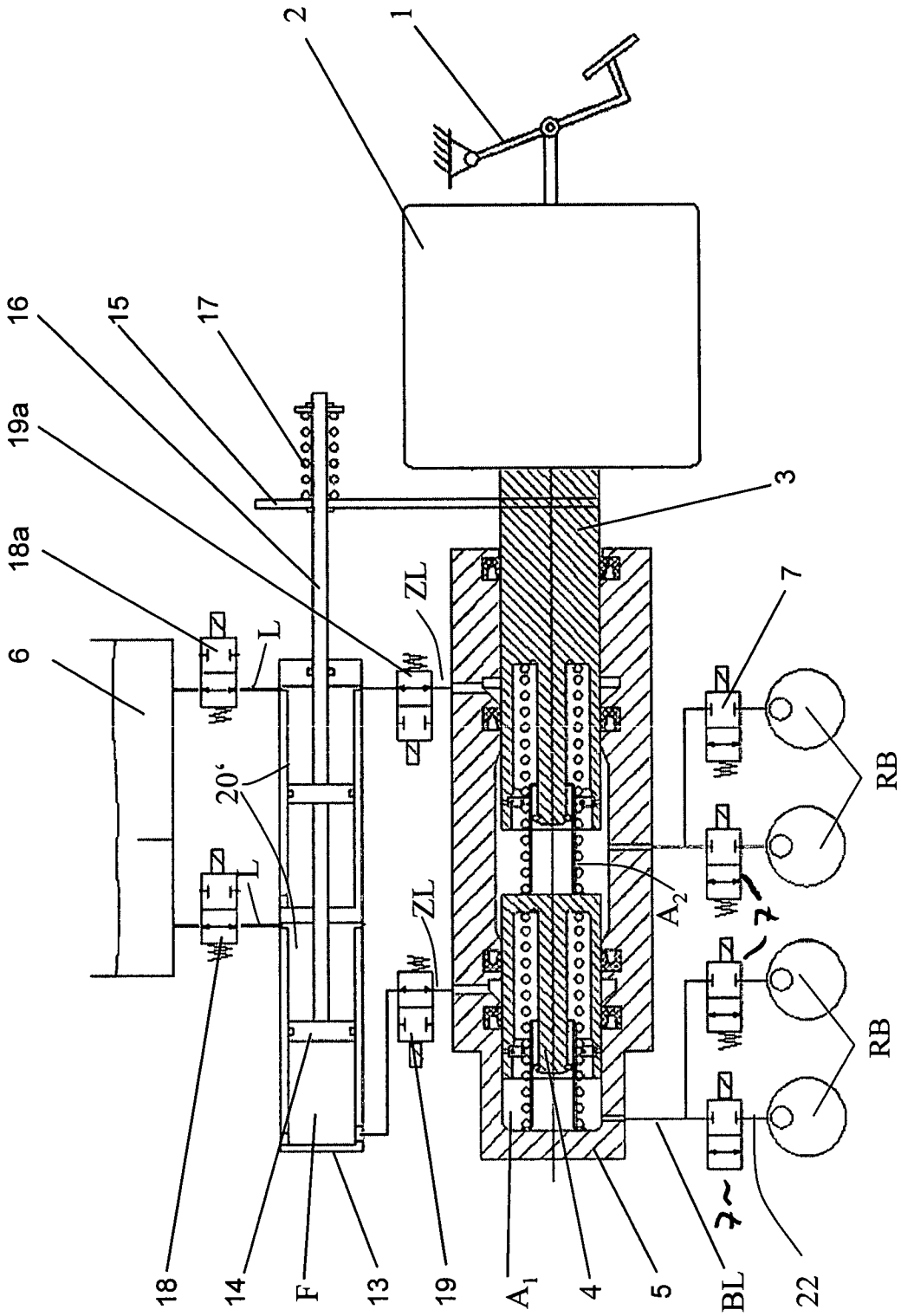


Fig. 2

