

(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
24. Mai 2018 (24.05.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/091311 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B60T 7/04 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/078445

(22) Internationales Anmeldedatum:
07. November 2017 (07.11.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 222 578.2
16. November 2016 (16.11.2016) DE

(71) Anmelder: CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG
[DE/DE]; Guerickestr. 7, 60488 Frankfurt (DE).

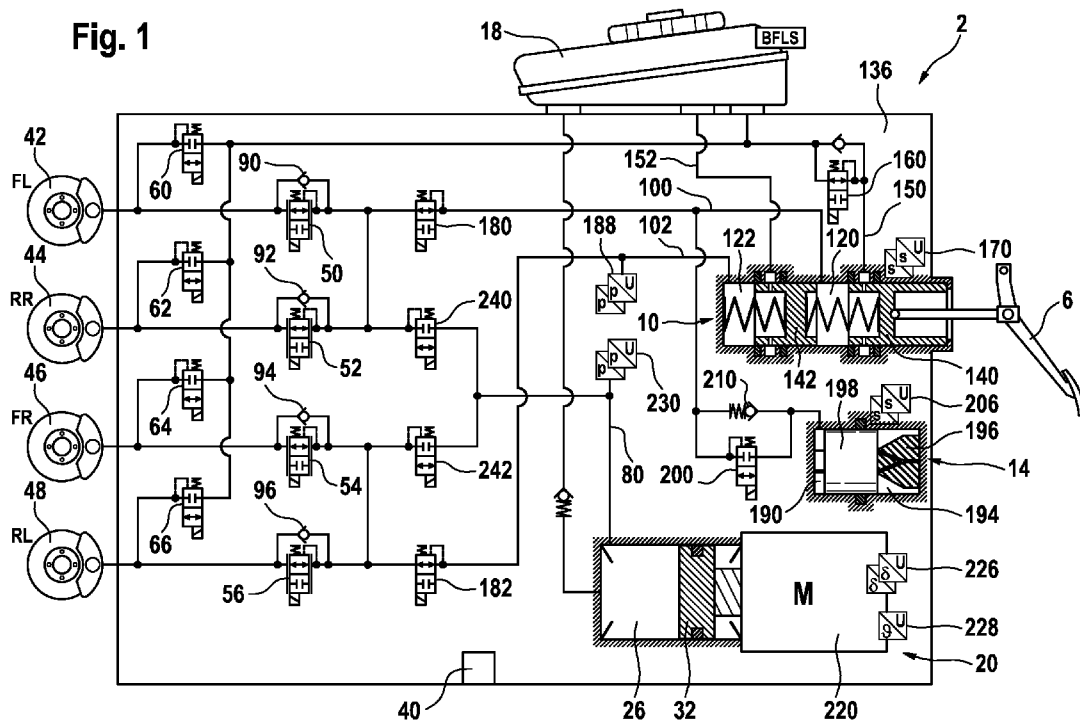
(72) Erfinder: **BILLER, Harald**; Gehspitz 9, 65760 Eschborn (DE). **DRUMM, Stefan**; Burgunderstr. 18, 55291 Saulheim (DE). **DÜCHS, Dominik**; An den Platzäckern 5, 55127 Mainz (DE). **ENGELHARDT, Roland**; Bebraerstraße 11, 60386 Frankfurt (DE). **HOLZHERR, Boris**; Schmidtstraße 29, 61169 Friedberg (DE). **KOHL, Andreas**; Am Obstmarkt 34, 55126 Mainz (DE). **SCHRÖDER, Ralf**; Zur Bendermühle 8a, 61273 Wehrheim (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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,

(54) Title: BRAKE SYSTEM AND METHOD FOR OPERATING A BRAKE SYSTEM

(54) Bezeichnung: BREMSANLAGE UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER BREMSANLAGE

Fig. 1



(57) Abstract: Brake system (2) for motor vehicles, comprising hydraulically actuatable wheel brakes (42, 44, 46, 48); at least one electrically actuatable wheel valve (50, 52, 54, 56; 60, 62, 64, 66) per wheel brake (42, 44, 46, 48); an electrically controllable pressure provision device (20) which is formed by way of a cylinder/piston arrangement with a hydraulic pressure space (26); a brake master cylinder (10) with at least one pressure chamber (120, 122); a brake master cylinder piston displacement sensor (170); a brake master cylinder pressure sensor (188); a pressure medium storage vessel (18) which is under atmospheric pressure; a hydraulically configured simulator (14) with a simulator piston (198) and a simulator spring (196); at least one electrically actuatable isolation valve (180, 182) which shuts off a hydraulic connection from the pressure chamber (120, 122) to the wheel brakes; at least one adding valve (240, 242)



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, ST, 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)

which, in the open state thereof, establishes a hydraulic connection from the pressure provision device (20) to the wheel brakes (42, 44, 46, 48) and the wheel valves (50, 52, 54, 56; 60, 62, 64, 66), and a simulator piston displacement sensor (206), the signal of which represents the displacement travel of the simulator piston (196).

(57) **Zusammenfassung:** Bremsanlage (2) für Kraftfahrzeuge, umfassend hydraulisch betätigbare Radbremsen (42, 44, 46, 48); zumindest ein elektrisch betätigbares Radventil (50, 52, 54, 56; 60, 62, 64, 66) je Radbremse (42, 44, 46, 48); eine elektrisch steuerbare Druckbereitstellungseinrichtung (20), welche durch eine Zylinder-Kolben-Anordnung mit einem hydraulischen Druckraum (26) gebildet ist; einen Hauptbremszylinder (10) mit wenigstens einer Druckkammer (120, 122); einen Hauptbremszylinderkolbenwegsensor (170); eine Hauptbremszylinderdrucksensor (188); einen unter Atmosphärendruck stehenden Druckmittelvorratsbehälter (18); einen hydraulisch ausgebildeten Simulator (14) mit einem Simulatorkolben (198) und einer Simulatorfeder (196); zumindest ein elektrisch betätigbares Trennventil (180, 182), das eine hydraulische Verbindung von der Druckkammer (120, 122) zu den Radbremsen sperrt; zumindest ein Zuschaltventil (240, 242), das in seinem geöffneten Zustand eine hydraulische Verbindung von der Druckbereitstellungseinrichtung (20) zu den Radbremsen (42, 44, 46, 48) und den Radventilen (50, 52, 54, 56; 60, 62, 64, 66) herstellt, und einen Simulatorkolbenwegsensor (206), dessen Signal den Verschiebeweg des Simulatorkolbens (196) repräsentiert.

Bremsanlage und Verfahren zum Betreiben einer Bremsanlage

Die Erfindung betrifft eine Bremsanlage für Kraftfahrzeuge, umfassend hydraulisch betätigbare Radbremsen, zumindest ein elektrisch betätigbares Radventil je Radbremse zum Einstellen radindividueller Bremsdrücke, eine elektrisch steuerbare Druckbereitstellungseinrichtung zur hydraulischen Betätigung der Radbremsen, welche durch eine Zylinder-Kolben-Anordnung mit einem hydraulischen Druckraum gebildet ist, deren Druckkolben durch einen elektromechanischen Aktuator verschiebbar ist, eine mit einem Bremspedal betätigbare Betätigungseinrichtung, umfassend einen Hauptbremszylinder mit wenigstens einer Druckkammer, in die bei Betätigung des Bremspedals ein Hauptbremszylinderkolben verschoben wird, einen Hauptbremszylinderkolbenwegsensor, dessen Signal den Verfahrweg des Hauptbremszylinderkolbens repräsentiert, einen Hauptbremszylinderdrucksensor, dessen Signal einen von einer Bremspedalbetätigungskraft bewirkten hydraulischen Druck im Hauptbremszylinder repräsentiert, einen unter Atmosphärendruck stehenden Druckmittelvorratsbehälter, der im unbetätigten Zustand des Hauptbremszylinders mit der Druckkammer des Hauptbremszylinders hydraulisch verbunden ist, einen hydraulisch ausgebildeten Simulator mit einem Simulatorkolben und einer Simulatorfeder, der dazu eingerichtet ist, die hydraulische Volumenaufnahme druckbeaufschlagter Radbremsen zu simulieren, zumindest ein elektrisch betätigbares Trennventil, das in seinem bestromten Zustand eine hydraulische Verbindung von der Druckkammer zu den Radbremsen sperrt, zumindest ein elektrisch und/oder hydraulisch betätigbares, in seinem inaktiven Zustand geschlossenes Umschaltventil, das in seinem geöffneten Zustand eine hydraulische Verbindung von der Druckbereitstellungseinrichtung zu den Radbremsen bzw. den Radventilen herstellt. Sie betrifft weiterhin ein Verfahren zum Betreiben einer Bremsanlage.

In der Kraftfahrzeugtechnik finden elektrohydraulische „Brake-by-Wire“-Bremsanlagen eine immer größere Verbreitung. Derartige Bremsanlagen umfassen oftmals neben einem durch den Fahrzeugführer betätigbaren Hauptbremszylinder eine elektrisch

(„by-Wire“) ansteuerbare Druckbereitstellungseinrichtung, mittels welcher in der Betriebsart „Brake-by-Wire“ eine Druckbeaufschlagung der Radbremsen stattfindet.

5 Bei diesen elektrohydraulischen Bremssystemen, ist der Fahrer von dem direkten Zugriff auf die Bremsen entkoppelbar. Diese Funktion wird in einer Betriebsart „Brake-by-Wire“ genutzt. In dieser Betriebsart wird eine Bremsung elektronisch durchgeführt, wobei eine Steuer- und Regeleinheit die Druckbereitstellungseinrichtung zum aktiven Druckaufbau ansteuert. Bei einer
10 Betätigung des Pedals wird der Bremswunsch des Fahrers erfasst und eine Pedalentkopplungseinheit und ein Simulator werden aktiviert. Das vom Fahrer durch seine Pedalbetätigung aus dem Hauptbremszylinder verdrängte Hydraulikvolumen strömt in den
15 Simulator, der dazu dient, dem Fahrer ein möglichst vertrautes und komfortables Bremspedalgefühl zu vermitteln. Der mit Hilfe von Sensoren erfasste Bremswunsch führt zu der Bestimmung einer Sollbremswirkung, woraus dann ein Sollbremsdruck für die Bremsen ermittelt wird. Der entsprechende Ist-Bremsdruck in den Rad-
20 bremsen wird dann aktiv von einer Druckbereitstellungseinrichtung zur Verfügung gestellt.

Das tatsächliche Bremsen erfolgt also durch aktiven Druckaufbau in den Bremskreisen mit Hilfe einer Druckbereitstellungseinrichtung, die von einer Steuer- und Regeleinheit angesteuert
25 wird. Durch die hydraulische Entkopplung der Bremspedalbetätigung von dem Druckaufbau lassen sich in derartigen Bremssystemen viele Funktionalitäten wie ABS, ESC, TCS, Hanganfahrrhilfe etc. in einer technisch effizienten und für den Fahrer aufgrund der Pedalentkopplung besonders komfortable Weise
30 verwirklichen.

In derartigen Bremssystemen ist gewöhnlich eine hydraulische Rückfallebene vorgesehen, in der der Fahrer durch Muskelkraft bei
35 Betätigung des Bremspedals das Fahrzeug abbremsen bzw. zum Stehen bringen kann, wenn die „By-Wire“-Betriebsart ausfällt oder gestört ist. Während im Normalbetrieb durch eine Pedalentkopplungseinheit die oben beschriebene hydraulische Entkopplung

zwischen Bremspedalbetätigung und Bremsdruckaufbau erfolgt, wird in der Rückfallebene diese Entkopplung aufgehoben, so dass der Fahrer direkt Druckmittel in die Bremskreise verschieben kann. In die Rückfallebene wird geschaltet, wenn mit Hilfe der
5 Druckbereitstellungseinrichtung kein Druckaufbau mehr möglich ist. Dies ist u.a. dann der Fall, wenn das Rückschlagventil, welches die Druckbereitstellungseinrichtung mit dem Reservoir verbindet, nicht mehr zuverlässig sperrt, so dass ein Druckaufbau nicht mehr zuverlässig möglich ist.

10

Die Druckbereitstellungseinrichtung in oben beschriebenen Bremssystemen wird auch als Aktuator bzw. elektrohydraulischer Aktuator bezeichnet. Beispielsweise wird ein elektrohydraulischer Aktuator durch einen elektromechanischen Linearaktuator
15 gebildet, der zum Druckaufbau einen Kolben axial in einen hydraulischen Druckraum verschiebt. Der elektromechanische Linearaktuator wird meist durch die Kombination eines Elektromotors mit einem Rotations-Translationsgetriebe gebildet.

20

Der Hauptbremszylinder ist gewöhnlich als Tandemhauptbremszylinder (THZ) ausgebildet mit einer Primärdruckkammer bzw. Primärkammer und einer Sekundärdruckkammer bzw. Sekundärkammer. In der Primärkammer ist ein Primärkolben verschiebbar, in der Sekundärkammer ist ein Sekundärkolben, bevorzugt schwimmend,
25 verschiebbar.

30

Aus der DE 10 2013 204 778 A1 ist eine „Brake-by-Wire“-Bremsanlage für Kraftfahrzeuge bekannt, welche einen bremspedalbetätigbaren Tandem-Hauptbremszylinder, dessen Druckräume jeweils über ein elektrisch betätigbares Trennventil trennbar mit einem Bremskreis mit zwei Radbremsen verbunden sind, eine mit dem Hauptbremszylinder hydraulisch verbundene, zu- und abschaltbare Simulationseinrichtung, und eine elektrisch steuerbare Druckbereitstellungseinrichtung, welche durch eine
35 Zylinder-Kolben-Anordnung mit einem hydraulischen Druckraum gebildet wird, deren Kolben durch einen elektromechanischen Linearaktuator verschiebbar ist, umfasst, wobei die Druckbereitstellungseinrichtung über zwei elektrisch betätigbare

Zuschaltventile mit Bremskreisversorgungsleitungen verbindbar ist.

Während des By-Wire-Betriebes des Bremssystems muss zuverlässig
5 der Fahrerbremswunsch erfasst werden, so dass dieser mit Hilfe
des aktiven Druckaufbaus durch die Druckbereit-
stellungseinrichtung in eine entsprechende Druckbeaufschlagung
der Radbremsen umgesetzt werden kann. Ein bekanntes Konzept zur
Erfassung einer Bremspedalbetätigung verwendet einen
10 THZ-Primärkolbenwegsignal und ein Sekundärkammerdrucksignal.
Dadurch soll sichergestellt werden, dass bei einem Ausfall des
Wegsensorsignals die Pedalbetätigung mit Hilfe des Druck-
sensorsignals erfasst werden kann, dass bei einem Ausfall des
Drucksensorsignals die Pedalbetätigung mit Hilfe des Weg-
15 sensorsignals erfasst werden kann, dass ein fälschlicherweise
geschlossenes Simulatorventil dadurch erkannt werden kann, dass
das Wegsignal im Vergleich zum Drucksignal zu klein ist, und dass
eine hydraulische Leckage dadurch erkannt werden kann, dass das
Drucksignal im Vergleich zum Wegsignal zu klein ist.

20 Dabei wird ein Kolbenwegsensor verwendet, der unmittelbar nach
dem Anlegen einer Versorgungsspannung ein präzises Absolut-
wegsignal liefert. Dagegen liefert der Drucksensor ein Signal,
das um einen zunächst unbekannten Offset verschoben ist. Dieser
25 Offset muss erst ermittelt werden, bevor das um den Offset
bereinigte Drucksignal verwendet werden kann. Der Offset wird
durch Mittelwertbildung des Drucksensorsignals über einen
Zeitraum ermittelt, in dem sichergestellt ist, dass die Se-
kundärkammer mit dem Druckmittelvorratsbehälter verbunden ist
30 und daher den Atmosphärendruck aufweist. So kann es vorkommen,
dass bei einer Pedalbetätigung mit geringem Pedalweg der
THZ-Primärkolbenweg bereits gut erfassbar ist, während das
Sekundärkammerdrucksignal sich noch so wenig vom Atmosphä-
rendruck unterscheidet, dass sich aufgrund eines noch nicht
35 sicher ermittelten Offsetwertes keine Pedalbetätigungsinfo-
rmation daraus ableiten lässt.

Die Charakteristik der Simulatorfeder ist zudem gewöhnlich nichtlinear. Im Bereich kleiner Wege haben Wegänderungen nur sehr kleine Druckänderungen zur Folge. Hinzu kommt, dass die erfassten Drücke nicht nur vom Pedalbetätigungsweg, sondern auch von der Pedalgeschwindigkeit abhängen. Dies ist primär ein Effekt des hydraulischen Strömungswiderstandes des geöffneten Simulatorventils. Es hat sich herausgestellt, dass eine Detektion von hydraulisch-mechanischen Fehlern mit Hilfe eines Abgleichs von Weg- und Drucksignal zu Fehlauslösungen führen kann.

Es ist weiterhin bekannt, die Funktion der Dichtringe im THZ und im Simulator zu prüfen, indem bei unbetätigtem Bremspedal ein Diagnoseventil in der hydraulischen Verbindung zwischen der THZ-Primärkammer-Ausgleichsverbindung und Druckmittelvorratsbehälter geschlossen wird, um dann mit Hilfe des Aktuators Druck aufzubauen, was bei einem intakten System ohne ein Abfließen von Druckmittel zum Behälter möglich sein muss. Während derartiger Überprüfungsvorgänge steht das Bremssystem für kurze Zeit nicht zur Verfügung, was bei plötzlich notwendigen Notfallbremsungen Gefährdungspotential erzeugt.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine oben genannte Bremsanlage dahingehend zu verbessern, dass es eine zuverlässige und präzise Erfassung der Pedalbetätigung und des Simulatorzustandes im laufenden Betrieb ermöglicht. Weiterhin soll ein besonders zuverlässiges Verfahren zum Betreiben einer Bremsanlage angegeben werden.

In Bezug auf die Bremsanlage wird diese Aufgabe erfindungsgemäß gelöst durch einen Simulatorkolbenwegsensord, dessen Signal den Verschiebeweg des Simulatorkolbens repräsentiert.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die Erfindung geht von der Überlegung aus, dass für einen zuverlässigen und sicheren Betrieb eines By-Wire-Bremssystems

die genaue Kenntnis des Fahrerbremswunsches von äußerster Wichtigkeit ist.

Wie nunmehr erkannt wurde, lassen sich falsche Bestimmungen des Fahrerbremswunsches vermeiden, indem ein zusätzliches Signal herangezogen wird, welches im Wesentlichen den Betätigungszustand des Simulators repräsentiert. Dies ist im vorliegenden Fall der von dem Simulatorkolben zurückgelegte Weg. Wie weiterhin erkannt wurde, ermöglicht die Erfassung des Simulatorkolbenwegsignals auch diagnostische Maßnahmen zur Bestimmung der Funktionsfähigkeit von hydraulischen Komponenten der Bremsanlage, wodurch die Sicherheit des Fahrers weiter erhöht wird.

Der Begriff „elektromechanischer Aktuator bezeichnet im Rahmen der Anmeldung einen Elektromotor, dessen Rotor bzw. Motorachse mit einem Rotations-Translationsgetriebe gekoppelt ist, welches die Rotation des Rotors bzw. der Motorachse in eine translatorische Bewegung des Druckkolben der Druckbereitstellungseinrichtung umwandelt.

Die Bremsanlage weist eine elektronische Steuer- und Regeleinheit bzw. Elektronikeinheit auf, welche bei einer elektronisch durchgeführten/kontrollierten bzw. By-Wire-Bremsung bedarfsweise die Druckbereitstellungseinrichtung und die Ventile ansteuert.

In einer ersten bevorzugten Ausführung weist die Bremsanlage ein Simulatorventil auf, das in seinem inaktiven, d. h. unbestromten, Zustand eine hydraulische Verbindung von der Druckkammer zum Simulator sperrt und in seinem aktivierten, d. h. bestromten, Zustand diese Verbindung herstellt.

In einer zweiten bevorzugten Ausführung weist der Hauptbremszylinder der Bremsanlage eine Geberkammer auf, wobei ein Simulatorventil vorgesehen ist, das in seinem unbestromten Zustand eine hydraulische Verbindung von der Geberkammer oder einer mit der Geberkammer hydraulisch verbundenen Simulatorkammer zum Behälter herstellt und in seinem aktivierten

Zustand sperrt.

Vorteilhafterweise ist der Simulatorkolbenwegsensor redundant ausgeführt. Auf diese Weise wird eine Überwachung dieses Sensors durch die Elektronikeinheit ermöglicht, die die beiden Signale auswertet und miteinander vergleicht.

In Bezug auf das Verfahren wird die oben genannte Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Weg des Simulatorkolbens mit Hilfe eines Simulatorkolbenwegensors erfasst wird.

In einer ersten bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens weist die Bremsanlage ein Simulatorventil auf, das in seinem inaktiven bzw. unbestromten Zustand eine hydraulische Verbindung von der Druckkammer zum Simulator sperrt und in seinem aktivierten bzw. bestromten Zustand diese Verbindung herstellt, wobei zur Durchführung einer elektronisch kontrollierten Bremsung das Simulatorventil geöffnet wird um die Hauptzylinder-Primärkolbenbewegung hydraulisch mit der Simulatorkolbenbewegung zu koppeln, und wobei das zumindest eine Trennventil geschlossen wird, um einen Druckmittelaustausch zwischen dem Hauptbremszylinder und den Radbremsen zu unterbinden, wobei ein Fahrerbremswunsch aus den Signalen von Hauptbremszylinderkolbenwegsensor und Hauptbremszylinderdrucksensor gebildet wird, und wobei anhand des Simulatorkolbenwegensorsignals überwacht wird, ob eine hydraulische Kopplung von Hauptzylinder und Simulator bei gleichzeitiger Entkopplung von Hauptzylinder und Radbremsen vorliegt.

Auf diese Weise wird insbesondere überwacht bzw. überprüft, ob die zu Beginn der Bremsung durchgeführten hydraulischen Umschaltmaßnahmen den beabsichtigten Effekt einer hydraulischen Kopplung von Hauptzylinder und Simulator bei gleichzeitiger Entkopplung von Hauptzylinder und Radbremsen zeigen.

In einer zweiten bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens weist der Hauptbremszylinder eine Geberkammer auf, wobei ein

Simulatorventil vorgesehen ist, das in seinem unbestromten Zustand eine hydraulische Verbindung von der Geberkammer oder einer mit der Geberkammer hydraulisch verbundenen Simulatorkammer zum Behälter herstellt und in seinem aktivierten Zustand
5 sperrt, wobei zur Durchführung einer elektronisch kontrollierten Bremsung das Simulatorventil geschlossen wird um die Hauptzylinder-Primärkolbenbewegung hydraulisch mit der Simulatorkolbenbewegung zu koppeln und ein Primärkolbenentlastungsventil geöffnet wird, um eine hydraulische Verbindung der Hauptzylinderprimärkammer mit dem Behälter herzustellen, und wobei das
10 zumindest eine Trennventil geschlossen wird, um einen Druckmittelaustausch zwischen dem Hauptbremszylinder und den Radbremsen zu unterbinden, und wobei ein Fahrerbremswunsch aus den Signalen von Hauptbremszylinderkolbenwegsensoren und Hauptbremszylinderdrucksensoren gebildet wird, und wobei anhand des
15 Simulatorkolbenwegsensorsignals überwacht wird, ob eine hydraulische Kopplung von Hauptzylinder und Simulator bei gleichzeitiger Entkopplung von Hauptzylinder und Radbremsen vorliegt.

20 Auf diese Weise wird insbesondere überwacht bzw. überprüft, ob die zu Beginn der Bremsung durchgeführten hydraulischen Umschaltmaßnahmen den beabsichtigten Effekt einer hydraulischen Kopplung von Hauptzylinder und Simulator bei gleichzeitiger
25 Entkopplung von Hauptzylinder und Radbremsen zeigen. Ist dies nicht der Fall, wird auf eine Leckage, d. h. einen ungewollten Abfluss von druckbeaufschlagter Bremsflüssigkeit geschlossen.

Vorteilhafterweise wird anhand der Signale von Hauptbremszylinderkolbenwegsensoren und Simulatorkolbenwegsensoren festgestellt, ob das infolge einer Pedalbetätigung aus dem Hauptbremszylinder verdrängte Druckmittelvolumen vollständig zum Simulator strömt.

35 Bevorzugt wird anhand der Signale von Hauptbremszylinderkolbenwegsensoren und Simulatorkolbenwegsensoren festgestellt, ob das infolge einer Pedalwegzurücknahme in den Hauptbremszylinder einströmende Druckmittelvolumen der

Simulator-Druckmittelvolumenabgabe entspricht.

Aus dem Hauptbremszylinderkolbenwegsignal wird bevorzugt durch Multiplikation mit der Hauptbremszylinderkolben-

5 querschnittsfläche ein Hauptbremszylindervolumenwert berechnet wird und aus dem Simulatorkolbenwegsignal durch Multiplikation mit der Simulatorkolbenquerschnittsfläche ein Simulatorvolumenwert.

10 Vorteilhafterweise wird anhand des Hauptbremszylindervolumenwerts und des Simulatorvolumenwertes überprüft, ob während der pedalgesteuerten Bremsung die Summe der Druckmittelvolumina von Hauptbremszylinder und Simulator konstant bleibt.

15 Bevorzugt wird bei einem im zeitlichen Verlauf der Hauptbremszylinderbetätigung abnehmenden Summenvolumen auf eine Leckage geschlossen.

Bevorzugt wird bei einem zunehmenden Summenvolumen auf ein undichtetes Trennventil geschlossen, über das fälschlich von der Druckbereitstellungseinrichtung unter Druck gesetztes Druckmittel zu Hautbremszylinder und Simulator abströmt.

Bevorzugt werden die Signale des Simulatorkolbenweges und des
25 Hauptbremszylinderkolbenwegs in Relation gesetzt zu dem Sekundärkammerdrucksignal. Dabei ist bevorzugt den beiden Wegsignalen jeweils ein Grenzwert des Drucksignals zugeordnet. Ist der Wert des Drucksignals geringer als der jeweilige Grenzwert, wird auf ein fälschlicherweise geschlossenes
30 Simulatorventil geschlossen bzw. der geschlossene Zustand des Simulatorventils erkannt.

Bei einem erkannten Ausfall des Hauptbremszylinderkolbenwegsignals für die Ermittlung des Fahrerbremswunsches wird
35 vorteilhafterweise ein Ersatz- Hauptbremszylinderkolbenwegsignal verwendet, das aus dem Simulatorkolbenwegsignal gebildet wird.

Ein Ausfall des Hauptbremszylinderkolbenwegsignals wird vorteilhafterweise folgendermaßen erkannt: Zum einen überprüft die Elektronikeinheit, ob der Sensor korrekterweise die beiden Signale seiner redundanten Teil-Sensoren liefert. Zum anderen
5 vergleicht die Elektronikeinheit die beiden Signale der redundanten Einheiten miteinander und schließt bei einer Übereinstimmung der beiden Signale mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit auf einen voll funktionsfähigen Sensor.

10 Vorteilhafterweise wird bei einem erkannten Ausfall des Hauptbremszylinderkolbenwegsignals als Ersatz- Hauptbremszylinderkolbenwegsignal das Simulatorkolbenwegsignal multipliziert mit dem Quotienten aus der Querschnittsfläche des Simulatorkolbens und der Querschnittsfläche des
15 Hauptbremszylinderkolbens verwendet. Auf diese Weise kann das fehlende Hauptbremszylinderkolbenwegsignal durch ein adäquates Ersatzsignal ersetzt werden, so dass das Bremssystem weiterhin zuverlässig im By-Wire-Modus betrieben werden.

20 Die Vorteile der Erfindung liegen insbesondere darin, dass durch die Erfassung des Simulatorkolbenweges das Bremssystem auch bei Ausfall des Hauptbremszylinderkolbenwegsignals der Fahrerbremswunsch durch Bildung eines geeigneten Ersatzsignals zuverlässig und präzise erfasst werden kann. Auch im normalen
25 Betrieb können mit Hilfe dieses zusätzlichen Signals Fehlfunktionen bzw. Leckagen des Bremssystems entdeckt werden.

Eine Überprüfung der Dichtringe im Hauptbremszylinder und im Simulator wird bei unbetätigtem Pedal nicht benötigt, da diese
30 Überprüfung bei jeder Pedalbetätigung ohne eine Störung des regulären Betriebes des Bremssystems möglich ist. Alle Drucktragenden Dichtringe werden dadurch überprüft, dass bei einer Pedalbetätigung das THZ-Primärkolbenwegsensordesignal und das Simulatorkolbenwegsignal proportional sein müssen, sobald die
35 Druckausgleichsverbindungen des THZ geschlossen sind. Eine solche Überprüfung ist einfach und robust darstellbar. Sie ist keinen Parameterfluktuationen unterworfen, weil sie nur von Konstruktionsmaßen abhängt, die im Gegensatz z.B. zu einer

Simulatorfederkennlinie nicht von Temperatur, Materialalterung und ähnlichem abhängt. Dass die nicht-Druck-tragenden Primärkolben-Sekundärmanschette nicht geprüft wird, ist unproblematisch. Wenn diese undicht wird, spricht die Behälterfüllstandswarneinrichtung an, so wie es für konventionelle Bremssysteme Stand der Technik ist. Ein Diagnoseventil zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit des Simulators wird nicht benötigt.

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

FIG. 1 ein Bremssystem in einer ersten bevorzugten Ausführungsform; und

FIG. 2 ein Bremssystem in einer zweiten bevorzugten Ausführungsform.

Gleiche Teile sind in beiden Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen.

In FIG. 1 ist ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Bremsanlage 2 dargestellt. Die Bremsanlage 2 bzw. das Bremssystem umfasst einen mittels eines Betätigungs- bzw. Bremspedals 6 betätigbaren Hauptbremszylinder 10, eine mit dem Hauptbremszylinder 10 zusammenwirkende Simulationseinrichtung 14, einen dem Hauptbremszylinder 10 zugeordneten, unter Atmosphärendruck stehenden Druckmittelvorratsbehälter 18, eine elektrisch steuerbare Druckbereitstellungseinrichtung 20, welche durch eine Zylinder-Kolben-Anordnung mit einem hydraulischen Druckraum 26 gebildet wird, deren Kolben 32 durch einen elektromechanischen Aktuator verschiebbar ist, eine elektrisch steuerbare Druckmodulationseinrichtung zum Einstellen individueller Bremsdrücke und eine elektronische Steuer- und Regeleinheit 40.

Die nicht näher bezeichnete Druckmodulationseinrichtung umfasst beispielsweise hydraulisch betätigbare Radbremsen 42, 44, 46, 48 und je betätigbarer Radbremse 42 bis 48 ein Einlassventil 50, 52, 54, 56 und ein Auslassventil 60, 62, 64, 66, die paarweise über
5 Mittenanschlüsse hydraulisch zusammengeschaltet und an die Radbremsen 42 bis 48 angeschlossen sind. Die Eingangsanschlüsse der Einlassventile 50 bis 56 werden mittels Bremskreisversorgungsleitungen 70, 72 mit Drücken versorgt, die in einer „Brake-by-Wire“-Betriebsart aus einem Systemdruck abgeleitet
10 werden, der in einer an den Druckraum 26 der Druckbereitstellungseinrichtung 20 angeschlossenen Systemdruckleitung 80 vorliegt und dem von der Druckbereitstellungseinrichtung bereitgestellten Druck entspricht. Die Bremsen 42, 44 sind dabei an einen ersten Bremskreis 84, die Bremsen 46, 48 an einen zweiten
15 Bremskreis 88 hydraulisch angeschlossen.

Den Einlassventilen 50 bis 56 ist jeweils ein zu den Bremskreisversorgungsleitungen 70, 72 hin öffnendes Rückschlagventil 90, 92, 94, 96 parallel geschaltet. In einer Rückfallebenen-
20 betriebsart werden die Bremskreisversorgungsleitungen 70, 72 über hydraulische Leitungen 100, 102 mit den Drücken des Bremsmittels aus Druckräumen 120, 122 des Hauptbremszylinders 10 beaufschlagt. Die Ausgangsanschlüsse der Auslassventile 60 bis 66 sind über eine Rücklaufleitung 130 mit dem Druckmittel-
25 vorratsbehälter 18 verbunden.

Der Hauptbremszylinder 10 weist in einem Gehäuse 136 zwei hintereinander angeordnete Kolben 140, 142 auf, die die hydraulischen Druckräume 120, 122 begrenzen. Die Druckräume 120, 122
30 stehen einerseits über in den Kolben 140, 142 ausgebildete radiale Bohrungen sowie entsprechende Druckausgleichsleitungen 150, 152 mit dem Druckmittelvorratsbehälter 18 in Verbindung, wobei die Verbindungen durch eine Relativbewegung der Kolben 140, 42 im Gehäuse 136 absperrrbar sind. Die Druckräume 120, 122 stehen
35 andererseits mittels der hydraulischen Leitungen 100, 102 mit den bereits genannten Bremskreisversorgungsleitungen 70, 72 in Verbindung.

In der Druckausgleichsleitung 150 ist ein stromlos offenes Ventil 160 enthalten. Die Druckräume 120, 122 nehmen nicht näher bezeichnete Rückstellfedern auf, die die Kolben 140, 142 bei unbetätigtem Hauptbremszylinder 10 in einer Ausgangslage positionieren. Eine Kolbenstange 166 koppelt die Schwenkbewegung des Bremspedals 6 infolge einer Pedalbetätigung mit der Translationsbewegung des ersten Hauptbremszylinderkolbens 140 bzw. Primärkolbens, dessen Betätigungsweg von einem, vorzugsweise redundant ausgeführten, Wegsensor 170 erfasst wird. Dadurch ist das entsprechende Kolbenwegsignal ein Maß für den Bremspedalbetätigungswinkel. Es repräsentiert einen Bremswunsch des Fahrzeugführers.

In den an die Druckräume 120, 122 angeschlossenen Leitungsabschnitten 100, 102 ist je ein Trennventil 180, 182 angeordnet, welches als ein elektrisch betätigbares, vorzugsweise stromlos offenes, 2/2-Wegeventil ausgebildet ist. Durch die Trennventile 180, 182 kann die hydraulische Verbindung zwischen den Druckräumen 120, 122 des Hauptbremszylinders 10 und den Bremskreisversorgungsleitungen 70, 72 abgesperrt werden. Ein an den Leitungsabschnitt 102 angeschlossener Drucksensor 188 erfasst den im Druckraum 122 durch ein Verschieben des zweiten Kolbens 142 aufgebauten Druck.

Die Simulationseinrichtung 14 ist hydraulisch an den Hauptbremszylinder 10 ankoppelbar und umfasst beispielsweise im Wesentlichen eine Simulatorkammer 190, eine Simulatorfederkammer 194 sowie einen die beiden Kammern 190, 194 voneinander trennenden Simulatorkolben 198. Der Simulatorkolben 198 stützt sich durch ein in der Simulatorfederkammer 194 angeordnetes elastisches Element (z. B. eine Feder), welches vorteilhafterweise vorgespannt ist, am Gehäuse 136 ab. Die Simulatorkammer 190 ist mittels eines elektrisch betätigbaren Simulatorventils 200 mit dem ersten Druckraum 120 des Hauptbremszylinders 10 verbindbar. Bei Vorgabe einer Pedalkraft und geöffnetem Simulatorventil 200 strömt Druckmittel vom Hauptbremszylinder-Druckraum 120 in die Simulatorkammer 190. Ein hydraulisch antiparallel zum Simulatorventil 200 angeordnetes Rück-

schlagventil 210 ermöglicht unabhängig vom Schaltzustand des Simulatorventils 200 ein weitgehend ungehindertes Zurückströmen des Druckmittels von der Simulatorkammer 190 zum Hauptbremszylinder-Druckraum 120. Andere Ausführungen und Anbindungen der Simulationseinrichtung an den Hauptbremszylinder 10 sind denkbar.

Die elektrisch steuerbare Druckbereitstellungseinrichtung 20 ist als eine hydraulische Zylinder-Kolben-Anordnung bzw. ein einkreisiger elektrohydraulischer Aktuator ausgebildet, deren/ dessen Druckkolben 32, welcher den Druckraum 26 begrenzt, von einem schematisch angedeuteten Elektromotor 220 unter Zwischenschaltung eines ebenfalls schematisch dargestellten Rotations-Translationsgetriebes, welches bevorzugt als Kugelgewindetrieb (KGT) ausgebildet ist, betätigbar ist. Ein der Erfassung der Rotorlage des Elektromotors 220 dienender, lediglich schematisch angedeuteter Rotorlagesensor ist mit dem Bezugszeichen 226 bezeichnet. Zusätzlich kann auch ein Temperatursensor 228 zum Sensieren der Temperatur der Motorwicklung verwendet werden.

Der durch die Kraftwirkung des Kolbens 32 auf das in dem Druckraum 26 eingeschlossene Druckmittel erzeugte Aktuatordruck wird in die Systemdruckleitung 80 eingespeist und mit einem vorzugsweise redundant ausgeführten Drucksensor 230 erfasst. Bei geöffneten Druckzuschaltventilen 240, 242 gelangt das Druckmittel in die Radbremsen 42 bis 48 zu deren Betätigung. Durch Vor- und Zurückschieben des Kolbens 32 erfolgt so bei geöffneten Druckzuschaltventilen 240, 242 bei einer Normalbremsung in der „Brake-by-Wire“-Betriebsart ein Radbremsdruckaufbau und -abbau für alle Radbremsen 42 bis 48.

Beim Druckabbau strömt dabei das vorher aus dem Druckraum 26 in die Radbremsen 42 bis 48 verschobene Druckmittel auf dem gleichen Wege wieder in den Druckraum 26 zurück. Dagegen strömt bei einer Bremsung mit radindividuell unterschiedlichen, mit Hilfe der Einlass- und Auslassventile 50 bis 56, 60 bis 66 geregelten Radbremsdrücken (z. B bei einer Antiblockierregelung

(ABS-Regelung)) der über die Auslassventile 60 bis 66 abgelassene Druckmittelanteil in den Druckmittelvorratsbehälter 18 und steht somit zunächst der Druckbereitstellungseinrichtung 20 zur Betätigung der Radbremsen 42 bis 48 nicht mehr zur Verfügung.

5

Der Weg des Simulatorkolbens wird mit Hilfe eines Simulatorkolbenwegensors 206 gemessen. Das Signal des Simulatorkolbenwegensors 206 kann verwendet werden, um einen sicheren Betrieb der Bremsanlage 2 zu ermöglichen und verschiedene Fehlfunktionen zuverlässig aufzudecken.

10

Bei einer Bremsung im Brake-by-Wire-Modes der Bremsanlage 2 wird das Simulatorventil 200 geöffnet, wodurch die Bewegung des Hauptzylinder-Primärkolbens 140 hydraulisch mit der Bewegung des Simulatorkolbens gekoppelt wird, und die Trennventile 180, 182 werden geschlossen, um einen Druckmittelaustausch zwischen dem Hauptbremszylinder 10 und den Radbremsen 42, 44, 46, 48 zu unterbinden. Ein Fahrerbremswunsch wird aus den Signalen von Hauptbremszylinderkolbenwegsensor 170 und Hauptbremszylinderdrucksensor 188 gebildet, wobei während der elektronisch kontrollierten Bremsung anhand des Simulatorkolbenwegensorsignals überwacht wird, ob eine hydraulische Kopplung von Hauptbremszylinder 10 und Simulator 14 bei gleichzeitiger Entkopplung von Hauptbremszylinder 10 und Radbremsen 43, 44, 46, 48 vorliegt. Durch die gleichzeitige Überwachung der Hauptbremszylinderweg- und -drucksignale kann die geschilderte hydraulische Umschaltung verifiziert werden.

15

20

25

30

35

Die in FIG. 2 dargestellte Bremsanlage 2 unterscheidet sich von der in FIG. 1 dargestellten Bremsanlage durch die hydraulische Anbindung des Simulators 14. Der Hauptbremszylinder 10 weist eine Geberkammer auf 202, in die bei Betätigung des Bremspedals 6 ein Ringbereich des Primärkolbens 140 verschoben wird. Dadurch wird Bremsflüssigkeit aus der Geberkammer 202 verdrängt. In der Rückfallebenenbetriebsart strömt das verdrängte Druckmittelvolumen über das hydraulisch offene Simulatorventil 160 in den Behälter 18 und beim Lösen des Pedals auf gleichem Weg zurück.

In der By-Wire-Betriebsart wird das Simulatorventil 160 aktiviert, mithin hydraulisch geschlossen, wodurch das aus dem Ringbereich des Primärkolbens 140, d. h. der Geberkammer 202 verschobene Druckmittel in die Simulatorkammer 190 geleitet wird, wodurch der Simulatorkolben 198 verschoben wird, dessen Weg durch den Simulatorkolbenwegsensor 206 gemessen wird.

Gleichzeitig zum Simulatorventil 160 wird dabei das stromlos geschlossene Ventil 204 aktiviert, wodurch Ventil 204 öffnet und eine hydraulische Verbindung von der Hauptbremszylinderkammer 120 zum Behälter 18 herstellt. Dies ermöglicht die Bewegung des Hauptbremszylinderkolbens 140 bei zur geschlossenen Trennventilen 180, 182.

Zur Durchführung einer Brake-by-Wire-Bremsung wird im Bremssystem nach FIG. 2 – abweichend vom Bremssystem nach FIG. 1 – ein stromlos offenes Simulatorventil aktiviert und damit hydraulisch geschlossen, wodurch das aus der Geberkammer 202 verdrängte Druckmittelvolumen in die mit der Geberkammer 202 hydraulisch verbundene Simulatorkammer 190 geleitet wird. Dadurch wird die Hauptzylinder-Primärkolbenbewegung hydraulisch mit der Simulatorkolbenbewegung gekoppelt. Gleichzeitig wird ein Primärkolbenentlastungsventil 204 geöffnet, um eine hydraulische Verbindung der Hauptzylinderprimärkammer 120 mit dem Druckmittelvorratsbehälter 18 herzustellen. Die Trennventile 180, 182 werden geschlossen, um einen Druckmittelaustausch zwischen dem Hauptbremszylinder 10 und den Radbremsen 42, 44, 46, 48 zu unterbinden. Während der elektronisch kontrollierten Bremsung bzw. By-Wire-Bremsung wird ein Fahrerbremswunsch aus den Signalen von Hauptbremszylinderkolbenwegsensor 170 und Hauptbremszylinderdrucksensor 188 gebildet.

Anhand des Simulatorkolbenwegsensordesignals wird überwacht, ob eine hydraulische Kopplung von Hauptbremszylinder 10 und Simulator 14 bei gleichzeitiger Entkopplung von Hauptbremszylinder 10 und Radbremsen 42, 44, 46, 48 vorliegt. Wie auch bei der in FIG. 1 dargestellten Variante der Bremsanlage 2 kann durch die gleichzeitige Überwachung der Hauptbremszylinderweg- und

-drucksignale die geschilderte hydraulische Umschaltung verifiziert werden.

Das Signal des Simulatorwegsensors kann in beiden in FIG. 1 und
5 FIG. 2 gezeigten Ausführungen der Bremsanlage 2 verwendet werden, um ein Ersatzsignal zu bilden, welches bei Ausfall der Signale des Hauptbremszylinderkolbenweges und/oder des Hauptbremszylinderdrucksignals zur Erfassung des
10 Fahrerbremswunsches verwendet werden kann. Auf diese Weise kann die Bremsanlage 2 auch dann noch betrieben werden, wenn eines der beiden dem Hauptbremszylinder zugeordneten Signale nicht mehr zuverlässig oder gar nicht mehr zur Verfügung steht.

Das Ersatzsignal wird bevorzugt gebildet, indem aus dem
15 Hauptbremszylinderkolbenwegsignal durch Multiplikation mit der Hauptbremszylinderkolbenquerschnittsfläche ein Hauptbremszylindervolumenwert berechnet wird und aus dem Simulatorkolbenwegsignal durch Multiplikation mit der Simulatorkolbenquerschnittsfläche ein Simulatorvolumenwert. Bei der in FIG.1
20 gezeigten bevorzugten Ausführung der Bremsanlage 2 ist die Hauptbremszylinderkolbenquerschnittsfläche die Primärkolbenstirnfläche. Bei der in FIG. 2 gezeigten bevorzugten Ausführung der Bremsanlage 2 ist die Hauptbremszylinderkolbenquerschnittsfläche die Geberkammer-Ringfläche.

Patentansprüche

1. Bremsanlage (2) für Kraftfahrzeuge, umfassend

- hydraulisch betätigbare Radbremsen (42, 44, 46, 48);
- 5 • zumindest ein elektrisch betätigbares Radventil (50, 52, 54, 56; 60, 62, 64, 66) je Radbremse (42, 44, 46, 48) zum Einstellen radindividueller Bremsdrücke;
- eine elektrisch steuerbare Druckbereitstellungseinrichtung (20) zur hydraulischen Betätigung der Radbremsen
- 10 (42, 44, 46, 48), welche durch eine Zylinder-Kolben-Anordnung mit einem hydraulischen Druckraum (26) gebildet ist, deren Druckkolben (32) durch einen elektromechanischen Aktuator (220) verschiebbar ist;
- 15 • eine mit einem Bremspedal (6) betätigbare Betätigungseinrichtung, umfassend einen Hauptbremszylinder (10) mit wenigstens einer Druckkammer (120, 122), in die bei Betätigung des Bremspedals (6) ein Hauptbremszylinderkolben (140, 142) verschoben wird;
- 20 • einen Hauptbremszylinderkolbenwegsensord (170), dessen Signal den Verfahrweg des Hauptbremszylinderkolbens (140) repräsentiert;
- einen Hauptbremszylinderdrucksensord (188), dessen Signal einen von einer Bremspedalbetätigungskraft bewirkten
- 25 hydraulischen Druck im Hauptbremszylinder (10) repräsentiert;
- einen unter Atmosphärendruck stehenden Druckmittelvorratsbehälter (18), der im unbetätigten Zustand des Hauptbremszylinders (10) mit der Druckkammer (120, 122)
- 30 des Hauptbremszylinders (10) hydraulisch verbunden ist;
- einen hydraulisch ausgebildeten Simulator (14) mit einem Simulatorkolben (198) und einer Simulatorfeder (196), der dazu eingerichtet ist, die hydraulische Volumenaufnahme

druckbeaufschlagter Radbremsen zu simulieren;

- zumindest ein elektrisch betätigbares Trennventil (180, 182), das in seinem bestromten Zustand eine hydraulische Verbindung von der Druckkammer (120, 122) zu den Radbremsen sperrt;
- zumindest ein elektrisch und/oder hydraulisch betätigbares, in seinem inaktiven Zustand geschlossenes Zuschaltventil (240, 242), das in seinem geöffneten Zustand eine hydraulische Verbindung von der Druckbereitstellungseinrichtung (20) zu den Radbremsen (42, 44, 46, 48) und den Radventilen (50, 52, 54, 56; 60, 62, 64, 66) herstellt,

gekennzeichnet durch

einen Simulatorkolbenwegsensor (206), dessen Signal den Verschiebeweg des Simulatorkolbens (196) repräsentiert.

2. Bremsanlage (2) nach Anspruch 1 mit einem Simulatorventil (200), das in seinem inaktiven Zustand eine hydraulische Verbindung von der Druckkammer (120) zum Simulator (14) sperrt und in seinem aktivierten Zustand diese Verbindung herstellt.
3. Bremsanlage (2) nach Anspruch 1, wobei der Hauptbremszylinder (10) eine Geberkammer (202) aufweist, und wobei ein Simulatorventil (160) vorgesehen ist, das in seinem unbestromten Zustand eine hydraulische Verbindung von der Geberkammer (202) oder einer mit der Geberkammer (202) hydraulisch verbundenen Simulatorkammer (190) zum Druckmittelvorratsbehälter (18) herstellt und in seinem aktivierten Zustand sperrt.
4. Bremsanlage (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Simulatorkolbenwegsensor (206) redundant ausgeführt ist.

5. Verfahren zum Betreiben einer Bremsanlage (2), welche umfasst

- hydraulisch betätigbare Radbremsen (42, 44, 46, 48);
- 5 • zumindest ein elektrisch betätigbares Radventil (50, 52, 54, 56; 60, 62, 64, 66) je Radbremse (42, 44, 46, 48) zum Einstellen radindividueller Bremsdrücke;
- eine elektrisch steuerbare Druckbereitstellungseinrichtung (20) zur hydraulischen Betätigung der Radbremsen (42, 44, 46, 48), welche durch eine
10 Zylinder-Kolben-Anordnung mit einem hydraulischen Druckraum (26) gebildet ist, deren Druckkolben (32) durch einen elektromechanischen Aktuator (220) verschiebbar ist;
- eine mit einem Bremspedal (6) betätigbare Betätigungseinrichtung, umfassend einen Hauptbremszylinder (10) mit
15 wenigstens einer Druckkammer (120, 122), in die bei Betätigung des Bremspedals (6) ein Hauptbremszylinderkolben (140, 142) verschoben wird;
- einen Hauptbremszylinderkolbenwegsensoren (170), dessen
20 Signal den Verfahrweg des Hauptbremszylinderkolbens (140) repräsentiert;
- einen Hauptbremszylinderdrucksensor (188), dessen Signal einen von einer Bremspedalbetätigungskraft bewirkten hydraulischen Druck im Hauptbremszylinder (10)
25 repräsentiert;
- einen unter Atmosphärendruck stehenden Druckmittelvorratsbehälter (18), der im unbetätigten Zustand des Hauptbremszylinders (10) mit der Druckkammer (120, 122) des Hauptbremszylinders (10) hydraulisch verbunden ist;
- 30 • einen hydraulisch ausgebildeten Simulator (14) mit einem Simulatorkolben (198) und einer Simulatorfeder (196), der dazu eingerichtet ist, die hydraulische Volumenaufnahme druckbeaufschlagter Radbremsen zu simulieren;

- zumindest ein elektrisch betätigbares Trennventil (180, 182), das in seinem bestromten Zustand eine hydraulische Verbindung von der Druckkammer (120, 122) zu den Radbremsen sperrt;

- 5
- zumindest ein elektrisch und/oder hydraulisch betätigbares, in seinem inaktiven Zustand geschlossenes Zuschaltventil (240, 242), das in seinem geöffneten Zustand eine hydraulische Verbindung von der Druck-

10

 - bereitstellungseinrichtung (20) zu den Radbremsen (42, 44, 46, 48) und den Radventilen (50, 52, 54, 56, 60, 62, 64, 66) herstellt,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Weg des Simulatorkolbens (198) mit Hilfe eines Simulatorkolbenwegsensors (206) erfasst wird.

- 15
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Bremsanlage (2) ein Simulatorventil (200) aufweist, das in seinem inaktiven Zustand eine hydraulische Verbindung von der Druckkammer (120) zum Simulator (14) sperrt und in seinem aktivierten Zustand diese Verbindung herstellt, wobei zur Durchführung einer elektronisch kontrollierten Bremsung das
- 20
- Simulatorventil (200) geöffnet wird um eine Bewegung eines Primärkolbens (140) des Hauptbremszylinders (10) hydraulisch mit der Simulatorkolbenbewegung zu koppeln, und
- 25
- wobei das zumindest eine Trennventil (180, 182) geschlossen wird, um einen Druckmittelaustausch zwischen dem Hauptbremszylinder (10) und den Radbremsen (42, 44, 46, 48) zu unterbinden, wobei ein Fahrerbremswunsch aus den Signalen von Hauptbremszylinderkolbenwegsensoren (170) und
- 30
- Hauptbremszylinderdrucksensoren (188) gebildet wird, und wobei anhand des Simulatorkolbenwegsensorsignals überwacht wird, ob eine hydraulische Kopplung von Hauptbremszylinder (10) und Simulator (14) bei gleichzeitiger Entkopplung von Hauptbremszylinder (10) und Radbremsen (42, 44, 46, 48)

vorliegt.

7. Verfahren nach Anspruch 5, wobei der Hauptbremszylinder (10) eine Geberkammer (202) aufweist, und wobei ein Simulatorventil 160 vorgesehen ist, das in seinem unbestromten Zustand eine hydraulische Verbindung von der Geberkammer (202) oder einer mit der Geberkammer (202) hydraulisch verbundenen Simulatorkammer (190) zum Druckmittelvorratsbehälter (18) herstellt und in seinem aktivierten Zustand sperrt, wobei zur Durchführung einer elektronisch kontrollierten Bremsung das Simulatorventil (160) geschlossen wird um die Hauptzylinder-Primärkolbenbewegung hydraulisch mit der Simulatorkolbenbewegung zu koppeln, und wobei ein Primärkolbenentlastungsventil 204 geöffnet wird, um eine hydraulische Verbindung der Hauptzylinderprimärkammer (120) mit dem Druckmittelvorratsbehälter (18) herzustellen oder beizubehalten, und wobei das zumindest eine Trennventil (180, 182) geschlossen wird, um einen Druckmittelaustausch zwischen dem Hauptbremszylinder (10) und den Radbremsen (42, 44, 46, 48) zu unterbinden, und wobei ein Fahrerbremswunsch aus den Signalen von Hauptbremszylinderkolbenwegsensoren (170) und Hauptbremszylinderdrucksensoren (188) gebildet wird, und wobei während der elektronisch kontrollierten Bremsung anhand des Simulatorkolbenwegsensorsignals überwacht wird, ob eine hydraulische Kopplung von Hauptbremszylinder (10) und Simulator (14) bei gleichzeitiger Entkopplung von Hauptbremszylinder (10) und Radbremsen (42, 44, 46, 48) vorliegt.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, wobei anhand der Signale von Hauptbremszylinderkolbenwegsensoren (170) und Simulatorkolbenwegsensoren (206) festgestellt wird, ob das infolge einer Pedalbetätigung aus dem Hauptbremszylinder

(10) verdrängte Druckmittelvolumen vollständig zum Simulator (14) strömt.

- 5 9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei anhand der Signale von Hauptbremszylinderkolbenwegsensor (170) und Simulatorkolbenwegsensor (206) festgestellt wird, ob das infolge einer Pedalwegzurücknahme in den Hauptbremszylinder (10) einströmende Druckmittelvolumen der Simulator-Druckmittelvolumenabgabe entspricht.
- 10 10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, wobei aus dem Hauptbremszylinderkolbenwegsignal durch Multiplikation mit der Hauptbremszylinderkolbenquerschnittsfläche ein Hauptbremszylindervolumenwert berechnet wird und aus dem
- 15 Simulatorkolbenwegsignal durch Multiplikation mit der Simulatorkolbenquerschnittsfläche ein Simulatorvolumenwert berechnet wird.
- 20 11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei anhand des Hauptbremszylindervolumenwerts und des Simulatorvolumenwerts überprüft wird, ob während der pedalgesteuerten Bremsung die Summe der Druckmittelvolumina von Hauptbremszylinder (10) und Simulator (14) konstant bleibt.
- 25 12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei bei einem im zeitlichen Verlauf der Hauptbremszylinderbetätigung abnehmenden Summenvolumen auf eine Leckage geschlossen wird.
- 30 13. Verfahren nach Anspruch 10, wobei bei einem zunehmenden Summenvolumen auf ein undichtes Trennventil (180, 182) geschlossen wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 13, wobei bei einem erkannten Ausfall des Hauptbremszylinderkolbenwegsignals

für die Ermittlung des Fahrerbremswunschs ein Ersatz-Hauptbremszylinderkolbenwegsignal verwendet wird, das aus dem Simulatorkolbenwegsignal gebildet wird.

- 5 15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei bei einem erkannten Ausfall
des Hauptbremszylinderkolbenwegsignals als
Ersatz-Hauptbremszylinderkolbenwegsignal das Simulator-
kolbenwegsignal multipliziert mit dem Quotienten aus der
Querschnittsfläche des Simulatorkolbens (198) und der
10 Querschnittsfläche des Hauptbremszylinderkolbens (140)
verwendet wird.

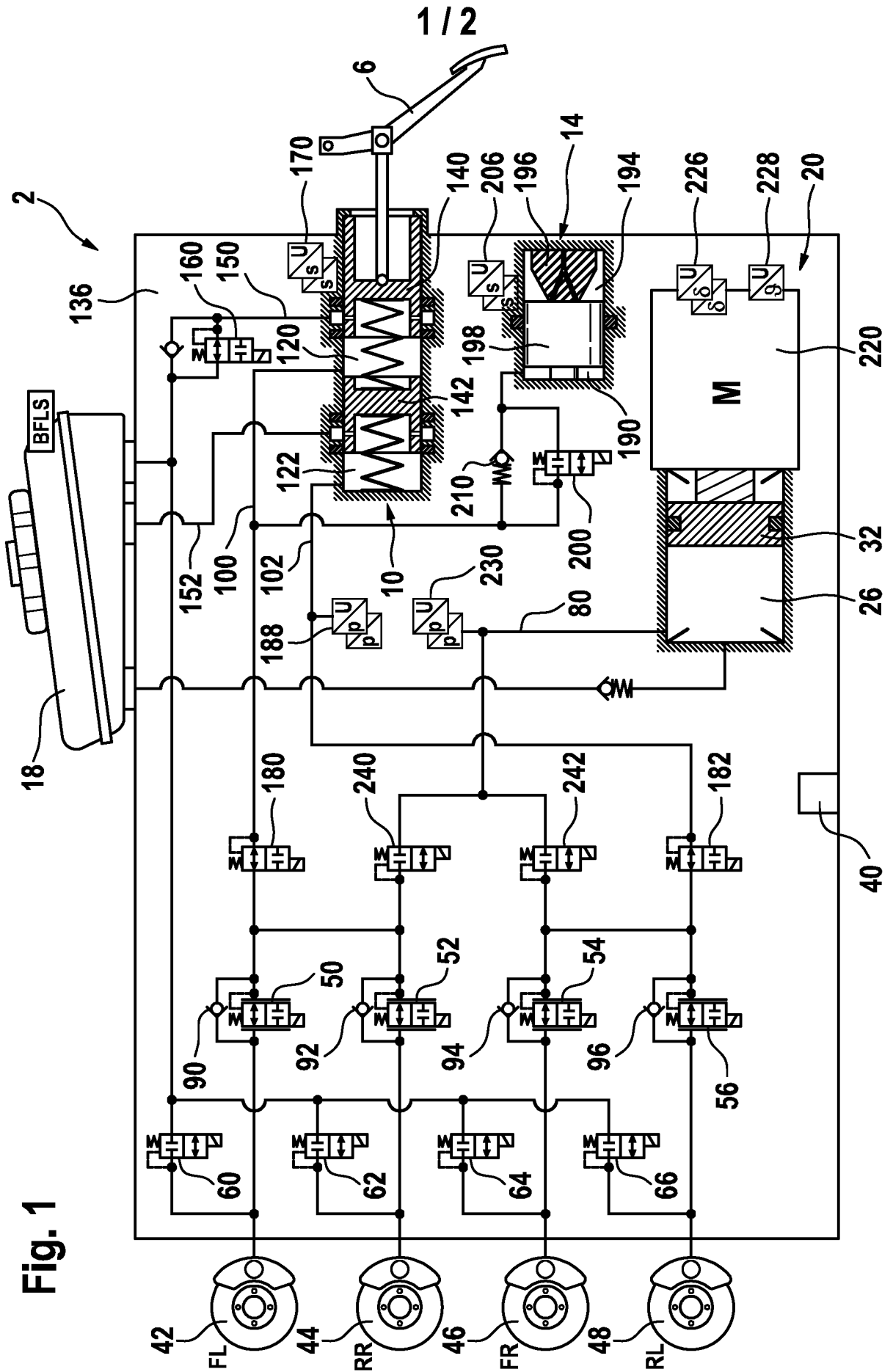
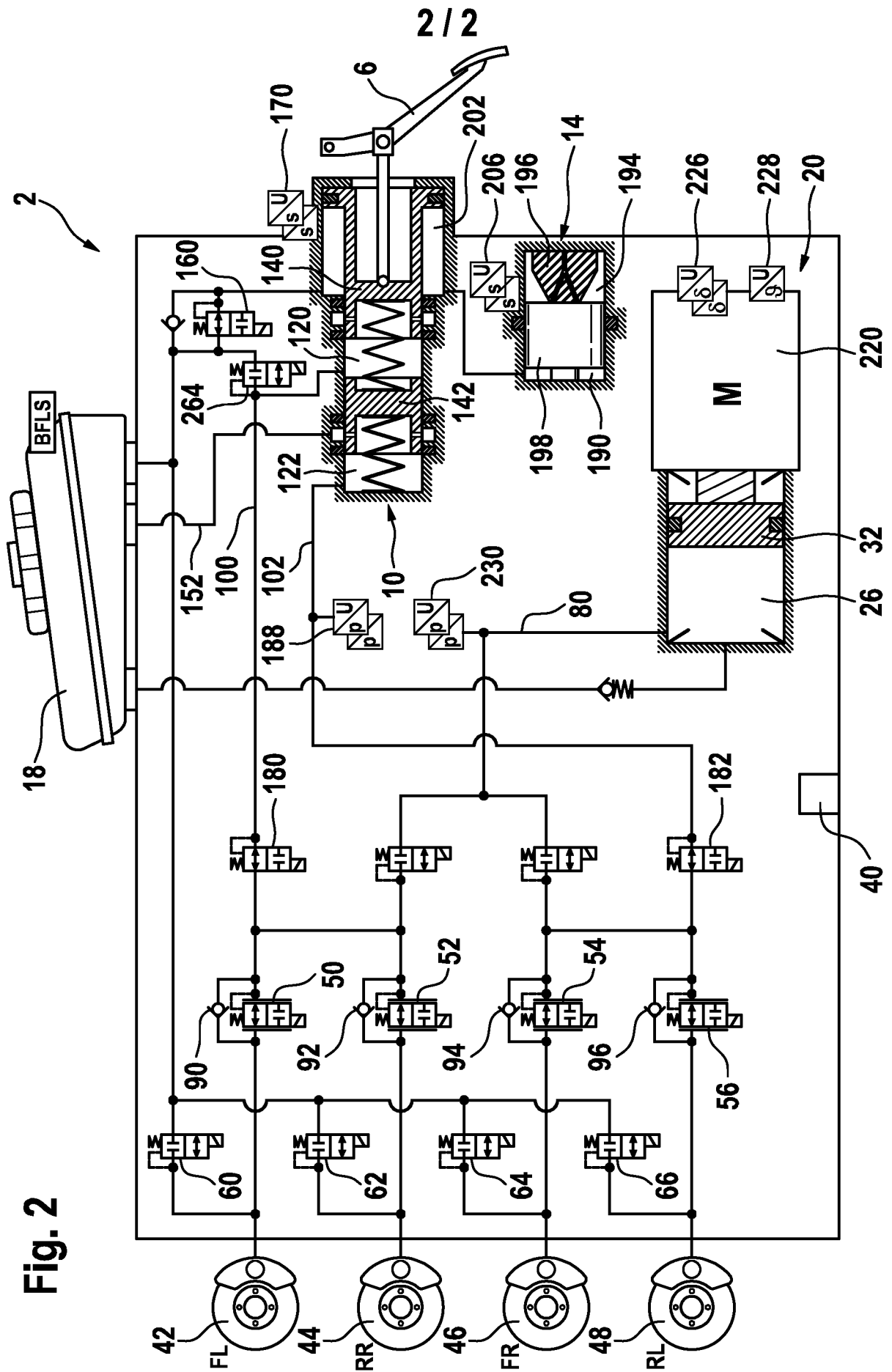


Fig. 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/078445

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B60T7/04
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

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

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2013 204778 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 26 September 2013 (2013-09-26) cited in the application	1,2,4,5
Y	paragraphs [0012] - [0022]; figure 1	3
A		6-15
Y	----- KR 2013 0011839 A (HYUNDAI MOBIS CO LTD [KR]) 30 January 2013 (2013-01-30) paragraphs [0016] - [0022]; figure 2	3
X	----- DE 10 2014 224205 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 2 June 2016 (2016-06-02)	1,2,4,5
A	paragraphs [0033] - [0042]; figure 1	3,6,15
A	----- DE 11 2013 003489 T5 (ADVICS CO [JP]) 19 March 2015 (2015-03-19) paragraph [0032]; figure 1	1-3



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 January 2018

Date of mailing of the international search report

26/01/2018

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Raffaelli, Leonardo

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/078445

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102013204778 A1	26-09-2013	DE 102013204778 A1	26-09-2013
		US 2015061854 A1	05-03-2015
		WO 2013139825 A2	26-09-2013

KR 20130011839 A	30-01-2013	CN 102887141 A	23-01-2013
		KR 20130011839 A	30-01-2013
		US 2013024083 A1	24-01-2013

DE 102014224205 A1	02-06-2016	NONE	

DE 112013003489 T5	19-03-2015	CN 104470777 A	25-03-2015
		DE 112013003489 T5	19-03-2015
		JP 5796554 B2	21-10-2015
		JP 2014019172 A	03-02-2014
		US 2015151730 A1	04-06-2015
		WO 2014010701 A1	16-01-2014

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B60T7/04
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
B60T

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2013 204778 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 26. September 2013 (2013-09-26) in der Anmeldung erwähnt	1,2,4,5
Y	Absätze [0012] - [0022]; Abbildung 1	3
A	-----	6-15
Y	KR 2013 0011839 A (HYUNDAI MOBIS CO LTD [KR]) 30. Januar 2013 (2013-01-30) Absätze [0016] - [0022]; Abbildung 2	3
X	DE 10 2014 224205 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 2. Juni 2016 (2016-06-02)	1,2,4,5
A	Absätze [0033] - [0042]; Abbildung 1	3,6,15
A	DE 11 2013 003489 T5 (ADVICS CO [JP]) 19. März 2015 (2015-03-19) Absatz [0032]; Abbildung 1	1-3



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

16. Januar 2018

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

26/01/2018

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

Raffaelli, Leonardo

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/078445

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102013204778 A1	26-09-2013	DE 102013204778 A1	26-09-2013
		US 2015061854 A1	05-03-2015
		WO 2013139825 A2	26-09-2013

KR 20130011839 A	30-01-2013	CN 102887141 A	23-01-2013
		KR 20130011839 A	30-01-2013
		US 2013024083 A1	24-01-2013

DE 102014224205 A1	02-06-2016	KEINE	

DE 112013003489 T5	19-03-2015	CN 104470777 A	25-03-2015
		DE 112013003489 T5	19-03-2015
		JP 5796554 B2	21-10-2015
		JP 2014019172 A	03-02-2014
		US 2015151730 A1	04-06-2015
		WO 2014010701 A1	16-01-2014
