

(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  
 15. November 2012 (15.11.2012)



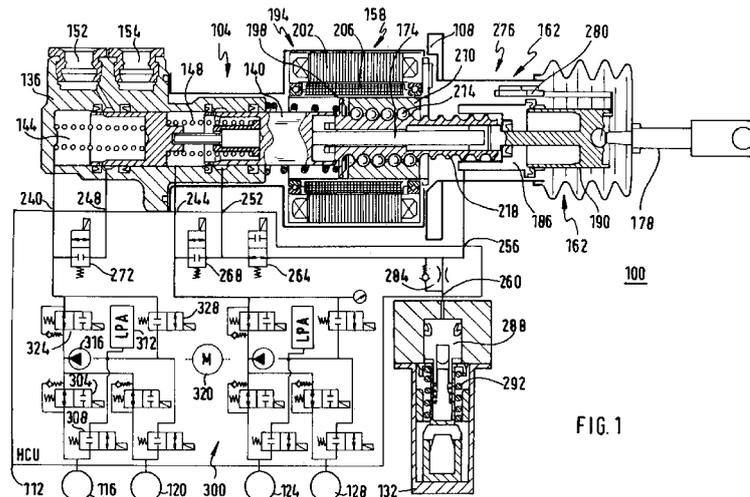
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2012/152352 A1**

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**  
**B60T 8/44** (2006.01) **B60T 13/74** (2006.01)  
**B60T 8/42** (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2012/001119
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**  
 13. März 2012 (13.03.2012)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**  
 10 2011 101 066.5 10. Mai 2011 (10.05.2011) DE
- (71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US):** LUCAS AUTOMOTIVE GMBH [DE/DE]; Carl-Spaeter-Strasse 8, 56070 Koblenz (DE).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US):** GILLES, Leo [DE/DE]; Kreisstrasse 14 A, 56077 Koblenz (DE).
- (74) **Anwalt: RÖTHINGER, Rainer;** Wuesthoff & Wuesthoff, Schweigerstrasse 2, 81541 München (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, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** HYDRAULIC VEHICLE BRAKING SYSTEM WITH ELECTROMECHANICAL ACTUATOR, AND METHOD FOR OPERATING SUCH A HYDRAULIC VEHICLE BRAKING SYSTEM

(54) **Bezeichnung :** HYDRAULISCHE FAHRZEUG-BREMSANLAGE MIT ELEKTROMECHANISCHEM AKTUATOR UND VERFAHREN ZUM BETRIEBEN EINER DERARTIGEN HYDRAULISCHEN FAHRZEUG-BREMSANLAGE



(57) **Abstract:** The invention relates to three hydraulic vehicle braking systems (100, 400, 500). Each braking system (100, 400, 500) comprises a master cylinder (136) having at least one slidable piston (140), a mechanical actuator (162) that is coupled, or can be coupled, to a brake pedal for actuating the piston (140), and an electromechanical actuator (158). The electromechanical actuator is likewise provided for actuating the piston (140) and can be activated, at least for boosting or generating brake force, when the brake pedal is used. Furthermore, a valve arrangement (300) is provided, which has a first valve (304) per wheel brake (116) for selectively uncoupling the wheel brake (116) from the master cylinder (136), and a second valve (308) for selectively reducing the brake pressure at the wheel brake (116). The valve arrangement (300) can be controlled at least within the framework of ABS normal operation.

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2012/152352 A1

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

Es werden drei hydraulische Fahrzeug - Bremsanlage (100,400,500) beschrieben. Die Bremsanlagen (100,400,500) umfassen je einen Hauptzylinder (136) mit wenigstens einem darin verschieblich aufgenommenen Kolben (140), einen mit einem Bremspedal gekoppelten oder koppelbaren mechanischen Aktuator (162) zur Betätigung des Kolbens (140) sowie einen elektromechanischen Aktuator (158). Der elektromechanische Aktuator ist ebenfalls zur Betätigung des Kolbens (140) vorgesehen und ist zumindest zur Bremskraftverstärkung oder Bremskraftherzeugung bei einer Betätigung des Bremspedals ansteuerbar. Ferner ist eine Ventilanordnung (300) vorgesehen, die pro Radbremse (116) in ein erstes Ventil (304) zum selektiven Abkoppeln der Radbremse (116) vom Hauptzylinder (136) und ein zweites Ventil (308) zum selektiven Bremsdruckabbau an der Radbremse (116) besitzt. Die Ventilanordnung (300) ist dabei zumindest im Rahmen eines ABS - Regelbetriebs ansteuerbar.

HYDRAULISCHE FAHRZEUG-BREMSANLAGE MIT ELEKTROMECHANISCHEM AKTUATOR UND VERFAHREN  
ZUM BETREIBEN EINER DERARTIGEN HYDRAULISCHEN FAHRZEUG-BREMSANLAGE

5

## Technisches Gebiet

10 Die vorliegende Offenbarung betrifft allgemein das Gebiet der Fahrzeug-Bremsanlagen. Genauer gesagt wird eine hydraulische Fahrzeug-Bremsanlage beschrieben, die mit einem elektromechanischen Aktuator ausgerüstet ist.

## Hintergrund

15 Elektromechanische Aktuatoren finden bereits seit geraumer Zeit in Fahrzeug-Bremsanlagen Verwendung oder wurden für eine solche Verwendung vorgeschlagen. Bei hydraulischen Bremsanlagen gelangen elektromechanische Aktuatoren beispielsweise zur Realisierung einer elektrischen Parkbremsfunktion (EPB) zum Einsatz. Bei elektromechanischen Bremsanlagen (EMB) ersetzen sie die herkömmlichen Hydraulikzylinder an den Radbremsen.

Aufgrund technischer Fortschritte hat sich die Leistungsfähigkeit der elektromechanischen Aktuatoren fortlaufend erhöht. Es wurde daher in Erwägung gezogen, derartige Aktuatoren auch zur Implementierung moderner Bremsregelfunktionen heranzuziehen. Zu solchen Bremsregelfunktionen zählen ein Antiblockiersystem (ABS), eine Antriebsschlupfregelung (ASR) oder ein elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP), auch als Fahrzeugstabilitätsregelung (Vehicle Stability Control, VSC) bezeichnet. So lehrt die WO 2006/111393 A1 eine hydraulische Bremsanlage mit einem hochdynamischen elektromechanischen Aktuator, der die Druckmodulation im Bremsregelbetrieb übernimmt. Der Aktuator ist dazu vorgesehen, einen Hauptzylinder der Bremsanlage zu betätigen.

35 Aufgrund der hohen Dynamik des elektromechanischen Aktuators lassen sich die hydraulischen Komponenten der aus der WO 2006/111393 A1 bekannten Bremsanlage auf ein einziges 2/2-Wege-Ventil pro Radbremse reduzieren. Zur Realisierung

- 2 -

radindividueller Druckmodulationen werden die Ventile dann einzeln oder gruppenweise im Multiplex-Betrieb angesteuert.

Aus der Minimierung auf lediglich ein Ventil pro Radbremse resultieren jedoch auch Probleme, wie ein ungewollter Druckausgleich bei gleichzeitig geöffneten Ventilen, die auf aufwändige Weise wieder gelöst werden müssen (vgl. WO 2010/091883 A1).  
Nachteilig ist ferner, dass der Multiplexbetrieb einen elektromechanischen Aktuator erfordert, dessen Dynamikbereich gegenüber herkömmlichen elektromechanischen Aktuatoren um wenigstens einen Faktor in der Größenordnung von 4 höher sein muss.

### **Kurzer Abriss**

Es ist daher eine hydraulische Fahrzeug-Bremsanlage mit einem elektromechanischen Aktuator bereitzustellen, welche einen oder mehrere der mit dem Multiplex-Betrieb einhergehenden Nachteile vermeidet.

Gemäß einem ersten Aspekt wird eine hydraulische Fahrzeug-Bremsanlage angegeben, die Folgendes umfasst: einen Hauptzylinder mit wenigstens einem darin verschieblich aufgenommenen Kolben, einen mit einem Bremspedal gekoppelten oder koppelbaren mechanischen Aktuator zur Betätigung des Kolbens, einen elektromechanischen Aktuator zur Betätigung des Kolbens, wobei der elektromechanische Aktuator zumindest zur Bremskraftverstärkung oder Bremskraftherzeugung bei einer Betätigung des Bremspedals ansteuerbar ist, und eine erste Ventilanordnung, die pro Radbremse ein erstes Ventil zum selektiven Abkoppeln der Radbremse vom Hauptzylinder und ein zweites Ventil zum selektiven Bremsdruckabbau an der Radbremse besitzt, wobei die erste Ventilanordnung zumindest im Rahmen eines ABS-Regelbetriebs ansteuerbar ist.

Gemäß einer ersten Variante ist der elektromechanische Aktuator zur Betätigung des Hauptzylinder-Kolbens im Rahmen einer Bremskraftverstärkung ausgebildet. Die zu verstärkende Bremskraft kann in diesem Fall auf den Hauptzylinder-Kolben mittels des mechanischen Aktuators ausgeübt werden. Gemäß einer anderen Variante ist der elektromechanische Aktuator zur Betätigung des Hauptzylinder-Kolbens zur Bremskraftherzeugung ausgebildet. Diese Variante kann beispielsweise im Rahmen eines Brake-By-Wire (BBW)-Betriebs zum Einsatz kommen, in dem das Bremspedal vom Hauptzylinder-Kolben normalerweise mechanisch entkoppelt ist. Bei einer für den BBW-Betrieb ausgelegten Bremsanlage kommt der mechanische Aktuator etwa bei

- 3 -

Ausfall einer BBW-Komponente (also bei einer Notbremsung) zur Betätigung des Hauptzylinder-Kolbens zum Einsatz.

5 Zur Ansteuerung des elektromechanischen Aktuators, der ersten Ventilanordnung sowie optionaler weiterer Komponenten der Fahrzeug-Bremsanlage kann die Bremsanlage geeignete Ansteuereinrichtungen aufweisen. Diese Ansteuereinrichtungen können elektrische, elektronische oder programmgesteuerte Baugruppen sowie Kombinationen hiervon umfassen. Beispielsweise können die Ansteuereinrichtungen in einem gemeinsamen oder aber in getrennten Steuergeräten (Electronic Control  
10 Units, ECUs) bereitgestellt werden.

Der elektromechanische Aktuator kann einen Elektromotor sowie ein abtriebsseitig mit dem Elektromotor gekoppeltes Getriebe aufweisen. Das Getriebe kann sich konzentrisch oder auch parallel zum mechanischen Aktuator erstrecken. Gemäß einer  
15 Variante ist das Getriebe als eine Mutter/Spindel-Anordnung (z.B. als Kugelgewindetrieb) ausgebildet, es sind jedoch auch andere Varianten (z.B. ein Zahnstangen-Gewinde) denkbar.

Der Elektromotor des elektromechanischen Aktuators kann einen sich konzentrisch zum mechanischen Aktuator erstreckenden Rotor aufweisen. Der Rotor kann ein als  
20 Mutter/Spindel-Anordnung ausgebildete Gewinde antreiben oder eine Komponente der Mutter/Spindel-Anordnung bilden.

Gemäß einer Variante umfasst die hydraulische Fahrzeug-Bremsanlage ferner eine  
25 Entkoppeleinrichtung zum selektiven Entkoppeln des Bremspedals vom Hauptzylinder-Kolben. Ferner kann eine Simulationseinrichtung vorgesehen sein, welche ein für den Fahrer gewohntes Pedalrückwirkungsverhalten bei vom Kolben entkoppeltem Bremspedal bereitstellt. Die Simulationseinrichtung kann auf einem hydraulischen Funktionsprinzip basieren. So kann die Simulationseinrichtung beispielsweise als  
30 Zylinder/Kolben-Anordnung zur rückwirkungsbehafteten Aufnahme von Hydraulikfluid ausgebildet sein.

Je nach Ausgestaltung der Fahrzeug-Bremsanlage kann das selektive Entkoppeln des Bremspedals vom Hauptzylinder-Kolben mittels der Entkoppeleinrichtung zu unterschiedlichen Zwecken geschehen. Bei einer gemäß dem BBW-Prinzip ausgelegten  
35 Bremsanlage kann abgesehen von einem Notbremsbetrieb (in dem das Bremspedal über den mechanischen Aktuator mit dem Hauptzylinder-Kolben gekoppelt ist) eine

ständige Entkopplung vorgesehen sein. Bei einer regenerativen Bremsanlage kann eine derartige Entkoppelung zumindest im Rahmen eines regenerativen Bremsbetriebs (Generatorbetrieb) erfolgen. Bei anderen Bremsanlagen können die Entkopplereinrichtung sowie die Simulationseinrichtung auch völlig entfallen.

5

Die Fahrzeug-Bremsanlage kann ferner wenigstens einen Niederdruckspeicher umfassen, der im Rahmen eines Bremsdruckabbaus aus den Radbremsen abgelassenes Hydraulikfluid aufnimmt. Der wenigstens eine Niederdruckspeicher kann über das jeder Radbremse zugeordnete zweite Ventil mit der entsprechenden Radbremse koppelbar sein. Ferner kann der Niederdruckspeicher zur Abgabe des aufgenommenen Hydraulikfluids über ein Rückschlagventil mit einer Eingangsseite des ersten Ventils gekoppelt sein. Das Rückschlagventil ist gemäß einer Ausbildung derart geschaltet, dass kein aus dem Hauptzylinder verdrängtes Hydraulikfluid unmittelbar in den Niederdruckspeicher gelangen kann.

15

Als Option umfasst die Fahrzeug-Bremsanlage einen elektrisch betriebenen und zusätzlich zum Hauptzylinder vorgesehenen Hydraulikdruckerzeuger. Der Hydraulikdruckerzeuger kann beispielsweise eine Hydraulikpumpe oder eine Plunger-Anordnung sowie einen Elektromotor zur Betätigung derselben umfassen. Der wenigstens eine Niederdruckspeicher kann zur Abgabe des aufgenommenen Hydraulikfluids an eine Eingangsseite des Hydraulikdruckerzeugers gekoppelt sein. Auf diese Weise kann das vom Hydraulikdruckerzeuger geförderte Hydraulikfluid (auch) aus dem Niederdruckspeicher entnommen werden.

20

Der Hydraulikdruckerzeuger kann in einem von der Bremskraftverstärkung oder Bremskraftherzeugung verschiedenen Bremsregelbetrieb ansteuerbar sein. Wie bereits oben erläutert, kann eine entsprechende Ansteuereinrichtung ein geeignetes programmiertes Steuergerät umfassen. Bei Vorsehen des Hydraulikdruckerzeugers, der in einem von der Bremskraftverstärkung oder Bremskraftherzeugung verschiedenen Bremsregelbetrieb ansteuerbar ist, kann gemäß einer Variante der elektromechanische Aktuator ausschließlich für den Zweck der Bremskraftverstärkung oder Bremskraftherzeugung bei Betätigung des Bremspedals ansteuerbar sein. Alternativ hierzu kann der elektromechanische Aktuator zusätzlich in wenigstens einem vom ABS-Regelbetrieb verschiedenen Bremsregelbetrieb ansteuerbar sein, wobei in diesem Fall der Hydraulikdruckerzeuger ausschließlich im ABS-Regelbetrieb ansteuerbar sein kann. Dieser vom ABS-Regelbetrieb verschiedene Bremsregelbetrieb kann einen Schlupfregelbetrieb und/oder ein elektronische Stabilitätsprogramm (ESP) umfassen.

35

Im Hinblick auf den Schlupfregelbetrieb sowie das elektronische Stabilitätsprogramm kann eine zweite Ventilanordnung vorgesehen sein, die ein selektives Abkoppeln des Hauptzylinders von einer Ausgangsseite des Hydraulikdruckerzeugers in den genannten Betriebsarten (Schlupfregelbetrieb/ESP) ermöglicht. Die zweite Ventilanordnung kann beispielsweise pro Bremskreis ein 2/2-Wege-Ventil umfassen.

Bei einer alternativen Ausgestaltung der hydraulischen Fahrzeug-Bremsanlage umfasst diese keinen zusätzlich zum Hauptzylinder vorgesehenen, elektromotorisch betätigbaren Hydraulikdruckerzeuger. In diesem Fall können sämtliche im Rahmen eines Bremsregelbetriebs anfallenden Druckmodulationen mittels des elektromechanischen Aktuators realisiert werden. Der elektromechanische Aktuator kann somit zusätzlich zur Bremskraftverstärkung oder Bremskraftherzeugung bei einer Betätigung des Bremspedals (v.a. bei einer Betriebsbremsung) auch im Rahmen eines Bremsregelbetriebs (einschließlich eines ABS-Regelbetriebs) ansteuerbar sein.

Gemäß einer Realisierung umfasst die Fahrzeug-Bremsanlage eine dritte Ventilanordnung, die den Abbau von Hydraulikdruck an den Radbremsen bei Ausfall des elektromechanischen Aktuators ermöglicht. Die dritte Ventilanordnung kann dazu ausgebildet sein, bei geöffnetem ersten Ventil die zugehörige Radbremse zum Hydraulikdruckabbau selektiv mit einem drucklosen Hydraulikreservoir zu koppeln.

Alternativ oder zusätzlich zum Hydraulikdruckabbau kann die dritte oder eine vierte Ventilanordnung auch dazu ausgelegt sein, wenigstens eine Kammer des Hauptzylinders, in welcher der Hauptzylinder-Kolben aufgenommen ist, selektiv mit einem drucklosen Hydraulikfluidreservoir zu koppeln. Eine derartige Kopplung kann beispielsweise im regenerativen Bremsbetrieb wünschenswert sein. Auf diese Weise kann im regenerativen Bremsbetrieb bei einer Betätigung des Hauptzylinder-Kolbens das Hydraulikfluid aus der wenigstens einen Hauptzylinder-Kammer zum drucklosen Hydraulikfluidreservoir gelangen, ohne dass es zu einem (im regenerativen Bremsbetrieb in der Regel unerwünschten) Bremsdruckaufbau an den Radbremsen kommt.

Es wird ferner ein Verfahren zum Betreiben einer hydraulischen Fahrzeug-Bremsanlage angegeben. Die Fahrzeug-Bremsanlage besitzt einen Hauptzylinder mit wenigstens einem darin verschieblich aufgenommenen Kolben, einen mit einem Bremspedal gekoppelten oder koppelbaren mechanischen Aktuator zur Betätigung des Kolbens, einen elektromechanischen Aktuator zur Betätigung des Kolbens sowie

- 6 -

eine erste Ventilanordnung, die pro Radbremse ein erstes Ventil zum selektiven Abkoppeln der Radbremse vom Hauptzylinder und ein zweites Ventil zum selektiven Bremsdruckabbau an der Radbremse besitzt. Das Verfahren umfasst das Ansteuern des elektromechanischen Aktuators zumindest zur Bremskraftverstärkung oder Bremskraftherzeugung bei einer Betätigung des Bremspedals sowie das Ansteuern der ersten Ventilanordnung zumindest im Rahmen eines ABS-Regelbetriebs. Das Ansteuern des elektromechanischen Aktuators sowie der ersten Ventilanordnung kann zeitlich versetzt oder zeitlich überlappend erfolgen.

### **Kurze Beschreibung der Zeichnungen**

Weitere Vorteile, Aspekte und Einzelheiten der hier vorgestellten hydraulischen Fahrzeug-Bremsanlage ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung exemplarischer Ausführungsbeispiele sowie aus den Figuren. Es zeigen:

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel einer hydraulischen Fahrzeug-Bremsanlage;

Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel einer hydraulischen Fahrzeug-Bremsanlage;  
und

Fig. 3 ein drittes Ausführungsbeispiel einer hydraulischen Fahrzeug-Bremsanlage;

### **Detaillierte Beschreibung**

Fig. 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel einer hydraulischen Fahrzeug-Bremsanlage 100, die auf dem Brake-By-Wire (BBW)-Prinzip basiert und optional (z. B. bei Hybrid-Fahrzeugen) auch in einem regenerativen Modus betrieben werden kann. Die Bremsanlage 100 umfasst eine Hauptzylinder-Baugruppe 104, die an einer Spritzwand 108 des Fahrzeugs montiert ist, eine hydraulische Steuereinheit (Hydraulic Control Unit, HCU) 112, die funktional zwischen der Hauptzylinder-Baugruppe 104 und Radbremsen 116, 120, 124, 128 des Fahrzeugs angeordnet ist, sowie eine Simulationseinrichtung 132 zum Bereitstellen eines Pedalrückwirkungsverhaltens. Die HCU 112 ist als integrierte Baugruppe ausgebildet und umfasst eine Vielzahl von Einzelkomponenten sowie mehrere Fluideinlässe und Fluidauslässe.

Die Hauptzylinder-Baugruppe 104 weist einen Hauptzylinder 136 mit einem darin verschieblich aufgenommenen Kolben 140 auf. Der Hauptzylinder-Kolben 140 ist als

- 7 -

Tandemkolben ausgebildet und definiert im Hauptzylinder 136 zwei voneinander getrennte Hydraulikkammern 144, 148. Die beiden Hydraulikkammern 144, 148 des Hauptzylinders 136 sind zur Versorgung mit Hydraulikfluid über jeweils einen Anschluss 152, 154 mit einem drucklosen Hydraulikfluid-Reservoir (nicht dargestellt) verbunden.

Die Hydraulik-Baugruppe 104 umfasst ferner einen elektromechanischen Aktuator 158 sowie einen mechanischen Aktuator 162. Sowohl der elektromechanische Aktuator 158 als auch der mechanische Aktuator 162 ermöglichen eine Betätigung des Hauptzylinder-Kolbens 140 und wirken dazu auf eine eingangsseitige Stirnfläche des Hauptzylinder-Kolbens 140 ein. Die Aktuatoren 158, 162 sind derart ausgebildet, dass sie unabhängig voneinander den Hauptzylinder-Kolben 140 zu betätigen vermögen.

Der mechanische Aktuator 162 besitzt ein Betätigungsglied 174, das stangenförmig ausgebildet ist und unmittelbar auf die eingangsseitige Stirnfläche des Hauptzylinder-Kolbens 140 einzuwirken vermag. Ferner weist der mechanische Aktuator 162 ein Eingangsglied 178 auf. Das Eingangsglied 178 ist dazu ausgebildet, gelenkig mit einem Bremspedal (nicht dargestellt) gekoppelt zu werden.

Eine Entkoppelinrichtung 182 ist funktional zwischen dem Eingangsglied 178 und dem Betätigungsglied 174 vorgesehen. Die Entkoppelinrichtung 182, welche als Teil des mechanischen Aktuators 162 aufgefasst werden kann, ermöglicht ein selektives Entkoppeln des Hauptzylinder-Kolbens 140 vom Bremspedal. Hierzu umfasst die Entkoppelinrichtung 182 eine Hydraulikkammer 186 sowie einen in der Hydraulikkammer 186 verschieblich aufgenommenen Stößelkolben 190. Der Stößelkolben 190 ist eingangsseitig über ein Kugelgelenk mit dem Eingangsglied 178 gekoppelt. Ausgangsseitig wirkt der Stößelkolben 190 im Notbremsbetrieb unmittelbar auf die dem Hauptzylinder-Kolben 140 abgewandte Stirnseite des Betätigungsglieds 174 ein. Die Funktionsweise der Entkoppelinrichtung 182 wird später im Zusammenhang mit der HCU 112 näher erläutert.

Der elektromechanische Aktuator 158 weist einen Elektromotor 194 sowie ein dem Motor 194 abtriebsseitig nachfolgendes Getriebe 198 auf. Der Motor 194 besitzt eine zylindrische Bauform und erstreckt sich konzentrisch zum Hauptzylinder-Kolben 140 sowie zum Betätigungsglied 174 des mechanischen Aktuators 162. Genauer gesagt ist der Motor 194 radial außen bezüglich dieser Komponenten 140, 174 angeordnet.

- 8 -

Der Motor 194 umfasst einen Stator 202 sowie einen radial innen bezüglich des Stators 202 vorgesehenen Rotor 206. Der Rotor 206 erstreckt sich konzentrisch zum Hauptzylinder-Kolben 140 sowie zum Betätigungsglied 174 des mechanischen Aktuators 162.

5  
Der Rotor 206 des Motors 194 ist drehfest mit dem als Kugelgewindetrieb ausgebildeten Getriebe 198 gekoppelt. Hierbei treibt der Rotor 206 ein axial unverschieblich gelagertes Hüslenglied 210 des Getriebes 198 an. Die Drehbewegung des Hüslenglieds 210 überträgt sich über eine Vielzahl von Kugeln 214 auf eine axial verschieblich gelagerte Hohlspindel 218 des Getriebes 198, so dass die Drehbewegung des Hüslenglieds 210 zu einer axialen Verschiebung der Hohlspindel 218 führt. Die in Fig. 1 linke Stirnseite der Hohlspindel 218 kann dabei in Anlage an die in Fig. 1 rechte Stirnseite des Hauptzylinder-Kolbens 140 gelangen und in Folge dessen den Hauptzylinder-Kolben 140 in Fig. 1 nach links verschieben. Alternativ hierzu lässt sich der Hauptzylinder-Kolben 140 auch von dem sich durch die Hohlspindel 218 erstreckenden Betätigungsglied 174 des mechanischen Aktuators 162 in Fig. 1 nach links verschieben. Ein Verschieben des Hauptzylinder-Kolbens 140 in Fig. 1 nach rechts wird mittels des in den Hydraulikkammern 144, 148 herrschenden Hydraulikdrucks (bei Loslassen des Bremspedals und Verschieben der Hohlspindel 218 nach rechts) bewerkstelligt.

In dem in Fig. 1 veranschaulichten Ausführungsbeispiel umfasst die Fahrzeug-Bremsanlage zwei Bremskreise, wobei die beiden Hydraulikkammern 114, 148 des Hauptzylinders 136 jeweils einem Bremskreis zugeordnet sind. Die HCU 112 besitzt pro Bremskreis einen mit der jeweiligen Hydraulikkammer 144, 148 gekoppelten Einlass 240, 244 für Hydraulikfluid sowie jeweils einen entsprechenden Auslass 248, 252. Die beiden Auslässe 248, 252 sind über entsprechende Ringkammern im Hauptzylinder 138 und die Hauptzylinder-Anschlüsse 152, 154 mit dem in Fig. 1 nicht dargestellten drucklosen Hydraulikfluid-Reservoir verbunden. Die HCU 112 besitzt ferner einen Hydraulikanschluss 256 für die Hydraulikkammer 186 der Entkoppeleinrichtung 182 sowie einen weiteren Hydraulikanschluss 260 für die Simulationseinrichtung 132.

Der Einlass 240 und der Auslass 248 der Hydraulikkammer 144 können über ein 2/2-Wege-Ventil 272 miteinander verbunden werden. Auch zwischen dem Einlass 244 und dem Auslass 252 der Hydraulikkammer 148 ist ein 2/2-Wege-Ventil 268 angeordnet. Die beiden Ventile 264, 272 ermöglichen den Abbau von Hydraulikdruck an den Radbremzen 116, 120, 124, 128 bei Ausfall (z.B. Blockierung) des elektromecha-

nischen Aktuators 158. Zu diesem Zweck werden die beiden Ventile 268, 272 in ihre geöffnete Stellung übergeführt, wodurch Hydraulikfluid aus den Radbremsen 116, 120, 124, 128 über die Anschlüsse 152, 154 in das drucklose Hydraulikfluid-Reservoir zurückströmen kann.

5

Die beiden Ventile 264, 272 ermöglichen darüber hinaus im regenerativen Bremsbetrieb (Generatorbetrieb) einen gezielten hydraulischen Kurzschluss zwischen den beiden Hauptzylinder-Kammern 144, 148 einerseits und auf der anderen Seite dem drucklosen Hydraulikfluidreservoir, welches über die Anschlüsse 152, 154 mit den Kammern 144, 148 verbunden wird. Aufgrund dieses hydraulischen Kurzschlusses wird das bei einer Förderbewegung des Hauptzylinder-Kolbens 140 aus den Kammern 144, 148 verdrängte Hydraulikfluid nicht zu den Radbremsen 116, 120, 124, 128 befördert, sondern kann unmittelbar zum drucklosen Hydraulikfluidreservoir gelangen, ohne dass es zu einem (im regenerativen Bremsbetrieb in der Regel unerwünschten) Hydraulikdruckaufbau an den Radbremsen 116, 120, 124, 128 käme. Es ist darauf hinzuweisen, dass der regenerative Bremsbetrieb achsweise implementiert sein kann. Daher kann im Fall einer achsbezogenen Bremskreisauftteilung im regenerativen Bremsbetrieb eines der beiden Ventile 272, 268 geschlossen und das andere geöffnet sein.

10  
15  
20

Ein weiteres 2/2-Wege-Ventil 264 ist zwischen dem Hydraulikanschluss 256 für die Hydraulikkammer 186 sowie dem Auslass 252 vorgesehen. Das Ventil 264 ermöglicht eine selektive Aktivierung der Simulationseinrichtung 132 und der Entkoppeleinrichtung 182.

25

Nachfolgend wird zunächst die Funktionsweise der HCU 112 in Bezug auf die Entkoppeleinrichtung 182 und die Simulationseinrichtung 132 erläutert. In diesem Zusammenhang ist nochmals darauf hinzuweisen, dass die Fahrzeug-Bremsanlage 100 gemäß dem Ausführungsbeispiel in Fig. 1 auf dem Prinzip des Brake-By-Wire (BBW) basiert. Dies bedeutet, dass im Rahmen einer normalen Betriebsbremsung das Bremspedal vom Kolben 140 des Hauptzylinders 136 entkoppelt und die Simulationseinrichtung 132 aktiviert ist. Eine Koppelung des Hauptzylinder-Kolbens 140 mit dem Bremspedal (über das Betätigungsglied 174) erfolgt beispielsweise bei Ausfall einer BBW-Komponente des elektromechanischen Aktuators 158, also im Notbremsbetrieb.

30  
35

Für eine Notbremsung befindet sich das Ventil 264 der HCU 112, wie in Fig. 1 veranschaulicht, in einer geöffneten Stellung, während die beiden weiteren Ventile 268,

- 10 -

272 sich in einer geschlossenen Stellung befinden. In der geöffneten Stellung des Ventils 264 nimmt die Entkoppeleinrichtung 182 ihre Koppelstellung ein. In der Koppelstellung ist das Bremspedal mit dem Kolben 140 des Hauptzylinders 136 gekoppelt.

5

Die Notbremsung wird eingeleitet durch Niedertreten des Bremspedals, wodurch sich das Eingangsglied 178 in Fig. 1 nach links verschiebt. Von dieser Verschiebung des Eingangsglieds 178 wird auch der Stößelkolben 190 erfasst, der sich daraufhin ebenfalls nach links verschiebt. Die Verschiebung des Stößelkolbens 190 führt dazu, dass  
10 Hydraulikfluid aus der Hydraulikkammer 186 der Entkoppeleinrichtung 182 verdrängt wird und über das Ventil 264, die im Hauptzylinder 136 ausgebildete Ringkammer sowie den Anschluss 154 in das drucklose Hydraulikfluid-Reservoir gelangt. Die Verschiebung des Stößelkolbens 190 in Fig. 1 überträgt sich über das Betätigungsglied 174 auf den Hauptzylinder-Kolben 140. In Folge dessen verschiebt sich auch der  
15 Hauptzylinder-Kolben 140 in Fig. 1 nach links, wodurch Hydraulikfluid aus den Hydraulikkammern 144, 148 des Hauptzylinders 136 über die HCU 112 zu den Radbremsen 116, 120, 124, 128 gefördert wird.

Bei einer Betriebsbremsung ist hingegen zur Aktivierung der Simulationseinrichtung 132 und der Entkoppeleinrichtung 182 das Ventil 264 geschlossen. Aus diesem Grund kann das bei einer Betätigung des Bremspedals aus der Hydraulikkammer 186 der Entkoppeleinrichtung 182 verdrängte Hydraulikfluid nicht mehr zum drucklosen Hydraulikfluid-Reservoir gelangen, sondern wird über eine Drosseleinrichtung 284 mit parallel geschaltetem Rückschlagventil in die Simulationseinrichtung 132 gefördert.  
20 Die Simulationseinrichtung 132 besitzt eine Hydraulikkammer mit einem darin angeordneten, federkraftbeaufschlagten Simulatorkolben 288. Die Kennlinie der den Simulatorkolben 288 vorspannenden Schraubenfeder 292 ist derart gewählt, dass das aus einem Verschieben des Hauptzylinder-Kolbens 140 resultierende Pedalrückwirkungsverhalten simuliert wird.

30

Im Rahmen der Betriebsbremsung übernimmt der elektromechanische Aktuator 158 im BBW-Modus eine Bremskrafterzeugungsfunktion. Dabei wird die durch Niedertreten des Bremspedals angeforderte Bremskraft dadurch erzeugt, dass mittels des Elektromotors 194 die Hohlspindel 198 in Fig. 1 nach links bewegt und dadurch eine Kraft auf den Hauptzylinder-Kolben 140 ausgeübt wird. Die Höhe der daraus resultierenden Bremskraft wird in Abhängigkeit der sensorisch erfassten Bremspedalbetätigung eingestellt. Zu diesem Zweck ist ein Pedalwegsensor 276 vorgesehen, dessen  
35

- 11 -

Ausgangssignal von einem den Elektromotor 194 ansteuernden Steuergerät (nicht dargestellt) ausgewertet wird. Der Pedalwegsensor 276 umfasst einen starr mit dem Stößelkolben 190 gekoppelten Signalgeber 280 sowie einen den Signalgeber 280 erfassenden Detektor (nicht dargestellt).

5

Bei einer Betriebsbremsung im BBW-Modus wird stets sichergestellt, dass, wie in Fig. 1 erkennbar, ein gewisser Abstand zwischen den einander zugewandeten Stirnseiten des Betätigungsglieds 174 einerseits und des Stößelkolbens 190 andererseits herrscht. Dieser Abstand entspricht einer Entkopplung des Bremspedals vom Kolben 140 des Hauptzylinders 136 und damit einer Aktivierung der Entkoppeleinrichtung 182. Zur Aufrechterhaltung des Abstands wird die Position des Stößelkolbens 190 (bzw. des Bremspedals) mittels des Sensors 276 fortlaufend erfasst und der Elektromotor 194 in Abhängigkeit der Position des Stößelkolbens 190 derart angesteuert, dass das magnetisch mit der Hohlspindel 218 gekoppelte Betätigungsglied 174 (unter Betätigung des Kolbens 140 des Hauptzylinders 136) zusammen mit der Hohlspindel 218 in Fig. 1 nach links bewegt wird.

10

Die HCU 112 besitzt in Bezug auf den Bremsregelbetrieb (ABS, ASR, ESP, etc.) einen im Prinzip herkömmlichen Aufbau mit insgesamt 12 Ventilen (zusätzlich zu den bereits erläuterten Ventilen 264, 268, 272). Da der elektromechanische Aktuator 158 aufgrund einer entsprechenden Auslegung des diesem Aktuator 158 zugeordneten Steuergeräts lediglich im Rahmen einer Bremskrafterzeugung ansteuerbar ist, werden die zusätzlichen Bremsregelfunktionen in bekannter Weise mittels der HCU 112 bewerkstelligt. Zu diesem Zweck besitzt die HCU 112 eine herkömmliche ABS-Ventilanordnung 300, die nachfolgend unter beispielhafter Bezugnahme auf die Radbremse 116 näher erläutert wird.

15

20

25

Wie in Fig. 1 veranschaulicht, umfasst die ABS-Ventilanordnung 300 für die Radbremse 116 (wie auch für die weiteren Radbremsen 120, 124, 128) je ein erstes Ventil 304 zum selektiven Abkoppeln der Radbremse 116 vom Hauptzylinder 136 sowie ein zweites Ventil 308 zum selektiven Bremsdruckabbau an der Radbremse 116. Bei einer Betriebsbremsung befinden sich die beiden Ventile 304, 308 in der in Fig. 1 veranschaulichten Stellung, so dass Hydraulikfluid aus der Hydraulikkammer 144 des Hauptzylinders 136 zur Radbremse 116 (und wieder zurück) gelangen kann.

30

35

Im ABS-Regelbetrieb werden zur Realisierung von Druckerhöhungs-, Druckhalte- und Druckabbauphasen die Ventile 304, 308 von einem ABS-Steuergerät (nicht darge-

- 12 -

stellt) in geeigneter Weise angesteuert. So werden in Druckhaltephasen beide Ventile 304, 308 geschlossen, während in Druckabbauphasen das Ventil 304 geschlossen und das Ventil 308 geöffnet wird, so dass Hydraulikfluid aus der Radbremse 116 in den Niederdruckspeicher 312 gelangen kann.

5

Zum Bremsdruckaufbau im Bremsregelbetrieb (also unabhängig von einer Betätigung des Bremspedals durch den Fahrer) ist ein Hydraulikdruckerzeuger in Gestalt einer Hydraulikpumpe 316 mit einem zugeordneten Elektromotor 320 vorgesehen. Die Hydraulikpumpe 316 wird insbesondere zur Druckmodulation im ABS-Betrieb eingesetzt.

10

Ein fahrerunabhängiger Bremsdruckaufbau kann aber auch beispielsweise im Rahmen eines Schlupfregelbetriebs und/oder eines ESP-Eingriffs erforderlich werden. Zum fahrerunabhängigen Bremsdruckaufbau wird zunächst der Hauptzylinder 136 von dem Ausgang der Hydraulikpumpe 316 abgekoppelt, indem ein Sperrventil 324 geschlossen wird, während die beiden Ventile 304, 308 der ABS-Ventilanordnung 300 die in Fig. 1 veranschaulichte Stellung annehmen und ein Absperrventil 328 geöffnet wird. Das von der Hydraulikpumpe 316 geförderte Hydraulikfluid wird dabei entweder dem Niederdruckspeicher 312 entnommen oder (über das geöffnete Absperrventil 328) der Kammer 144.

15

20

Bei der in Fig. 1 veranschaulichten Ausführungsform übernimmt der elektromechanische Aktuator 158 ausschließlich die Funktion eines Bremskraftverstärkers, dem ein konventionelles Bremsregelsystem (HCU 112) in der hydraulischen Verbindung zu den Radbremsen 116, 120, 124, 128 nachgeschaltet ist. Sämtliche Bremsregelfunktionen (ABS, ASR, ESP, etc.) werden daher in herkömmlicher Weise mittels der HCU 112 implementiert.

25

Fig. 2 zeigt eine Fahrzeug-Bremsanlage 400 gemäß einem alternativen Ausführungsbeispiel. Da das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 auf dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 basiert, werden im Folgenden lediglich die Unterschiede besonders erläutert.

30

Die Fahrzeug-Bremsanlage 400 gemäß Fig. 2 besitzt eine gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel modifizierte HCU 112. Genauer gesagt umfasst die HCU 112 gemäß Fig. 2 zwar noch die ABS-Ventilanordnung 300 mit dem ABS-Regelbetrieb zugeordneter Hydraulikpumpe 316 und entsprechendem Niederdruckspeicher 312.

35

- 13 -

Die Ventile für den vom ABS-Regelbetrieb verschiedenen Bremsregelbetrieb (z.B. den ASR- und ESP-Betrieb) sind jedoch entfallen (vgl. Ventile 324 und 328 in Fig. 1).

Bei der Bremsanlage 400 gemäß Fig. 2 erfolgt die Hydraulikdruckmodulation bei  
5 einem vom ABS-Regelbetrieb verschiedenen Bremsregelbetrieb mittels des elektro-  
mechanischen Aktuators 158. Mit anderen Worten wird der elektromechanische Ak-  
tuator 158 gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel nicht nur zur Bremskrafterzeug-  
ung im Rahmen einer Betriebsbremsung, sondern auch beispielsweise im ASR-  
und/oder ESP-Regelbetrieb angesteuert. Das entsprechende Steuergerät des elekt-  
10 romechanischen Aktuators 158 ist daher gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel  
ebenfalls modifiziert.

Fig. 3 zeigt eine Fahrzeug-Bremsanlage 500 gemäß einem weiteren Ausführungsbei-  
spiel. Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 basiert auf dem Ausführungsbeispiel  
15 gemäß Fig. 2, so dass im Folgenden lediglich die Unterschiede näher erläutert wer-  
den.

Gegenüber dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 wurde bei der Bremsanlage 500  
auf den Hydraulikdruckerzeuger der HCU 112 verzichtet (vgl. Hydraulikpumpe 316  
20 und den dieser zugeordneten Elektromotor 320 in Fig. 2). Ferner ist ein Rückschlag-  
ventil 350 zwischen dem Niederdruckspeicher 312 und der Eingangsseite des ABS-  
Ventils 304 vorgesehen. Das Rückschlagventil 350 ist derart geschaltet, dass aus der  
Hydraulikkammer 144 des Hauptzylinders 136 gefördertes Hydraulikfluid nicht in den  
Niederdruckspeicher 312 gelangen kann.

25 Der elektromechanische Aktuator 158 übernimmt bei der Bremsanlage 500 gemäß  
Fig. 3 zusätzlich noch die Druckmodulation im Rahmen des ABS-Regelbetriebs. Ein  
entsprechender Regelmechanismus wird hierzu in das für den elektromechanischen  
Aktuator 158 vorgesehene Steuergerät implementiert.

30 Wie sich aus der vorstehenden Beschreibung exemplarischer Ausführungsbeispiele  
ergibt, werden an den (zumindest) für die Bremskrafterzeugung bei einer Pedalbetä-  
tigung vorgesehenen elektromechanischen Aktuator 158 lediglich herkömmliche  
Dynamikanforderungen gestellt, da bei den Fahrzeug-Bremsanlagen 100, 400, 500  
35 eine herkömmliche ABS-Ventilanordnung 300 zum Einsatz gelangen kann. Die Dyna-  
mikanforderungen an den elektromechanischen Aktuator 158 sind daher insbesonde-  
re gering im Vergleich zu Fahrzeug-Bremsanlagen gemäß dem „Multiplex“-Konzept.

- 14 -

Folglich ist der technische Aufwand für den elektromechanischen Aktuator 158 verhältnismäßig gering.

5 Darüber hinaus kann in Bezug auf die HCU 112 auf seit vielen Jahren in der Serie bewährte Komponenten zurückgegriffen werden. Diese Tatsache gewährleistet eine hohe Sicherheit in Kombination mit Kostenvorteilen.

10 Ferner gewährleistet die in den verschiedenen Ausführungsbeispielen vorgeschlagene HCU 112 eine gewisse Redundanz, welche ebenfalls die Sicherheit erhöht. So wird beispielsweise in Bezug auf die Fahrzeug-Bremsanlage 100 gemäß Fig. 1 ein redundantes System zum fahrerunabhängigen Hydraulikaufbau bereitgestellt. In Folge dessen kann bei Ausfall oder Störung des elektromechanischen Aktuators 158 noch immer ein automatischer Bremsvorgang, insbesondere eine Notbremsung, eingeleitet werden.

15 Es versteht sich, dass gemäß alternative Ausführungsbeispielen die Fahrzeug-Bremsanlage auch eine regenerative Fahrzeug-Bremsanlage oder eine herkömmliche, nicht nach dem BBW-Prinzip betriebene Fahrzeug-Bremsanlage sein kann. Auch bei solchen Ausführungsbeispielen kann die hier beschriebene Technik zum Einsatz gelangen.  
20

## Patentansprüche

- 5
1.           Hydraulische Fahrzeug-Bremsanlage (100; 400; 500), umfassend:  
              einen Hauptzylinder (136) mit wenigstens einem darin verschieblich  
              aufgenommenen Kolben (140);  
              einen mit einem Bremspedal gekoppelten oder koppelbaren mechani-  
10           schen Aktuator (162) zur Betätigung des Kolbens (140);  
              einen elektromechanischen Aktuator (158) zur Betätigung des Kolbens  
              (140), wobei der elektromechanische Aktuator (158) zumindest zur Brems-  
              kraftverstärkung oder Bremskrafterzeugung bei einer Betätigung des Brems-  
              pedals ansteuerbar ist; und  
15           eine erste Ventilanordnung (300), die pro Radbremse (116) ein erstes  
              Ventil (304) zum selektiven Abkoppeln der Radbremse (116) vom Hauptzylin-  
              der (136) und ein zweites Ventil (308) zum selektiven Bremsdruckabbau an  
              der Radbremse (116) besitzt, wobei die erste Ventilanordnung (300) zumin-  
              dest im Rahmen eines ABS-Regelbetriebs ansteuerbar ist.
- 20
2.           Fahrzeug-Bremsanlage nach Anspruch 1, wobei der elektromechanische  
              Aktuator (158) ein sich konzentrisch zum mechanischen Aktuator (162) erstre-  
              ckendes Getriebe (198) aufweist.
- 25
3.           Fahrzeug-Bremsanlage nach Anspruch 2, wobei das Getriebe (198) als  
              Mutter/Spindelanordnung (210; 214; 218) ausgebildet ist.
4.           Fahrzeug-Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
              wobei der elektromechanische Aktuator (158) wenigstens einen Elektromotor  
30           (194) mit einem sich konzentrisch zum mechanischen Aktuator (162) erstre-  
              ckenden Rotor (206) aufweist.
- 35
5.           Fahrzeug-Bremsanlage nach Anspruch 3 und Anspruch 4, wobei der Ro-  
              tor (206) die Mutter/Spindelanordnung (210) antreibt oder eine Komponente  
              der Mutter/Spindelanordnung bildet.

- 16 -

6. Fahrzeug-Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend:  
eine Entkoppeleinrichtung (182) zum selektiven Entkoppeln des Bremspedals vom Kolben (140) des Hauptzylinders (136); und  
eine Simulationseinrichtung (132) zum Bereitstellen eines Pedalrückwirkungsverhaltens bei vom Kolben (140) entkoppeltem Bremspedal.
7. Fahrzeug-Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend:  
wenigstens einen Niederdruckspeicher (312), der über das jeder Radbremse (116) zugeordnete zweite Ventil (308) mit der Radbremse (116) koppelbar ist, um im Rahmen eines Bremsdruckabbaus abgelassenes Hydraulikfluid aufzunehmen.
8. Fahrzeug-Bremsanlage nach Anspruch 7, wobei der wenigstens eine Niederdruckspeicher (312) zur Abgabe des aufgenommenen Hydraulikfluids über ein Rückschlagventil (350) mit einer Eingangsseite des ersten Ventils (304) gekoppelt ist.
9. Fahrzeug-Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend:  
einen elektrisch betriebenen und zusätzlich zum Hauptzylinder (136) vorgesehenen Hydraulikdruckerzeuger (316; 320), wobei der Hydraulikdruckerzeuger (316; 320) in einem Bremsregelbetrieb ansteuerbar ist, der von der Bremskraftverstärkung oder Bremskraftherzeugung bei einer Betätigung des Bremspedals verschiedenen ist.
10. Fahrzeug-Bremsanlage nach den Ansprüchen 7 und 9, wobei der wenigstens eine Niederdruckspeicher (312) zur Abgabe des aufgenommenen Hydraulikfluids an eine Eingangsseite des Hydraulikdruckerzeugers (316; 320) gekoppelt ist.
11. Fahrzeug-Bremsanlage nach Anspruch 9 oder 10, wobei der elektromechanische Aktuator (158) ausschließlich für den Zweck der Bremskraftverstärkung oder Bremskraftherzeugung bei einer Betätigung des Bremspedals ansteuerbar ist.

- 17 -

12. Fahrzeug-Bremsanlage nach Anspruch 9 oder 10, wobei der elektromechanische Aktuator (158) in wenigstens einem vom ABS-Regelbetrieb verschiedenen Bremsregelbetrieb ansteuerbar ist; und  
5 der Hydraulikdruckerzeuger (316; 320) ausschließlich im ABS-Regelbetrieb ansteuerbar ist.
13. Fahrzeug-Bremsanlage nach Anspruch 12, wobei der vom ABS-Regelbetrieb verschiedene Bremsregelbetrieb wenigstens eine der folgenden Betriebsarten umfasst:  
10 - einen Schlupfregelbetrieb; und  
- ein elektronisches Stabilitätsprogramm, oder ESP.
14. Fahrzeug-Bremsanlage nach einem der Ansprüche 9 bis 13, ferner umfassend:  
15 eine zweite Ventilanordnung (324), die zum selektiven Abkoppeln des Hauptzylinders (136) von einer Ausgangsseite des Hydraulikdruckerzeugers (316; 320) in wenigstens einer der folgenden Betriebsarten ausgebildet ist:  
- einem Schlupfregelbetrieb; und  
20 - einem elektronischen Stabilitätsprogramm, oder ESP.
15. Fahrzeug-Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Fahrzeug-Bremsanlage keinen zusätzlich zum Hauptzylinder (136) vorgesehenen, elektromotorisch betätigbaren Hydraulikdruckerzeuger aufweist.  
25
16. Fahrzeug-Bremsanlage nach Anspruch 15, wobei der elektromechanische Aktuator (158) im Rahmen eines Bremsregelbetriebs ansteuerbar ist, der verschieden ist von der Bremsdruckverstärkung oder Bremsdruckerzeugung bei einer Betätigung des Bremspedals.  
30
17. Fahrzeug-Bremsanlage nach Anspruch 16, wobei der Bremsregelbetrieb den ABS-Regelbetrieb umfasst.
18. Fahrzeug-Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend:  
35 eine dritte Ventilanordnung (268, 272), die zu wenigstens einem der folgenden Zwecke ausgebildet ist:

- 18 -

- zum Abbau von Hydraulikdruck bei Ausfall des elektromechanischen Aktuators (158); und
- zum selektiven Koppeln wenigstens einer Kammer (144, 148) des Hauptzylinders (136), in welcher der Kolben (140) aufgenommen ist, mit einem drucklosen Hydraulikfluidreservoir.

5

10

19. Fahrzeug-Bremsanlage nach Anspruch 18, wobei die dritte Ventilanordnung (268, 272) ausgebildet ist, bei geöffnetem ersten Ventil (304) die zugehörige Radbremse (116) zum Hydraulikdruckabbau selektiv mit einem drucklosen Hydraulikfluidreservoir zu koppeln.

15

20. Fahrzeug-Bremsanlage nach Anspruch 18 oder 19, wobei die dritte Ventilanordnung (268, 279) ausgebildet ist, im regenerativen Bremsbetrieb die Kammer (144, 148) des Hauptzylinders (136) mit dem drucklosen Hydraulikfluidreservoir zu koppeln.

20

25

30

21. Verfahren zum Betreiben einer hydraulischen Fahrzeug-Bremsanlage (100; 400; 500) mit einem Hauptzylinder (136) mit wenigstens einem darin verschieblich aufgenommenen Kolben (140), einem mit einem Bremspedal gekoppelten oder koppelbaren mechanischen Aktuator (162) zur Betätigung des Kolbens (140), einem elektromechanischen Aktuator (158) zur Betätigung des Kolbens und einer ersten Ventilanordnung (300), die pro Radbremse (116) ein erstes Ventil (304) zum selektiven Abkoppeln der Radbremse (116) vom Hauptzylinder (140) und ein zweites Ventil (308) zum selektiven Bremsdruckabbau an der Radbremse (116) besitzt, wobei der elektromechanische Aktuator (158) zumindest zur Bremskraftverstärkung oder Bremskraftherzeugung bei einer Betätigung des Bremspedals angesteuert wird und wobei die erste Ventilanordnung (300) zumindest im Rahmen eines ABS-Regelbetriebs angesteuert wird.

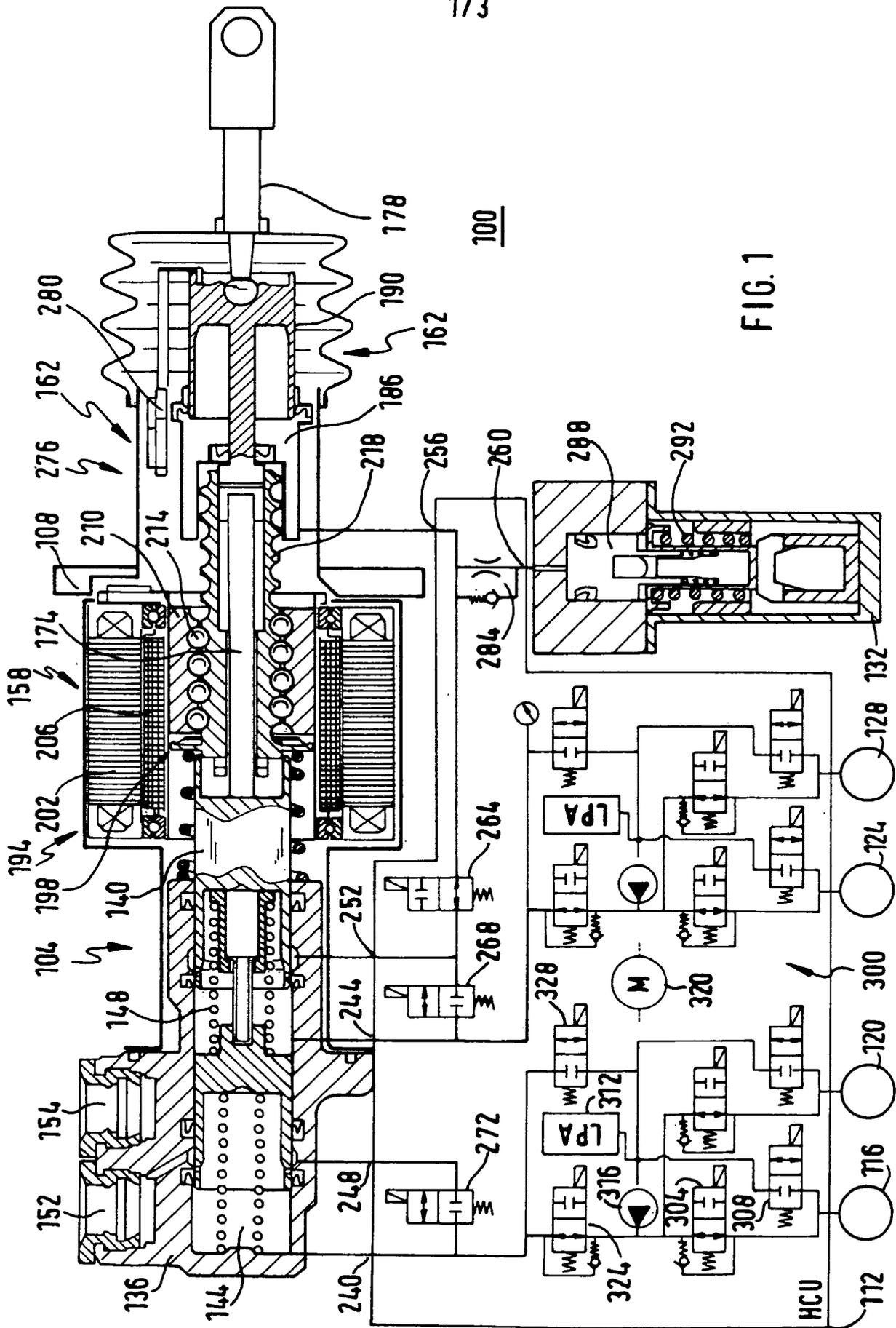


FIG. 1

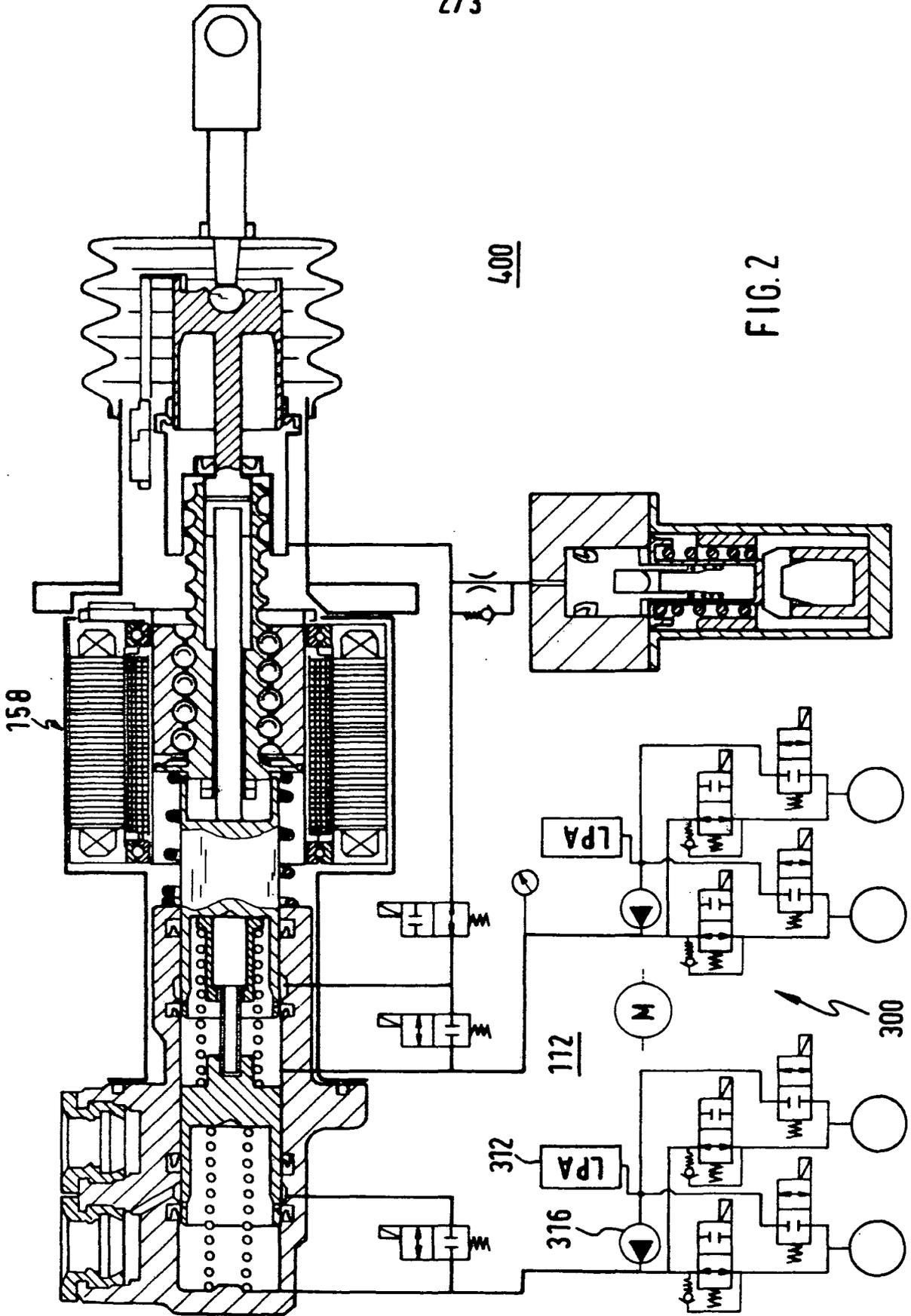


FIG. 2

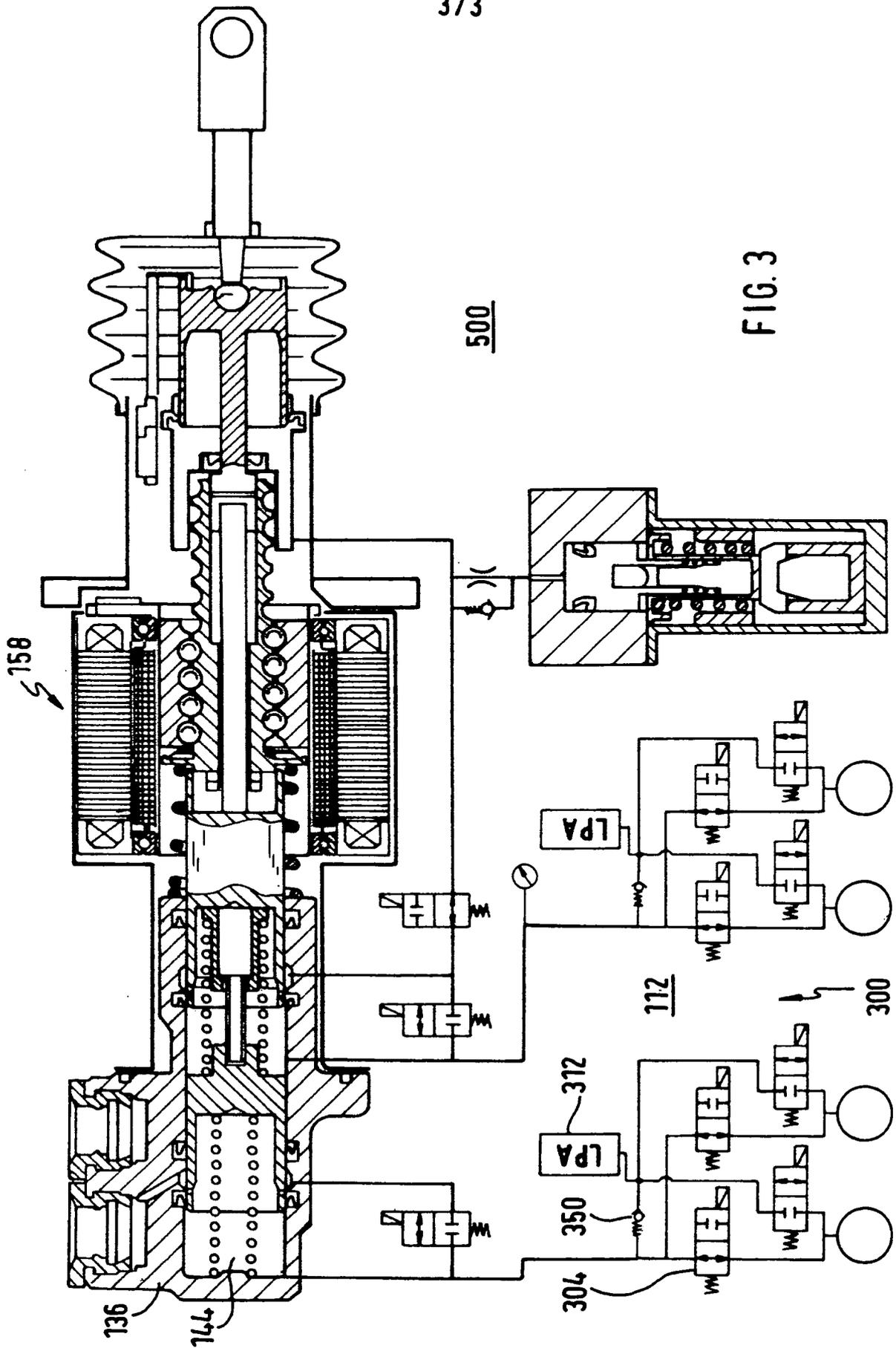


FIG. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2012/001119

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. B60T8/44 B60T8/42  
ADD. B60T13/74

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
B60T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2004/110840 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]; WITTE BASTIAN [DE]) 23 December 2004 (2004-12-23) page 6, last paragraph - page 8, paragraph 2; figure 1	1-5, 7-11,14, 21 6,18
Y	page 10, paragraph 1 - page 11, paragraph 1; claims 30,34	
X	----- EP 2 019 010 A2 (HITACHI LTD [JP]) 28 January 2009 (2009-01-28) paragraph [0143] - paragraph [0148]; figure 6 paragraph [0027] - paragraph [0036] paragraph [0043] - paragraph [0053] ----- -/--	1-11,14, 21

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  21 May 2012	Date of mailing of the international search report  31/05/2012
--	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Meijs, Paul
--	---------------------------------------

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2012/001119

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 103 38 046 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 10 March 2005 (2005-03-10)  abstract; figure 1  -----	1-5, 7-10,12, 13,21
X	JP 2008 254586 A (MATSUNO ISAO) 23 October 2008 (2008-10-23) abstract; figures 1-5 paragraph [0070] - paragraph [0072]  -----	1-10,12, 13,21
X	EP 2 103 493 A1 (PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA [FR]) 23 September 2009 (2009-09-23) paragraph [0033] - paragraph [0038]; claims 9,10,18,19; figures 5,6  -----	1-8, 15-17,21  20
X	WO 2008/122469 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]; HAAS HARDY [DE]; VERHAGEN ARMIN [DE]; MAYER JO) 16 October 2008 (2008-10-16) page 9, line 23 - page 11, line 6; figures  -----	1-8, 15-17,21  18,19
Y	JP 2007 131130 A (HITACHI LTD) 31 May 2007 (2007-05-31) abstract; figures 1-3  -----	1,7-11, 18,21
Y	EP 1 634 787 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 15 March 2006 (2006-03-15) paragraph [0024] - paragraph [0039]; figures 1,2  -----	6
Y	FR 2 874 880 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 10 March 2006 (2006-03-10) claims 1-3  -----	18
Y	WO 2009/083216 A2 (IPGATE AG [CH]; LEIBER HEINZ [DE]; UNTERFRAUNER VALENTIN [DE]) 9 July 2009 (2009-07-09) page 11, line 15 - page 15, line 2; claims 1,2; figure 1  -----	18,19
A	EP 1 738 983 A2 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 3 January 2007 (2007-01-03) paragraph [0049]; claims 1,12; figure 5 paragraph [0038]  -----	1-21

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No  
PCT/EP2012/001119

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2004110840	A1	23-12-2004	AT 373588 T 15-10-2007
			DE 10327553 A1 13-01-2005
			EP 1638830 A1 29-03-2006
			KR 20060023162 A 13-03-2006
			WO 2004110840 A1 23-12-2004
-----			
EP 2019010	A2	28-01-2009	EP 2019010 A2 28-01-2009
			JP 4881807 B2 22-02-2012
			JP 2009029265 A 12-02-2009
			US 2009026835 A1 29-01-2009
-----			
DE 10338046	A1	10-03-2005	NONE
-----			
JP 2008254586	A	23-10-2008	JP 4088802 B1 21-05-2008
			JP 2008254586 A 23-10-2008
-----			
EP 2103493	A1	23-09-2009	EP 2103493 A1 23-09-2009
			FR 2928889 A1 25-09-2009
-----			
WO 2008122469	A1	16-10-2008	DE 102007016862 A1 16-10-2008
			WO 2008122469 A1 16-10-2008
-----			
JP 2007131130	A	31-05-2007	NONE
-----			
EP 1634787	A1	15-03-2006	AT 362861 T 15-06-2007
			CN 1746061 A 15-03-2006
			EP 1634787 A1 15-03-2006
			FR 2874881 A1 10-03-2006
			JP 2006076564 A 23-03-2006
			US 2006049689 A1 09-03-2006
-----			
FR 2874880	A1	10-03-2006	NONE
-----			
WO 2009083216	A2	09-07-2009	AT 524356 T 15-09-2011
			CN 101945787 A 12-01-2011
			CN 101952148 A 19-01-2011
			EP 2225132 A2 08-09-2010
			EP 2225133 A2 08-09-2010
			JP 2011506187 A 03-03-2011
			JP 2011506188 A 03-03-2011
			KR 20100099740 A 13-09-2010
			KR 20100103633 A 27-09-2010
			US 2011006596 A1 13-01-2011
			US 2011031072 A1 10-02-2011
			WO 2009083216 A2 09-07-2009
			WO 2009083217 A2 09-07-2009
-----			
EP 1738983	A2	03-01-2007	NONE
-----			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. B60T8/44 B60T8/42  
 ADD. B60T13/74

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 B60T

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2004/110840 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]; WITTE BASTIAN [DE]) 23. Dezember 2004 (2004-12-23)	1-5, 7-11,14, 21
Y	Seite 6, letzter Absatz - Seite 8, Absatz 2; Abbildung 1 Seite 10, Absatz 1 - Seite 11, Absatz 1; Ansprüche 30,34	6,18
X	EP 2 019 010 A2 (HITACHI LTD [JP]) 28. Januar 2009 (2009-01-28) Absatz [0143] - Absatz [0148]; Abbildung 6 Absatz [0027] - Absatz [0036] Absatz [0043] - Absatz [0053]	1-11,14, 21
X	DE 103 38 046 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 10. März 2005 (2005-03-10)  Zusammenfassung; Abbildung 1  ----- -/--	1-5, 7-10,12, 13,21

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen  Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

21. Mai 2012

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

31/05/2012

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Meijs, Paul

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP 2008 254586 A (MATSUNO ISAO) 23. Oktober 2008 (2008-10-23) Zusammenfassung; Abbildungen 1-5 Absatz [0070] - Absatz [0072] -----	1-10,12, 13,21
X	EP 2 103 493 A1 (PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA [FR]) 23. September 2009 (2009-09-23) Absatz [0033] - Absatz [0038]; Ansprüche 9,10,18,19; Abbildungen 5,6 -----	1-8, 15-17,21
A		20
X	WO 2008/122469 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]; HAAS HARDY [DE]; VERHAGEN ARMIN [DE]; MAYER JO) 16. Oktober 2008 (2008-10-16) Seite 9, Zeile 23 - Seite 11, Zeile 6; Abbildungen -----	1-8, 15-17,21
Y		18,19
X	JP 2007 131130 A (HITACHI LTD) 31. Mai 2007 (2007-05-31) Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 -----	1,7-11, 18,21
Y	EP 1 634 787 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 15. März 2006 (2006-03-15) Absatz [0024] - Absatz [0039]; Abbildungen 1,2 -----	6
Y	FR 2 874 880 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 10. März 2006 (2006-03-10) Ansprüche 1-3 -----	18
Y	WO 2009/083216 A2 (IPGATE AG [CH]; LEIBER HEINZ [DE]; UNTERFRAUNER VALENTIN [DE]) 9. Juli 2009 (2009-07-09) Seite 11, Zeile 15 - Seite 15, Zeile 2; Ansprüche 1,2; Abbildung 1 -----	18,19
A	EP 1 738 983 A2 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 3. Januar 2007 (2007-01-03) Absatz [0049]; Ansprüche 1,12; Abbildung 5 Absatz [0038] -----	1-21

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/001119

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2004110840	A1	23-12-2004	AT 373588 T 15-10-2007
			DE 10327553 A1 13-01-2005
			EP 1638830 A1 29-03-2006
			KR 20060023162 A 13-03-2006
			WO 2004110840 A1 23-12-2004
-----			
EP 2019010	A2	28-01-2009	EP 2019010 A2 28-01-2009
			JP 4881807 B2 22-02-2012
			JP 2009029265 A 12-02-2009
			US 2009026835 A1 29-01-2009
-----			
DE 10338046	A1	10-03-2005	KEINE
-----			
JP 2008254586	A	23-10-2008	JP 4088802 B1 21-05-2008
			JP 2008254586 A 23-10-2008
-----			
EP 2103493	A1	23-09-2009	EP 2103493 A1 23-09-2009
			FR 2928889 A1 25-09-2009
-----			
WO 2008122469	A1	16-10-2008	DE 102007016862 A1 16-10-2008
			WO 2008122469 A1 16-10-2008
-----			
JP 2007131130	A	31-05-2007	KEINE
-----			
EP 1634787	A1	15-03-2006	AT 362861 T 15-06-2007
			CN 1746061 A 15-03-2006
			EP 1634787 A1 15-03-2006
			FR 2874881 A1 10-03-2006
			JP 2006076564 A 23-03-2006
			US 2006049689 A1 09-03-2006
-----			
FR 2874880	A1	10-03-2006	KEINE
-----			
WO 2009083216	A2	09-07-2009	AT 524356 T 15-09-2011
			CN 101945787 A 12-01-2011
			CN 101952148 A 19-01-2011
			EP 2225132 A2 08-09-2010
			EP 2225133 A2 08-09-2010
			JP 2011506187 A 03-03-2011
			JP 2011506188 A 03-03-2011
			KR 20100099740 A 13-09-2010
			KR 20100103633 A 27-09-2010
			US 2011006596 A1 13-01-2011
			US 2011031072 A1 10-02-2011
			WO 2009083216 A2 09-07-2009
			WO 2009083217 A2 09-07-2009
-----			
EP 1738983	A2	03-01-2007	KEINE
-----			