

(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
20. April 2017 (20.04.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/063809 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B60T 17/22 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/071680

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. September 2016 (14.09.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 219 905.3
14. Oktober 2015 (14.10.2015) DE

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

(72) Erfinder: **ZIMMERMANN, Jochen**; Hauptstraße 7,
56357 Oberwallmenach (DE). **ULLRICH, Thorsten**;
Alsbacher Straße 5, 64579 Gernsheim (DE).

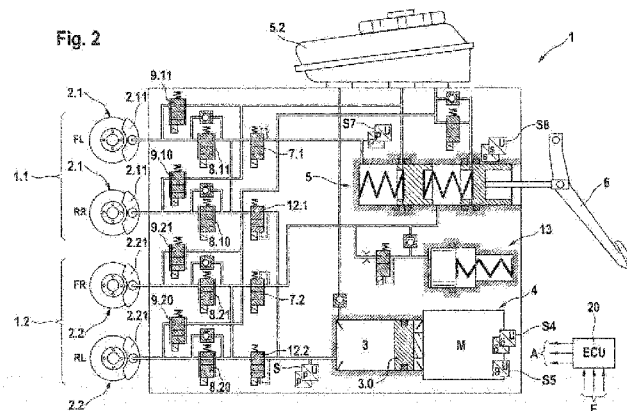
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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, 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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR DETECTING A LEAK OF A HYDRAULIC BRAKE SYSTEM OF A VEHICLE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG EINER LECKAGE EINES HYDRAULISCHEN BREMSSYSTEMS EINES FAHRZEUGS



(57) Abstract: The invention relates to a method for detecting a leak of a hydraulic brake system (1) of a vehicle, wherein a) at least two wheel brakes (2.11), a slip control of the wheel brake (2.11) paired with a respective vehicle wheel (2.1) is carried out by means of a respective pressure modulation unit (8.10, 8.11, 9.10, 9.11), b) in order to carry out the slip control, the wheel brakes (2.11) are hydraulically connected to an electrically controllable pressure source (3, 3.1), and a pressure medium volume is pumped out of a pressure medium container (5.2) in order to generate a corresponding brake pressure, c) the pressure medium volume pumped by the pressure source (3, 3.1) is detected, d) a pressure sensor (S, S1) is provided in order to detect the brake pressure generated on the basis of the pumped pressure medium volume, e) a model value for the pressure value detected by the pressure sensor (S, S1) is specified on the basis of the detected pressure medium volume, said model value indicating a theoretically correct value of the pressure medium volume required to build up the detected pressure value, f) a differential value is determined which indicates the difference between the pumped pressure medium volume and the model value, and g) the differential value is compared with a threshold, and a leak is reported if the differential value exceeds the threshold.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2017/063809 A1



RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, **Veröffentlicht:**

CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, — *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*
TG).

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung einer Leckage eines hydraulischen Bremssystems (1) eines Fahrzeugs, bei dem a) an wenigstens zwei Radbremsen (2.11) mittels jeweils einer Druckmodulationseinheit (8.10, 8.11, 9.10, 9.11) eine Schlupfregelung der dem jeweiligen Fahrzeugrad (2.1) zugeordneten Radbremse (2.11) durchgeführt wird, b) zur Durchführung der Schlupfregelung die Radbremsen (2.11) hydraulisch mit einer elektrisch steuerbaren Druckquelle (3, 3.1) verbunden werden, wobei zur Erzeugung eines entsprechenden Bremsdruckes ein Druckmittelvolumen aus einem Druckmittelbehälter (5.2) gefördert wird, c) das von der Druckquelle (3, 3.1) geförderte Druckmittelvolumen erfasst wird, d) zum Erfassen des aufgrund des geförderten Druckmittelvolumens erzeugten Bremsdruckes ein Drucksensor (S, S1) bereit- gestellt wird, e) in Abhängigkeit des erfassten Druckmittelvolumens ein Modellwert für den von dem Drucksensor (S, S1) erfassten Druckwert festgelegt wird, wobei der Modellwert einen theoretisch korrekten Wert des für den Aufbau des erfassten Druckwertes erforderlichen Druckmittelvolumens angibt, f) ein Differenzwert bestimmt wird, der die Differenz zwischen dem geförderten Druckmittelvolumen und dem Modellwert angibt, und g) der Differenzwert mit einem Schwellwert verglichen wird, wobei bei einem Überschreiten des Schwellwertes durch den Differenzwert eine Leckage angezeigt wird.

- 1 -

Verfahren zur Bestimmung einer Leckage eines hydraulischen Bremssystems eines Fahrzeugs

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung einer Leckage eines hydraulischen Bremssystems eines Fahrzeugs.

Zweiachsige Fahrzeuge sind mit hydraulischen Systemen mit zwei Bremskreisen ausgestattet, so dass bei Ausfall eines der beiden Bremskreise das Fahrzeug mithilfe des anderen Bremskreises noch abgebremst werden kann. Die Radbremsen werden in der Regel gemäß der Diagonalaufteilung den Bremskreisen zugeordnet, bei welcher ein Bremskreis auf ein Vorderrad und das jeweilige diagonal gegenüberliegende Hinterrad wirkt. Die beiden Bremskreise sind mit einem Hauptbremszylinder verbunden, an welchem ein Bremspedal angekoppelt ist, welches durch einen Fahrer zum Aufbau eines entsprechenden Bremsdruckes in den beiden Bremskreisen betätigt wird.

Zur Realisierung eines „Brake-by-wire“-Bremssystems mit einer Rückfallebene sind neben dem bremspedalbetätigbaren Hauptbremszylinder zusätzlich ein Wegsimulator, eine elektrisch steuerbare Druckquelle, zwei Trennventile (auch Zuschaltventile genannt) sowie zwei Kreistrennventile notwendig. Mit den Trennventilen werden für die „Brake-by-wire“-Betriebsart die Radbremsen von dem Hauptbremszylinder getrennt, während über die Kreistrennventile die Radbremsen mit einer für die beiden Bremskreise gemeinsamen steuerbaren

- 2 -

Druckquelle oder mit jeweils einer für die Bremskreise vorgesehenen steuerbaren Druckquelle verbunden werden.

Solche Bremssysteme umfassen eine große Anzahl von Hydraulikleitungen, welche durch die Ventile in unterschiedlicher Weise verschaltet werden, so dass das Auftreten von Leckagen nicht ausgeschlossen werden kann.

Insbesondere bei „Brake-by-wire“-Bremssystemen tritt der Nachteil auf, dass haptische Rückmeldungen aus den Bremskreisen, wenn diese von dem Hauptbremszylinder getrennt sind, nicht auf das Bremspedal übertragen werden. Jedoch ist eine solche haptische Rückmeldung als Komfortmerkmal erwünscht. Daher ist parallel zum Hauptbremszylinder ein Wegsimulator geschaltet, der dem Fahrer bei einer Betätigung des Bremspedals eine Pedalcharakteristik einer konventionellen Bremsanlage vermittelt, wenn die Radbremsen zur Erzeugung eines Bremsdruckes durch die elektrisch steuerbare Druckquelle mit Druckmittel aus dem Druckmittelbehälter versorgt werden.

Nachteilig hierbei ist jedoch, dass solche haptische Rückmeldungen nicht realisiert werden, die dem Fahrer die Sicherheit und Integrität des Bremssystems anzeigen. Dies betrifft bspw. erhöhte Volumenaufnahmen wie Luft oder Leckagen, die in konventionellen Bremssystemen durch eine fehlende Kraftrückwirkung am Bremspedal angezeigt werden. Daher müssen Verstimmungen des Volumenhaushalts eines „Brake-by-wire“-Bremssystems elektronisch erkannt werden.

- 3 -

Da bei manchen „Brake-by-wire“-Bremssystemen im „by-wire“-Betrieb die Bremskreise zu einem einzigen hydraulischen Kreis verschaltet werden, ist nicht nur die Erkennung einer Leckage, sondern auch deren Lokalisierung erforderlich; es ist also derjenige Bremskreis zu bestimmen, welcher die Leckage aufweist, um diesen Bremskreis selektiv zu isolieren und den verbleibenden Bremskreis bremsbereit zu halten.

Aus der DE 699 37 155 T2 ist ein Verfahren zur Erkennung einer Leckage innerhalb eines hydraulischen Antiblockier- und/oder Antischlupfregelsystems bekannt. Bei diesem Verfahren wird ein Hydraulikdruck mittels einer von einem Elektromotor angetriebenen Hochdruckpumpe aufgebaut und durch Schätzmittel, bspw. Softwaremittel innerhalb vorhandener Steuerkomponenten unter Berücksichtigung der Laufzeit der Hochdruckpumpe geschätzt. Die aufgrund des aufgebauten Hydraulikdruckes bewirkte Reduzierung der Geschwindigkeit eines Fahrzeugrades wird durch bereits vorhandene Raddrehzahlsensoren gemessen. Anhand einer vordefinierten Beziehung zwischen dem geschätzten Druck und der resultierenden Geschwindigkeit des abgebremsten Fahrzeugrades wird die Abwesenheit oder Anwesenheit einer Leckage innerhalb des hydraulischen Bremssystems bestimmt. Ferner wird in dieser DE 699 37 155 T2 beschrieben, dass es besonders vorteilhaft sei, den zu schätzenden Hydraulikdruck durch die von dem Elektromotor angetriebenen Hochdruckpumpe während einer Schlupfregelung aufzubauen. Die Bestimmung einer Leckage erfolgt dadurch, dass die detektierten Geschwindigkeiten der aufgrund des

- 4 -

aufgebauten Hydraulikdruckes abgebremsten Fahrzeugräder voneinander subtrahiert werden und die Differenz mit einem Schwellwert verglichen werden. Dabei wird ein Überschreiten dieses Schwellwertes als Anwesenheit einer Leckage bestimmt.

Als Nachteil dieses aus der DE 699 37 155 T2 bekannten Verfahrens kann angesehen werden, dass das Erkennen einer Leckage auf der Basis der Sensorsignale von Radrehzahlsensoren beruht, welches zu einer großen Unsicherheit aufgrund der Ungenauigkeit dieser Sensorsignale bei der Bestimmung einer Leckage führt.

Ausgehend von diesem Stand der Technik besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, ein verbessertes Verfahren zur Erkennung einer Leckage in einem hydraulischen Bremssystem eines Fahrzeugs anzugeben.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

Ein solches Verfahren zur Bestimmung einer Leckage eines hydraulischen Bremssystems eines Fahrzeugs zeichnet sich erfindungsgemäß dadurch aus, dass

- a) an wenigstens zwei Radbremsen mittels jeweils einer Druckmodulationseinheit eine Schlupfregelung der dem jeweiligen Fahrzeugrad zugeordneten Radbremse durchgeführt wird,
- b) zur Durchführung der Schlupfregelung die Radbremsen hydraulisch mit einer elektrisch steuerbaren Druckquelle verbunden werden, wobei zur Erzeugung eines entsprechenden

- 5 -

Bremsdruckes ein Druckmittelvolumen aus einem Druckmittelbehälter gefördert wird,

c) das von der Druckquelle geförderte Druckmittelvolumen erfasst wird,

d) zum Erfassen des aufgrund des geförderten Druckmittelvolumens erzeugten Bremsdruckes ein Drucksensor bereitgestellt wird,

e) in Abhängigkeit des erfassten Druckmittelvolumens ein Modellwert für den von dem Drucksensor erfassten Druckwert festgelegt wird, wobei der Modellwert einen theoretisch korrekten Wert des für den Aufbau des erfassten Druckwertes erforderlichen Druckmittelvolumens angibt,

f) ein Differenzwert bestimmt wird, der die Differenz zwischen dem geförderten Druckmittelvolumen und dem Modellwert angibt, und

g) der Differenzwert mit einem Schwellwert verglichen wird, wobei bei einem Überschreiten des Schwellwertes durch den Differenzwert eine Leckage angezeigt wird.

Bei diesem erfindungsgemäßen Verfahren wird eine Leckage in einem Bremskreis während der Durchführung einer Schlupfrege- lung, also während einer ABS-Bremsung dadurch erkannt, dass zum einen der von der Druckquelle erzeugte Bremsdruck mittels eines Drucksensors gemessen wird und zum anderen das hierfür von der Druckquelle geförderte Druckmittelvolumen bestimmt und mit einem Modellwert verglichen wird. Falls die Differenz zwischen dem bestimmten Druckmittelvolumen und dem Modellwert einen vorgegebenen Schwellwert übersteigt, wird von dem Vorhandensein einer Leckage in dem Bremssystem aus-

- 6 -

gegangen. Die ABS-Bremmung wird durch das erfindungsgemäße Verfahren zur Erkennung einer Leckage nicht gestört. Die zeitliche Dauer des erfindungsgemäßen Verfahrens kann zeitlich so eingeschränkt werden, dass es einerseits eine gewisse Mindestdauer nicht unterschreitet, um eine ABS-Regelung zu ermöglichen und andererseits eine maximale Dauer nicht überschreitet, um die Bremsleistung zu optimieren.

Des Weiteren ist es vorteilhaft, dass zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Erkennung einer Leckage während einer laufenden ABS-Regelung keine zusätzliche Sensorik, wie bspw. Raddrucksensoren oder Raddrehzahlsensoren benötigt wird. Die verwendeten Sensoren zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in der Regel in konventionellen hydraulischen Bremssystemen als auch in „Brake-by-wire“-Bremssystemen bereits vorhanden. Die Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann daher ausschließlich durch softwaremäßige Umsetzung innerhalb eines Bremssteuergerätes erfolgen.

Das von der elektrisch steuerbaren Druckquelle geförderte Druckmittelvolumen wird anhand von Steuerdaten der Druckquelle bestimmt, die von der Art der Realisierung dieser Druckquelle abhängen.

Wird eine nach dem Verdrängerprinzip arbeitende Pumpe mit einem elektrischen Antriebsmotor als Druckquelle verwendet, wird während jeder Umdrehung der Antriebswelle des Antriebsmotors ein konstantes Verdrängungsvolumen aus den Druckmit-

- 7 -

telbehälter gefördert. Somit kann das von einer solchen Druckquelle geförderte Druckmittelvolumen anhand der Anzahl der Umdrehungen, die mittels eines Drehzahlsensors bestimmt wird, und des konstanten Verdrängungsvolumens bestimmt werden.

Ist dagegen die elektrisch steuerbare Druckquelle als eine hydraulische Zylinder-Kolben-Anordnung bzw. als ein einkreisiger elektrohydraulischer Aktuator (Linearaktuator) ausgebildet, dessen Kolben von einem elektrischen Antriebsmotor unter Zwischenschaltung eines Rotations-Translationsgetriebes betätigbar ist, kann mittels eines die Rotorlage des Antriebsmotors erfassenden Rotorlagensensors die Position des Kolbens bestimmt werden. Aus der mittels des Rotorlagensensors bestimmten Position des Kolbens des elektrohydraulischen Aktuators wird das geförderte Druckmittelvolumen bestimmt. Die Positionen des Kolbens des elektrohydraulischen Aktuators kann auch mittels eines Wegsensors erfasst werden.

Um das erfindungsgemäße Verfahren bei einer konventionellen hydraulischen Bremssystem einsetzen zu können, ist nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass

- jeweils zwei Radbremsen einen ersten und zweiten Bremskreis bilden,
- die Radbremsen des ersten und zweiten Bremskreises jeweils mit einer elektrisch steuerbaren Druckquelle verbunden werden, wobei die steuerbaren Druckquellen der beiden Brems-

- 8 -

kreise jeweils als Hydraulikpumpe ausgebildet sind, die von einem gemeinsamen elektrischen Antriebsmotor angetrieben werden,

- zur Erfassung des von einer Hydraulikpumpe eines Bremskreises geförderten Druckmittelvolumens die hierzu von dem elektrischen Antriebsmotor ausgeführte Anzahl der Umdrehungen bestimmt werden,
- zum Erfassen des aufgrund des geförderten Druckmittelvolumens in den Bremskreisen erzeugten Bremsdrücke jeweils ein Drucksensor bereitgestellt wird,
- zur Lokalisierung einer Leckage mit zumindest einem der beiden Bremskreise die Verfahrensschritte e) bis g) durchgeführt werden, während die Druckmodulationseinheiten des anderen Bremskreises derart gesteuert werden, dass die zugehörigen Radbremsen einen vorbestimmten Bremsdruck erzeugen, und
- falls keine Leckage angezeigt wird, mit dem anderen Bremskreis die Verfahrensschritte e) bis g) durchgeführt werden, während die Druckmodulationseinheiten des einen Bremskreises derart gesteuert werden, dass die zugehörigen Radbremsen einen vorbestimmten Bremsdruck erzeugen.

Um das erfindungsgemäße Verfahren bei einem elektrohydraulischen Bremssystem einsetzen zu können, ist nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass

- jeweils zwei Radbremsen einen ersten und zweiten Bremskreis bilden,
- die beiden Bremskreise jeweils über ein Kreistrennventil mit einer elektrisch steuerbaren Druckquelle verbunden wer-

- 9 -

den, wobei die Druckquelle als elektrohydraulischer Aktuator ausgebildet ist, der von einem elektrischen Antriebsmotor angetrieben wird,

- zur Erfassung des von dem elektrohydraulischen Aktuator geförderten Druckmittelvolumens die Rotorlage des elektrischen Antriebsmotors mittels eines Rotorlagensensors erfasst wird,

- zur Lokalisierung einer Leckage mit zumindest einem der beiden Bremskreise die Verfahrensschritte e) bis g) durchgeführt werden, während die Druckmodulationseinheiten des anderen Bremskreises derart gesteuert werden, dass die zugehörigen Radbremsen einen vorbestimmten Bremsdruck erzeugen, und

- falls keine Leckage angezeigt wird, mit dem anderen Bremskreis die Verfahrensschritte e) bis g) durchgeführt werden, während die Druckmodulationseinheiten des einen Bremskreises derart gesteuert werden, dass die zugehörigen Radbremsen einen vorbestimmten Bremsdruck erzeugen.

Vorzugsweise werden zur Lokalisierung einer Leckage die Kreistrennventile in die Durchflussposition gesteuert.

Im Folgenden wird das erfindungsgemäße Verfahren unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren näher erläutert und beschrieben. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines hydraulischen Bremssystems zur Erläuterung eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens, und

- 10 -

Figur 2 eine schematische Darstellung eines elektrohydraulischen Bremssystems zur Erläuterung eines weiteren Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Die Figur 1 zeigt ein elektronisch geregeltes hydraulisches Bremssystem 1 eines Fahrzeugs mit einem ersten Bremskreis 1.1 und einem zweiten Bremskreis 1.2 sowie einem Bremsensteuergerät 20, welches auf der Basis von Sensorsignalen E als Eingangssignale Steuersignale für die Ventile der beiden Bremskreise 1.1 und 1.2 als Ausgangssignale A erzeugt. Der ersten Bremskreis 1.1 für ein vorderes linkes Rad 2.1 (FL) und ein hinteres rechtes Rad 2.1 (RR) ist über ein Trennventil 7.1 mit einem als Tandem-Bremszylinder (THZ) ausgeführten Hauptbremszylinder 5 verbunden. Der zweite Bremskreis 1.2 für ein vorderes rechtes Rad 2.2 (FR) und ein hinteres linkes Rad 2.2 (RL) ist über ein Trendventil 7.2 ebenso mit dem Hauptbremszylinder 5 verbunden.

An den ersten Bremskreis 1.1 bzw. zweiten Bremskreis 1.2 sind Radbremsen 2.11 bzw. 2.21 der Räder 2.1 bzw. 2.2 jeweils über eine Hydraulikleitung angeschlossen.

Das Bremssystem 1 weist einen mit dem Hauptbremszylinder 5 verbundenen Bremskraftverstärker 5.1 und einen Vorratsbehälter 5.2 für die Bremsflüssigkeit bzw. die Hydraulikflüssigkeit als Druckmittel auf. Der Hauptbremszylinder 5 erzeugt auslassseitig einen Bremsdruck P als Vordruck entsprechend

- 11 -

eines mit dem Bremskraftverstärker 5.1 verbundenen Bremspedals 6, das von einem Fahrer betätigt wird. Dieser Vordruck wird über die geöffneten Trennventile 7.1 und 7.2 den offenen Einlassventilen 8.10 und 8.11 des ersten Bremskreises 1.1 und den offenen Einlassventilen 8.20 und 8.21 des zweiten Bremskreises 1.2 einlassseitig zugeführt, damit sich ein entsprechender hydraulischer Bremsdruck an den Radbremsen 2.11 und 2.21 der Räder 2.1 und 2.2 aufbauen kann. Die Einlassventile 8.10 und 8.11 sowie 8.20 und 8.21 sind stromlos offen.

Stromlos geschlossene Auslassventile 9.10 und 9.11 des ersten Bremskreises 1.1 verbindet die Radbremsen 2.11 mit einem Niederdruckspeicher 11.1, der seinerseits mit einer Hydraulikpumpe 3.1 als Druckquelle ansaugseitig verbunden ist und über ein Umschaltventil 10.1 mit dem Hauptbremszylinder 5 verbunden werden kann. Entsprechend verbinden stromlos geschlossene Auslassventile 9.20 und 9.21 des zweiten Bremskreises 1.2 die Radbremsen 2.21 mit einem Niederdruckspeicher 11.2, der seinerseits mit einer Hydraulikpumpe 3.2 als Druckquelle ansaugseitig verbunden ist und über ein Umschaltventil 10.2 ebenso mit dem Hauptbremszylinder 5 verbunden werden kann.

Bei geschlossenem Trennventil 7.1 oder 7.2 dienen die Hydraulikpumpen 3.1 und 3.2 für den Druckaufbau an den Radbremsen 2.11 und 2.21 durch Ansaugen von Druckmittel aus dem Vorratsbehälter 5.2 während einer ABS- oder ESC-Regelung bei offenem Umschaltventil 10.1 bzw. 10.2. Während einer solchen

- 12 -

ABS- oder ESC-Regelung werden die den Radbremsen 2.11 und 2.21 zugeordneten Einlass- und Auslassventile 8.10 und 9.10, 8.11 und 9.11, 8.20 und 9.20 bzw. 8.21 und 9.21 als Druckmodulationseinheiten in der einem Fachmann bekannter Weise wechselweise von dem Steuergerät 20 angesteuert. Um das Druckmittel während einer ABS- oder ESC-Regelung aus den Radbremsen 2.11 und 2.21 absaugen zu können, ist das Umschaltventil 10.1 bzw. 10.2 und die Einlassventile 8.10 und 8.11 bzw. 8.20 und 8.21 geschlossen, während die Auslassventile 9.10 und 9.11 bzw. 9.20 und 9.21 geöffnet sind.

Mittels den Hydraulikpumpen 3.1 und 3.2 wird im Falle eines ABS- oder ESC-Eingriffs das bei einem Druckabbau in die Niederdruckspeicher 11.1 und 11.2 verschobene Druckmittel wieder herausgefördert.

Zur Erfassung des Drehverhaltens der Räder 2.1 und 2.2 sind jeweils Drehzahlsensoren S6 vorhanden, die ihre Sensorsignale dem Steuergerät 20 zur Auswertung zuführen, um eine entsprechende Schlupfregelung an den Rädern 2.1 und 2.2 ausführen zu können.

Die Hydraulikpumpen 3.1 und 3.2 werden durch einen Elektromotor 4 angetrieben, der von dem Steuergerät 20 elektrisch steuerbar ist. Dabei wird der Elektromotor 4 derart angesteuert, dass die Hydraulikpumpen 3.1 und 3.2 durch ansaugseitiges Ansaugen von Bremsmittel einen Bremsdruck auf der Hochdruckseite aufbauen können. Dieser von den Hydraulikpumpen 3.1 und 3.2 aufgebaute Bremsdruck wird jeweils von einem

- 13 -

in dem ersten Bremskreis 1.1 angeordneten Drucksensor S1 und einem in den zweiten Bremskreis 1.2 angeordneten weiteren Drucksensor S2 gemessen.

Zur Bestimmung des Volumens an Druckmittel, welches für den Aufbau des von dem Drucksensor S1 oder S2 gemessenen Bremsdruckes von der Hydraulikpumpe 3.1 oder 3.2 gefördert wurde, ist ein Drehzahlsensor S3 des Elektromotors 4 vorgesehen, welcher die dem geförderten Druckmittelvolumen entsprechende Anzahl der Umdrehungen misst.

Bei einer nach dem Verdrängerprinzip arbeitende Hydraulikpumpe 3.1 oder 3.2 wird während jeder Umdrehung der Antriebswelle des Antriebsmotors 4 ein konstantes Verdrängungsvolumen aus den Druckmittelbehälter 5.2 gefördert. Somit kann das von der Hydraulikpumpe 3.1 oder 3.2 geförderte Druckmittelvolumen anhand der Anzahl der von dem Drehzahlsensor S3 gemessenen Umdrehungen und des konstanten Verdrängungsvolumens bestimmt werden.

Auch ist möglich, den Elektromotor 4 pulsweitenmoduliert (PWM) durch das Steuergerät 20 anzusteuern. Über die für den Druckaufbau erforderliche Anzahl von Impulsen kann ebenso das geförderte Volumen an Druckmittel bestimmt werden, da das pro Impuls geförderte Druckmittelvolumen bekannt ist.

Die Erkennung einer Leckage im ersten Bremskreis 1.1 oder im zweiten Bremskreis 1.2 erfolgt dadurch, dass der während einer ABS- oder ESC-Regelung in dem Bremskreis 1.1 oder 1.2

- 14 -

erzeugte Bremsdruck mittels des Drucksensors S1 oder S2 gemessen und das für diesen Bremsdruck geförderte Druckmittelvolumen mittels des Drehzahlsensors S3 bestimmt wird. In Abhängigkeit des ermittelten Bremsdruckes wird mittels des Steuergerätes 20 ein Modellwert für das bei diesem ermittelten Bremsdruck geförderten Druckmittelvolumens bestimmt, wobei der Modellwert einen theoretisch korrekten Wert des für den Aufbau des erfassten Druckwertes erforderlichen Druckmittelvolumens angibt. Das mittels des Drehzahlsensors S3 bestimmte Druckmittelvolumen wird mit diesem Modellwert verglichen. Falls die Differenz zwischen dem bestimmten Druckmittelvolumen und dem Modellwert einen vorgegebenen Schwellwert übersteigt, wird von dem Vorhandensein einer Leckage in dem Bremssystem ausgegangen.

Der Modellwert für das Druckmittelvolumen wird in Abhängigkeit des im ersten oder zweiten Bremskreis 1.1 bzw. 1.2 gemessenen Bremsdruckes mittels einer in dem Steuergerät 20 abgelegten Druck-Volumenkennlinie bestimmt. Eine solche Druck-Volumenkennlinie kann auch radindividuell für die Räder 2.1 des ersten Bremskreises 1.1 und die Räder 2.2 des zweiten Bremskreises 1.2 in dem Steuergerät 20 abgelegt werden. Eine solche Druck-Volumenkennlinie gibt in Abhängigkeit des Bremsdruckes den Druckmittelbedarf bzw. die Volumenaufnahme für die Räder 2.1 des ersten Bremskreises 1.1 bzw. für die Räder 2.1 des zweiten Bremskreises 1.2 an.

Um eine solche Leckage in dem Bremssystem 1 gemäß Figur 1 zu bestimmen, werden die Bremskreise 1.1 und 1.2 von dem Steu-

- 15 -

ergerät 20 einzeln geprüft. Hierzu werden von dem Steuergerät 20 bspw. die Einlassventile 8.10 und 8.11 des ersten Bremskreises 1.1 geschlossen bzw. auf einen Bremsdruck gesteuert, so dass die fahrdynamische Stabilität des Fahrzeugs gewährleistet ist. Der Bremsdruck des ersten Bremskreises 1.1 wird bspw. so eingestellt, dass an den Rädern 2.1 gerade kein Schlupf auftreten kann.

Der zweite Bremskreis 1.2 wird auf Leckage überprüft, indem der zugehörige Bremsdruck gemäß des Drucksensors S2 und auf der Basis des Sensorwertes des Drehzahlsensors S3 das geförderte Druckmittelvolumen während einer ABS- oder ESC-Regelung durch einen in dem Steuergerät 20 abgelegten Algorithmus bestimmt werden. Der aus dem gemessenen Bremsdruck bestimmte Modellwert für das Druckmittelvolumen wird mit dem ermittelten Druckmittelvolumen verglichen und gegebenenfalls von dem Steuergerät 20 eine Leckage durch Setzen eines Leckage-Flags festgestellt, wenn die Differenz den vorgegebenen Schwellwert übersteigt.

Falls mittels des Steuergerätes 20 keine Leckage festgestellt wird, wird der erste Bremskreis 1.1 wieder freigegeben, also die Einlassventile 8.10 und 8.11 für eine ABS- oder ESC-Regelung geöffnet und der zweite Bremskreis 1.2 isoliert, indem die Einlassventile 8.20 und 8.21 geschlossen oder so gesteuert werden, dass die Radbremsen 2.21 mit einem Bremsdruck beaufschlagt werden, der die fahrdynamische Stabilität des Fahrzeugs gewährleistet ist. Der Bremsdruck kann dabei so eingestellt sein, dass gerade kein Schlupf an den

- 16 -

Rädern 2.1 auftritt. Nun wird erneut das oben beschriebene Verfahren von dem Steuergerät 20 durch Vergleich des Modellwertes mit dem ermittelten Druckmittelvolumen durchgeführt. Wird seitens des Steuergerätes 20 ein Leckage-Flag gesetzt, befindet sich in diesem zweiten Bremskreis 1.2 eine Leckage. Wegen der in diesem zweiten Bremskreis 1.2 detektierten Leckage wird dieser Bremskreis durch das Steuergerät 20 dauerhaft isoliert, also die Einlassventile 8.20 und 8.21 geschlossen, bis die Leckage behoben ist. Damit bleibt der erste Bremskreis 1.1 weiterhin funktionsfähig, so dass das Fahrzeug mittels den Radbremsen 2.11 an dem vorderen linken Rad 2.1 und dem hinteren rechten Rad 2.1 abgebremst oder eine ABS-Regelung durchgeführt werden kann.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Bestimmung einer Leckage als auch deren Lokalisierung im Bremssystem wird gemäß Figur 2 anhand eines „Brake-by-wire“-Bremssystems 1 erläutert.

Dieses Bremssystem 1 gemäß Figur 2 umfasst

- einen mittels eines Bremspedals 6 betätigbaren Hauptbremszylinder 5, einen mit dem Hauptbremszylinder 5 zusammenwirkenden Wegsimulator 13,
- einen mit dem Hauptbremszylinder 5 verbundenen Druckmittelvorratsbehälter 5.2,
- eine elektrisch steuerbare Druckquelle 3, welche als elektrohydraulischer Aktuator mit einem Elektromotor 4 als Antriebsmotor ausgebildet ist,
- steuerbare Druckmodulationseinrichtungen mit Radbremsen 2.11 für ein vorderes linkes Rad 2.1 (FL) und ein hinteres

- 17 -

rechtes Rad 2.1 (RR) und mit Radbremsen 2.21 für ein vorderes rechtes Rad 2.2 (FR) und ein hinteres linkes Rad 2.2 (RL), und
- ein Steuergerät 20.

Jeweils ein Einlassventil und ein Auslassventil 8.10 und 9.10 bzw. 8.11 und 9.11 bilden eine Druckmodulationseinrichtung für die beiden Radbremsen 2.11 eines ersten Bremskreises 1.1 und jeweils ein Einlassventil und ein Auslassventil 8.20 und 9.20 bzw. 8.21 und 9.21 bilden eine Druckmodulationseinrichtung für die beiden Radbremsen 2.21 eines zweiten Bremskreises 1.2.

Die Einlassventile 8.10 und 8.11 bzw. 8.20 und 8.21 werden in einer „Brake-by-wire“-Betriebsart über ein Kreistrennventil 12.1 bzw. 12.2 mit der elektrisch steuerbaren Druckquelle 3 zur Erzeugung eines Systemdruckes verbunden. Zur Messung des von der Druckquelle 3 erzeugten Systemdruckes ist auf dessen Hochdruckseite ein Drucksensor S angeordnet. Ferner ist jedes Auslassventil 9.10, 9.11, 9.20 und 9.21 mit dem Druckmittelvorratsbehälter 5.2 verbunden.

Der Hauptbremszylinder 5 ist als zweikreisiger Tandem-Hauptzylinder ausgeführt und mit dem Druckmittelvorratsbehälter 5.2 verbunden. Zur Bildung einer Rückfallebene des „Brake-by-wire“-Bremssystems 1 kann der Hauptbremszylinder 5 über ein Trennventil 7.1 mit den Radbremsen 2.11 des ersten Bremskreises 1.1 und über ein weiteres Trennventil 7.2 mit den Radbremsen 2.21 des zweiten Bremskreises 1.2 verbunden

- 18 -

werden. Der dabei erzeugte Bremsdruck wird mittels eines Drucksensors S7 gemessen. Mit diesen Trennventilen 7.1 und 7.2 wird in der „Brake-by-wire“-Betriebsart die hydraulische Verbindung zwischen dem Hauptbremszylinder 5 und dem ersten und zweiten Bremskreis 1.1 und 1.2 getrennt.

Mittels eines Wegsensors S8 wird das Maß einer durch den Fahrer bewirkten Pedalbetätigung, also das Maß einer mit dem Bremspedal 6 verbundenen Kolbenstange des Radbremszylinders 5 bestimmt und repräsentiert einen Bremswunsch des Fahrers.

Der Wegsimulator 13 ist hydraulisch mit dem Hauptbremszylinder 5 gekoppelt und simuliert eine dem erzeugten Bremsdruck entsprechende haptische Rückmeldung, also ein entsprechendes Pedalgefühl auf das Bremspedal 6.

Die elektrisch steuerbare Druckquelle 3 ist bspw. als einkreisiger elektrohydraulischer Aktuator ausgebildet, dessen Kolben 3.0 von einem Elektromotor 4 unter Zwischenschaltung eines Rotations-Translationsgetriebes betätigbar ist. Der Kolben 3.0 begrenzt einen Druckraum, der zum Ansaugen von Druckmittel mit dem Druckmittelvorratsbehälter 5.2 verbunden ist. Aus der mittels eines Rotorlagensensors S4 bestimmten Rotorlage des Elektromotors 4 wird die Position des Kolbens 3.0 bestimmt, so dass hieraus das geförderte Druckmittelvolumen ermittelt werden kann.

Die Erkennung einer Leckage während der „Brake-by-wire“-Betriebsart erfolgt dadurch, dass bei geöffneten Kreistreng-

- 19 -

ventilen 12.1 und 12.2 während eines Bremsvorganges, bspw. einer ABS-Regelung der erzeugte Bremsdruck mittels des Drucksensors S gemessen und das für diesen Bremsdruck geförderte Druckmittelvolumen mittels des Drehzahlsensors S3 bestimmt wird. In Abhängigkeit des ermittelten Bremsdruckes wird mittels des Steuergerätes 20 ein Modellwert für das bei diesem ermittelten Bremsdruck geförderte Druckmittelvolumen bestimmt, wobei der Modellwert einen theoretisch korrekten Wert des für den Aufbau des erfassten Druckwertes erforderlichen Druckmittelvolumens angibt. Das mittels des Rotorlagensensors S4 bestimmte Druckmittelvolumen wird mit diesem Modellwert verglichen. Falls die Differenz zwischen dem ermittelten Druckmittelvolumen und dessen Modellwert einen vorgegebenen Schwellwert übersteigt, wird von dem Vorhandensein einer Leckage in dem Bremssystem 1 ausgegangen.

Der Modellwert für das Druckmittelvolumen wird in Abhängigkeit des mit dem Drucksensor S gemessenen Bremsdruckes mittels einer in dem Steuergerät 20 abgelegten Druck-Volumenkennlinie bestimmt.

Die Lokalisierung der festgestellten Leckage des Bremssystems erfolgt dadurch, dass zunächst einer der beiden Bremskreise 1.1 oder 1.2 isoliert und der andere Bremskreis 1.2 bzw. 1.1 weiterhin ABS-geregelt wird.

Eine Isolierung bspw. des ersten Bremskreises 1.1 erfolgt dadurch, dass synchronisiert mit der ABS-Regelung im zweiten Bremskreis 1.2 dieser erste Bremskreis 1.1 derart gesteuert

- 20 -

wird, dass die fahrdynamische Stabilität des Fahrzeugs gewährleistet bleibt, bspw. indem die Räder 2.1 mit einem Bremsdruck beaufschlagt werden, der gerade keinen Schlupf an diesen Rädern 2.1 zulässt.

Nun wird dieser zweite Bremskreis 1.2 auf Leckage überprüft, indem der zugehörige Bremsdruck gemäß des Drucksensors S erfasst und auf der Basis des Sensorwertes des Rotorlagensensors S4 das geförderte Druckmittelvolumen während der ABS- oder ESC-Regelung durch einen in dem Steuergerät 20 abgelegten Algorithmus bestimmt wird. Aus dem gemessenen Bremsdruck wird ein Modellwert für das Druckmittelvolumen bestimmt, der ebenso einen theoretisch korrekten Wert des für den Aufbau des erfassten Druckwertes erforderlichen Druckmittelvolumens angibt, und mit dem ermittelten Druckmittelvolumen verglichen und gegebenenfalls von dem Steuergerät 20 eine Leckage durch Setzen eines Leckage-Flags festgestellt, wenn die Differenz einen vorgegebenen Schwellwert übersteigt. Wird dagegen keine Leckage festgestellt, so wird davon ausgegangen, dass sich die Leckage in dem isolierten Bremskreis 1.1 befindet. Dieser isolierte Zustand des ersten Bremskreises 1.1 bleibt nun so lange erhalten, bis die Ursache der Leckage beseitigt wird.

Wird dagegen in diesem zweiten Bremskreis 1.2 keine Leckage festgestellt, wird nun der zweite Bremskreis 1.2 isoliert und der erste Bremskreis 1.1 während einer ABS-Regelung auf Leckage geprüft, um zu bestätigen dass sich die Leckage in dem ersten Bremskreis 1.1 befinden muss. Hierzu wird syn-

- 21 -

chronisiert mit der ABS-Regelung des ersten Bremskreises 1.1 der zweite Bremskreis 1.2 derart gesteuert, dass die fahrdynamische Stabilität des Fahrzeugs gewährleistet bleibt, bspw. indem die Räder 2.2 mit einem Bremsdruck beaufschlagt werden, der gerade keinen Schlupf an diesen Rädern 2.2 zulässt.

Der erste Bremskreis 1.1 wird in gleicher Weise auf Leckage überprüft, indem der zugehörige Bremsdruck gemäß des Drucksensors S erfasst und auf der Basis des Sensorwertes des Rotorlagensensors S4 das geförderte Druckmittelvolumen während der ABS- oder ESC-Regelung durch einen in dem Steuergerät 20 abgelegten Algorithmus bestimmt wird. Aus dem gemessenen Bremsdruck wird ein Modellwert für das Druckmittelvolumen bestimmt, der ebenso einen theoretisch korrekten Wert des für den Aufbau des erfassten Druckwertes erforderlichen Druckmittelvolumens angibt, und mit dem ermittelten Druckmittelvolumen verglichen und von dem Steuergerät 20 eine Leckage durch Setzen eines Leckage-Flags festgestellt, wenn die Differenz einen vorgegebenen Schwellwert übersteigt. Befindet sich diese Leckage in dem ersten Bremskreis 1.1, so wird der Isolationszustand dieses ersten Bremskreises 1.1 aufrechterhalten, bis die Ursache der Leckage beseitigt wird.

Der wesentlichste Vorteil dieser Leckage-Lokalisierung eines elektrohydraulischen Bremssystems gemäß Figur 2 während einer laufenden ABS-Regelung ist darin zu sehen, dass keine zusätzliche Sensorik benötigt wird. Mit den vorhandenen Sen-

- 22 -

soren S zur Fassung des von der Druckquelle 3 erzeugten Drucks sowie des von der Druckquelle 3 geförderten Druckmittelvolumens kann die Lokalisierung der Leckage in allen Betriebssituationen des Bremssystems realisiert werden.

- 23 -

Bezugszeichen

- 1 Bremsssystem
 - 1.1 erster Bremskreis des Bremssystems 1
 - 1.2 zweiter Bremskreis des Bremssystems 1
 - 2.1 linkes vorderes Rad FL, rechtes hinteres Rad RR
 - 2.11 Radbremse des ersten Bremskreises 1.1
 - 2.2 rechtes vorderes Rad FR, linkes hinteres Rad RL
 - 2.21 Radbremse des zweiten Bremskreises 1.2
- 3 Druckquelle, elektrohydraulischer Aktuator
 - 3.1 Druckquelle, Hydraulikpumpe des ersten Bremskreises 1.1
 - 3.2 Druckquelle, Hydraulikpumpe des zweiten Bremskreises 1.2
- 4 elektrischer Antriebsmotor, Elektromotor
- 5 Hauptbremszylinder
 - 5.1 Bremskraftverstärker
 - 5.2 Vorratsbehälter für Druckmittel
- 6 Bremspedal
 - 7.1 Trennventil des ersten Bremskreises 1.1
 - 7.2 Trennventil des zweiten Bremskreises 1.2
 - 8.10 Einlassventil des ersten Bremskreises 1.1
 - 8.11 Einlassventil des ersten Bremskreises 1.1
 - 8.20 Einlassventil des zweiten Bremskreises 1.2
 - 8.21 Einlassventil des zweiten Bremskreises 1.2
 - 9.10 Auslassventil des ersten Bremskreises 1.1
 - 9.11 Auslassventil des ersten Bremskreises 1.1
 - 9.20 Auslassventil des zweiten Bremskreises 1.2
 - 9.21 Auslassventil des zweiten Bremskreises 1.2
 - 10.1 Umschaltventil des ersten Bremskreises 1.1

- 24 -

10.2 Umschaltventil des zweiten Bremskreises 1.2
11.1 Niederdruckspeicher des ersten Bremskreises 1.1
11.2 Niederdruckspeicher des zweiten Bremskreises 1.2
12.1 Kreistrennventil des ersten Bremskreises 1.1
12.2 Kreistrennventil des zweiten Bremskreises 1.2
13 Wegsimulator

S Drucksensor
S1 Drucksensor
S2 Drucksensor
S3 Drehzahlsensor
S4 Rotorlagensensor
S5 Temperatursensor
S6 Drehzahlsensor
S7 Drucksensor
S8 Wegsensor

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung einer Leckage eines hydraulischen Bremssystems (1) eines Fahrzeugs, bei dem
 - a) an wenigstens zwei Radbremsen (2.11) mittels jeweils einer Druckmodulationseinheit (8.10, 8.11, 9.10, 9.11) eine Schlupfregelung der dem jeweiligen Fahrzeugrad (2.1) zugeordneten Radbremse (2.11) durchgeführt wird,
 - b) zur Durchführung der Schlupfregelung die Radbremsen (2.11) hydraulisch mit einer elektrisch steuerbaren Druckquelle (3, 3.1) verbunden werden, wobei zur Erzeugung eines entsprechenden Bremsdruckes ein Druckmittelvolumen aus einem Druckmittelbehälter (5.2) gefördert wird,
 - c) das von der Druckquelle (3, 3.1) geförderte Druckmittelvolumen erfasst wird,
 - d) zum Erfassen des aufgrund des geförderten Druckmittelvolumens erzeugten Bremsdruckes ein Drucksensor (S, S1) bereitgestellt wird,
 - e) in Abhängigkeit des erfassten Druckmittelvolumens ein Modellwert für den von dem Drucksensor (S, S1) erfassten Druckwert festgelegt wird, wobei der Modellwert einen theoretisch korrekten Wert des für den Aufbau des erfassten Druckwertes erforderlichen Druckmittelvolumens angibt,
 - f) ein Differenzwert bestimmt wird, der die Differenz zwischen dem geförderten Druckmittelvolumen und dem Modellwert angibt, und
 - g) der Differenzwert mit einem Schwellwert verglichen

- 26 -

wird, wobei bei einem Überschreiten des Schwellwertes durch den Differenzwert eine Leckage angezeigt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem
- jeweils zwei Radbremsen (2.11, 2.21) einen ersten und zweiten Bremskreis (1.1, 1.2) bilden,
 - die Radbremsen (2.11, 2.21) des ersten und zweiten Bremskreises (1.1, 1.2) jeweils mit einer elektrisch steuerbaren Druckquelle (3.1, 3.2) verbunden werden, wobei die steuerbaren Druckquellen (3.1, 3.2) der beiden Bremskreise (1.1, 1.2) jeweils als Hydraulikpumpe ausgebildet sind, die von einem gemeinsamen elektrischen Antriebsmotor (4) angetrieben werden,
 - zur Erfassung des von einer Hydraulikpumpe (3.1, 3.2) eines Bremskreises (1.1, 1.2) geförderten Druckmittelvolumens die hierzu von dem elektrischen Antriebsmotor (4) ausgeführte Anzahl der Umdrehungen bestimmt werden,
 - zum Erfassen des aufgrund des geförderten Druckmittelvolumens in den Bremskreisen (1.1, 1.2) erzeugten Bremsdrücke jeweils ein Drucksensor (S1, S2) bereitgestellt wird,
 - zur Lokalisierung einer Leckage mit zumindest einem der beiden Bremskreise (1.1, 1.2) die Verfahrensschritte e) bis g) durchgeführt werden, während die Druckmodulationseinheiten (8.10, 8.11, 9.10, 9.11; 8.20, 8.21, 9.20, 9.21) des anderen Bremskreises (1.1, 1.2) derart gesteuert werden, dass die zugehörigen Radbremsen (2.11, 2.21) einen vorbestimmten Bremsdruck erzeugen, und
 - falls keine Leckage angezeigt wird, mit dem anderen

- 27 -

Bremskreis (1.1, 1.2) die Verfahrensschritte e) bis g) durchgeführt werden, während die Druckmodulationseinheiten (8.10, 8.11, 9.10, 9.11; 8.20, 8.21, 9.20, 9.21) des einen Bremskreises (1.1, 1.2) derart gesteuert werden, dass die zugehörigen Radbremsen (2.11, 2.21) einen vorbestimmten Bremsdruck erzeugen.

3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem
- jeweils zwei Radbremsen (2.11, 2.21) einen ersten und zweiten Bremskreis (1.1, 1.2) bilden,
 - die beiden Bremskreise (1.1, 1.2) jeweils über ein Kreistrennventil (12.1, 12.2) mit einer elektrisch steuerbaren Druckquelle (3) verbunden werden, wobei die Druckquelle (3) als elektrohydraulischer Aktuator ausgebildet ist, der von einem elektrischen Antriebsmotor (4) angetrieben wird,
 - zur Erfassung des von dem elektrohydraulischen Aktuator (3) geförderten Druckmittelvolumens die Rotorlage des elektrischen Antriebsmotors (4) mittels eines Rotorlagensensors (S4) erfasst wird,
 - zur Lokalisierung einer Leckage mit zumindest einem der beiden Bremskreise (1.1, 1.2) die Verfahrensschritte e) bis g) durchgeführt werden, während die Druckmodulationseinheiten (8.10, 8.11, 9.10, 9.11; 8.20, 8.21, 9.20, 9.21) des anderen Bremskreises (1.1, 1.2) derart gesteuert werden, dass die zugehörigen Radbremsen einen vorbestimmten Bremsdruck (2.11, 2.21) erzeugen, und
 - falls keine Leckage angezeigt wird, mit dem anderen Bremskreis (1.1, 1.2) die Verfahrensschritte e) bis g) durchgeführt werden, während die Druckmodulationseinheiten

- 28 -

ten (8.10, 8.11, 9.10, 9.11; 8.20, 8.21, 9.20, 9.21) des einen Bremskreises (1.1, 1.2) derart gesteuert werden, dass die zugehörigen Radbremsen (2.11, 2.21) einen vorbestimmten Bremsdruck erzeugen.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem zur Lokalisierung einer Leckage die Kreistrennventile (12.1, 12.2) in die Durchflussposition gesteuert werden.

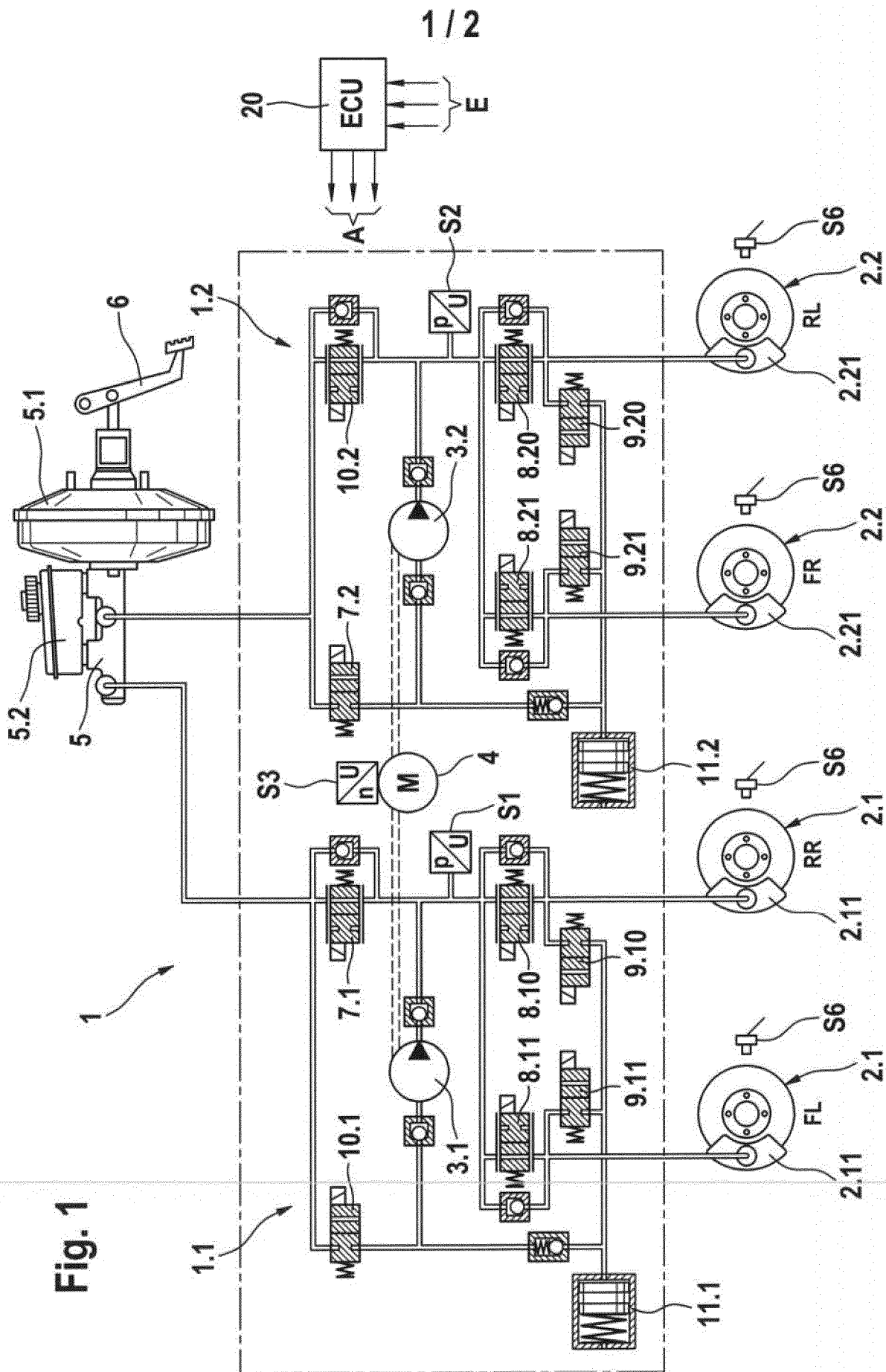
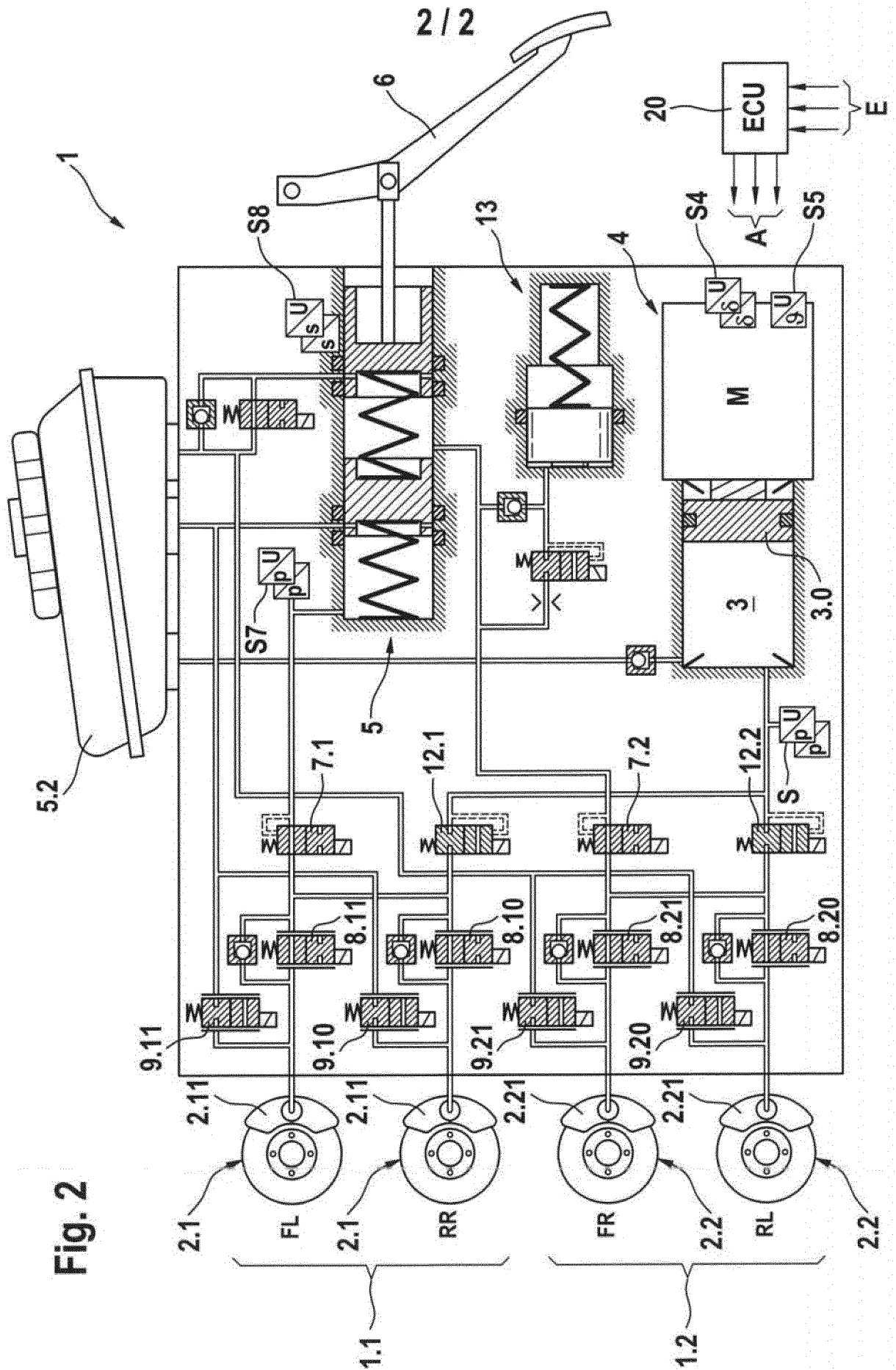


Fig. 1



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/071680

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B60T17/22
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	EP 2 671 769 A1 (HONDA MOTOR CO LTD [JP]) 11 December 2013 (2013-12-11) claims 1-27; figures 2-4 -----	1-4
Y	US 2014/236419 A1 (KUNZ MICHAEL [DE] ET AL) 21 August 2014 (2014-08-21) claims 21-26 -----	1
Y	US 2015/130266 A1 (KIM YOUNG JAE [KR]) 14 May 2015 (2015-05-14) claims 7-10; figures 2-6 -----	1
A	JP 2015 150942 A (HONDA MOTOR CO LTD) 24 August 2015 (2015-08-24) the whole document ----- -/-	1



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 2017

Date of mailing of the international search report

24/01/2017

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

Graniou, Marc

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/071680

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2008/096224 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]; TANAKA YOSHITO [JP]; NAKAOKA HIROSHI [JP]; N) 14 August 2008 (2008-08-14) the whole document -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/071680

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 2671769	A1	11-12-2013	CN 103328286 A 25-09-2013
			EP 2671769 A1 11-12-2013
			JP 5734319 B2 17-06-2015
			US 2014008965 A1 09-01-2014
			WO 2012105526 A1 09-08-2012

US 2014236419	A1	21-08-2014	CN 103648867 A 19-03-2014
			DE 102011078890 A1 10-01-2013
			EP 2729335 A1 14-05-2014
			JP 5863961 B2 17-02-2016
			JP 2014520030 A 21-08-2014
			KR 20140047114 A 21-04-2014
			US 2014236419 A1 21-08-2014
			WO 2013007417 A1 17-01-2013

US 2015130266	A1	14-05-2015	CN 104627154 A 20-05-2015
			DE 102014009498 A1 21-05-2015
			KR 20150055791 A 22-05-2015
			US 2015130266 A1 14-05-2015

JP 2015150942	A	24-08-2015	NONE

WO 2008096224	A1	14-08-2008	AT 522410 T 15-09-2011
			CN 101600610 A 09-12-2009
			EP 2117896 A1 18-11-2009
			JP 4375408 B2 02-12-2009
			JP 2008189244 A 21-08-2008
			US 2010114419 A1 06-05-2010
			WO 2008096224 A1 14-08-2008

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B60T17/22
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	EP 2 671 769 A1 (HONDA MOTOR CO LTD [JP]) 11. Dezember 2013 (2013-12-11) Ansprüche 1-27; Abbildungen 2-4 -----	1-4
Y	US 2014/236419 A1 (KUNZ MICHAEL [DE] ET AL) 21. August 2014 (2014-08-21) Ansprüche 21-26 -----	1
Y	US 2015/130266 A1 (KIM YOUNG JAE [KR]) 14. Mai 2015 (2015-05-14) Ansprüche 7-10; Abbildungen 2-6 -----	1
A	JP 2015 150942 A (HONDA MOTOR CO LTD) 24. August 2015 (2015-08-24) das ganze Dokument ----- -/-	1

☒ 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 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

24/01/2017

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

Graniou, Marc

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2008/096224 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]; TANAKA YOSHITO [JP]; NAKAOKA HIROSHI [JP]; N) 14. August 2008 (2008-08-14) das ganze Dokument -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/071680

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2671769	A1	11-12-2013	CN 103328286 A 25-09-2013
			EP 2671769 A1 11-12-2013
			JP 5734319 B2 17-06-2015
			US 2014008965 A1 09-01-2014
			WO 2012105526 A1 09-08-2012

US 2014236419	A1	21-08-2014	CN 103648867 A 19-03-2014
			DE 102011078890 A1 10-01-2013
			EP 2729335 A1 14-05-2014
			JP 5863961 B2 17-02-2016
			JP 2014520030 A 21-08-2014
			KR 20140047114 A 21-04-2014
			US 2014236419 A1 21-08-2014
			WO 2013007417 A1 17-01-2013

US 2015130266	A1	14-05-2015	CN 104627154 A 20-05-2015
			DE 102014009498 A1 21-05-2015
			KR 20150055791 A 22-05-2015
			US 2015130266 A1 14-05-2015

JP 2015150942	A	24-08-2015	KEINE

WO 2008096224	A1	14-08-2008	AT 522410 T 15-09-2011
			CN 101600610 A 09-12-2009
			EP 2117896 A1 18-11-2009
			JP 4375408 B2 02-12-2009
			JP 2008189244 A 21-08-2008
			US 2010114419 A1 06-05-2010
			WO 2008096224 A1 14-08-2008
