

(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  
26. Juni 2014 (26.06.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2014/095285 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

**B60T 8/32** (2006.01) **H02K 7/06** (2006.01)  
**B60T 13/14** (2006.01) **B60T 13/68** (2006.01)  
**B60T 8/42** (2006.01) **B60T 13/74** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/074926

(22) Internationales Anmeldedatum:  
28. November 2013 (28.11.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2012 025 247.1  
21. Dezember 2012 (21.12.2012) DE

(71) Anmelder: LUCAS AUTOMOTIVE GMBH [DE/DE];  
Carl-Spaeter-Strasse 8, 56070 Koblenz (DE).

(72) Erfinder: KNECHTGES, Josef; Albert-Schweitzer-  
Strasse 26, 56727 Mayen (DE). ALFORD, Nicholas;  
Finkenweg 2, 56323 Waldesch (DE). PINL, Alexander;  
Zur langen Fuhr 30, 56332 Wolken (DE).

(74) Anwalt: RÖTHINGER, Rainer; 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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,  
RW, SA, 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,  
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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz  
3)

(54) Title: ELECTROHYDRAULIC MOTOR VEHICLE BRAKE SYSTEM AND METHOD FOR OPERATING THE SAME

(54) Bezeichnung : ELEKTROHYDRAULISCHE FAHRZEUG-BREMSANLAGE UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN  
DERSELBEN

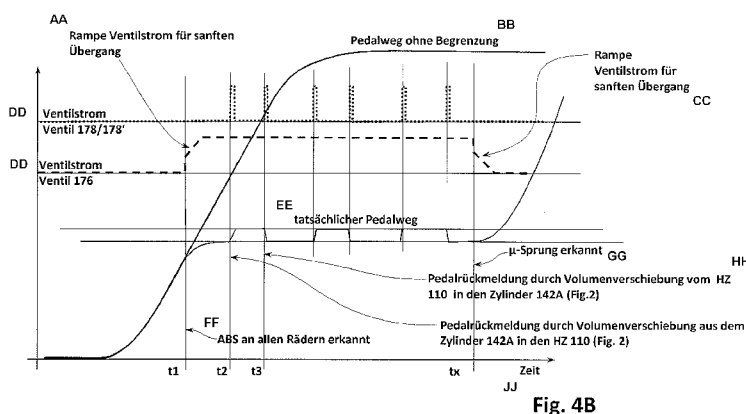


Fig. 4B

AA, CC Ramp of valve current for smooth transition  
BB Pedal travel without limit  
DD Valve current Valve  
EE Actual pedal travel  
FF ABS detected on all wheels  
GG μ-leap detected  
HH Pedal feedback by volume shift from master cylinder 110 to cylinder 142A  
(Fig. 2)  
II Pedal feedback by volume shift from cylinder 142A to master cylinder 110  
(Fig. 2)  
JJ Time

(57) Abstract: The invention relates to an electrohydraulic motor vehicle brake system. According to an embodiment, the brake system comprises a master cylinder, an electromechanical actuator for actuating a piston accommodated in the master cylinder, an accommodating device for at least temporarily accommodating hydraulic fluid from the master cylinder, and a set of electrically actuatable valve arrangements. The set of valve arrangements comprises a first valve arrangement between the master cylinder and every wheel brake of the plurality of wheel brakes and a second valve arrangement between the master cylinder and the accommodating device. The system further comprises a controller or a controller system which is designed to control at least one of the first valve arrangements and the second valve arrangement in a multiplex operation.

(57) Zusammenfassung: Es wird eine elektrohydraulische Kraftfahrzeug-Bremsanlage angegeben. Gemäß einer Implementierung umfasst die Bremsanlage einen Hauptzylinder, einen elektro-mechanischen Aktuator zur Betätigung eines im

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



---

Hauptzylinder aufgenommenen Kolbens, eine Aufnahme-Einrichtung zur wenigstens zeitweisen Aufnahme von Hydraulikfluid aus dem Hauptzylinder sowie einen Satz elektrisch ansteuerbarer Ventilanordnungen. Der Satz Ventilanordnungen umfasst je eine erste Ventilanordnung zwischen dem Hauptzylinder und jeder einer Mehrzahl von Radbremsen sowie eine zweite Ventilanordnung zwischen dem Hauptzylinder und der Aufnahme-Einrichtung. Ferner ist ein Steuergerät oder Steuergerätesystem vorgesehen, das ausgebildet ist zum Ansteuern wenigstens einer der ersten Ventilanordnungen sowie der zweiten Ventilanordnung im Multiplex-Betrieb.

## Elektrohydraulische Fahrzeug-Bremsanlage und Verfahren zum Betreiben derselben

5

### Technisches Gebiet

Die vorliegende Offenbarung betrifft allgemein das Gebiet der Fahrzeug-  
Bremsanlagen. Konkret wird eine elektrohydraulische Fahrzeug-Bremsanlage mit  
einem elektromechanischen Aktuator zur Betätigung der Bremsanlage beschrieben.

### Hintergrund

Elektromechanische Aktuatoren finden bereits seit geraumer Zeit in Fahrzeug-  
Bremsanlagen Verwendung, beispielsweise zur Realisierung einer elektrischen Park-  
bremsfunktion (EPB). Bei elektromechanischen Bremsanlagen (EMB) ersetzen sie die  
herkömmlichen Hydraulikzylinder an den Radbremsen.

Aufgrund technischer Fortschritte hat sich die Leistungsfähigkeit der elektromechani-  
schen Aktuatoren fortlaufend erhöht. Es wurde daher in Erwägung gezogen, derarti-  
ge Aktuatoren auch zur Implementierung moderner Fahrdynamikregelsysteme  
heranzuziehen. Zu solchen Regelsystemen zählen ein Antiblockiersystem (ABS), eine  
Antriebsschlupfregelung (ASR) oder ein elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP),  
auch als Fahrzeugstabilitätsregelung (Vehicle Stability Control, VSC) bezeichnet.

Die WO 2006/111393 A lehrt eine elektrohydraulische Bremsanlage mit einem hoch-  
dynamischen elektromechanischen Aktuator, der die Druckmodulation im Fahrdyna-  
mikregelbetrieb übernimmt. Der in der WO 2006/111393 A beschriebene  
elektromechanische Aktuator ist dazu vorgesehen, direkt auf einen Hauptzylinder der  
Bremsanlage einzuwirken. Aufgrund der hohen Dynamik des elektromechanischen  
Aktuators lassen sich die hydraulischen Komponenten der aus der WO 2006/111393  
A bekannten Bremsanlage auf ein einziges 2/2-Wege-Ventil pro Radbremse reduzie-  
ren. Zur Realisierung 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  
Herausforderungen, wie ein ungewollter Druckausgleich bei gleichzeitig geöffneten

Ventilen. Eine Lösung basierend auf einem hochdynamischen Regelverhalten hierfür wird in der WO 2010/091883 A angegeben.

Die WO 2010/091883 A offenbart eine elektrohydraulische Bremsanlage mit einem Hauptzylinder und einem darin aufgenommenen Tandemkolben. Der Tandemkolben ist mittels eines elektromechanischen Aktuators betätigbar. Der elektromechanische Aktuator umfasst einen konzentrisch zum Tandemkolben angeordneten Elektromotor sowie eine Getriebeanordnung, die eine Rotationsbewegung des Elektromotors in eine Translationsbewegung des Kolbens umsetzt. Die Getriebeanordnung besteht aus einem Kugelgewindetrieb mit einer drehfest mit einem Rotor des Elektromotors gekoppelten Kugelgewindemutter und einer auf den Tandemkolben einwirkenden Kugelgewindespindel.

Eine weitere elektrohydraulische Bremsanlage mit einem auf einen Hauptzylinder-Kolben wirkenden elektromechanischen Aktuator ist aus der WO 2012/152352 A bekannt. Diese Anlage kann in einem regenerativen Modus (Generatorbetrieb) arbeiten.

### **Kurzer Abriss**

Es sind eine elektrohydraulische Fahrzeug-Bremsanlage sowie ein Verfahren zum Betreiben derselben anzugeben, die eine verbesserte Funktionalität aufweisen.

Gemäß einem ersten Aspekt wird eine elektrohydraulische Kraftfahrzeug-Bremsanlage bereitgestellt. Diese Bremsanlage umfasst einen Hauptzylinder, einen elektromechanischen Aktuator zur Betätigung eines im Hauptzylinder aufgenommenen ersten Kolbens, eine Aufnahme-Einrichtung zur wenigstens zeitweisen Aufnahme von Hydraulikfluid aus dem Hauptzylinder und einen Satz elektrisch ansteuerbarer Ventilanordnungen, wobei der Satz Ventilanordnungen je eine erste Ventilanordnung zwischen dem Hauptzylinder und jeder einer Mehrzahl von Radbremsen sowie eine zweite Ventilanordnung zwischen dem Hauptzylinder und der Aufnahme-Einrichtung umfasst. Die Bremsanlage umfasst ferner ein Steuergerät oder ein Steuergerätesystem, das ausgebildet ist zum Ansteuern wenigstens einer der ersten Ventilanordnungen sowie der zweiten Ventilanordnung im Multiplex-Betrieb.

Der im Hauptzylinder aufgenommene erste Kolben kann durch den elektromechanischen Aktuator unmittelbar oder mittelbar betätigt werden. Beispielsweise kann der elektromechanische Aktuator zur direkten Einwirkung auf den ersten Kolben des

Hauptzylinders angeordnet sein. Er kann hierfür mit dem ersten Kolben mechanisch gekoppelt oder koppelbar sein. Der erste Kolben kann dann unmittelbar durch den Aktuator betätigt werden. Alternativ hierzu kann der elektromechanische Aktuator mit einer vom Hauptzylinder verschiedenen Zylinder-Kolben-Einrichtung der Bremsanlage zusammenwirken und die Zylinder-Kolben-Einrichtung auslasseitig mit dem ersten Kolben des Hauptzylinders (z. B. direkt) fluidisch gekoppelt sein. Ein durch Betätigung des elektromechanischen Aktuator in der Zylinder-Kolben-Einrichtung aufgebauter Hydraulikdruck kann dann auf den ersten Kolben einwirken und den ersten Kolben im Hauptzylinder hydraulisch betätigen. In dieser Konfiguration wird somit der erste Kolben über den in der Zylinder-Kolben-Anordnung und mit Hilfe des elektromechanischen Aktuator erzeugten Hydraulikdruck hydraulisch betätigt (mittelbare Betätigung).

Das Steuergerät oder Steuergerätesystem kann dazu ausgebildet sein, um sämtliche der ersten Ventilanordnungen sowie die zweite Ventilanordnung im Multiplex-Betrieb zu betreiben. Gemäß einer Implementierung werden im Multiplex-Betrieb die Hydraulikdrücke an den Radbremsen sequentiell (einzeln oder gruppenweise) durch Öffnen und Schließen der ersten Ventilanordnungen eingestellt. Von der sequentiellen Hydraulikdruckeinstellung kann auch die Aufnahme-Einrichtung betroffen sein.

Der Multiplex-Betrieb kann ein Zeitmultiplex-Betrieb sein. Allgemein können im Multiplex-Betrieb einzelne Zeitschlitz vorgegeben sein, während derer eine oder mehrere einem bestimmten Zeitschlitz zugeordnete Ventilanordnungen betätigt werden können (beispielsweise durch ein- oder mehrfache Änderung des Schaltzustands von geöffnet nach geschlossen und/oder umgekehrt). Gemäß einer Realisierung ist jeder der ersten Ventilanordnungen genau ein Zeitschlitz zugeordnet. Der zweiten Ventilanordnung kann ein weiterer eigenständiger Zeitschlitz zugeordnet sein. Alternativ hierzu können der zweiten Ventilanordnung ein oder mehrere derjenigen Zeitschlitz zugeordnet sein, welche auch einer oder mehreren der ersten Ventilanordnungen zugeordnet sind. So kann die zweite Ventilanordnung im Multiplex-Betrieb synchron mit einer oder mehreren der ersten Ventilanordnungen betätigt werden.

Gemäß einem Ansteuerkonzept ist die zweite Ventilanordnung immer dann geöffnet, wenn wenigstens eine der ersten Ventilanordnungen geöffnet ist. Gemäß einem weiteren Ansteuerkonzept ist die zweite Ventilanordnung immer dann geschlossen, wenn wenigstens eine der ersten Ventilanordnungen geöffnet ist. Es sind selbstverständlich auch noch weitere, alternative Ansteuerkonzepte denkbar.

Die Aufnahme-Einrichtung kann auf unterschiedliche Art und Weise ausgebildet sein. Gemäß einer Implementierung ist die Aufnahme-Einrichtung ein konventioneller Hydraulikdruckspeicher. Der Hydraulikdruckspeicher kann beispielsweise als HPA ("High Pressure Accumulator") oder als LPA ("Low Pressure Accumulator") ausgebildet sein. Ferner kann die Aufnahme-Einrichtung als Aufnahme-Zylinder ausgebildet sein. Im Aufnahme-Zylinder kann ein zweiter Kolben aufgenommen sein. Der zweite Kolben kann beispielsweise mit einem Bremspedal gekoppelt oder koppelbar sein. Ferner kann der zweite Kolben vorgespannt sein, um beispielsweise einer Bremspedalbetätigung entgegen zu wirken.

Das Steuergerät oder Steuergerätesystem kann dazu ausgebildet sein, um durch Ansteuern der zweiten Ventilanordnung auf den zweiten Kolben einzuwirken. Diese Einwirkung kann darin bestehen, den zweiten Kolben im Aufnahme-Zylinder in eine bestimmte Richtung zu verschieben. Gemäß einer Implementierung ist das Steuergerät oder Steuergerätesystem dazu ausgebildet, um durch Einwirken auf den zweiten Kolben ein Pedalrückwirkverhalten zu erzeugen, das auf einen fahrerunabhängigen Bremseingriff hinweist. Der fahrerunabhängige Bremseingriff kann mit einem Fahrdynamik-Regelbetrieb einhergehen.

Der Aufnahme-Zylinder, oder allgemein die Aufnahme-Einrichtung, kann über eine Fluidleitung mit einer Simulations-Einrichtung zur hydraulischen Simulation eines für eine Betriebsbremsung charakteristischen Pedalrückwirkverhaltens gekoppelt sein. Zwischen der Aufnahme-Einrichtung und der Simulations-Einrichtung kann eine dritte Ventilanordnung vorgesehen werden. Dabei können die zweite Ventilanordnung und die dritte Ventilanordnung stromabwärts der Aufnahme-Einrichtung in parallel zueinander verlaufenden Hydraulikleitungen, die jeweils in den Hauptzylinder und die Simulations-Einrichtung münden, vorgesehen sein.

Die dritte Simulationseinrichtung kann dazu verwendet werden, um eine Bremspedal-Charakteristik einzustellen oder um zwischen verschiedenen Charakteristika umzuschalten. In diesem Zusammenhang kann die dritte Ventilanordnung eine vorgegebene oder einstellbare Drosselfunktion besitzen. Die dritte Ventilanordnung kann beispielsweise dazu verwendet werden, um durch einen kurzen Ansprechweg des Bremspedals ein sportliches Verhalten zu realisieren, während mittels eines langen Ansprechwegs ein komfortables Verhalten darstellbar ist.

Eine vierte Ventilanordnung kann in einer Fluidleitung zwischen der Aufnahme-Einrichtung und einem drucklosen Fluidreservoir vorgesehen werden. Ferner kann

eine fünfte Ventilanordnung in einer Fluidleitung zwischen dem Hauptzylinder und dem drucklosen Fluidreservoir verbaut sein.

Das Steuergerät oder Steuergerätesystem kann dazu ausgebildet sein, um im Multiplex-Betrieb in wenigstens einer der Radbremsen und in der Aufnahme-Einrichtung individuell Hydraulikdrücke einzustellen. Hierbei können die ersten Ventilanordnungen rad-individuell oder radgruppen-individuell geöffnet und geschlossen werden. Die zweite Ventilanordnung kann synchron mit einer oder mehreren der ersten Ventilanordnungen geöffnet und geschlossen werden. Die Synchronizität kann durch ein synchrones Ansteuerkonzept, wie oben beschrieben, implementiert sein.

Die ersten Ventilanordnungen und die zweite Ventilanordnung können jeweils ein einziges Ventil umfassen. Zumindest bei den ersten Ventilanordnungen kann es sich bei diesem Ventil um ein nicht-regelbares Absperrventil handeln.

Die ersten Ventilanordnungen und die zweiten Ventilanordnungen können ferner stromabwärts des Hauptzylinders in parallel zueinander verlaufenden Hydraulikleitungen, die jeweils in die Radbremsen und die Aufnahme-Einrichtung münden, vorgesehen sein. In diesen Hydraulikleitungen sind gemäß einer Implementierung keine weiteren Ventile funktional zwischen dem Hauptzylinder einerseits und den Radbremsen und der Aufnahme-Einrichtung andererseits vorgesehen.

Der elektromechanische Aktuator kann einen Elektromotor und ein mit dem Elektromotor gekoppeltes Getriebe umfassen. Das Getriebe kann mit einem auf den ersten Kolben einwirkenden Betätigungsglied gekoppelt sein. Als optionales Merkmal sind der Elektromotor und das Getriebe zumindest teilweise konzentrisch zum Betätigungsglied angeordnet.

Gemäß einem weiteren Aspekt wird eine elektrohydraulische Kraftfahrzeug-Bremsanlage angegeben. Die Bremsanlage umfasst einen Hauptzylinder zur Hydraulikdruckerzeugung in einem "push-through"-Modus der Bremsanlage, einen elektromechanischen Hydraulikdruckerzeuger zur Hydraulikdruckerzeugung in einem "Break-By-Wire"-Modus (BBW-Modus) der Bremsanlage sowie einen Satz elektrisch ansteuerbarer Ventilanordnungen. Der Satz Ventilanordnungen umfasst für jede einer Mehrzahl von Radbremsen je eine erste Ventilanordnung zwischen dem Hauptzylinder und dem Hydraulikdruckerzeuger auf der einen Seite und der Radbremse auf der anderen Seite und eine zweite Ventilanordnung zwischen dem Hauptzylinder und dem elektromechanischen Hydraulikdruckerzeuger. Des Weiteren ist ein Steuergerät

oder ein Steuergerätesystem vorgesehen, das ausgebildet ist zum Ansteuern wenigstens einer der ersten Ventilanordnungen sowie der zweiten Ventilanordnung im Multiplex-Betrieb.

5 Bei der Bremsanlage gemäß dem zweiten Aspekt kann das Steuergerät oder Steuergerätesystem dazu ausgebildet sein, um durch Ansteuern der zweiten Ventilanordnung auf einen im Hauptzylinder aufgenommenen und mit einem Bremspedal gekoppelten oder koppelbaren Kolben einzuwirken. Dabei kann durch Einwirken auf den Kolben insbesondere ein auf einen fahrerunabhängigen Bremseingriff (zum Bei-  
10 spiel eine Fahrdynamikregelung) hinweisendes Pedalrückwirkverhalten erzeugt werden.

Der Hydraulikdruckerzeuger gemäß dem zweiten Aspekt kann einen Elektromotor und ein mit dem Elektromotor gekoppeltes Getriebe umfassen. Ferner kann ein mit  
15 dem Getriebe gekoppelter und in einem Hydraulikzylinder aufgenommener Kolben vorgesehen sein. Der Hydraulikzylinder kann fluidisch mit den Radbremsen gekoppelt oder koppelbar sein. Insbesondere können die ersten Ventilanordnungen zwischen dem Hydraulikzylinder und der jeweils zugeordneten Radbremse vorgesehen werden.

20 Allgemein können die ersten Ventilanordnungen der hier vorgestellten Bremsanlage jeweils genau ein elektromagnetisches Ventil umfassen. Das elektromagnetische Ventil kann zur Hydraulikdruckerzeugung oder zum Hydraulikdruckabbau an der zugehörigen Radbremse geöffnet werden. Zum Halten eines erzeugten Bremsdrucks oder zur Abkopplung der entsprechenden Radbremse von einem Hydraulikdruckauf-  
25 bau kann das elektromagnetische Ventil geschlossen werden.

In jeder Fluidleitung vom Hauptzylinder zu einer der Radbremsen kann neben der ersten Ventilanordnung keine weitere Ventilanordnung für Fahrdynamikregelzwecke vorgesehen sein. Insgesamt kann die Bremsanlage jedoch wenigstens ein weiteres  
30 Ventil zu anderen Zwecken umfassen. Ein solches Ventil ist dann jedoch nicht funktional zwischen dem Hauptzylinder und einer der Radbremsen geschaltet.

Das Steuergerät oder das Steuergerätesystem kann allgemein dazu ausgebildet sein, um die ersten Ventilanordnungen während eines fahrerunabhängigen Bremseingriffs  
35 (zum Beispiel einer Fahrdynamikregelprozedur) anzusteuern. Das Steuergerät oder das Steuergerätesystem kann dabei wenigstens eine der folgenden Fahrdynamikregelfunktionalitäten für den fahrerunabhängigen Bremseingriff implementieren: ein

Antiblockiersystem (ABS), eine Antriebsschlupfregelung (ASA) und ein elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP, auch Vehicle Stability Control, VSC, genannt).

5 Ferner bereitgestellt wird eine elektrohydraulische Kraftfahrzeug-Bremsanlage, die einen Hauptzylinder, einen elektromechanischen Aktuator zur Hydraulikdruckerzeugung in einem BBW-Modus der Bremsanlage, eine Simulationseinrichtung zur Erzeugung eines Pedalrückwirkverhaltens und eine der Simulationseinrichtung vorgeordnete Ventilanordnung umfasst. Die Simulationseinrichtung ist ausgebildet, um im BBW-Modus bei einer Bremspedalbetätigung verdrängtes Hydraulikfluid aufzunehmen, und die Ventilanordnung vermag die Aufnahme von Hydraulikfluid in der Simulationseinrichtung selektiv zu sperren. Die Bremsanlage umfasst ferner ein Steuergerät oder ein Steuergerätesystem, das ausgebildet ist zum Ansteuern der Ventilanordnung im Fahrdynamik-Regelbetrieb der Bremseinlage, um einen Bremspedalweg zu begrenzen.

15 Der Bremspedalweg kann im Fahrdynamik-Regelbetrieb begrenzt sein gegenüber einem Bremspedalweg bei einer Betriebsbremsung, die keine Fahrdynamik-Regelung erfordert. Mittels des begrenzten Bremspedalwegs kann der Fahrer haptisch am Bremspedal über das Einsetzen der Fahrdynamik-Regelung informiert werden. Gemäß einer Implementierung kann die Bremspedalwegbegrenzung von einem Haftreibungswert der Fahrbahn abhängig sein. Beispielsweise könnte die Bremspedalwegbegrenzung in einem bestimmten Verhältnis zu diesem Reibwert erfolgen.

25 Ebenfalls bereitgestellt wird ein Verfahren für das Betreiben einer elektrohydraulischen Kraftfahrzeug-Bremsanlage, die einen Hauptzylinder, einen elektromechanischen Aktuator zur Betätigung eines im Hauptzylinder aufgenommenen ersten Kolbens, eine Aufnahme-Einrichtung zur wenigstens zeitweisen Aufnahme von Hydraulikfluid aus dem Hauptzylinder, einen Satz elektrisch ansteuerbarer Ventilanordnungen und mehrere Radbremsen umfasst, wobei der Satz Ventilanordnungen je eine erste Ventilanordnung zwischen dem Hauptzylinder und jeder Radbremse sowie eine zweite Ventilanordnung zwischen dem Hauptzylinder und der Aufnahme-Einrichtung umfasst. Das Verfahren umfasst den Schritt des Ansteuerns wenigstens einer der ersten Ventilanordnungen sowie der zweiten Ventilanordnung im Multiplex-Betrieb.

35 Im Multiplex-Betrieb kann in wenigstens einer der Radbremsen und in der Aufnahme-Einrichtung ein jeweils individueller Hydraulikdruck eingestellt werden oder aber einstellbar sein. Der Multiplex-Betrieb kann derart ablaufen, dass wenn an mehreren

Radbremsten und in der Aufnahme-Einrichtung unterschiedliche Hydraulikdrücke eingestellt werden müssen, die betroffenen Ventilanordnungen zunächst alle geöffnet werden und dann einzeln bei Erreichen eines individuellen Zieldrucks geschlossen werden. Wie bereits oben ausgeführt, kann der Multiplex-Betrieb auf Zeitschlitten basieren, wobei jedem Zeitschlitz wenigstens eine der Ventilanordnungen zugeordnet ist.

Wenn die Aufnahme-Einrichtung als Aufnahme-Zylinder ausgebildet ist, in dem ein mit einem Bremspedal gekoppelter zweiter Kolben vorgesehen ist, kann im Multiplex-Betrieb die zweite Ventilanordnung betätigt werden, um (hydraulisch) auf den zweiten Kolben einzuwirken. Das Einwirken auf den zweiten Kolben kann ein auf einen fahrerunabhängigen Bremseingriff hinweisendes Pedalrückwirkverhalten erzeugen. Bei diesem Pedalrückwirkverhalten kann es sich beispielsweise um die typischen Pulsationen eines Fahrdynamik-Regelbetriebs handeln. Alternativ oder zusätzlich hierzu kann das Einwirken auf den zweiten Kolben eine Pedalwegbegrenzung realisieren, um über den Pedalweg auf einen Fahrbahnreibwert hinzuweisen.

Ebenfalls angegeben wird ein Verfahren für das Betreiben einer elektrohydraulischen Fahrzeug-Bremsanlage, die einen Hauptzylinder zur Hydraulikdruckerzeugung in einem "push-through"-Modus der Bremsanlage, einen elektromechanischen Hydraulikdruckerzeuger zur Hydraulikdruckerzeugung in einem BBW-Modus der Bremsanlage, einen Satz elektrisch ansteuerbarer Ventilanordnungen und mehrere Radbremsen umfasst, wobei der Satz Ventilanordnungen pro Radbremse je eine erste Ventilanordnung zwischen dem Hauptzylinder und dem Hydraulikdruckerzeuger auf der einen Seite und der Radbremse auf der anderen Seite umfasst sowie eine zweite Ventilanordnung zwischen dem Hauptzylinder und dem elektromechanischen Hydraulikdruckerzeuger. Das Verfahren umfasst den Schritt des Ansteuerns wenigstens einer der ersten Ventilanordnungen sowie der zweiten Ventilanordnung im Multiplex-Betrieb.

Gemäß dem zweiten Verfahrensaspekt kann durch Ansteuern der zweiten Ventilanordnung auf einen im Hauptzylinder aufgenommenen und mit einem Bremspedal gekoppelten oder koppelbaren Kolben eingewirkt werden. Durch Einwirken auf den Kolben kann ein auf einen fahrerunabhängigen Bremseingriff hinweisendes Pedalrückwirkverhalten erzeugt werden. Das Einwirken auf den Kolben kann alternativ oder zusätzlich hierzu eine Pedalwegbegrenzung realisieren, um über den Pedalweg auf einen Fahrbahnreibwert hinzuweisen.

Bei allen hier vorgestellten Aspekten kann im Multiplex-Betrieb eine Betätigung der ersten Ventilanordnungen gegenüber einer Betätigung der zweiten Ventilanordnung priorisiert werden. Ist beispielsweise erkennbar, dass das verfügbare Hydraulikfluidvolumen für einen bestimmten Vorgang nicht ausreichen könnte, kann zur Priorisierung der ersten Ventilanordnungen die zweite Ventilanordnung geschlossen bleiben.

Ferner angegeben wird ein Verfahren für das Betreiben einer elektrohydraulischen Kraftfahrzeug-Bremsanlage, die einen Hauptzylinder, einen elektromechanischen Aktuator zur Hydraulikdruckerzeugung in einem BBW-Modus der Bremsanlage, eine Simulationseinrichtung zur Erzeugung eines Pedalrückwirkverhaltens und eine der Simulationseinrichtung vorgeordnete Ventilanordnung umfasst. Die Simulationseinrichtung ist ausgebildet, um im BBW-Modus bei einer Bremspedalbetätigung verdrängtes Hydraulikfluid aufzunehmen, wobei die Ventilanordnung die Aufnahme von Hydraulikfluid in der Simulationseinrichtung selektiv zu sperren vermag. Das Betriebsverfahren umfasst den Schritt des Ansteuerns der Ventilanordnung in einem Fahrdynamik-Regelbetrieb der Bremsanlage, um einen Bremspedalweg zu begrenzen.

Ebenfalls bereitgestellt wird ein Computerprogrammprodukt mit Programmcodemitteln zum Durchführen des hier vorgestellten Verfahrens, wenn das Computerprogrammprodukt auf wenigstens einem Prozessor abläuft. Ferner angegeben wird ein Kraftfahrzeug-Steuergerät oder Steuergerätesystem, welches das Computerprogrammprodukt umfasst.

Gemäß einer ersten Variante ist bei der hier vorgestellten Bremsanlage der elektromechanische Aktuator zur Betätigung des Hauptzylinder-Kolbens im Rahmen einer Bremskraftverstärkung ausgebildet. Die zu verstärkende Bremskraft kann in diesem Fall auf den Kolben mittels des mechanischen Aktuators ausgeübt werden. Gemäß einer anderen Variante ist der elektromechanische Aktuator zur Betätigung des Kolbens zur Bremskrafterzeugung ausgebildet. Diese Variante kann beispielsweise im Rahmen eines 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 Ausfall einer BBW-Komponente (also im "push-through"-Modus bzw. bei einer Notbremsung) zur Betätigung des Kolbens zum Einsatz.

Je nach Ausgestaltung der Fahrzeug-Bremsanlage kann das selektive Entkoppeln des Bremspedals vom Hauptzylinder-Kolben mittels einer Entkoppeleinrichtung zu unter-

schiedlichen Zwecken geschehen. Bei einer gemäß dem BBW-Prinzip ausgelegten 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 Entkopplung zumindest im Rahmen eines regenerativen Bremsbetriebs (Generatorbetrieb) erfolgen. Bei anderen Bremsanlagen können die Entkoppleinrichtung sowie die Simulationseinrichtung auch völlig entfallen.

Zur Ansteuerung des elektromechanischen Aktuators 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 Steuergerät oder in einem System aus getrennten Steuergeräten (Electronic Control Units, ECUs) bereitgestellt werden.

### **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 elektrohydraulischen Fahrzeug-Bremsanlage;

Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel einer elektrohydraulischen Fahrzeug-Bremsanlage;

Fig. 3 ein drittes Ausführungsbeispiel elektrohydraulischen Fahrzeug-Bremsanlage;

Fig. 4A schematische Diagramme, welche Ausführungsbeispiele für den bis 4C Multiplex-Betrieb von Ventilanordnungen veranschaulichen.

### **Detaillierte Beschreibung**

Fig. 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel einer hydraulischen Fahrzeug-Bremsanlage 100, die auf dem Brake-By-Wire (BBW)-Prinzip basiert. Die Bremsanlage 100

kann optional (z. B. bei Hybrid-Fahrzeugen) in einem regenerativen Modus betrieben werden. Zu diesen Zweck ist eine elektrische Maschine 102 vorgesehen, die eine Generatorfunktionalität bietet und selektiv mit Rädern und einem Energiespeicher, z.B. einer Batterie (nicht dargestellt), verbunden werden kann.

5

Wie in Fig. 1 veranschaulicht, umfasst die Bremsanlage 100 eine Hauptzylinder-Baugruppe 104, die an einer Fahrzeug-Spritzwand montiert werden kann. Eine hydraulische Steuereinheit (Hydraulic Control Unit, HCU) 106 der Bremsanlage 100 ist funktional zwischen der Hauptzylinder-Baugruppe 104 und vier Radbremsen VL, VR, HL und HR des Fahrzeugs angeordnet. Die HCU 106 ist als integrierte Baugruppe ausgebildet und umfasst eine Vielzahl von hydraulischen Einzelkomponenten sowie mehrere Fluideinlässe und Fluidauslässe. Ferner ist eine nur schematisch dargestellte Simulationseinrichtung 108 zum Bereitstellen eines Pedalrückwirkungsverhaltens im Betriebsbremsbetrieb vorgesehen. Die Simulationseinrichtung 108 kann auf einem mechanischen oder hydraulischen Prinzip basieren. Im zuletzt genannten Fall kann die Simulationseinrichtung 108 an die HCU 106 angeschlossen sein.

10

15

20

25

Die Hauptzylinder-Baugruppe 104 weist einen Hauptzylinder 110 mit einem darin verschieblich aufgenommenen Kolben auf. Der Kolben ist im Ausführungsbeispiel als Tandemkolben mit einem Primärkolben 112 und einem Sekundärkolben 114 ausgebildet und definiert im Hauptzylinder 110 zwei voneinander getrennte Hydraulikkammern 116, 118. Die beiden Hydraulikkammern 116, 118 des Hauptzylinders 110 sind zur Versorgung mit Hydraulikfluid über jeweils einen Anschluss mit einem drucklosen Hydraulikfluid-Reservoir 120 verbunden. Jede der beiden Hydraulikkammern 116, 118 ist ferner mit der HCU 106 gekoppelt und definiert jeweils einen Bremskreis I. und II. Im Ausführungsbeispiel ist für den Bremskreis I. ein Hydraulikdrucksensor 122 vorgesehen, der auch in die HCU 106 integriert werden könnte.

30

35

Die Hauptzylinder-Baugruppe 104 umfasst ferner einen elektromechanischen Aktuator (d.h. ein elektromechanisches Stellglied) 124 sowie einen mechanischen Aktuator (d.h. ein mechanisches Stellglied) 126. Sowohl der elektromechanische Aktuator 124 als auch der mechanische Aktuator 126 ermöglichen eine Betätigung des Hauptzylinder-Kolbens und wirken dazu auf eine eingangsseitige Stirnfläche dieses Kolbens, genauer gesagt des Primärkolbens 112, ein. Die Aktuatoren 124, 126 sind derart ausgebildet, dass sie unabhängig voneinander (und getrennt oder gemeinsam) den Hauptzylinder-Kolben zu betätigen vermögen.

In der in Fig. 1 gezeigten Variante der Hauptzylinder-Baugruppe 104 ist der elektromechanische Aktuator 124 derart angeordnet, dass er unmittelbar auf den Kolben (genauer gesagt auf den Primärkolben 112) des Hauptzylinders 110 zum Aufbau eines Hydraulikdrucks an den Radbremsen einwirken kann. Mit anderen Worten wird  
5 der Kolben 112 des Hauptzylinders 110 unmittelbar durch den elektromechanischen Aktuator 124 mechanisch betätigt.

In einer alternativen Ausgestaltung der Hauptzylinder-Baugruppe 104 kann der Kolben des Hauptzylinders 110 mit Hilfe des elektromechanischen Aktuators 124 hydraulisch betätigt werden (in Fig. 1 nicht dargestellt). In diesem Fall kann der  
10 Hauptzylinder 110 mit einer weiteren, mit dem elektromechanischen Aktuator 124 zusammenwirkenden Zylinder-Kolben-Einrichtung fluidisch gekoppelt sein. Konkret kann die mit dem elektromechanischen Aktuator 124 gekoppelte Zylinder-Kolben-Einrichtung auslasseitig mit dem Primärkolben 112 des Hauptzylinders 110 derart  
15 fluidisch gekoppelt sein, dass ein in der Zylinder-Kolben-Einrichtung erzeugter Hydraulikdruck unmittelbar auf den Primärkolben 112 wirkt und somit zu einer Betätigung des Primärkolbens 112 im Hauptzylinder 110 führt. Der Primärkolben 112 kann dann in einer Realisierung aufgrund des einwirkenden Hydraulikdrucks im Hauptzylinder 110 so weit verschoben werden (Verschiebung nach links in Fig. 1), bis der in  
20 den Hauptzylinder-Kammern 116, 118 erzeugte Hydraulikdruck dem in der zusätzlichen Zylinder-Kolben-Einrichtung erzeugten Hydraulikdruck entspricht.

Der mechanische Aktuator 126 besitzt ein Kraftübertragungselement 128, das stangenförmig ausgebildet ist und unmittelbar auf die eingangsseitige Stirnfläche des  
25 Primär-Kolbens 112 einzuwirken vermag. Wie in Fig. 1 gezeigt, ist das Kraftübertragungselement 128 mit einem Bremspedal 130 gekoppelt. Es versteht sich, dass der mechanische Aktuator 126 weitere Komponenten umfassen kann, die funktional zwischen dem Bremspedal 130 und dem Hauptzylinder 110 angeordnet sind. Derartige weitere Komponenten können sowohl mechanischer als auch hydraulischer Natur  
30 sein. Im zuletzt genannten Fall ist der Aktuator 126 als hydraulisch-mechanischer Aktuator 126 ausgebildet.

Der elektromechanische Aktuator 124 weist einen Elektromotor 134 sowie ein dem Elektromotor 134 abtriebsseitig nachfolgendes Getriebe 136, 138 auf. Im Ausführungsbeispiel ist das Getriebe eine Anordnung aus einer drehbar gelagerten Mutter  
35 136 und einer mit der Mutter 136 (z.B. über Wälzkörper wie Kugeln) in Eingriff stehenden und in axialer Richtung beweglichen Spindel 138. In anderen Ausführungs-

beispielen können Zahnstangengetriebe oder andere Getriebetypen zum Einsatz gelangen.

Der Elektromotor 134 besitzt im vorliegenden Ausführungsbeispiel eine zylindrische Bauform und erstreckt sich konzentrisch zum Kraftübertragungselement 128 des mechanischen Aktuators 126. Genauer gesagt ist der Elektromotor 134 radial außen bezüglich des Kraftübertragungselements 128 angeordnet. Ein Rotor (nicht dargestellt) des Elektromotors 134 ist drehfest mit der Getriebemutter 136 gekoppelt, um diese in Drehung zu versetzen. Eine Drehbewegung der Mutter 136 überträgt sich derart auf die Spindel 138, dass eine axiale Verschiebung der Spindel 138 resultiert. Die in Fig. 1 linke Stirnseite der Spindel 138 kann dabei (ggf. über ein Zwischenglied) in Anlage an die in Fig. 1 rechte Stirnseite des Primärkolbens 112 gelangen und in Folge dessen den Primärkolben 112 (zusammen mit dem Sekundärkolben 114) in Fig. 1 nach links verschieben. Ferner lässt sich die Kolbenanordnung 112, 114 auch von dem sich durch die (als Hohlkörper ausgebildete) Spindel 138 erstreckenden Kraftübertragungselement 128 des mechanischen Aktuators 126 in Fig. 1 nach links verschieben. Ein Verschieben der Kolbenanordnung 112, 114 in Fig. 1 nach rechts wird mittels des in den Hydraulikkammern 116, 118 herrschenden Hydraulikdrucks (bei Loslassen des Bremspedals 130 und ggf. bei motorischem Verschieben der Spindel 138 nach rechts) bewerkstelligt.

Wie in Fig. 1 gezeigt, ist eine Entkoppeleinrichtung 142 funktional zwischen dem Bremspedal 130 und dem Kraftübertragungselement 128 vorgesehen. Die Entkoppeleinrichtung 142 ermöglicht ein selektives Entkoppeln des Bremspedals 130 von der Kolbenanordnung 112, 114 im Hauptzylinder 110 (z.B. durch Unterbrechung des Kraftübertragungswegs). Nachfolgend werden die Funktionsweisen der Entkoppeleinrichtung 142 und der Simulationseinrichtung 108 näher erläutert. In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass die in Fig. 1 dargestellt Bremsanlage 100 auf dem Prinzip des Brake-By-Wire (BBW) basiert. Dies bedeutet, dass im Rahmen einer normalen Betriebsbremsung sowohl die Entkoppeleinrichtung 142 als auch die Simulationseinrichtung 108 aktiviert sind. Demgemäß ist das Bremspedal 130 vom Kraftübertragungselement 128 (und damit von der Kolbenanordnung 112, 114 im Hauptzylinder 110) entkoppelt, und eine Betätigung der Kolbenanordnung 112, 114 kann ausschließlich über den elektromechanischen Aktuator 124 erfolgen. Das gewohnte Pedalrückwirkverhalten wird in diesem Fall von der mit dem Bremspedal 130 gekoppelten Simulationseinrichtung 108 bereitgestellt.

Im Rahmen der Betriebsbremsung übernimmt damit der elektromechanische Aktuator 124 die Bremskraftherzeugungsfunktion. Eine durch Niedertreten des Bremspedals 130 angeforderte Bremskraft wird dabei dadurch erzeugt, dass mittels des Elektromotors 134 die Spindel 138 in Fig. 1 nach links verschoben und dadurch auch der Primärkolben 112 und der Sekundär-Kolben 114 des Hauptzylinders 110 nach links bewegt werden. Auf diese Weise wird Hydraulikfluid aus den Hydraulikkammern 116, 118 über die HCU 106 zu den Radbremsen VL, VR, HL und HR gefördert.

Die Höhe der daraus resultierenden Bremskraft der Radbremsen VL, VR, HL und HR wird in Abhängigkeit einer sensorisch erfassten Bremspedalbetätigung eingestellt. Zu diesem Zweck sind ein Wegsensor 146 und ein Kraftsensor 148 vorgesehen, deren Ausgangssignale von einem den Elektromotor 134 ansteuernden Steuergerät (Electronic Control Unit, ECU) 150 ausgewertet werden. Der Wegsensor 146 erfasst einen mit einer Betätigung des Bremspedals 130 in Zusammenhang stehenden Betätigungsweg, während der Kraftsensor 148 eine damit in Zusammenhang stehende Betätigungskraft erfasst. In Abhängigkeit von den Ausgangssignalen der Sensoren 146, 148 (sowie ggf. des Drucksensors 122) wird vom Steuergerät 150 ein Ansteuersignal für den Elektromotor 134 erzeugt.

Nachdem die Vorgänge bei einer Betriebsbremsung näher erläutert wurden, wird jetzt kurz der Notbremsbetrieb geschildert. Der Notbremsbetrieb ist beispielsweise die Folge des Ausfalls der Fahrzeugbatterie oder einer Komponente des elektromechanischen Aktuators 124. Eine Deaktivierung der Entkoppeleinrichtung 142 (und der Simulationseinrichtung 108) im Notbremsbetrieb ermöglicht eine direkte Koppelung des Bremspedals 130 mit dem Hauptzylinder 110, nämlich über das Kraftübertragungselement 128 ("push-through"-Modus). Die Notbremsung wird eingeleitet durch Niedertreten des Bremspedals 130. Die Bremspedalbetätigung überträgt sich dann über das Kraftübertragungselement 128 auf den Hauptzylinder 110. In Folge dessen verschiebt sich die Kolbenanordnung 112, 114 in Fig. 1 nach links. Dadurch wird zur Bremskraftherzeugung Hydraulikfluid aus den Hydraulikkammern 116, 118 des Hauptzylinders 110 über die HCU 106 zu den Radbremsen VL, VR, HL und HR gefördert.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 1 umfasst die HCU 106 vier Ventile 152, 154, 156, 158 zwischen dem Hauptzylinder 110 und den Radbremsen VL, VR, HL, HR. Bei dieser Ausführungsform der HCU 106 kann also auf die aus der WO 2010/091883 A oder WO 2011/141158 A (vgl. Fig. 15) bekannte Ventilanordnung (und die entsprechende Ansteuerung) zurückgegriffen werden.

Die Hydraulikdruckmodulation im Fahrdynamik-Regelbetrieb erfolgt mittels des elektromechanischen Aktuators 124. Mit anderen Worten wird der elektromechanische Aktuator 124 nicht nur zur Bremskrafterzeugung im Rahmen einer Betriebsbremsung, sondern auch beispielsweise zum Zweck der Fahrdynamikregelung (also z.B. im ABS- und/oder ASR- und/oder ESP-Regelbetrieb) angesteuert. Zusammen mit der Ansteuerung des elektromechanischen Aktuators 124 erfolgt eine radindividuelle oder radgruppenindividuelle Ansteuerung der Ventile 152, 154, 156, 158 in einem zeitlichen Multiplex-Betrieb. Für den Multiplex-Betrieb kann dann jedem der Ventile 152, 154, 156, 158 ein eigener Zeitschlitz zugeordnet sein, in dem das betreffende Ventil ein- oder mehrfach angesteuert (z.B. geöffnet und/oder geschlossen) werden kann. In der in Fig. 1 gezeigten Implementierung sind zwischen den Radbremsen VL, VR, HL und HR und dem Hauptzylinder 110 keine weiteren Ventile für Fahrdynamikregelzwecke vorhanden.

Im Multiplex-Betrieb können beispielsweise zunächst mehrere oder alle der Ventile 152, 154, 156, 158 geöffnet sein und gleichzeitig mittels des elektromechanischen Aktuators 124 ein Hydraulikdruck an mehreren oder allen zugeordneten Radbremsen VL, VR, HL und HR aufgebaut werden. Bei Erreichen eines radindividuellen Zieldrucks schließt dann das entsprechende Ventil 152, 154, 156, 158, während eines oder mehrere weitere Ventile 152, 154, 156, 158 so lange weiterhin geöffnet bleiben, bis auch dort der jeweilige Zieldruck erreicht ist. Die vier Ventile 152, 154, 156, 158 werden daher im Multiplex-Betrieb individuell pro Rad oder Radgruppe in Abhängigkeit des jeweiligen Zieldrucks zeitschlitz-synchron geöffnet und geschlossen.

Gemäß einer Ausführung sind die Ventile 152, 154, 156, 158 als 2/2-Wege-Ventile realisiert und beispielsweise als nichtregelbare Absperrventile ausgebildet. In diesem Fall kann daher kein Öffnungsquerschnitt eingestellt werden, wie es beispielsweise bei Proportionalventilen der Fall wäre. In einer anderen Ausführung sind die Ventile 152, 154, 156, 158 als Proportionalventile mit einstellbarem Öffnungsquerschnitt realisiert.

Wie in Fig. 1 veranschaulicht, umfasst die Bremsanlage 100 zusätzlich zu den Multiplex-Ventilen 152, 154, 156, 158 wenigstens eine zweite Ventilanordnung 178, die zwischen dem Hauptzylinder 110 und einer Aufnahme-Einrichtung 142A vorgesehen ist. Im Ausführungsbeispiel ist die Ventilanordnung 178 zwischen der Hydraulikkammer 116 des Hauptzylinders 110 auf der einen Seite und der Aufnahme-Einrichtung 142A andererseits angeordnet. Eine ähnliche Ventilanordnung könnte zusätzlich oder

alternativ hierzu zwischen der zweiten Hydraulikkammer 118 des Hauptzylinders 110 und einer zusätzlichen Aufnahme-Einrichtung (nicht dargestellt) oder der vorhandenen Aufnahme-Einrichtung 142A vorgesehen werden. Ferner könnte die Ventilanordnung 178 anstatt in die separate Aufnahme-Einrichtung 142A auch in eine von der Entkoppel-Einrichtung 142 umfasste Aufnahme-Einrichtung (in Fig. 1 nicht dargestellt) münden.

Im Ausführungsbeispiel umfasst die Ventilanordnung 178 ein einziges Ventil, das als regelbares oder nicht regelbares Absperrventil ausgebildet und in die HCU 106 integriert sein kann. Die Aufnahme-Einrichtung 142A kann ein Druckspeicher (beispielsweise ein membran-basierter LPA oder HPA) sein. Auch könnte die Aufnahme-Einrichtung 142A als Zylinder-Kolben-Anordnung ausgebildet werden.

Alle fünf Ventile 152, 154, 156, 158, 178 sind vom Steuergerät 150 im Multiplex-Betrieb ansteuerbar. Eine solche Ansteuerung kann zu unterschiedlichen Zwecken erfolgen, beispielsweise zur Zwischenspeicherung von Hydraulikfluid in der Aufnahme-Einrichtung 142A. Die Aufnahme-Einrichtung 142A fungiert daher als "zusätzlicher" Hydraulikfluid-Verbraucher neben den vier Radbremsen VL, VR, HL und HR. Mit anderen Worten "simuliert" die Aufnahme-Einrichtung 142A ein "fünftes" Rad. Gemäß dieser Sichtweise sind die "fünf" Räder im Multiplex-Betrieb rad-individuell oder radgruppen-individuell ansteuerbar. In einem Zeitschlitz-basierten Multiplex-Betrieb könnte der Ventilanordnung 178 ein eigener Zeitschlitz zugeordnet sein. In diesem Fall würde ein Ansteuer-Zyklus des Steuergeräts 150 fünf Zeitschlitze umfassen (einen Zeitschlitz für jedes der fünf Ventile 152, 154, 156, 158, 178). Alternativ hierzu könnten der Ventilanordnung 178 eine oder mehrere der Zeitschlitze zugeordnet werden, die für die Multiplex-Ventile 152, 154, 156, 158 vorgesehen sind. In diesem Fall umfasst ein Ansteuer-Zyklus vier Zeitschlitze.

Fig. 2 zeigt ein detaillierteres Ausführungsbeispiel einer Fahrzeug-Bremsanlage 100, welche auf dem im Zusammenhang mit dem schematischen Ausführungsbeispiel der Fig. 1 erläuterten Funktionsprinzip basiert. Gleiche oder ähnliche Elemente wurden dabei mit den gleichen Bezugszeichen wie in Fig. 1 versehen, und auf deren Erläuterung wird nachfolgend verzichtet. Der Klarheit halber wurden die ECU, die Radbremsen, die den Radbremsen zugeordneten vier Ventileinheiten der HCU (Multiplex-Ventile 152, 154, 156, 158 in Fig. 1) und der Generator für den regenerativen Bremsbetrieb nicht dargestellt.

Auch die in Fig. 2 veranschaulichte Fahrzeug-Bremsanlage 100 umfasst zwei Bremskreise I. und II., wobei zwei Hydraulikkammern 116, 118 eines Hauptzylinders 110 jeweils wiederum genau einem Bremskreis I., II. zugeordnet sind. Der Hauptzylinder 110 besitzt pro Bremskreis I., II. zwei Anschlüsse. Die beiden Hydraulikkammern 116, 118 münden dabei jeweils in einen ersten Anschluss 160, 162, über den Hydraulikfluid aus der jeweiligen Kammer 116, 118 in den zugeordneten Bremskreis I., II. gefördert werden kann. Ferner kann jeder der Bremskreise I. und II. über jeweils einen zweiten Anschluss 164, 166, der in eine entsprechende Ringkammer 110A, 110B im Hauptzylinder 110 mündet, mit dem in Fig. 2 nicht dargestellten drucklosen Hydraulikfluid-Reservoir (Bezugszeichen 120 in Fig. 1) verbunden werden.

Zwischen dem jeweils ersten Anschluss 160, 162 und dem jeweils zweiten Anschluss 164, 166 des Hauptzylinders 110 ist jeweils ein Ventil 170, 172 vorgesehen, das im Ausführungsbeispiel als ein 2/2-Wege-Ventil realisiert ist. Mittels der Ventile 170, 172 können die ersten und zweiten Anschlüsse 160, 162, 164, 166 selektiv miteinander verbunden werden. Dies entspricht einem „hydraulischer Kurzschluss“ zwischen dem Hauptzylinder 110 einerseits und, auf der anderen Seite, dem drucklosen Hydraulikfluidreservoir (welches dann über die Ringkammern 110A, 110B mit den Hydraulikkammern 116, 118 verbunden wird). In diesem Zustand können die Kolben 112, 114 im Hauptzylinder 110 im Wesentlichen widerstandsfrei durch den elektromechanischen Aktuator 124 oder den mechanischen Aktuator 126 verschoben werden („Leerwegfreischaltung“). Die beiden Ventile 170, 172 ermöglichen so beispielsweise einen regenerativen Bremsbetrieb (Generatorbetrieb). Hier wird das bei einer Förderbewegung im Hauptzylinder 110 aus den Hydraulikkammern 116, 118 verdrängte Hydraulikfluid dann nicht zu den Radbremsen geleitet, sondern zum drucklosen Hydraulikfluidreservoir, ohne dass es zu einem (im regenerativen Bremsbetrieb in der Regel unerwünschten) Hydraulikdruckaufbau an den Radbremsen käme. Eine Bremswirkung wird im regenerativen Bremsbetrieb dann durch den Generator (vgl. Bezugszeichen 102 in Fig. 1) erzielt.

Es ist darauf hinzuweisen, dass der regenerative Bremsbetrieb achsweise implementiert sein kann. Daher kann im Fall einer achsbezogenen Bremskreisaufteilung im regenerativen Bremsbetrieb eines der beiden Ventile 170, 172 geschlossen und das andere geöffnet sein.

Die beiden Ventile 170, 172 ermöglichen ferner den Abbau von Hydraulikdruck an den Radbremsen. Ein solcher Druckabbau kann bei Ausfall (z.B. einer Blockierung) des elektromechanischen Aktuators 124 erwünscht sein oder im Fahrdynamikregelbe-

trieb, um einen Rückhub des elektromechanischen Aktuators 124 zu vermeiden (z.B. um eine Rückwirkung auf das Bremspedal zu vermeiden). Auch zum Druckabbau werden die beiden Ventile 170, 172 in ihre geöffnete Stellung übergeführt, wodurch Hydraulikfluid aus den Radbremsen über die Ringkammern 110A, 110B im Hauptzylinder 110 in das Hydraulikfluid-Reservoir zurückströmen kann.

Schließlich ermöglichen die Ventile 170, 172 auch noch ein Nachfüllen der Hydraulikkammern 116, 118. Ein solches Nachfüllen kann während eines laufenden Bremsvorgangs erforderlich werden (z.B. aufgrund von so genanntem Bremsen-„Fading“).

Zum Nachfüllen werden die Radbremsen über zugeordnete Ventile der HCU (in Fig. 2 nicht dargestellt) fluidisch von den Hydraulikkammern 116, 118 getrennt. Der an den Radbremsen herrschende Hydraulikdruck wird also „eingesperrt“. Daraufhin werden die Ventile 170, 172 geöffnet. Bei einem anschließenden Rückhub der im Hauptzylinder 110 vorgesehen Kolben 112, 114 (in Fig. 2 nach rechts) wird dann Hydraulikfluid aus dem drucklosen Reservoir in die Kammern 116, 118 gesaugt. Schließlich können die Ventile 170, 172 wieder geschlossen und die Hydraulikverbindungen zu den Radbremsen wieder geöffnet werden. Bei einem nachfolgenden Förderhub der Kolben 112, 114 (in Fig. 2 nach links) kann dann der vormals „eingesperrte“ Hydraulikdruck weiter erhöht werden.

Wie in Fig. 2 gezeigt, basieren im vorliegenden Ausführungsbeispiel sowohl eine Simulationseinrichtung 108 als auch eine Entkoppeleinrichtung 142 auf einem hydraulischen Prinzip. Beide Einrichtungen 108, 142 umfassen jeweils einen Zylinder 108A, 142A zur Aufnahme von Hydraulikfluid sowie einen im jeweiligen Zylinder 108A, 142A aufgenommenen Kolben 108B, 142B. Der Kolben 142B der Entkoppeleinrichtung 142 ist mechanisch mit einem in Fig. 2 nicht dargestellten Bremspedal (vgl. Bezugszeichen 130 in Fig. 1) gekoppelt. Ferner besitzt der Kolben 142B einen sich durch den Zylinder 142A in axialer Richtung hindurch erstreckenden Fortsatz 142C. Der Kolbenfortsatz 142C verläuft coaxial zu einem Kraftübertragungselement 128 für den Primärkolben 112 und ist diesem in Betätigungsrichtung des Bremspedals vorge-  
lagert.

Jeder der beiden Kolben 108B, 142B wird von einem elastischen Element 108C, 142D (hier jeweils einer Schraubenfeder) in seine Ausgangsstellung vorgespannt. Die Kennlinie des elastischen Elements 108C der Simulationseinrichtung 108 definiert hierbei das gewünschte Pedalrückwirkverhalten.

Wie ferner in Fig. 2 gezeigt, umfasst die Fahrzeug-Bremsanlage 100 im vorliegenden Ausführungsbeispiel drei weitere Ventile 174, 176, 178, die hier als 2/2-Wege-Ventile realisiert sind. Es versteht sich, dass einzelne oder alle dieser drei Ventile 174, 176, 178 bei anderen Ausführungsformen, bei denen die entsprechenden Funktionalitäten nicht erforderlich sind, entfallen können. Ferner versteht sich, dass alle diese Ventile Teil eines einzigen HCU-Blocks (vgl. Bezugszeichen 106 in Fig. 1) sein können.

Das erste Ventil 174 ist einerseits zwischen der Entkoppeleinrichtung 142 (über einen im Zylinder 142A vorgesehenen Anschluss 180) sowie der Simulationseinrichtung 108 (über einen im Zylinder 108A vorgesehenen Anschluss 182) und andererseits dem drucklosen Hydraulikfluidreservoir (über den Anschluss 166 des Hauptzylinders 110) vorgesehen. Dem Anschluss 182 des Zylinders 108A ist das zweite Ventil 176 vorgeschaltet, das in seiner Durchlass-Stellung eine Drosselcharakteristik aufweist. Das dritte Ventil 178 schließlich ist zwischen der Hydraulikkammer 116 (über den Anschluss 116) und dem Bremskreis I. einerseits und dem Zylinder 142A der Entkoppeleinrichtung 142 (über den Anschluss 180) andererseits vorgesehen.

Das erste Ventil 174 ermöglicht eine selektive Aktivierung und Deaktivierung der Entkoppeleinrichtung 142 (und indirekt auch der Simulationseinrichtung 108). Befindet sich das Ventil 174 in seiner geöffneten Stellung, ist die der Zylinder 142A der Entkoppeleinrichtung 142 hydraulisch mit dem drucklosen Hydraulikreservoir verbunden. In dieser Stellung ist die Entkoppeleinrichtung 142 entsprechend dem Notbremsbetrieb deaktiviert. Ferner ist auch die Simulationseinrichtung 108 deaktiviert.

Das Öffnen des Ventils 174 bewirkt, dass bei Verschieben des Kolbens 142B (infolge einer Betätigung des Bremspedals) das im Zylinder 142A aufgenommene Hydraulikfluid weitgehend widerstandsfrei in das drucklose Hydraulikfluidreservoir gefördert werden kann. Dieser Vorgang ist im Wesentlichen unabhängig von der Stellung des Ventils 176, da dieses auch in seiner geöffneten Stellung eine signifikante Drosselwirkung besitzt. Somit ist bei geöffneter Stellung des Ventils 174 auf indirekte Weise auch die Simulationseinrichtung 108 deaktiviert.

Bei einer Bremspedalbetätigung im geöffneten Zustand des Ventils 174 überwindet der Kolbenfortsatz 142C einen Spalt 190 hin zum Kraftübertragungselement 128 und gelangt infolgedessen in Anlage an das Kraftübertragungselement 128. Das Kraftübertragungselement 128 wird nach Überwindung des Spalts 190 von der Verschiebung des Kolbenfortsatzes 142C erfasst und betätigt daraufhin den Primärkolben 112 (sowie – indirekt - den Sekundärkolben 114) im Hauptbremszylinder 110. Dies entspricht der bereits im Zusammenhang mit der Fig. 1 erläuterten direkten Kopplung

von Bremspedal und Hauptzylinderkolben zum Hydraulikdruckaufbau in den Bremskreisen I., II. im Notbremsbetrieb.

Bei geschlossenem Ventil 174 (und geschlossenem Ventil 178) ist die Entkoppeleinrichtung 142 hingegen aktiviert. Dies entspricht dem Betriebsbremsbetrieb. Dabei wird bei einer Betätigung des Bremspedals Hydraulikfluid aus dem Zylinder 142A in den Zylinder 108A der Simulationseinrichtung 108 gefördert. Auf diese Weise wird der Simulator-Kolben 108B gegen die vom elastischen Element 108C bereit gestellte Gegenkraft verschoben, so dass sich das gewohnte Pedalrückwirkverhalten einstellt. Gleichzeitig wird der Spalt 190 zwischen dem Kolbenfortsatz 142C und dem Kraftübertragungselement 128 weiter aufrechterhalten. Dadurch ist das Bremspedal vom Hauptzylinder mechanisch entkoppelt.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel erfolgt die Aufrechterhaltung des Spalts 190 dadurch, dass mittels des elektromechanischen Aktuators 124 der Primärkolben 112 wenigstens so schnell in Fig. 2 nach links bewegt wird, wie sich der Kolben 142B aufgrund der Bremspedalbetätigung nach links bewegt. Da das Kraftübertragungselement 128 mechanisch oder anderweitig (z.B. magnetisch) mit dem Primärkolben 112 gekoppelt ist, bewegt sich das Kraftübertragungselement 128 zusammen mit dem Primärkolben 112 bei dessen Betätigung mittels der Getriebespindel 138. Diese Mitnahme des Kraftübertragungselements 128 gestattet die Aufrechterhaltung des Spalts 190.

Die Aufrechterhaltung des Spalts 190 im Betriebsbremsbetrieb erfordert eine präzise Erfassung des vom Kolben 142B zurückgelegten Wegs (und damit des Pedalwegs). Zu diesem Zweck ist ein auf einem magnetischen Prinzip basierender Wegsensor 146 vorgesehen. Der Wegsensor 146 umfasst einen starr mit dem Kolben 142B gekoppelten Stößel 146A, an dessen Ende ein Magnelement 146B angebracht ist. Die Bewegung des Magnelements 146B (d.h. der vom Stößel 146B bzw. Kolben 142B zurückgelegte Weg) wird mittels eines Hallsensors 146C erfasst. Ein Ausgangssignal des Hallsensors 146C wird von einer in Fig. 2 nicht gezeigten Steuereinheit (vgl. Bezugszeichen 150 in Fig. 1) ausgewertet. Basierend auf dieser Auswertung kann dann der elektromechanische Aktuator 124 angesteuert werden.

Nun zum zweiten Ventil 176, welches der Simulationseinrichtung 108 vorgeschaltet ist und in manchen Ausführungsformen entfallen kann. Diese Ventil 176 besitzt eine vorgegebene oder einstellbare Drosselfunktion. Mittels der einstellbaren Drosselfunktion lässt sich beispielsweise eine Hysterese oder anderweitige Kennlinie für das

Pedalrückwirkverhalten erzielen. Auf diese Weise kann es beispielsweise einem Fahrer gestattet sein, zwischen verschiedenen Bremspedal-Charakteristika umzuschalten. Dabei kann ein kurzer Ansprechweg des Bremspedals ein sportliches Verhalten simulieren, während ein komfortables Verhalten mittels eines langen Ansprechwegs darstellbar ist. Das entsprechende Schaltverhalten für das Bremspedal kann mit einem  
5 anderweitigen Schaltverhalten, beispielsweise für eine Fahrwerksdämpfung, gekoppelt sein.

Ferner kann durch selektives Sperren des Ventils 176 die Bewegung des Kolbens  
10 142B (bei geschlossenen Ventilen 174, 178) und damit der Bremspedalweg begrenzt werden.

Das dritte Ventil 178 ermöglicht in seiner geöffneten Stellung das Fördern von Hydraulikfluid aus dem Kolben 142A in den Bremskreis I. bzw. die Hydraulikkammer 116  
15 des Hauptzylinders 110 und umgekehrt. Eine Fluidförderung aus dem Kolben 142A in den Bremskreis I. ermöglicht beispielsweise ein schnelles Anbremsen (z.B. vor dem Einsetzen der Förderwirkung des elektromechanischen Aktuators 124), wobei das Ventil 178 umgehend wieder geschlossen wird. Ferner lässt sich bei geöffnetem Ventil 178 eine hydraulische Rückwirkung (z.B. einer mittels des elektromechanischen Aktuators 124 erzeugten Druckmodulation im Fahrdynamikregelbetrieb) über  
20 den Kolben 142B auf das Bremspedal erzielen.

In einer in den Anschluss 180 des Zylinders 142A mündenden Hydraulikleitung ist ein Drucksensor 148 vorgesehen, dessen Ausgangssignal einen Rückschluss auf die  
25 Betätigungskraft am Bremspedal gestattet. Das Ausgangssignal dieses Drucksensors 148 wird von einer in Fig. 2 nicht gezeigte Steuereinheit ausgewertet. Basierend auf dieser Auswertung kann dann eine Ansteuerung eines oder mehrerer der Ventile 170, 172, 174, 176, 178 zur Realisierung der oben geschilderten Funktionalitäten erfolgen. Ferner kann basierend auf dieser Auswertung der elektromechanische Ak-  
30 tuator 124 angesteuert werden.

Bei der in Fig. 2 gezeigten Bremsanlage 100 kann die in Fig. 1 dargestellte HCU 106 verwendet werden.. In einer Ausführungsform kann für die in Fig. 2 gezeigten Bremsanlage 100 also die Multiplex-Anordnung gemäß Fig. 1 (mit insgesamt vier  
35 Ventilen zusätzlich zu den in Fig. 2 veranschaulichten Ventilen) zum Einsatz gelangen.

Bei der in Fig. 2 dargestellten Ausführungsform sind vom Multiplex-Betrieb neben den vier Ventilen (vgl. Bezugszeichen 152, 154, 156, 158 in Fig. 1), die den vier Radbremsen zugeordnet sind, zusätzlich das Ventil 178 umfasst. Gemäß Fig. 2 ist das Ventil 178 zwischen der Hydraulikkammer 116 im Hauptzylinder 110 einerseits und dem Zylinder 142A andererseits vorgesehen. Diese Anordnung des Ventils 178 ermöglicht es im vorliegenden Ausführungsbeispiel, dem Fahrer am Bremspedal eine haptische Rückmeldung mittels des elektromechanischen Aktuators 124 zu geben. Auf diese Weise lässt sich eine Einschränkung der auf dem BBW-Prinzip basierenden Bremsanlage 100, nämlich die fehlende Rückmeldung am Bremspedal im Fall eines Fahrdynamikregeleingriffs (zum Beispiel von ABS-Pulsationen), kompensieren. Bei herkömmlichen BBW-Bremsanlagen erhält der Fahrer am vom Hauptzylinder entkoppelten Bremspedal nämlich keine Rückmeldung mehr, dass eine Fahrdynamikregelung eingesetzt hat (beispielsweise weil eine Fahrbahnoberfläche mit niedrigem Reibwert vorliegt).

Daher wird gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel das (ohnehin vorhandene) Ventil 178 im Multiplex-Betrieb synchron mit den vier, den Radbremse zugeordneten Multiplex-Ventilen angesteuert. So können mittels des elektromechanischen Aktuators 124 erzeugte Hydraulikdruckpulsationen, die auf einen Fahrdynamikregelbetrieb hinweisen, durch vollständiges oder teilweises Öffnen des Ventils 178 in den Zylinder 142A übertragen werden. Die Hydraulikdruckpulsationen im Zylinder 142A wiederum werden vom Fahrer bei teilweise oder vollständig niedergetretenem Bremspedal haptisch wahrgenommen.

Zusätzlich oder alternativ hierzu lässt sich durch Wahl eines geeigneten Zeitpunkts für das Schließen aller drei mit dem Zylinder 142A zugeordneten Ventile 174, 176, 178 eine gezielte Pedalwegbegrenzung erreichen, die über die Länge des Pedalwegs den Reibwert der Fahrbahn widerspiegelt. Sind nämlich die drei Ventile 174, 176, 178 geschlossen, kann aus dem Zylinder 142A kein Hydraulikfluid mehr entweichen, was einer Begrenzung des Pedalwegs entspricht. Zur Pedalwegbegrenzung kann daher auch das der Simulations-Einrichtung 108 zugeordnete Ventil 176 (ggf. synchron mit dem Ventil 178) geschlossen werden. Allgemein kann das Ventil 176 insbesondere dann geschlossen werden, wenn das Ventil 178 geöffnet wird oder wenn bei geschlossenem Ventil 178 – wie vorstehend beschrieben – eine Pedalwegbegrenzung erwünscht ist.

Vorteilhafterweise kann im Multiplex-Betrieb je nach Betätigungsrichtung der im Hauptzylinder 110 aufgenommenen Kolben 112, 114 sowohl Hydraulikfluid in den

Zylinder 142A gefördert werden als auch aus diesem entnommen werden (gleiches gilt natürlich bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1). Dies bedeutet, dass ein Bremspedal im Rahmen des Multiplex-Betriebs mittels des elektromechanischen Aktuators 124 sowohl zurückgefahren als auch wieder vorgefahren werden kann. Der  
5 Pedalweg in jede Richtung wird durch die jeweilige Volumenverschiebung aus dem bzw. in den Hauptzylinder 110 realisiert.

Insgesamt sind verschiedene Ansteuerkonzepte für die vier den Radbremsen zugeordneten Multiplex-Ventile und das weitere Ventil 178 (sowie des der Simulationseinrichtung 108 angeordneten Ventils 176) denkbar. Wird beispielsweise im Rahmen  
10 einer aktiven Bremspedalbetätigung seitens des Fahrers zu einem bestimmten Zeitpunkt erkannt, dass eines oder mehrere der Räder eine Fahrdynamik-Regelung (zum Beispiel eine ABS-Regelung) erfordern, wird zunächst zur Pedalwegbegrenzung das Ventil 176 zur Simulations-Einrichtung 108 geschlossen (d.h. um über die Länge des  
15 Pedalwegs auf den niedrigen Reibwert der Fahrbahn hinzuweisen). Die Ventile 174 und 178 befinden sich dabei ebenfalls in einem geschlossenen Zustand.

Im Rahmen der Fahrdynamik-Regelung wird nun das Multiplex-Ventil an der Radbremse jedes betroffenen Rades ein oder mehrmals geöffnet (zum Beispiel gemäß  
20 Druckaufbau-, Druckhalte-, und Druckabbauphasen). Um dem Fahrer eine haptische Rückmeldung bezüglich der Fahrdynamik-Regelung zu geben, wird im Zuge des Multiplex-Betriebs auch das Ventil 178 betätigt, also beispielsweise wiederholt geöffnet und geschlossen. Auf diese Weise lassen sich Hydraulikdruckänderungen im Zylinder 142A erzielen, die das ABS-charakteristische, pulsierende Pedalrückwirkverhalten bewirken.  
25

Hinsichtlich des Multiplex-Betriebs sind verschiedene Ansteuerszenarien für das Ventil 178 denkbar. Gemäß einer ersten Variante wird das Ventil 178 synchron mit einem oder mehreren der den Radbremsen zugeordneten Multiplex-Ventile geöffnet oder  
30 geschlossen (insbesondere solchen, die von der Fahrdynamik-Regelung betroffen sind). Alternativ hierzu können die den Radbremsen zugeordneten Multiplex-Ventile und das Ventil 178 auch sequenziell angesteuert werden. Gemäß jedem dieser Ansteuerszenarien ergibt sich bei geöffnetem Ventil 178 ein hydraulischer Durchgriff zwischen dem Hauptzylinder 110 und dem Zylinder 142A. Eine entsprechende Ver-  
35 schiebung der Hauptzylinder-Kolben 112, 114 mittels des elektromechanischen Aktuators 124 führt daher zu einer hydraulischen Rückwirkung im Zylinder 142A und damit am Bremspedal. Über geeignete Ansteuerstrategien für den elektromechanischen Aktuator 124 können so nicht nur die Stärke der Pedalbewegungen beeinflusst

werden; auch der zeitliche Verlauf und die Häufigkeit (d.h. die Frequenz) der Pedalrückmeldungen an den Fahrer lassen sich Software-gesteuert beeinflussen.

Es kann gewünscht sein, trotz der beschriebenen Rückwirkungen auf das Bremspedal keine Veränderung im absoluten (gesamten) Pedalweg zu erlauben. Aus diesem Grund kann zum Erreichen einer gewünschten Pedalbewegung genauso viel Hydraulikfluidvolumen in den Zylinder 142A gefördert werden, wie später wieder in den Hauptzylinder 110 zurückgelassen wird. Die entsprechenden Fördervolumina lassen sich durch geeignete Ansteuerung des elektromechanischen Aktuators 124 gezielt einstellen.

Fig. 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Bremsanlage 100. Übereinstimmende oder vergleichbare Elemente wie bei den Ausführungsbeispielen gemäß den Fign. 1 und 2 sind wiederum mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet. Abweichend von den Ausführungsbeispielen der Fign. 1 und 2 wirkt bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 der elektromechanische Aktuator 124 nicht auf den Primärkolben 112 im Hauptzylinder 110 ein. Vielmehr wirkt der elektromechanische Aktuator 124 auf einen Kolben 200 ein, der in einem separaten Zylinder 202 aufgenommen ist und mit den Radbremsen VL, VR, HL und HR fluidisch koppelbar ist. Bei dem Kolben 200 handelt es sich um einen Plunger-Kolben.

Auch die Bremsanlage 100 gemäß Fig. 3 basiert auf dem BBW-Prinzip. Daher ist normalerweise, also in BBW-Modus, der Hauptzylinder 110 fluidisch von den Radbremsen VL, VR, HL und HR entkoppelt. Zu diesem Zweck sind zwei Absperrventile 178' vorgesehen, die sich jeweils in der Hydraulikleitung zwischen einer der Hydraulikkammern 116, 118 einerseits und den Radbremsen VL, VR, HL und HR andererseits befinden.

Die Ventile 178' werden lediglich in einem "push-through"-Modus der Bremsanlage 100 geöffnet. In diesem Modus kann mittels eines mechanischen Aktuators 126, der mit einem in Fig. 3 nicht dargestellten Bremspedal gekoppelt ist, Hydraulikfluid aus den Kammern 116, 118 zu den Radbremsen VL, VR, HL und HR verschoben werden (die Multiplex-Ventile 152, 154, 156, 158 sind dann geöffnet). Im regulären BBW-Prinzip hingegen wird bei geschlossenen Ventilen 178' der Hydraulikdruck an den Radbremsen VL, VR, HL und HR mittels des elektromechanischen Aktuators 124 und Verschiebens des Plunger-Kolbens 200 aufgebaut. Hierzu sind Ventile 178 zwischen dem Zylinder 202 einerseits und den Radbremsen VL, VR, HL und HR andererseits zu öffnen.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind vom Multiplex-Betrieb neben den vier Ventilen 152, 154, 156, 158, welche wiederum den vier Radbremsen VL, VR, HL und HR zugeordnet sind, jeweils wenigstens eine der zwei in Fig. 3 veranschaulichten weiteren Ventilanordnungen umfasst, die jeweils zwei Ventile 178, 178' umfassen. Durch Öffnen der Ventile 178, 178' wenigstens einer dieser Ventilanordnungen (im Rahmen eines Multiplex-Betriebs mit den weiteren Ventilen 152, 154, 156, 158) lässt sich das in Bezug auf das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 erläuterte Pedalrückwirkverhalten erzielen. Dies ist in Fig. 3 durch einen Pfeil angedeutet.

Die Fign. 4A bis 4C zeigen Diagramme, welche Ausführungsbeispiele für die Ansteuerung einiger oder mehrerer der Ventile 152, 154, 156, 158, 178, 178' im Multiplex-Betrieb veranschaulichen. Die entsprechenden Ansteuerkonzepte lassen sich bei den Bremsanlagen 100 gemäß den oben beschriebenen Ausführungsbeispielen realisieren.

Fig. 4A zeigt in einem kombinierten Diagramm den zeitlichen Verlauf des Bremspedalwegs sowie der Ansteuerung (Ventilstrom) des zwischen dem Hauptzylinder 110 und der Simulations-Einrichtung 108 vorgesehenen Ventils 176. In Fig. 4A entspricht dem bestromten Zustand des Ventils 176 dessen geschlossene Stellung.

Gemäß Fig. 4A wird zu einem Zeitpunkt  $t_1$  erkannt, dass an sämtlichen Rädern des Fahrzeugs eine ABS-Regelung aufgrund eines niedrigen Haftreibungswerts der Fahrbahnoberfläche erforderlich ist. Bei einer herkömmlichen, auf dem BBW-Prinzip basierenden Bremsanlage wäre der weitere Pedalweg ausschließlich durch die Kennlinie der Simulationseinrichtung 108 definiert und (jedenfalls zunächst) unbegrenzt.

Abweichend von diesem konventionellen Szenario wird gemäß dem hier vorgestellten Ansatz vorgeschlagen, dem Fahrer das Vorliegen einer Fahrbahnoberfläche mit niedrigem Reibwert haptisch am teilweise betätigten Bremspedal anzuzeigen. Hierfür wird der Bremspedalweg im Ausführungsbeispiel anfänglich begrenzt und anschließend schrittweise freigegeben, um dem Fahrer eine Pedalrückmeldung zu geben. Allgemein kann der Pedalweg in Abhängigkeit (beispielsweise indirekt proportional) des Fahrbahnreibungswerts eingestellt werden. So wäre es zum Beispiel möglich, wie in Fig. 4A veranschaulicht, bei steigendem Reibwert den Pedalweg schrittweise länger werden zu lassen.

Nachdem zum Zeitpunkt  $t_1$  das Erfordernis einer ABS-Regelung erkannt wurde, wird zunächst das Ventil 176 rampenartig bestromt, um die Hydraulikverbindung zur Simulations-Einrichtung 108 allmählich zu sperren und den Pedalweg sanft zu begrenzen. Hierbei wird angenommen, dass das bei einer Bremspedalbetätigung verdrängte Hydraulikfluid nicht anderweitig entweichen kann. Dies entspricht im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 dem geschlossenen Zustand der Ventile 174 und 178, so dass das Hydraulikfluid im Zylinder 142A eingesperrt bleibt. Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 entspricht dies einem geschlossenen Zustand der beiden Ventilanordnungen, die jeweils das Ventil 178, 178' umfassen.

Zu den Zeitpunkten  $t_2$  und  $t_3$  wird jeweils eine gewisse Zunahme des Fahrbahnreibungswerts erfasst. Aus diesem Grund wird das Ventil 176 jeweils kurzzeitig geöffnet (d.h. in den unbestromten Zustand versetzt). Im unbestromten Zustand kann Hydraulikfluid in die Simulations-Einrichtung 108 entweichen. Dies macht sich in Fig. 4A durch eine stufenweise Zunahme des Pedalwegs zu den Zeitpunkten  $t_2$  und  $t_3$  bemerkbar. Schließlich wird zum Zeitpunkt  $t_4$  ein Sprung des Reibwerts erkannt, der eine Beendigung der ABS-Regelung ermöglicht. Aus diesem Grund wird der Ventilstrom wieder rampenartig zurückgenommen und das Ventil 176 entsprechend geöffnet. Dies bedeutet, dass nach einem sanften Übergang der Bremspedalweg wie gewohnt ansteigt.

Fig. 4B zeigt ein vergleichbares Szenario wie Fig. 4A. Zusätzlich ist in Fig. 4B die Bestromung des Ventils 178, 178' (vgl. Fig. 1 bis 3) dargestellt, um diese zu schließen.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4B wird dem Fahrer zusätzlich durch eine vor- und zurückgehende Pedalbewegung das Einsetzen des ABS-Regelbetriebs haptisch angezeigt. Die Pedalbewegung entspricht daher den gewohnten Hydraulikdruckpulsationen einer ABS-Regelung bei einer herkömmlichen Bremsanlage.

Wie in Fig. 4B veranschaulicht, wird das Ventil 178/178' wiederholt kurzzeitig bestromt (und während der Bestromung geöffnet). Die Bestromung des Ventils 178/178' erfolgt in zyklisch wiederkehrenden Zeitschlitzten und im Multiplex-Betrieb bezüglich der den Radbremsen zugeordneten Ventile 152, 154, 156, 158. Auch diese Ventile 152, 154, 156, 158 werden im Rahmen der ABS-Regelung zyklisch bestromt, um die ABS-typischen Druckaufbau-, Druckhalte- und Druckabbauphasen radbezogen ablaufen zu lassen. Insgesamt beinhaltet ein Multiplex-Zyklus daher fünf Zeitschlitzte, einen für jedes der Ventile 152, 154, 156, 158, 178/178'.

Wie in Fig. 4B veranschaulicht, erfolgt zum Zeitpunkt  $t_2$  eine Bestromung des Ventils 178/178' um dieses zu öffnen. Im geöffneten Zustand des Ventils 178/178' erfolgt eine Betätigung des elektromechanischen Aktuators 124, um ein vorgegebenes Volumen an Hydraulikfluid zu verschieben und den Pedalweg etwas zu verlängern. Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 erfolgt hierzu eine Volumenverschiebung aus dem Zylinder 142A in die Hydraulikkammer 116 des Hauptzylinders 110. Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 erfolgt eine Verschiebung von Hydraulikfluidvolumen aus der Hydraulikkammer 116 des Hauptzylinders 110 in den Zylinder 202.

Im Anschluss an diese Volumenverschiebung wird der Pedalweg bis zu einem Zeitpunkt  $t_3$  auf einem konstanten Wert gehalten, also begrenzt. Zum Zeitpunkt  $t_3$  erfolgt dann eine gleich große Volumenverschiebung in die umgekehrte Richtung. Die zu den Zeitpunkten  $t_2$  und  $t_3$  ablaufenden Vorgänge können mehrfach wiederholt werden, bis zum Zeitpunkt  $t_x$  die ABS-Regelung beendet werden kann.

Die in Fig. 4B dargestellte Pedalwegmodulation gestattet es, den Beginn der ABS-Regelung dem Fahrer haptisch am Bremspedal anzuzeigen, indem der Pedalweg begrenzt wird. Während der ABS-Regelung kann ein Pedalweg in Abhängigkeit vom Fahrbahnreibwert eingestellt werden (vgl. Fig. 4A). Ferner ist es möglich, durch Ansteuerung des Ventils 178/178' ein pulsierendes oder vibrierendes Pedalverhalten zu erzeugen, um dem Fahrer die ABS-Regelung haptisch anzuzeigen.

Fig. 4C veranschaulicht in einem ähnlichen Diagramm wie Fig. 4B das Szenario einer ABS-Regelung im Fall einer schnellen Bremspedalbetätigung seitens des Fahrers. Hier kann durch die Reaktionszeit für die ABS-Erkennung das Ventil 176 unter Umständen zu spät geschlossen werden, was zu einem Überschießen des Pedalwegs führen kann. Mit anderen Worten wäre der Pedalweg bezogen auf den Fahrbahn-Reibwert zu lang. Hier kann durch geeignete Ansteuerung des Ventils 178/178' durch eine geeignete Volumenverschiebung der Pedalweg wieder auf das gewünschte Niveau gebracht werden. Dies bedeutet im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2, dass ein bestimmtes Volumen an Hydraulikfluid aus der Kammer 116 des Hauptzylinders 110 in den Zylinder 142A verschoben wird (zu den Zeitpunkten  $t_2$ ,  $t_3$ , usw.). Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 wird Hydraulikfluid aus dem Zylinder 202 in die Kammer 116 des Hauptzylinders 110 gefördert.

Insgesamt ermöglicht die hier vorgestellte Lehre eine in verschiedener Hinsicht verbesserte Funktionalität einer elektrohydraulischen Fahrzeug-Bremsanlage. Durch

Ausdehnung des Multiplex-Betriebs von vier Multiplex-Ventilen 152, 154, 156, 158, die den Radbremsen zugeordnet sind, auf eine oder mehrere weitere Ventilanordnungen, lassen sich neuartige Betriebsmodi implementieren. So ist es beispielsweise gemäß verschiedener Betriebsmodi möglich, dem Fahrer eine haptische Rückmeldung am Bremspedal zu geben, etwa durch eine Pedalwegbegrenzung. Diese haptische Rückmeldung kann auch auf Gefahrensituation, wie einen ABS-Regelbetrieb, hinweisen.

## Patentansprüche

- 5
1. Elektrohydraulische Kraftfahrzeug-Bremsanlage (100), umfassend  
einen Hauptzylinder (110);  
einen elektromechanischen Aktuator (124) zur Betätigung eines im  
Hauptzylinder (110) aufgenommenen ersten Kolbens (112; 114);  
10 eine Aufnahme-Einrichtung (142A) zur wenigstens zeitweisen Aufnahme  
von Hydraulikfluid aus dem Hauptzylinder (110);  
einen Satz elektrisch ansteuerbarer Ventilanordnungen (152, 154, 156,  
158, 178), wobei der Satz Ventilanordnungen (152, 154, 156, 158, 178) je ei-  
ne erste Ventilanordnung (152, 154, 156, 158) zwischen dem Hauptzylinder  
15 (110) und jeder einer Mehrzahl von Radbremsen sowie eine zweite Ventilan-  
ordnung (178) zwischen dem Hauptzylinder (110) und der Aufnahme-  
Einrichtung (142A) umfasst; und  
ein Steuergerät oder Steuergerätesystem (150), das ausgebildet ist zum  
Ansteuern wenigstens einer der ersten Ventilanordnungen (152, 154,  
20 156, 158) sowie der zweiten Ventilanordnung (178) im Multiplexbetrieb.
2. Bremsanlage nach Anspruch 1, wobei  
die Aufnahme-Einrichtung als Aufnahme-Zylinder (142A) ausgebildet ist  
und wobei im Aufnahme-Zylinder (142A) ein mit einem Bremspedal (130) ge-  
25 koppelter oder koppelbarer zweiter Kolben (142A) aufgenommen ist.
3. Bremsanlage nach Anspruch 2, wobei  
das Steuergerät oder Steuergerätesystem (150) ausgebildet ist, um  
durch Ansteuern der zweiten Ventilanordnung (178) auf den zweiten Kolben  
30 (142A) einzuwirken.
4. Bremsanlage nach Anspruch 3, wobei  
das Steuergerät oder Steuergerätesystem (150) ausgebildet ist, um  
durch Einwirken auf den zweiten Kolben (142B) ein auf einen fahrerunabhän-  
35 gigen Bremseingriff hinweisendes Pedalrückwirkungsverhalten zu erzeugen.
5. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei  
der Aufnahme-Zylinder (142A) über eine Fluidleitung mit einer Simulati-

ons-Einrichtung (108) zur hydraulischen Simulation eines für eine Betriebsbremsung charakteristischen Pedalrückwirkverhaltens gekoppelt ist.

- 5 6. Bremsanlage nach Anspruch 5, wobei  
zwischen dem Aufnahme-Zylinder (142A) und der Simulations-  
Einrichtung (108) eine dritte Ventilanordnung (176) vorgesehen ist, die als optionales Merkmal eine vorgegebene oder einstellbare Drosselfunktion aufweist.
- 10 7. Bremsanlage nach Anspruch 6, wobei  
die zweite Ventilanordnung (178) und die dritte Ventilanordnung (176)  
stromabwärts des Aufnahme-Zylinders in parallel zueinander verlaufenden  
Hydraulikleitungen, die jeweils in den Hauptzylinder (110) und die Simulations-Einrichtung (108) münden, vorgesehen sind.
- 15 8. Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei  
eine vierte Ventilanordnung (174) in einer Fluidleitung zwischen der  
Aufnahme-Einrichtung (142A) und einem drucklosen Fluidreservoir (120) vorgesehen ist.
- 20 9. Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei  
eine fünfte Ventilanordnung (170; 172) in einer Fluidleitung zwischen  
dem Hauptzylinder (110) und einem drucklosen Fluidreservoir (120) vorgesehen ist.
- 25 10. Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei  
das Steuergerät oder Steuergerätesystem (150) ausgebildet, um im  
Multiplexbetrieb in wenigstens einer der Radbremsen und in der Aufnahme-Einrichtung (142A) individuell Hydraulikdrücke einzustellen.
- 30 11. Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei  
die ersten Ventilanordnungen (152, 154, 156, 158) und die zweite Ventilanordnung (178) stromabwärts des Hauptzylinders (110) in parallel zueinander verlaufenden Hydraulikleitungen, die jeweils in die Radbremsen und die Aufnahme-Einrichtung (142A) münden, vorgesehen sind.
- 35 12. Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei  
der elektromechanische Aktuator (124) einen Elektromotor (136) und  
ein mit dem Elektromotor (134) gekoppeltes Getriebe (136, 138) umfasst, wobei das Getriebe (136, 138) mit einem auf den ersten Kolben (112) einwirkenden

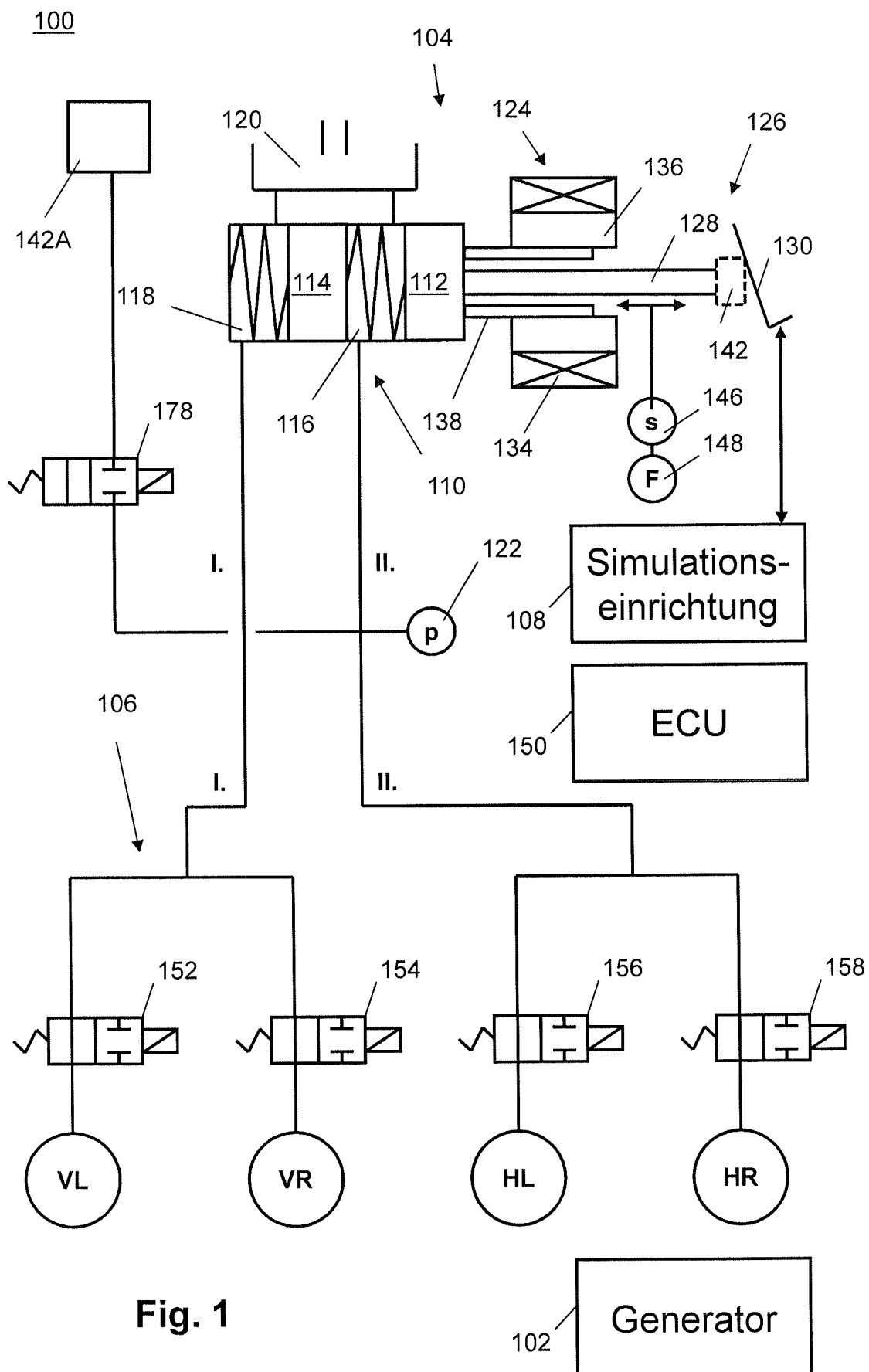
den Betätigungsglied (128) gekoppelt ist und wobei der Elektromotor (134) und das Getriebe zumindest teilweise konzentrisch zum Betätigungsglied (128) angeordnet sind.

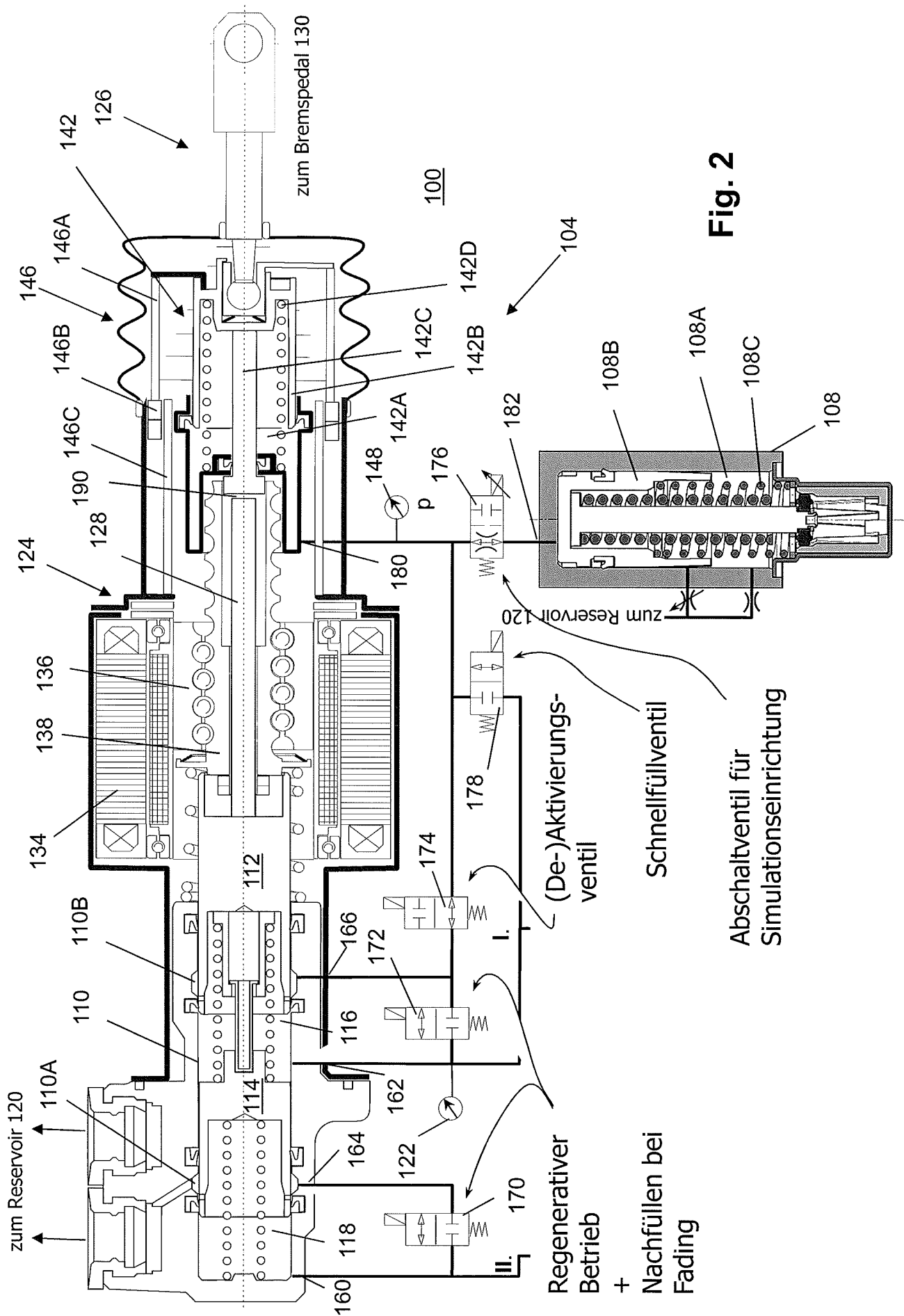
- 5 13. Elektrohydraulische Kraftfahrzeug-Bremsanlage (100), umfassend  
einen Hauptzylinder (110) zur Hydraulikdruckerzeugung in einem  
„push-through“-Modus der Bremsanlage (100);  
einen elektromechanischen Hydraulikdruckerzeuger (124) zur Hydraulikdruckerzeugung in einem „brake-by-wire“-Modus der Bremsanlage (100);  
10 einen Satz elektrisch ansteuerbarer Ventilanordnungen (152, 154, 156, 158, 178), wobei der Satz Ventilanordnungen (152, 154, 156, 158, 178) für jede einer Mehrzahl von Radbremsen je eine erste Ventilanordnung (152, 154, 156, 158) zwischen dem Hauptzylinder (110) und dem Hydraulikdruckerzeuger (124) auf der einen Seite und der Radbremse auf der anderen Seite umfasst sowie eine zweite Ventilanordnung (178) zwischen dem Hauptzylinder  
15 (110) und dem elektromechanischen Hydraulikdruckerzeuger (124); und  
ein Steuergerät oder Steuergerätesystem (150), das ausgebildet ist zum Ansteuern wenigstens einer der ersten Ventilanordnungen (152, 154, 156, 158) sowie der zweiten Ventilanordnung (178) im Multiplexbetrieb.
- 20 14. Bremsanlage nach Anspruch 13, wobei  
das Steuergerät oder Steuergerätesystem (150) ausgebildet ist, um durch Ansteuern der zweiten Ventilanordnung (178) auf einen im Hauptzylinder (110) aufgenommenen und mit einem Bremspedal (130) gekoppelten oder  
25 koppelbaren Kolben (112) einzuwirken.
15. Bremsanlage nach Anspruch 14, wobei  
das Steuergerät oder Steuergerätesystem (150) ausgebildet ist, um durch Einwirken auf den Kolben (112) ein auf einen fahrerunabhängigen  
30 Bremseingriff hinweisendes Pedalrückwirkverhalten zu erzeugen.
16. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 13 bis 15, wobei  
der elektromechanische Hydraulikdruckerzeuger (124) einen Elektromotor (134), ein mit dem Elektromotor (134) gekoppeltes Getriebe (136, 138)  
35 sowie einen mit dem Getriebe (136, 138) gekoppelten und in einem Hydraulikzylinder (202) aufgenommenen Kolben (200) umfasst.

17. Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die ersten Ventilanordnungen (152, 154, 156, 158) jeweils genau ein elektromagnetisches Ventil umfassen.
- 5 18. Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Steuergerät oder Steuergerätesystem (150) ausgebildet ist, um die ersten Ventilanordnungen (152, 254, 156, 158) während eines fahrerunabhängigen Bremseingriffs anzusteuern.
- 10 19. Elektrohydraulische Kraftfahrzeug-Bremsanlage (100), umfassend einen Hauptzylinder (110); einen elektromechanischen Aktuator (124) zur Hydraulikdruckerzeugung in einem „Brake-By-Wire“-, BBW, Modus der Bremsanlage (100); eine Simulationseinrichtung (108) zur Erzeugung eines Pedalrückwirkverhaltens, wobei die Simulationseinrichtung (108) ausgebildet ist, um im BBW-Modus bei einer Bremspedalbetätigung verdrängtes Hydraulikfluid aufzunehmen;
- 15 eine der Simulationseinrichtung (108) vorgeordnete Ventilanordnung (176), um die Aufnahme von Hydraulikfluid in der Simulationseinrichtung (108) selektiv zu sperren; und
- 20 ein Steuergerät oder Steuergerätesystem (150), das ausgebildet ist zum Ansteuern der Ventilanordnung (176) in einem Fahrdynamikregelbetrieb der Bremsanlage (100), um einen Bremspedalweg zu begrenzen.
- 25 20. Verfahren für das Betreiben einer elektrohydraulischen Kraftfahrzeug-Bremsanlage (110), die einen Hauptzylinder (110), einen elektromechanischen Aktuator (124) zur Betätigung eines im Hauptzylinder (110) aufgenommenen ersten Kolbens (112; 114), eine Aufnahme-Einrichtung (142A) zur wenigstens zeitweisen Aufnahme von Hydraulikfluid aus dem Hauptzylinder (110), einen Satz elektrisch ansteuerbarer Ventilanordnungen (152, 154, 156, 158) und mehrere Radbremsen umfasst, wobei der Satz Ventilanordnungen (152, 254, 156, 158) je eine erste Ventilanordnung zwischen dem Hauptzylinder und jeder Radbremse sowie eine zweite Ventilanordnung (178) zwischen dem Hauptzylinder (110) und der Aufnahme-Einrichtung (142A) umfasst, umfassend den Schritt:
- 30
- 35 Ansteuern wenigstens einer der ersten Ventilanordnungen (152, 154, 156, 158) sowie der zweiten Ventilanordnung (178) im Multiplexbetrieb.

21. Verfahren nach Anspruch 21, wobei  
im Multiplexbetrieb in wenigstens einer der Radbremsen und in der  
Aufnahme-Einrichtung (142A) individuell Hydraulikdrücke einstellbar sind oder  
eingestellt werden.
22. Verfahren nach Anspruch 21 oder 22, wobei  
die Aufnahme-Einrichtung (142A) als Aufnahme-Zylinder ausgebildet ist  
und ein im Aufnahme-Zylinder aufgenommener und mit einem Bremspedal  
(130) gekoppelter zweiter Kolben (142B) vorgesehen ist, wobei im Multiplex-  
betrieb die zweite Ventilanordnung (178) betätigt wird, um auf den zweiten  
Kolben einzuwirken (142B).
23. Verfahren nach Anspruch 23, wobei  
das Einwirken auf den zweiten Kolben (142B) in auf einen fahrerunab-  
hängigen Bremseingriff hinweisendes Pedalrückwirkverhalten erzeugt.
24. Verfahren nach Anspruch 23 oder 24, wobei  
das Einwirken auf den zweiten Kolben (142B) eine Pedalwegbegren-  
zung realisiert, um über den Pedalweg auf einen Fahrbahnreibwert hinzuwei-  
sen.
25. Verfahren für das Betreiben einer elektrohydraulischen Kraftfahrzeug-  
Bremsanlage (100), die einen Hauptzylinder (110) zur Hydraulikdruckerzeu-  
gung in einem „push-through“-Modus der Bremsanlage (100), einen elektro-  
mechanischen Hydraulikdruckerzeuger (124) zur Hydraulikdruckerzeugung in  
einem „brake-by-wire“-Modus der Bremsanlage, einen Satz elektrisch ansteu-  
erbarer Ventilanordnungen (152, 154, 156, 158, 178) und mehrere Radbrem-  
sen umfasst, wobei der Satz Ventilanordnungen (152, 154, 156, 158, 178) je  
eine erste Ventilanordnung (152, 154, 156, 158) zwischen dem Hauptzylinder  
(110) und dem elektromechanischen Hydraulikdruckerzeuger (124) auf der ei-  
nen Seite und jeder Radbremse auf der anderen Seite sowie eine zweite Ven-  
tilanordnung (178) zwischen dem Hauptzylinder (110) und dem  
elektromechanischen Hydraulikdruckerzeuger (124) umfasst, umfassend den  
Schritt:  
Ansteuern wenigstens einer der ersten Ventilanordnungen (152,  
154, 156, 158) sowie der zweiten Ventilanordnung (178) im Multiplexbetrieb.

26. Verfahren nach Anspruch 26, wobei  
durch Ansteuern der zweiten Ventilanordnung (178) auf einen im  
Hauptzylinder (110) aufgenommenen und mit einem Bremspedal (130) ge-  
koppelten oder koppelbaren Kolben (112) eingewirkt wird.
27. Verfahren nach Anspruch 27, wobei  
durch Einwirken auf den Kolben (112) ein auf einen fahrerunabhängi-  
gen Bremseingriff hinweisendes Pedalrückwirkverhalten erzeugt wird.
28. Verfahren nach Anspruch 27 oder 28, wobei  
das Einwirken auf den Kolben (112) eine Pedalwegbegrenzung reali-  
siert, um über den Pedalweg auf einen Fahrbahnreibwert hinzuweisen.
29. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 27, wobei  
im Multiplexbetrieb eine Betätigung der ersten Ventilanordnungen ge-  
genüber einer Betätigung der zweiten Ventilanordnung priorisiert wird.
30. Verfahren für das Betreiben einer elektrohydraulischen Kraftfahrzeug-  
Bremsanlage (100), die einen Hauptzylinder (110), einen elektromechanischen  
Aktuator (124) zur Hydraulikdruckerzeugung in einem „Brake-By-Wire“- ,  
BBW, Modus der Bremsanlage (100), eine Simulationseinrichtung (108) zur  
Erzeugung eines Pedalrückwirkverhaltens, wobei die Simulationseinrichtung  
(108) ausgebildet ist, um im BBW-Modus bei einer Bremspedalbetätigung ver-  
drängtes Hydraulikfluid aufzunehmen, und eine der Simulationseinrichtung  
(108) vorgeordnete Ventilanordnung (176), um die Aufnahme von Hydraulik-  
fluid in der Simulationseinrichtung selektiv zu sperren, umfasst, umfassend  
den Schritt:  
Ansteuern der Ventilanordnung (176) in einem Fahrdynamikregelbetrieb  
der Bremsanlage (100), um einen Bremspedalweg zu begrenzen.
31. Computerprogrammprodukt mit Programmcodemitteln zum Durchfüh-  
ren des Verfahrens nach einem der Ansprüche 21 bis 30, wenn das Compu-  
terprogrammprodukt auf wenigstens einem Prozessor abläuft.
32. Kraftfahrzeug-Steuergerät oder –Steuergerätesystem, umfassend das  
Computerprogrammprodukt nach Anspruch 31.





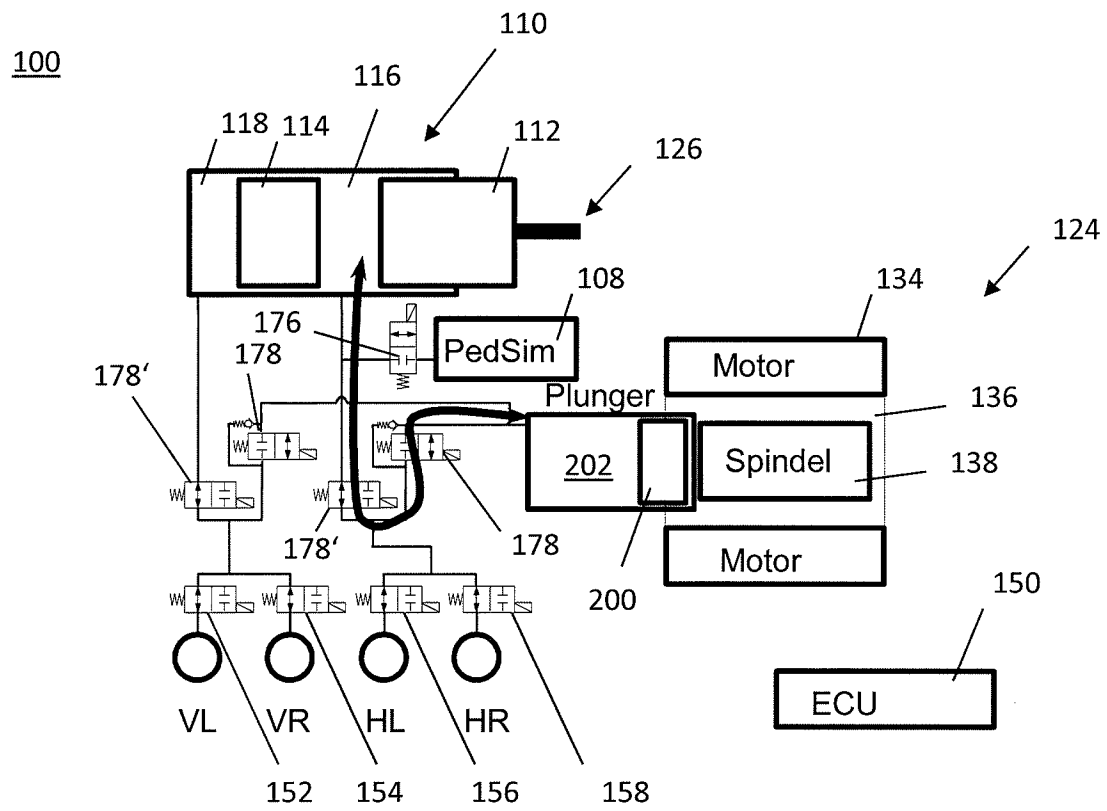


Fig. 3

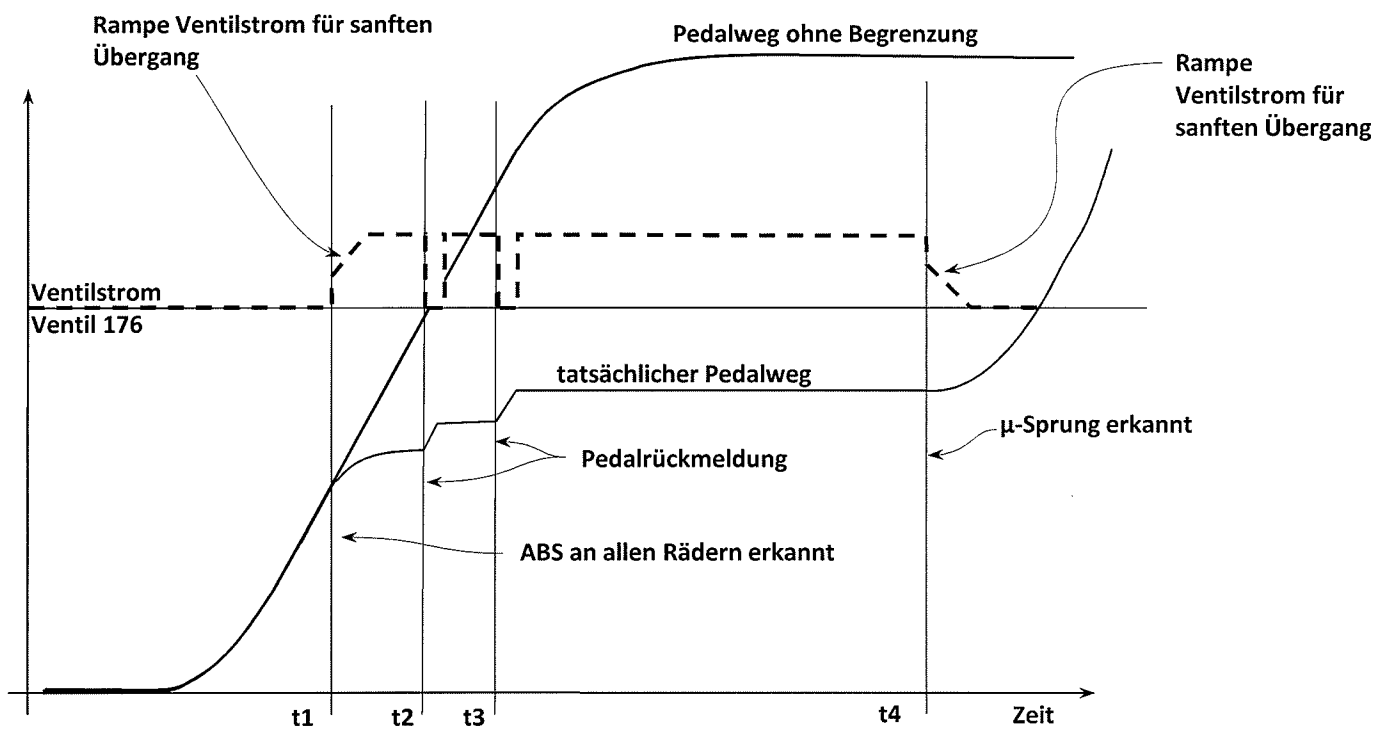


Fig. 4A

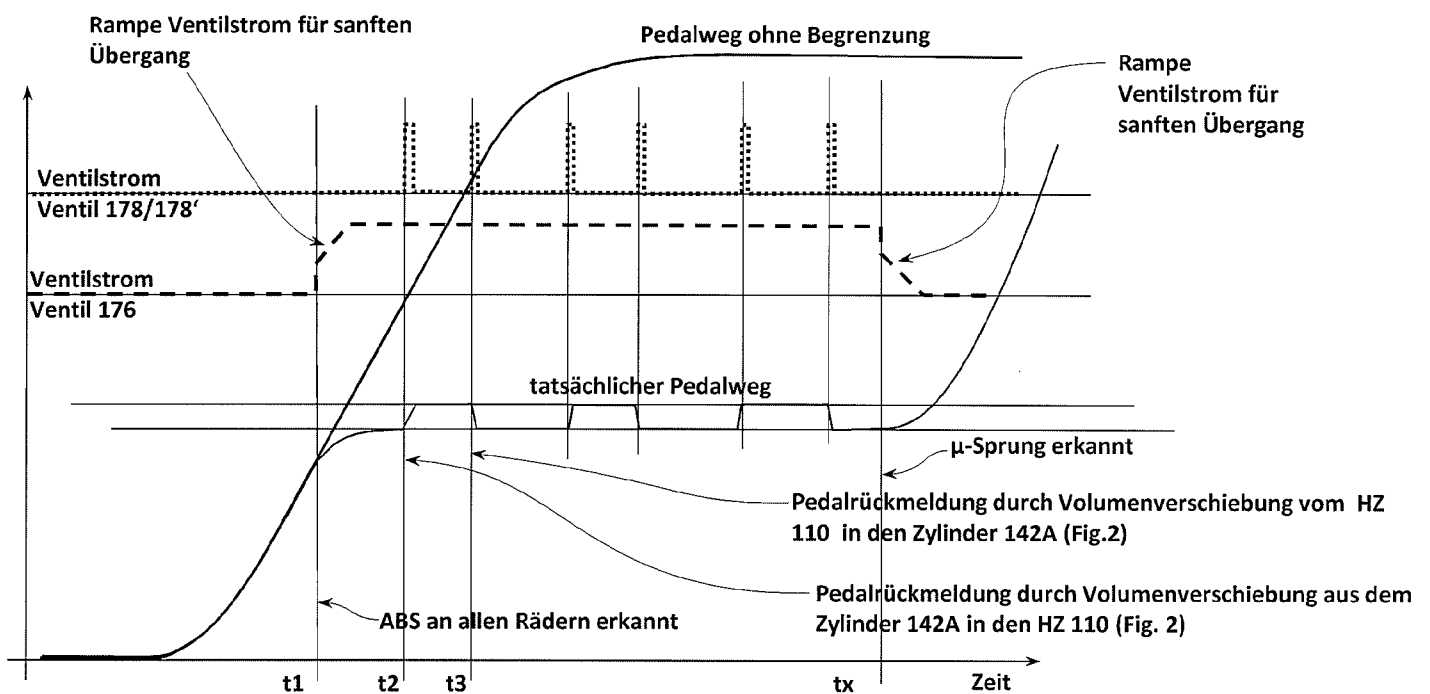


Fig. 4B

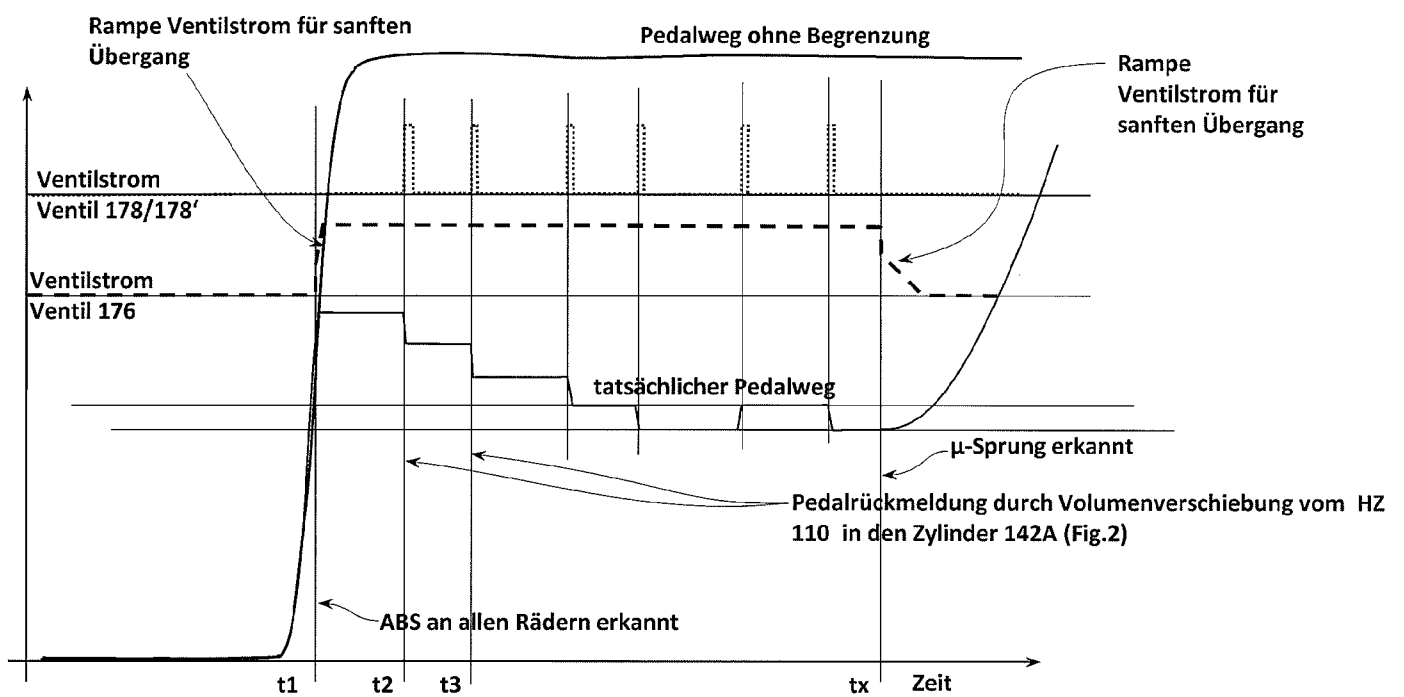


Fig. 4C

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2013/074926

| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b><br>INV. B60T8/32 B60T13/14 B60T8/42 H02K7/06 B60T13/68<br>B60T13/74<br>ADD.<br>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                      |                                          |           |                                                                                    |                       |   |                                                                             |                                          |   |                                                                       |                                         |   |                                                                                                                                                                      |                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b><br>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>B60T H02K<br>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched<br>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)<br>EPO-Internal, WPI Data                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                      |                                          |           |                                                                                    |                       |   |                                                                             |                                          |   |                                                                       |                                         |   |                                                                                                                                                                      |                             |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%; padding: 5px;">Category*</th> <th style="width: 70%; padding: 5px;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="width: 20%; padding: 5px;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">X</td> <td style="padding: 5px;">DE 10 2010 002406 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 1 September 2011 (2011-09-01)</td> <td style="vertical-align: top; padding: 5px;">1,10,13,<br/>16-21,<br/>23,25,<br/>27,29-32</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">Y</td> <td style="padding: 5px;">paragraphs [0006], [0008], [0013],<br/>[0025], [0028] - [0033], [0040]</td> <td style="vertical-align: top; padding: 5px;">2-9,11,<br/>12,14,<br/>15,22,<br/>24,26,28</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">X</td> <td style="padding: 5px;">           -----<br/>           DE 10 2011 106626 A1 (IPGATE AG [CH])<br/>           20 December 2012 (2012-12-20)<br/>           paragraphs [0038] - [0049]<br/>           -----<br/> <div style="text-align: center;">-/-</div> </td> <td style="vertical-align: top; padding: 5px;">1,13,19,<br/>20,25,<br/>30,31</td> </tr> </tbody> </table>      |                                                                                                                                                                      |                                          | Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. | X | DE 10 2010 002406 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 1 September 2011 (2011-09-01) | 1,10,13,<br>16-21,<br>23,25,<br>27,29-32 | Y | paragraphs [0006], [0008], [0013],<br>[0025], [0028] - [0033], [0040] | 2-9,11,<br>12,14,<br>15,22,<br>24,26,28 | X | -----<br>DE 10 2011 106626 A1 (IPGATE AG [CH])<br>20 December 2012 (2012-12-20)<br>paragraphs [0038] - [0049]<br>-----<br><div style="text-align: center;">-/-</div> | 1,13,19,<br>20,25,<br>30,31 |
| Category*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                   | Relevant to claim No.                    |           |                                                                                    |                       |   |                                                                             |                                          |   |                                                                       |                                         |   |                                                                                                                                                                      |                             |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | DE 10 2010 002406 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 1 September 2011 (2011-09-01)                                                                                          | 1,10,13,<br>16-21,<br>23,25,<br>27,29-32 |           |                                                                                    |                       |   |                                                                             |                                          |   |                                                                       |                                         |   |                                                                                                                                                                      |                             |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | paragraphs [0006], [0008], [0013],<br>[0025], [0028] - [0033], [0040]                                                                                                | 2-9,11,<br>12,14,<br>15,22,<br>24,26,28  |           |                                                                                    |                       |   |                                                                             |                                          |   |                                                                       |                                         |   |                                                                                                                                                                      |                             |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | -----<br>DE 10 2011 106626 A1 (IPGATE AG [CH])<br>20 December 2012 (2012-12-20)<br>paragraphs [0038] - [0049]<br>-----<br><div style="text-align: center;">-/-</div> | 1,13,19,<br>20,25,<br>30,31              |           |                                                                                    |                       |   |                                                                             |                                          |   |                                                                       |                                         |   |                                                                                                                                                                      |                             |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.         </div> <div> <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.         </div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                      |                                          |           |                                                                                    |                       |   |                                                                             |                                          |   |                                                                       |                                         |   |                                                                                                                                                                      |                             |
| <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>* Special categories of cited documents :</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p> </div> </div> |                                                                                                                                                                      |                                          |           |                                                                                    |                       |   |                                                                             |                                          |   |                                                                       |                                         |   |                                                                                                                                                                      |                             |
| Date of the actual completion of the international search<br><br><div style="text-align: center;">19 March 2014</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Date of mailing of the international search report<br><br><div style="text-align: center;">27/03/2014</div>                                                          |                                          |           |                                                                                    |                       |   |                                                                             |                                          |   |                                                                       |                                         |   |                                                                                                                                                                      |                             |
| Name and mailing address of the ISA/<br>European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Authorized officer<br><br><div style="text-align: center;">Ranieri, Sebastiano</div>                                                                                 |                                          |           |                                                                                    |                       |   |                                                                             |                                          |   |                                                                       |                                         |   |                                                                                                                                                                      |                             |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2013/074926

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 10 2009 043484 A1 (IPGATE AG [CH])<br>31 March 2011 (2011-03-31)<br><br>paragraphs [0006], [0007], [0009],<br>[0011], [0014] - [0016], [0029] -<br>[0031], [0038], [0041]<br>----- | 1,13,19,<br>20,25,<br>30,31             |
| X         | DE 10 2009 055721 A1 (IPGATE AG [CH])<br>1 June 2011 (2011-06-01)<br><br>paragraphs [0009], [0012], [0018],<br>[0023], [0031]<br>-----                                                | 1,13,19,<br>20,25,<br>30,31             |
| X         | WO 2012/097963 A1 (IPGATE AG [CH]; LEIBER<br>HEINZ [DE]; HECKER CARSTEN [DE])<br>26 July 2012 (2012-07-26)<br>paragraphs [0001], [0002], [0003],<br>[0005], [0006]<br>-----           | 1,13,19,<br>20,25,<br>30,31             |
| Y         | WO 2012/152352 A1 (LUCAS AUTOMOTIVE GMBH<br>[DE]; GILLES LEO [DE])<br>15 November 2012 (2012-11-15)<br>cited in the application<br>pages 3,6; figures 1,3<br>-----                    | 2-9,11,<br>12,14,<br>15,22,<br>24,26,28 |
| A         | DE 10 2010 055044 A1 (IPGATE AG [CH])<br>10 May 2012 (2012-05-10)<br>the whole document<br>-----                                                                                      | 1-32                                    |
| A         | WO 2011/134841 A1 (CONTINENTAL TEVES AG &<br>CO OHG [DE]; FEIGEL HANS-JOERG [DE])<br>3 November 2011 (2011-11-03)<br>the whole document<br>-----                                      | 1-32                                    |
| A         | DE 10 2008 049739 A1 (IPGATE AG [CH])<br>1 April 2010 (2010-04-01)<br>the whole document<br>-----                                                                                     | 1-32                                    |
| A         | DE 10 2009 008944 A1 (IPGATE AG [CH])<br>19 August 2010 (2010-08-19)<br>the whole document<br>-----                                                                                   | 1-32                                    |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/074926

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|-------------------------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|
| DE 102010002406 A1                        | 01-09-2011          | CN 102762422 A             | 31-10-2012          |
|                                           |                     | DE 102010002406 A1         | 01-09-2011          |
|                                           |                     | FR 2956847 A1              | 02-09-2011          |
|                                           |                     | JP 2013520344 A            | 06-06-2013          |
|                                           |                     | KR 20130043607 A           | 30-04-2013          |
|                                           |                     | US 2013127237 A1           | 23-05-2013          |
|                                           |                     | WO 2011104056 A1           | 01-09-2011          |
| -----                                     |                     |                            |                     |
| DE 102011106626 A1                        | 20-12-2012          | NONE                       |                     |
| -----                                     |                     |                            |                     |
| DE 102009043484 A1                        | 31-03-2011          | NONE                       |                     |
| -----                                     |                     |                            |                     |
| DE 102009055721 A1                        | 01-06-2011          | CN 102639370 A             | 15-08-2012          |
|                                           |                     | DE 102009055721 A1         | 01-06-2011          |
|                                           |                     | WO 2011063955 A2           | 03-06-2011          |
| -----                                     |                     |                            |                     |
| WO 2012097963 A1                          | 26-07-2012          | CN 103328289 A             | 25-09-2013          |
|                                           |                     | DE 102011009059 A1         | 26-07-2012          |
|                                           |                     | FR 2970692 A1              | 27-07-2012          |
|                                           |                     | US 2013291535 A1           | 07-11-2013          |
|                                           |                     | WO 2012097963 A1           | 26-07-2012          |
| -----                                     |                     |                            |                     |
| WO 2012152352 A1                          | 15-11-2012          | CN 103635367 A             | 12-03-2014          |
|                                           |                     | DE 102011101066 A1         | 15-11-2012          |
|                                           |                     | EP 2707262 A1              | 19-03-2014          |
|                                           |                     | WO 2012152352 A1           | 15-11-2012          |
| -----                                     |                     |                            |                     |
| DE 102010055044 A1                        | 10-05-2012          | DE 102010055044 A1         | 10-05-2012          |
|                                           |                     | DE 112011103409 A5         | 01-08-2013          |
|                                           |                     | FR 2967120 A1              | 11-05-2012          |
|                                           |                     | JP 2013542129 A            | 21-11-2013          |
|                                           |                     | KR 20130129970 A           | 29-11-2013          |
|                                           |                     | US 2013234501 A1           | 12-09-2013          |
|                                           |                     | WO 2012062393 A1           | 18-05-2012          |
| -----                                     |                     |                            |                     |
| WO 2011134841 A1                          | 03-11-2011          | CN 102869552 A             | 09-01-2013          |
|                                           |                     | DE 102011007353 A1         | 22-12-2011          |
|                                           |                     | EP 2563630 A1              | 06-03-2013          |
|                                           |                     | US 2013043718 A1           | 21-02-2013          |
|                                           |                     | WO 2011134841 A1           | 03-11-2011          |
| -----                                     |                     |                            |                     |
| DE 102008049739 A1                        | 01-04-2010          | CN 102171080 A             | 31-08-2011          |
|                                           |                     | DE 102008049739 A1         | 01-04-2010          |
|                                           |                     | WO 2010037519 A2           | 08-04-2010          |
| -----                                     |                     |                            |                     |
| DE 102009008944 A1                        | 19-08-2010          | CN 102325676 A             | 18-01-2012          |
|                                           |                     | DE 102009008944 A1         | 19-08-2010          |
|                                           |                     | EP 2396202 A1              | 21-12-2011          |
|                                           |                     | JP 2012517927 A            | 09-08-2012          |
|                                           |                     | KR 20110119795 A           | 02-11-2011          |
|                                           |                     | US 2012013173 A1           | 19-01-2012          |
|                                           |                     | WO 2010091883 A1           | 19-08-2010          |
| -----                                     |                     |                            |                     |

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. B60T8/32 B60T13/14 B60T8/42 H02K7/06 B60T13/68  
B60T13/74

ADD.

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

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

B60T H02K

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          | DE 10 2010 002406 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 1. September 2011 (2011-09-01)                                                    | 1,10,13,<br>16-21,<br>23,25,<br>27,29-32 |
| Y          | Absätze [0006], [0008], [0013], [0025],<br>[0028] - [0033], [0040]                                                              | 2-9,11,<br>12,14,<br>15,22,<br>24,26,28  |
| X          | -----<br>DE 10 2011 106626 A1 (IPGATE AG [CH])<br>20. Dezember 2012 (2012-12-20)<br><br>Absätze [0038] - [0049]<br>-----<br>-/- | 1,13,19,<br>20,25,<br>30,31              |



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

"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

19. März 2014

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

27/03/2014

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

Ranieri, Sebastiano

| C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN |                                                                                                                                                                                    |                                         |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Kategorie*                                            | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                                                                 | Betr. Anspruch Nr.                      |
| X                                                     | DE 10 2009 043484 A1 (IPGATE AG [CH])<br>31. März 2011 (2011-03-31)<br><br>Absätze [0006], [0007], [0009], [0011],<br>[0014] - [0016], [0029] - [0031],<br>[0038], [0041]<br>----- | 1,13,19,<br>20,25,<br>30,31             |
| X                                                     | DE 10 2009 055721 A1 (IPGATE AG [CH])<br>1. Juni 2011 (2011-06-01)<br><br>Absätze [0009], [0012], [0018], [0023],<br>[0031]<br>-----                                               | 1,13,19,<br>20,25,<br>30,31             |
| X                                                     | WO 2012/097963 A1 (IPGATE AG [CH]; LEIBER<br>HEINZ [DE]; HECKER CARSTEN [DE])<br>26. Juli 2012 (2012-07-26)<br>Absätze [0001], [0002], [0003], [0005],<br>[0006]<br>-----          | 1,13,19,<br>20,25,<br>30,31             |
| Y                                                     | WO 2012/152352 A1 (LUCAS AUTOMOTIVE GMBH<br>[DE]; GILLES LEO [DE])<br>15. November 2012 (2012-11-15)<br>in der Anmeldung erwähnt<br>Seiten 3,6; Abbildungen 1,3<br>-----           | 2-9,11,<br>12,14,<br>15,22,<br>24,26,28 |
| A                                                     | DE 10 2010 055044 A1 (IPGATE AG [CH])<br>10. Mai 2012 (2012-05-10)<br>das ganze Dokument<br>-----                                                                                  | 1-32                                    |
| A                                                     | WO 2011/134841 A1 (CONTINENTAL TEVES AG &<br>CO OHG [DE]; FEIGEL HANS-JOERG [DE])<br>3. November 2011 (2011-11-03)<br>das ganze Dokument<br>-----                                  | 1-32                                    |
| A                                                     | DE 10 2008 049739 A1 (IPGATE AG [CH])<br>1. April 2010 (2010-04-01)<br>das ganze Dokument<br>-----                                                                                 | 1-32                                    |
| A                                                     | DE 10 2009 008944 A1 (IPGATE AG [CH])<br>19. August 2010 (2010-08-19)<br>das ganze Dokument<br>-----                                                                               | 1-32                                    |

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/074926

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| DE 102010002406 A1                                 | 01-09-2011                    | CN 102762422 A                    | 31-10-2012                    |
|                                                    |                               | DE 102010002406 A1                | 01-09-2011                    |
|                                                    |                               | FR 2956847 A1                     | 02-09-2011                    |
|                                                    |                               | JP 2013520344 A                   | 06-06-2013                    |
|                                                    |                               | KR 20130043607 A                  | 30-04-2013                    |
|                                                    |                               | US 2013127237 A1                  | 23-05-2013                    |
|                                                    |                               | WO 2011104056 A1                  | 01-09-2011                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| DE 102011106626 A1                                 | 20-12-2012                    | KEINE                             |                               |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| DE 102009043484 A1                                 | 31-03-2011                    | KEINE                             |                               |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| DE 102009055721 A1                                 | 01-06-2011                    | CN 102639370 A                    | 15-08-2012                    |
|                                                    |                               | DE 102009055721 A1                | 01-06-2011                    |
|                                                    |                               | WO 2011063955 A2                  | 03-06-2011                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| WO 2012097963 A1                                   | 26-07-2012                    | CN 103328289 A                    | 25-09-2013                    |
|                                                    |                               | DE 102011009059 A1                | 26-07-2012                    |
|                                                    |                               | FR 2970692 A1                     | 27-07-2012                    |
|                                                    |                               | US 2013291535 A1                  | 07-11-2013                    |
|                                                    |                               | WO 2012097963 A1                  | 26-07-2012                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| WO 2012152352 A1                                   | 15-11-2012                    | CN 103635367 A                    | 12-03-2014                    |
|                                                    |                               | DE 102011101066 A1                | 15-11-2012                    |
|                                                    |                               | EP 2707262 A1                     | 19-03-2014                    |
|                                                    |                               | WO 2012152352 A1                  | 15-11-2012                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| DE 102010055044 A1                                 | 10-05-2012                    | DE 102010055044 A1                | 10-05-2012                    |
|                                                    |                               | DE 112011103409 A5                | 01-08-2013                    |
|                                                    |                               | FR 2967120 A1                     | 11-05-2012                    |
|                                                    |                               | JP 2013542129 A                   | 21-11-2013                    |
|                                                    |                               | KR 20130129970 A                  | 29-11-2013                    |
|                                                    |                               | US 2013234501 A1                  | 12-09-2013                    |
|                                                    |                               | WO 2012062393 A1                  | 18-05-2012                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| WO 2011134841 A1                                   | 03-11-2011                    | CN 102869552 A                    | 09-01-2013                    |
|                                                    |                               | DE 102011007353 A1                | 22-12-2011                    |
|                                                    |                               | EP 2563630 A1                     | 06-03-2013                    |
|                                                    |                               | US 2013043718 A1                  | 21-02-2013                    |
|                                                    |                               | WO 2011134841 A1                  | 03-11-2011                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| DE 102008049739 A1                                 | 01-04-2010                    | CN 102171080 A                    | 31-08-2011                    |
|                                                    |                               | DE 102008049739 A1                | 01-04-2010                    |
|                                                    |                               | WO 2010037519 A2                  | 08-04-2010                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| DE 102009008944 A1                                 | 19-08-2010                    | CN 102325676 A                    | 18-01-2012                    |
|                                                    |                               | DE 102009008944 A1                | 19-08-2010                    |
|                                                    |                               | EP 2396202 A1                     | 21-12-2011                    |
|                                                    |                               | JP 2012517927 A                   | 09-08-2012                    |
|                                                    |                               | KR 20110119795 A                  | 02-11-2011                    |
|                                                    |                               | US 2012013173 A1                  | 19-01-2012                    |
|                                                    |                               | WO 2010091883 A1                  | 19-08-2010                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |