

(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
18. Oktober 2012 (18.10.2012)



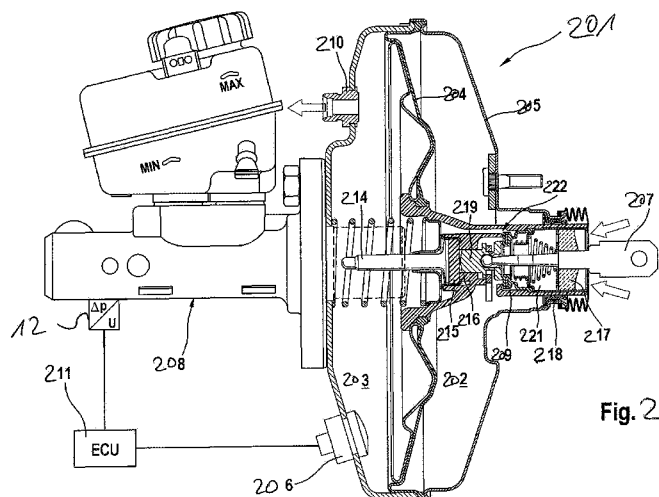
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/139979 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
B60T 17/22 (2006.01) *B60T 13/52* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/056334
- (22) Internationales Anmeldedatum:
5. April 2012 (05.04.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2011 007 164.4
11. April 2011 (11.04.2011) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG** [DE/DE]; Guerickestraße 7, 60488 Frankfurt (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **GRUBER, Steffen** [DE/DE]; Hirschpfad 5, 63801 Kleinostheim (DE). **ULLRICH, Thorsten** [DE/DE]; Alsbacher Straße 5, 64579 Gernsheim (DE). **ROSS, Scott** [US/DE]; Altkönigstraße 63, 61440 Oberursel (DE). **PEICHL, Thomas** [DE/DE]; Rosenstraße 1, 61206 Wöllstadt (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: **CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG**; Guerickestraße 7, 60488 Frankfurt (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR OPERATING A BRAKING SYSTEM

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES BREMSSYSTEM



(57) Abstract: The invention relates to a method for operating a braking system, comprising a brake booster, which is divided into at least one vacuum chamber and at least one working chamber by at least one movable partition, wherein at least one vacuum chamber is connected, or can be connected, to a vacuum source for creating a vacuum, and further comprising at least one sensor, which detects at least one variable such as travel and/or angle and/or force of a brake pedal actuation and/or a brake pressure that is built up in at least one main brake cylinder connected to the brake booster in accordance with a brake pedal actuation. According to the invention, the remaining vacuum in at least one vacuum chamber is estimated on the basis of at least one of the detected variables by considering actuations already performed. The invention further relates to a braking system and to the use thereof.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/139979 A1



Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Bremssystems mit einem Bremskraftverstärker, der durch mindestens eine bewegliche Trennwand in mindestens eine Unterdruckkammer und mindestens eine Arbeitskammer geteilt ist, wobei mindestens eine Unterdruckkammer mit einer Unterdruckquelle zum Aufbau eines Unterdrucks verbunden ist oder verbunden werden kann, mit mindestens einem Sensor, der mindestens eine Größe wie Weg und/oder Winkel und/oder Kraft einer Bremspedalbetätigung und/oder einen Bremsdruck erfasst, welcher in mindestens einem mit dem Bremskraftverstärker verbundenen Hauptbremszylinder nach Maßgabe einer Bremspedalbetätigung aufgebaut wird. Erfindungsgemäß erfolgt eine Abschätzung des verbleibenden Unterdrucks in mindestens einer Unterdruckkammer aus einer Betrachtung bereits erfolgter Betätigungen auf Grundlage mindestens einer der erfassten Größen. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Bremssystem und dessen Verwendung.

Verfahren zum Betreiben eines Bremssystems

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß Oberbegriff von Anspruch 1 und ein Bremssystem gemäß Oberbegriff von Anspruch 13, sowie die Verwendung des Bremssystems in einem Kraftfahrzeug.

Moderne Kraftfahrzeuge müssen hinsichtlich Komfort und Sicherheit hohen Anforderungen genügen. Um auch größere Fahrzeugverzögerungen mit einem vertretbaren Pedalkraftaufwand zu erreichen, wird die vom Fahrer aufgebrachte Betätigungskraft am Bremspedal durch die Hilfskraft eines Bremskraftverstärkers verstärkt. Besonders verbreitet sind Vakuum- bzw. Unterdruckbremskraftverstärker, welche einen Unterdruck (bzw. die Druckdifferenz zwischen einer Unterdruckkammer und einer nach Maßgabe der Bremspedalbetätigung belüfteten Arbeitskammer) als Energiequelle nutzen. Dieser kann über ein Saugrohr eines Verbrennungsmotors oder eine motorbetriebene Vakuumpumpe erzeugt bzw. aufrecht erhalten werden. Ohne die kontinuierliche Evakuierung der Unterdruckkammer/n würde ein Vakuumbremskraftverstärker nach wenigen Bremsvorgängen seine Funktion nicht mehr erfüllen können, da während jeder Bremsung Luft einströmt.

Aus der DE 10 2007 027 768 A1 ist ein Verfahren zum Bereitstellen von Unterdruck einer Bremsbetätigungsvorrichtung einer Kraftfahrzeugbremsanlage bekannt, die einen pneumatischen Bremskraftverstärker umfasst, dessen Innenraum in we-

- 2 -

nigstens eine Unterdruckkammer und eine Arbeitskammer unterteilt ist. Ein Vakuumsensor erfasst ein Druckniveau in der Unterdruckkammer und/oder den Druckunterschied zwischen der Unterdruckkammer und der Arbeitskammer. Sobald ein erstes Unterdruckniveau in der Unterdruckkammer unterschritten ist (bzw. der Druck in der Unterdruckkammer zu hoch ist), wird ein pneumatisches Motor-Pumpenaggregat aktiviert; bei Erreichen eines zweiten Unterdruckniveaus (bzw. Unterschreiten eines Absolutdruckschwellenwerts) in der Unterdruckkammer wird das Motor-Pumpenaggregat abgeschaltet.

Für sicherheitsrelevante Komponenten bzw. Systeme in Kraftfahrzeugen sind auch für Fehlerszenarien und Rückfallebenen konkrete Anforderungskriterien definiert, wie z.B. in der ECE R13H für Pkw-Bremssysteme. Um auch im Fehlerfall eine geforderte Mindestverzögerung sicherstellen zu können, kann es daher erforderlich sein, einen Defekt des Vakuumsensors zu erkennen und/oder auch bei einem defekten Vakuumsensor den Unterdruck im Vakuum- bzw. Unterdruckbremskraftverstärker zumindest näherungsweise zu bestimmen. Somit können Maßnahmen zur Sicherstellung der erforderlichen Bremsverzögerung eingeleitet werden.

Die DE 10 2007 003 741 A1 offenbart ein Verfahren zum Betrieb eines Unterdruckbremskraftverstärkers einer Fahrzeugbremsanlage, mit einem Gehäuse, das durch eine bewegliche Trennwand (bzw. eine Membran) in mindestens eine Unterdruckkammer und mindestens eine Arbeitskammer unterteilt ist. Eine Sensoreinheit sensiert den Druck in der Unterdruckkammer und führt diesen einer elektronischen Steuereinheit zu, die

- 3 -

allein auf Grundlage des in der Unterdruckkammer herrschenden Drucks den Aussteuerpunkt des Unterdruckbremskraftverstärkers berechnet. Der Aussteuerpunkt bezeichnet einen Zustand, bei dem eine weitere Erhöhung des Bremsdrucks nur durch eine Steigerung der Pedalkraft möglich ist, da der Unterdruckbremskraftverstärker die maximal mögliche Unterstützungskraft erreicht hat. Um mögliche Defekte der Sensoreinheit oder des Unterdruckbremskraftverstärkers (bzw. der Vakuumpumpe) zu ermitteln, wird eine Plausibilisierung des von der Sensoreinheit gemessenen Druckwerts durchgeführt, indem ein Modell gebildet wird, das auf Grundlage empirisch ermittelter Daten in Verbindung mit strömungstechnischen und thermodynamischen Vorgängen die Zustandsgrößen in der Unterdruckkammer und der Arbeitskammer schätzt.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine von einem Sensor zur Erfassung des Drucks in mindestens einer Kammer des Bremskraftverstärkers unabhängige Abschätzung bzw. Plausibilisierung der Druckdifferenz in einem Bremskraftverstärker zu ermöglichen.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst.

Es wird also ein Verfahren zum Betreiben eines Bremssystems mit einem Bremskraftverstärker, der durch mindestens eine bewegliche Trennwand in mindestens eine Unterdruckkammer und mindestens eine Arbeitskammer geteilt ist, wobei mindestens eine Unterdruckkammer mit einer Unterdruckquelle zum Aufbau eines Unterdrucks verbunden ist oder verbunden werden kann,

- 4 -

mit mindestens einem Sensor, der mindestens eine Größe wie Weg und/oder Winkel und/oder Kraft einer Bremspedalbetätigung und/oder einen Bremsdruck erfasst, welcher in mindestens einem mit dem Bremskraftverstärker verbundenen Hauptbremszylinder nach Maßgabe einer Bremspedalbetätigung aufgebaut wird, bereitgestellt. Erfindungsgemäß erfolgt eine Abschätzung des verbleibenden Unterdrucks in mindestens einer Unterdruckkammer aus einer Betrachtung bereits erfolgter Bremspedalbetätigungen auf Grundlage mindestens einer der erfassten Größen.

Hierbei wird eine z.B. anhand Messungen vorgenommene Kalibrierung des Zusammenhangs zwischen Bremspedalbetätigung und Vakuum in der Unterdruckkammer des Bremskraftverstärkers genutzt, um eine von einem Drucksensor in der Unterdruckkammer bzw. einem Vakuumsensor unabhängige Abschätzung des zur Verfügung stehenden Unterdrucks vorzunehmen. Der komplette oder teilweise Ersatz der typischerweise einfach oder redundant eingesetzten Vakuumsensoren durch die direkte messtechnische Erfassung des Fahrerwunsches z.B. anhand von Bremspedalweg oder Bremspedalkraft hat eine Reihe von Vorteilen zur Folge:

- Eine bisher eingesetzte redundante Messwerterfassung des Vakuums bzw. Drucks in der Unterdruckkammer kann vereinfacht werden, indem bereits für andere Einsatzzwecke vorhandenen Sensoren mitbenutzt werden. Dies verringert die Kosten des Bremssystems, ohne dass die Zuverlässigkeit abnimmt.
- Neben dem Entfall bzw. dem Ersatz eines ansonsten benötigten Vakuumsensors durch eine andere, den Fahrerwunsch widerspiegelnde Messgröße, kann auch die Anzahl

- 5 -

der Anschlussspins bzw. Sensoreingänge im Steuergerät verringert werden, wodurch die Kosten weiter verringert werden.

- Darüber hinaus verringert sich sowohl das Systemgesamtwicht als auch der benötigte Bauraum, so dass Fahrzeuge mit gleicher Funktion kleiner und leichter werden, was sowohl Agilität als auch Umweltverträglichkeit erhöht.

Zweckmäßigerweise wird nach Maßgabe oder proportional zu mindestens einer der erfassten Größen ein Bremsmoment erzeugt, indem mindestens ein elektrischer Antrieb des Fahrzeugs als Generator betrieben wird und/oder in mindestens einer Radbremse des Fahrzeugs durch einen mit dem Bremskraftverstärker verbundenen Hauptbremszylinder Bremsdruck aufgebaut wird. Fahrzeuge mit einem ganz oder teilweise elektrischen Antrieb weisen zweckmäßigerweise einen Pedalwinkelsensor bzw. einen Pedalwegsensoren zur Erfassung des Fahrerwunsches auf, um bei geringen Verzögerungen eine rein regenerative Bremsung mit entsprechend hoher Effizienz der Rekuperation zu ermöglichen. Dieser stellt somit einen geeigneten Sensor für die Abschätzung des verbleibenden Unterdrucks nach dem erfindungsgemäßen Verfahren dar, welcher ohne zusätzliche Kosten bereits vorhanden ist.

Bevorzugt umfasst die zur Abschätzung des verbleibenden Unterdrucks stattfindende Betrachtung bereits erfolgter Bremspedalbetätigungen eine Integration oder Summenbildung über mehrere zeitlich aufeinanderfolgende Werte mindestens einer der erfassten Größen. Gegenüber einem System mit re-

- 6 -

dundantem Sensor oder einer aufwendigen Modellberechnung verringert sich der benötigte Entwicklungs- und Produktionsaufwand erheblich.

Besonders bevorzugt nimmt der abgeschätzte verbleibende Unterdruck mit steigender aktuell bestimmter Summe oder steigendem aktuell bestimmten Integral über mehrere zeitlich aufeinanderfolgende Werte mindestens einer der erfassten Größen ab. Die Auslegung des Bremssystems wird ganz besonders bevorzugt dadurch berücksichtigt, dass eine Kennlinie ausgewertet wird, die eine Kalibrierung des Zusammenhangs zwischen der summierten Größe oder dem Integral über der Größe und dem verbleibenden Unterdruck erlaubt. Eine derartige Kennlinie kann durch Messungen bestimmt oder aus bekannten Parametern, die z.B. die Geometrie des Bremssystems beschreiben, berechnet werden. Wenn der Einfluss mehrerer Parameter ermittelt wurde, kann dieser in Form eines Kennfelds im Speicher eines Steuergeräts abgelegt werden.

Besonders bevorzugt ist mindestens eine Unterdruckkammer mit einem Motor-Pumpenaggregat verbunden, welches als alleinige oder zusätzliche Unterdruckquelle bei Aktivierung einen Unterdruck in der Unterdruckkammer aufbaut, und das Motor-Pumpenaggregat wird aktiviert, wenn die Summe oder das Integral über eine oder mehrere Bremspedalbetätigungsvorgänge von mindestens einer der erfassten Größen einen Betätigungsschwellenwert überschreitet. Somit kann eine bedarfsgesteuerte Aktivierung eines Motor-Pumpenaggregats zur Aufrechterhaltung eines Unterdrucks in mindestens einer Kammer eines Bremskraftverstärkers auch ohne einen Sensor zur Erfassung

- 7 -

des Drucks in mindestens einer Kammer des Bremskraftverstärkers bereitgestellt werden.

Ganz besonders bevorzugt wird das Motor-Pumpenaggregat für mindestens eine erste Zeitdauer betrieben. Dadurch, dass die erste Zeitdauer geeignet gewählt wird, kann der Sättigungsdruck vollständig oder nahezu erreicht werden, ohne dass das Motor-Pumpenaggregat im Dauerbetrieb ist.

Besonders bevorzugt ist mindestens eine Unterdruckkammer des Bremskraftverstärkers mit einem Drucksensor und mit einem Motor-Pumpenaggregat verbunden, welches als alleinige oder zusätzliche Unterdruckquelle bei Aktivierung einen Unterdruck in der Unterdruckkammer aufbaut, und das Motor-Pumpenaggregat wird aktiviert, wenn der gemessene Druck in der Unterdruckkammer einen ersten Unterdruckschwellenwert überschreitet. Sofern ein Drucksensor bzw. Vakuumsensor vorhanden ist, der den Druck bzw. Unterdruck in mindestens einer Unterdruckkammer misst, kann die Ansteuerung des Motor-Pumpenaggregats auf Basis des gemessenen Drucks erfolgen. Die erfindungsgemäße Betrachtung der zurückliegenden Betätigungen auf Grundlage mindestens einer Größe wie z.B. dem Pedalwinkel bildet dann zweckmäßigerweise eine Rückfallebene zur Erhöhung der Zuverlässigkeit.

Ganz besonders bevorzugt wird das Motor-Pumpenaggregat solange betrieben, bis der gemessene Druck in der Unterdruckkammer einen zweiten Unterdruckschwellenwert unterschreitet, wobei der zweite Unterdruckschwellenwert vorzugsweise einem niedrigeren Absolutdruck als der erste Unterdruckschwellen-

- 8 -

wert entspricht. Durch diese Hysterese in der Ansteuerung des Motor-Pumpenaggregats erfolgt eine bedarfsgerechte Ansteuerung des Motor-Pumpenaggregats, welche eine Bremskraftverstärkung ohne den Energieverbrauch und mögliche Komfortbeeinträchtigungen (wie Geräusche) eines Dauerbetriebes des Motor-Pumpenaggregats.

Besonders bevorzugt wird die aktuell bestimmte Summe oder das aktuell bestimmte Integral über mehrere zeitlich aufeinanderfolgende Werte mindestens einer der erfassten Größen auf den Wert Null zurückgesetzt, nachdem das Motor-Pumpenaggregat für mindestens eine erste Zeitdauer betrieben wurde und/oder solange betrieben wurde, bis der gemessene Druck in mindestens einer Kammer einen zweiten Unterdruckschwellenwert unterschreitet. Wenn sichergestellt ist, dass hinreichender Unterdruck vorhanden ist, kann die Betrachtung zurückliegender Betätigungen bzw. der Regelungszyklus erneut beginnen.

Es ist vorteilhaft, wenn zwei zur Ermittlung einer Bremspedalbetätigung geeignete Sensoren vorhanden sind, insbesondere ein Sensor zur Erfassung des Bremspedalwinkels oder Bremspedalwegs und/oder ein Wegsensor am Hauptbremszylinder und/oder ein Sensor zur Erfassung des aufgebauten Bremsdrucks, und dass ein Vergleich der Sensordaten vorgenommen wird. Hierbei können aus anderen Gründen, wie dem Betrieb eines Generators, erforderliche Sensoren in die Ansteuerung des Motor-Pumpenaggregats einbezogen werden, wodurch eine von einem Drucksensor unabhängige Rückfallebene bzw. redundante Abschätzung des verbleibenden Unterdrucks erfolgt. Die

- 9 -

Zuverlässigkeit wird hierbei mit minimalem Kostenaufwand erhöht.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird mittels einer mit dem Hauptbremszylinder verbindbaren zusätzlichen Druckquelle ein Aufbau von Bremsmoment in mindestens einer Radbremse des Fahrzeugs bewirkt, wenn das Motor-Pumpenaggregat für mindestens eine zweite Zeitdauer aktiviert war, ohne dass der Druck in mindestens einer Kammer einen zweiten Unterdruckschwellenwert unterschreitet, oder wenn die aus einem Vergleich der Sensordaten ermittelte Verstärkung des Bremskraftverstärkers einen vorgegebenen Verstärkungsschwellenwert unterschreitet. Somit kann im Falle eines Defekts des Motor-Pumpenaggregats oder des Bremskraftverstärkers eine Unterstützung der Bremsung durch den Fahrer z.B. mittels einer Hydraulikpumpe erfolgen.

Zweckmäßigerweise erfolgt eine Warnung des Fahrers, insbesondere durch eine Signallampe, wenn der abgeschätzte verbleibende Unterdruck in mindestens einer Unterdruckkammer einen Mindestschwellenwert häufiger unterschreitet als ein vorbestimmter Häufigkeitsschwellenwert. Indem vereinzelte Vorkommen eines als zu niedrig abgeschätzten Unterdrucks nicht sofort an den Fahrer gemeldet werden, wird dieser nicht unnötig beunruhigt, wenn z.B. eine kurzzeitige Störung eines Sensorsignals vorkommt. Tritt dies jedoch häufiger auf, so dass ein Häufigkeitsschwellenwert für das Auftreten dieses Fehlers überschritten wird, so wird der Fahrer gewarnt und kann z.B. eine Werkstatt aufsuchen.

- 10 -

Die Erfindung betrifft weiterhin ein Bremssystem für ein Kraftfahrzeug, das einen Bremskraftverstärker, der durch mindestens eine bewegliche Trennwand in mindestens eine Unterdruckkammer und mindestens eine Arbeitskammer geteilt ist, wobei mindestens eine Unterdruckkammer mit einer Unterdruckquelle zum Aufbau eines Unterdrucks verbunden ist oder verbunden werden kann, ein Motor-Pumpenaggregat als alleinige oder zusätzliche Unterdruckquelle, mindestens einen mit dem Bremskraftverstärker verbundenen Hauptbremszylinder, in denen nach Maßgabe einer Bremspedalbetätigung Bremsdruck aufgebaut wird, mindestens eine mit einem Hauptbremszylinder verbundene Radbremsen, mindestens einen Sensor, der mindestens eine Größe wie Weg und/oder Winkel und/oder Kraft einer Bremspedalbetätigung und/oder einen aufgebauten Bremsdruck erfasst, umfasst. Erfindungsgemäß weist das Bremssystem ferner ein elektronisches Steuergerät auf, welches mit mindestens einem der Sensoren zur Erfassung von Bremspedalbetätigung und/oder Bremsdruck verbunden ist und ein Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche ausführt.

Vorzugsweise sind sowohl ein Sensor, der den Pedalwinkel oder Pedalweg einer Bremspedalbetätigung erfasst, als auch ein Sensor zur Erfassung des aufgebauten Bremsdrucks vorhanden, und das elektronische Steuergerät ist mit beiden verbunden. Somit können Sensoren, die häufig ohnehin vorhanden sind, für eine redundante Ansteuerung des Motor-Pumpenaggregats bzw. eine weitgehende Überwachung der Funktion des Bremskraftverstärkers eingesetzt werden.

Es ist vorteilhaft, wenn eine mit mindestens einer Radbremse

- 11 -

verbindbare hydraulische Pumpe vorhanden ist. Im Falle eines Defekts des Bremskraftverstärkers oder wenn der Aussteuerpunkt erreicht ist, kann ein zusätzliches Bremsmoment durch eine hydraulische Pumpe aufgebaut werden, welche z.B. zur Bereitstellung einer Fahrdynamikregelung häufig ohnehin vorhanden ist.

Weiterhin betrifft die Erfindung die Verwendung eines erfindungsgemäßen Bremssystems in einem Kraftfahrzeug, welches von einer Verbrennungskraftmaschine und/oder mindestens einer elektrischen Maschine angetrieben wird. Gerade ein in Fahrzeugen mit zumindest teilweise elektrischem Antrieb erforderlicher Pedalweg- bzw. Pedalwinkelsensor eignet sich gut für die Betrachtung zurückliegender Betätigungsvorgänge.

Weitere bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels an Hand von Figuren.

Es zeigen

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel eines Kraftfahrzeugbremssystems,

Fig. 2 einen Hauptbremszylinder mit vorgeschaltetem Vakuumbremskraftverstärker,

Fig. 3 ein Diagramm des Unterdrucks in einem Vakuumbremskraftverstärker bei mehreren aufeinanderfolgenden Bremsvorgängen, und

- 12 -

Fig. 4 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Ansteuerung einer elektrischen Vakuumpumpe.

Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Kraftfahrzeugbremssystems, welches zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist. Das vom Fahrer betätigte Bremspedal 1 wirkt direkt auf einen mit Hilfskraft betriebenen Tandemhauptbremszylinder 2, bei dem also die Betätigungskraft des Fahrers durch einen Vakuumbremskraftverstärker verstärkt wird. Der Tandemhauptbremszylinder baut Druck in zwei im Wesentlichen identischen Bremskreisen I und II auf, wobei diese sowohl achsweise als auch diagonal den Rädern zugeordnet sein können. Die Bremsflüssigkeit fließt durch Trennventile 3 und Einlassventile 6 in die Radbremsen bzw. Radbremszylinder 8, die ein Bremsmoment an den Rädern aufbauen. Werden die Auslassventile 7 geöffnet, so kann Bremsflüssigkeit in die Niederdruckspeicher 9 abgelassen werden. Durch Aktivierung der Hydraulikpumpen 5 wird ein vom Fahrer unabhängiger Druckaufbau in einer oder mehreren Radbremsen ermöglicht, wobei hierzu die Elektronischen Umschaltventile 4 geöffnet und die Trennventile 3 geschlossen werden.

Bei dem gezeigten Bremssystem handelt es sich um ein regeneratives Bremssystem, welches eine Rekuperation von Bremsenergie ermöglicht. Zu diesem Zweck befindet sich an einer der Achsen ein elektrischer Generator 10, welcher elektrisch-regeneratives Bremsen ermöglicht. Hierbei wird der Verzögerungswunsch des Fahrers anhand eines mit dem Bremspe-

- 13 -

dal verbundenen Pedalwinkelsensors oder eines Pedalwegsensors 11 erfasst und das Generatorbremsmoment entsprechend geregelt. Um die Effizienz der Rekuperation zu erhöhen, wird in einem Bereich niedriger Verzögerung das Bremsmoment nur von dem Generator aufgebaut. Dann kann ein für den Fahrer angenehmes Pedalgefühl dadurch bereitgestellt werden, dass in einen oder beide Niederdruckspeicher 9 ein Volumen von Bremsflüssigkeit aufgenommen wird, welches in den Radbremsen die entsprechende Verzögerung erzeugen würde. Das erfindungsgemäße Verfahren kann aber auch mit einem Bremssystem ohne elektrischen Generator durchgeführt werden.

Figur 2 zeigt einen Hauptbremszylinder 208 mit vorgeschaltetem Vakuum- bzw. Unterdruckbremskraftverstärker 201, der auch als „Booster“ bezeichnet wird. Der Unterdruckbremskraftverstärker 201 weist ein Gehäuse 205 auf, das in eine Arbeitskammer 202 und eine Unterdruckkammer 203 aufgeteilt ist. Dies erfolgt durch eine bewegliche Trennwand 204, die mit einer axial beweglichen Gummimembran versehen ist. Mitten im Unterdruckbremskraftverstärker 201 ist eine Steuernabe 209 angeordnet, deren Funktion nachfolgend näher erläutert wird. Die Kraftabgabe erfolgt über ein Kraftabgabeglied 214, das sich über eine Reaktionsscheibe 215 an einer Stufe 216 abstützt. Auf der anderen Seite durchragt die Steuernabe 209 das Gehäuse 205 und ist zur Atmosphäre über einen Filter 217 axial geöffnet. Mittels einer formschlüssig eingesetzten Dichtung 218 wird die Arbeitskammer 202 zur Umgebung abgedichtet. Die Kraftübertragung auf die Reaktionsscheibe 215 erfolgt über einen Ventilkolben 219, der auf einen Kugelkopf einer Kolbenstange 207 aufgeklemmt ist.

- 14 -

Die Kolbenstange 207 durchragt einen Luftraum 221 und steht mit einem nicht dargestellten Betätigunspedal in Verbindung. Im Luftraum 221 ist ein von der Kolbenstange 207 durchragtes Tellerventil 222 eingesetzt. Das Tellerventil 222 ist so angeordnet, dass es den Luftraum 221 zum Verstärkerinneren abtrennt, wie es in der hier dargestellten Ruhestellung des Unterdruckbremskraftverstärkers 201 der Fall ist. In dieser Ruhestellung wird die Luftzufuhr zur Arbeitskammer 202 abgesperrt. Somit herrscht in der Arbeitskammer 202 ein Unterdruck, da die Arbeitskammer 202 über Öffnungen mit der Unterdruckkammer 203 verbunden ist und da die Unterdruckkammer 203 über einen Unterdruckanschluss 10 mit einer nicht dargestellten Unterdruckquelle, vorzugsweise einer elektrischen Vakuumpumpe, verbunden ist. Mit Hilfe einer Sensoreinheit 206 wird der Druck in der Unterdruckkammer 203 gemessen.

Wird ein mit der Kolbenstange 207 verbundenes Bremspedal betätigt und somit die Kolbenstange 207 und der Ventilkolben 219 verschoben, so wird das Tellerventil 222 betätigt und die Unterdruckkammer 203 und die Arbeitskammer 202 stehen nicht mehr miteinander in Verbindung. Im weiteren Verlauf der Bewegung wird eine Verbindung zwischen der Arbeitskammer 202 und der Außenluft durch das Tellerventil 222 geöffnet. Durch den an der beweglichen Trennwand 204 anliegende Druckunterschied zwischen Arbeitskammer 202 und Unterdruckkammer 203 wird die Eingangskraft am Bremspedal unterstützt und ein dem Unterdruckbremskraftverstärker 201 nachgeschalteter Hauptbremszylinder 208 mittels des Kraftabgabegliedes 214

- 15 -

betätigt. In dieser Bereitschaftsstellung bewirkt jede geringfügige Änderung der Pedalkraft eine Vergrößerung oder Verkleinerung der Druckdifferenz auf beiden Seiten der Trennwand 204 und bewirkt über den Hauptbremszylinder 208 eine Erhöhung oder Reduzierung des hydraulischen Drucks im Bremssystem und damit eine geregelte Abbremsung des Kraftfahrzeugs.

Die maximal mögliche Unterstützungskraft des Unterdruckbremskraftverstärkers 201 ist gegeben, wenn die Arbeitskammer 202 vollständig belüftet ist und Atmosphärendruck herrscht. Dieser Zustand wird als Aussteuerpunkt bezeichnet. Im Aussteuerpunkt ist also die maximale Druckdifferenz zwischen der Arbeitskammer 202 und der Unterdruckkammer 203 erreicht. Eine weitere Erhöhung der Kraft auf den Hauptbremszylinderkolben, der sich an das Kraftabgabeglied 214 anschließt, ist nur durch eine noch größere Pedalkraft des Fahrers möglich, wobei sich der hydraulische Druck im Bremssystem nur noch unverstärkt erhöht. Dies führt dazu, dass nach dem Überschreiten des Aussteuerpunktes eine weitere Erhöhung der Bremskraft einen wesentlich erhöhten Kraftaufwand am Bremspedal erfordert.

Zur Behebung dieses Problems ist es bekannt, beim Erreichen des Aussteuerpunktes auf eine hydraulische Verstärkung umzuschalten und eine hydraulische Pumpe anzusteuern, die einen zusätzlichen Bremsdruck aufbaut. Für diese zusätzliche Bremskraftunterstützung ist es jedoch notwendig, den Aussteuerpunkt genau zu erkennen, um die zusätzliche hydraulische Verstärkung bedarfsgerecht zuzuschalten. Da der Unter-

- 16 -

druckbremskraftverstärker 201 lediglich einen Drucksensor 206 zur Ermittlung des Drucks in der Unterdruckkammer 203 aufweist, wird der Aussteuerpunkt geschätzt bzw. berechnet.

Defekte des Drucksensors 206 dürfen nicht zu einer fehlerhaften Erkennung des Aussteuerpunktes führen, und auch ein zu hoher Druck in der Unterdruckkammer (bzw. mangelnder Unterdruck) muss sicher erkannt werden. Daher wird vorzugsweise eine Plausibilisierung des von der Sensoreinheit 206 gemessenen Druckwerts durchgeführt und mögliche Defekte der Sensoreinheit 206 oder des Unterdruckbremskraftverstärkers 201 werden ermittelt, d.h. Sensorfehler oder ein Ausfall des Unterdruckbremskraftverstärkers 201 werden zuverlässig erkannt, wodurch geeignete Gegenmaßnahmen und/oder eine Warnung des Fahrers vorgenommen werden kann.

Um bei kleinem Bauraum eine hohe Verstärkung zu erreichen, kann das Bremssystem auch einen Tandem-Bremskraftverstärker umfassen, der zwei hintereinander geschalteten Vakuumbremskraftverstärkern entspricht und somit zwei Unterdruckkammern und zwei Arbeitskammern aufweist. Auch bei diesen Tandem-Bremskraftverstärkern ist das erfindungsgemäße Verfahren entsprechend anwendbar.

Bei jeder Bremsbetätigung „verbraucht“ der Vakuumbremskraftverstärker eine gewisse Menge seines Vakuumvorrats, d.h. der Druck in der Unterdruckkammer 203 nimmt zu.

Fig. 3 zeigt ein Diagramm des Unterdrucks in einem Vakuumbremskraftverstärker bei mehreren aufeinanderfolgenden

- 17 -

Bremsvorgängen, wenn keine Unterdruckquelle aktiv ist. Auf der Ordinate ist hierbei der Druck p in der Unterdruckkammer bezogen auf den Atmosphärendruck aufgetragen, d.h. bei einem Unterdruck von 0 mbar würde keine Bremskraftunterstützung mehr erfolgen, während z.B. ein Druck p von -680 mbar bzw. ein Unterdruck von 680 mbar, wobei der Druck in der Unterdruckkammer um 680 mbar unter dem Atmosphärendruck liegt, in diesem Beispiel eine optimale Hilfskraftunterstützung gewährleistet. Die Abszisse gibt den Verschiebeweg s des Hauptbremszylinders an, wobei ein größerer Weg einer stärkeren Bremsbetätigung, d.h. einer größeren Pedalkraft bzw. einem höheren Druck im Hauptbremszylinder entspricht. Der Pfeil „Betätigen“ deutet die Zunahme des Verschiebewegs mit stärkerer Bremsbetätigung an, während der Pfeil „Lösen“ das Lösen des Bremspedals durch den Fahrer andeutet. Anstelle eines Hauptbremszylinderwegensensors könnte entsprechend ein Pedalkraft- oder Pedalwinkelsensor am Bremspedal eingesetzt werden.

Im Diagramm ist zu erkennen, dass eine stärkere Bremspedalbetätigung bzw. ein größerer Verschiebeweg des Hauptbremszylinders auch zu einem entsprechend größeren Druckanstieg in der Unterdruckkammer führt. Um bei jeder Bremsung eine gleiche Bremskraftverstärkung bereitstellen zu können, muss die Unterdruckkammer daher mit einer Unterdruckquelle wie z.B. einer Vakuumpumpe verbunden werden.

Bei konventionellen Ottomotoren dient das Saugrohr des Verbrennungsmotors als Unterdruckquelle, während Dieselmotoren häufig eine mechanisch angetriebene Vakuumpumpe verwenden.

- 18 -

Diese arbeiten kontinuierlich, wodurch das Unterdruckniveau ständig auf einem nahezu konstanten Wert gehalten wird und somit immer die größtmögliche Hilfskraft bereitsteht. In manchen Bremssystemkonfigurationen erfolgt die Unterdruckerzeugung jedoch allein oder zusätzlich über eine elektrische Vakuumpumpe (EVP). Dies ermöglicht z.B. bei Hybridfahrzeugen mit Elektrozusatzantrieb die temporäre Abschaltung des Verbrennungsmotors, um zur Verringerung bzw. Vermeidung von Emissionen allein mittels Elektromotor fahren zu können (man spricht auch von „Segelbetrieb“). Damit im Segelbetrieb auch nach mehreren Bremsmanövern noch die volle Bremskraftverstärkung sichergestellt ist, wird die elektrische Vakuumpumpe aktiviert und evakuiert die Unterdruckkammer. Um dabei einen Dauerbetrieb der elektrischen Vakuumpumpe zu vermeiden, ist deren Regelung vorzugsweise als Hystereschaltung mit einem oberem und einem unterem Schaltpunkt ausgeführt, wobei das Signal eines Vakuumsensors ausgewertet wird. Die Vakuumpumpenregelung sorgt dafür, dass stets ein gewisses Unterdruckniveau als Energiequelle für den Bremskraftverstärker zur Verfügung steht, auch wenn der Verbrennungsmotor nicht in Betrieb ist.

Fig. 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Ansteuerung einer elektrischen Vakuumpumpe, wobei die Ebene 1 nicht in allen Ausführungsformen der Erfindung erforderlich ist.

Wenn die Anforderungen an die Zuverlässigkeit nicht sehr streng sind, weil z.B. in einem leichten Fahrzeug auch ohne Bremskraftverstärkung eine hinreichende Bremsverzögerung

- 19 -

aufgebaut werden kann, um gesetzliche Vorgaben bzw. technische Standards zu erfüllen, kann die Ansteuerung einer elektrischen Vakuumpumpe allein mit dem als Ebene II bezeichneten Verfahren erfolgen:

Ein Pedalwegsensord erfasst den Betätigungsweg s des Bremspedals und führt das Ausgangssignal einer Auswerteeinheit zu, insbesondere einem Steuergerät eines elektronisch geregelten Bremssystems. Die Auswerteeinheit registriert jede Pedalbetätigung, wobei der ermittelte Betätigungsweg aufsummiert $\sum s_i$ und vorzugsweise mittels einer auf der Auswerteeinheit hinterlegten Kennlinie oder einem Kennfeld in einen Vakuumverbrauch Δp innerhalb des Bremskraftverstärkers umgerechnet wird. Diese Kennlinie kann beispielsweise vorab in einem Kalibrierlaufbau gemessen worden sein. Wenn der aufsummierte Betätigungsweg $\sum s_i$ einen vorgegebenen Betätigungsschwellenwert überschreitet bzw. der berechnete Vakuumverbrauch Δp eine definierte kritische Schwelle Δp_{crit} überschreitet, so wird die elektrische Vakuumpumpe EVP aktiviert. Diese baut einen Unterdruck auf beziehungsweise verringert den Druck in der mindestens einen Unterdruckkammer, bis sich ein Sättigungsdruck einstellt, der also dem unter den vorliegenden Gegebenheiten erreichbaren Vakuum entspricht. Somit ist nach einer gewissen Laufzeit der EVP das Unterdruckniveau im Bremskraftverstärker wieder hergestellt worden und die EVP kann wieder deaktiviert werden. Anschließend wird das Betätigungsintegral $\sum s_i$ bzw. der berechnete Vakuumverbrauch Δp wieder auf null zurückgesetzt, danach beginnt der beschriebene Regelungszyklus erneut.

- 20 -

Das beschriebene Verfahren ermöglicht es, auf den Einsatz eines Vakuumsensors zur Ansteuerung der Vakuumpumpe zu verzichten, womit ein verringerter Produktionsaufwand und geringere Kosten verbunden sind.

Gemäß einer alternativen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. des erfindungsgemäßen Bremssystems kann die Betrachtung bereits erfolgter Bremspedalbetätigungen auch auf Grundlage der Ausgangssignale eines Pedalwinkelsensors oder eines Pedalkraftsensors erfolgen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. des erfindungsgemäßen Bremssystems erfolgt die Betrachtung bereits erfolgter Bremspedalbetätigungen auf Grundlage eines Drucksensors, der den hydraulischen Druck im Hauptbremszylinder bzw. einem mit diesem verbundenen Bremskreis erfasst.

Anhand der Auslegung des Bremssystems und/oder unter kontrollierten Bedingungen vorgenommenen Kalibriermessungen kann hierbei z.B. ein hydraulisches Druck-Volumen-Kennfeld bestimmt werden.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind sowohl ein Sensor zur Erfassung des Bremspedalwinkels als auch ein Sensor zur Erfassung des hydraulischen Drucks im Hauptbremszylinder vorhanden. Dann können beide Größen unabhängig voneinander zur Ansteuerung der elektrischen Vakuumpumpe herangezogen werden, womit eine zweite Rückfallebene zur Verfügung steht. Aus einem Vergleich des

- 21 -

Hauptbremszylinderdrucks mit dem Bremspedalwinkel kann aber auch ein Erreichen des Aussteuerpunkts des Bremskraftverstärkers erkannt werden, so dass z.B. eine hydraulische Pumpe zur Bremsunterstützung aktiviert werden kann.

In manchen Fällen - wie z.B. bei schweren Fahrzeugen - kann das Sicherheitskonzept des Bremssystems weitere Überwachungsmaßnahmen und/oder Redundanzen hinsichtlich der Ansteuerung einer Vakuumpumpe erforderlich machen, um in allen Betriebszuständen des Bremssystems ein Mindest-Unterdruckniveau und damit zur Erfüllung gesetzlicher oder technischer Vorgaben ein Mindestbremsvermögen sicherzustellen.

Daher erfolgt gemäß eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung eine redundante Ansteuerung einer elektrischen Vakuumpumpe sowohl mit dem in Ebene I als auch mit dem in Ebene II gezeigten Verfahren.

In Ebene I erfasst ein Vakuumsensor den Druck p in mindestens einer Unterdruckkammer des Bremskraftverstärkers. Wenn der Druck p einen ersten Unterdruckschwellenwert p_{\min} überschreitet, der verbleibende Unterdruck also ein Nachlassen der Verstärkungswirkung erwarten lässt, so wird die elektrische Vakuumpumpe aktiviert. Bezogen auf Atmosphäre kann der erste Unterdruckschwellenwert p_{\min} z.B. zwischen -600 mbar und -750 mbar liegen. Die elektrische Vakuumpumpe verringert den Druck im Bremskraftverstärker, wobei sich dieser einem durch das Saugvermögen der Vakuumpumpe und die Leckrate der Unterdruckkammer beeinflussten Sättigungsdruck, also einem

- 22 -

maximal erreichbaren Unterdruck annähert. Sobald der Druck p unter einen zweiten Unterdruckschwellenwert p_{\max} gefallen ist, wird die elektrische Vakuumpumpe deaktiviert. Bezogen auf Atmosphäre kann der zweite Unterdruckschwellenwert p_{\max} z.B. zwischen -750 mbar und -850 mbar liegen. Indem die Regelung mit einer Hysterese arbeitet, verringert sich die Häufigkeit der Aktivierung der elektrischen Vakuumpumpe, wobei jeweils ein für mehrere Bremsvorgänge ausreichendes Vakuum in der Unterdruckkammer bereitgestellt wird.

Parallel und unabhängig erfolgt die bereits beschriebene Ansteuerung in Ebene II anhand einer Betrachtung bereits erfolgter Bremspedalbetätigungen. Zweckmäßigerweise erfolgt die Aktivierung der elektrischen Vakuumpumpe EVP immer dann, wenn mindestens eine der beiden Regelungsebenen ein An-schalt-Signal für die EVP ausgibt (dies ist in der Zeichnung durch die Box „OR“ bzw. oder angedeutet). Somit ist jeweils noch eine Rückfallebene vorhanden, wenn eines der beiden An-steuerverfahren der z.B. aufgrund eines Defekts des Vakuum-sensors versagt. Eine sichere und komfortable Betätigung des Bremssystems durch den Fahrer ist gewährleistet.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Bremssystems mit einem Bremskraftverstärker, der durch mindestens eine bewegliche Trennwand in mindestens eine Unterdruckkammer und mindestens eine Arbeitskammer geteilt ist, wobei mindestens eine Unterdruckkammer mit einer Unterdruckquelle zum Aufbau eines Unterdrucks verbunden ist oder verbunden werden kann, mit mindestens einem Sensor, der mindestens eine Größe wie Weg und/oder Winkel und/oder Kraft einer Bremspedalbetätigung und/oder einen Bremsdruck erfasst, welcher in mindestens einem mit dem Bremskraftverstärker verbundenen Hauptbremszylinder nach Maßgabe einer Bremspedalbetätigung aufgebaut wird, dadurch **gekennzeichnet**, dass eine Abschätzung des verbleibenden Unterdrucks in mindestens einer Unterdruckkammer aus einer Betrachtung bereits erfolgter Bremspedalbetätigungen auf Grundlage mindestens einer der erfassten Größen erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, dass nach Maßgabe oder proportional zu mindestens einer der erfassten Größen ein Bremsmoment erzeugt wird, indem mindestens ein elektrischer Antrieb des Fahrzeugs als Generator betrieben wird und/oder in mindestens einer Radbremse des Fahrzeugs durch einen mit dem Bremskraftverstärker verbundenen Hauptbremszylinder Bremsdruck aufgebaut wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeich-**

- 24 -

net, dass die zur Abschätzung des verbleibenden Unterdrucks stattfindende Betrachtung bereits erfolgter Bremspedalbetätigungen eine Integration oder Summenbildung über mehrere zeitlich aufeinanderfolgende Werte mindestens einer der erfassten Größen umfasst.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch **gekennzeichnet**, dass der abgeschätzte verbleibende Unterdruck mit steigender aktuell bestimmter Summe oder steigendem aktuell bestimmten Integral über mehrere zeitlich aufeinanderfolgende Werte mindestens einer der erfassten Größen abnimmt, wobei vorzugsweise eine Kennlinie oder ein Kennfeld zur Kalibrierung ausgewertet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch **gekennzeichnet**, dass mindestens eine Unterdruckkammer mit einem Motor-Pumpenaggregat verbunden ist, welches als alleinige oder zusätzliche Unterdruckquelle bei Aktivierung einen Unterdruck in der Unterdruckkammer aufbaut, und dass das Motor-Pumpenaggregat aktiviert wird, wenn die Summe oder das Integral über eine oder mehrere Bremspedalbetätigungsvorgänge von mindestens einer der erfassten Größen einen Betätigungsschwellenwert überschreitet.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Motor-Pumpenaggregat für mindestens eine erste Zeitdauer betrieben wird.
7. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch **gekennzeichnet**, dass mindestens eine Unterdruck-

- 25 -

kammer mit einem Drucksensor und mit einem Motor-Pumpenaggregat verbunden ist, welches als alleinige oder zusätzliche Unterdruckquelle bei Aktivierung einen Unterdruck in der Unterdruckkammer aufbaut, und dass das Motor-Pumpenaggregat aktiviert wird, wenn der gemessene Druck in der Unterdruckkammer einen ersten Unterdruckschwellenwert überschreitet.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Motor-Pumpenaggregat solange betrieben wird, bis der gemessene Druck in der Unterdruckkammer einen zweiten Unterdruckschwellenwert unterschreitet, wobei der zweite Unterdruckschwellenwert vorzugsweise einem niedrigeren Absolutdruck als der erste Unterdruckschwellenwert entspricht.
9. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 3 bis 8, dadurch **gekennzeichnet**, dass die aktuell bestimmte Summe oder das aktuell bestimmte Integral über mehrere zeitlich aufeinanderfolgende Werte mindestens einer der erfassten Größen auf den Wert Null zurückgesetzt wird, nachdem das Motor-Pumpenaggregat für mindestens eine erste Zeitdauer betrieben wurde und/oder solange betrieben wurde, bis der gemessene Druck in der Unterdruckkammer einen zweiten Unterdruckschwellenwert unterschreitet.
10. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, dass zwei zur Ermittlung einer Bremspedalbetätigung geeignete Sensoren vor-

- 26 -

handen sind, insbesondere ein Sensor zur Erfassung des Bremspedalwinkels oder Bremspedalwegs und/oder ein Wegsensor am Hauptbremszylinder und/oder ein Sensor zur Erfassung des aufgebauten Bremsdrucks, und dass ein Vergleich der Sensordaten vorgenommen wird.

11. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch **gekennzeichnet**, dass mittels einer mit dem Hauptbremszylinder verbindbaren zusätzlichen Druckquelle ein Aufbau von Bremsmoment in mindestens einer Radbremse des Fahrzeugs bewirkt wird, wenn das Motor-Pumpenaggregat für mindestens eine zweite Zeitdauer aktiviert war, ohne dass der Druck in der Unterdruckkammer einen zweiten Unterdruckschwellenwert unterschreitet, oder wenn die aus einem Vergleich der Sensordaten ermittelte Verstärkung des Bremskraftverstärkers einen vorgegebenen Verstärkungsschwellenwert unterschreitet.
12. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch **gekennzeichnet**, dass eine Warnung des Fahrers erfolgt, wenn der abgeschätzte verbleibende Unterdruck in mindestens einer Unterdruckkammer einen Mindestschwellenwert häufiger unterschreitet als ein vorbestimmter Häufigkeitsschwellenwert.
13. Bremssystem für ein Kraftfahrzeug, umfassend einen Bremskraftverstärker, der durch mindestens eine bewegliche Trennwand in mindestens eine Unterdruckkammer und mindestens eine Arbeitskammer geteilt ist, wobei mindestens eine Unterdruckkammer mit einer Unterdruckquelle

- 27 -

zum Aufbau eines Unterdrucks verbunden ist oder verbunden werden kann, ein Motor-Pumpenaggregat als alleinige oder zusätzliche Unterdruckquelle, mindestens einen mit dem Bremskraftverstärker verbundenen Hauptbremszylinder, in denen nach Maßgabe einer Bremspedalbetätigung Bremsdruck aufgebaut wird, mindestens eine mit einem Hauptbremszylinder verbundene Radbremsen, mindestens einen Sensor, der mindestens eine Größe wie Weg und/oder Winkel und/oder Kraft einer Bremspedalbetätigung und/oder einen aufgebauten Bremsdruck erfasst, **gekennzeichnet** durch ein elektronisches Steuergerät, welches mit mindestens einem der Sensoren zur Erfassung von Bremspedalbetätigung und/oder Bremsdruck verbunden ist und ein Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche ausführt.

14. Bremssystem nach Anspruch 13, dadurch **gekennzeichnet**, dass sowohl ein Sensor, der den Pedalwinkel oder Pedalweg einer Bremspedalbetätigung erfasst, als auch ein Sensor zur Erfassung des aufgebauten Bremsdrucks vorhanden sind und das elektronische Steuergerät mit beiden verbunden ist.
15. Bremssystem nach Anspruch 13 oder 14, dadurch **gekennzeichnet**, dass eine mit mindestens einer Radbremse verbindbare hydraulische Pumpe vorhanden ist.
16. Verwendung eines Bremssystems nach mindestens einem der Ansprüche 13 bis 15 in einem Kraftfahrzeug, welches von einer Verbrennungskraftmaschine und/oder mindestens ei-

- 28 -

ner elektrischen Maschine angetrieben wird.

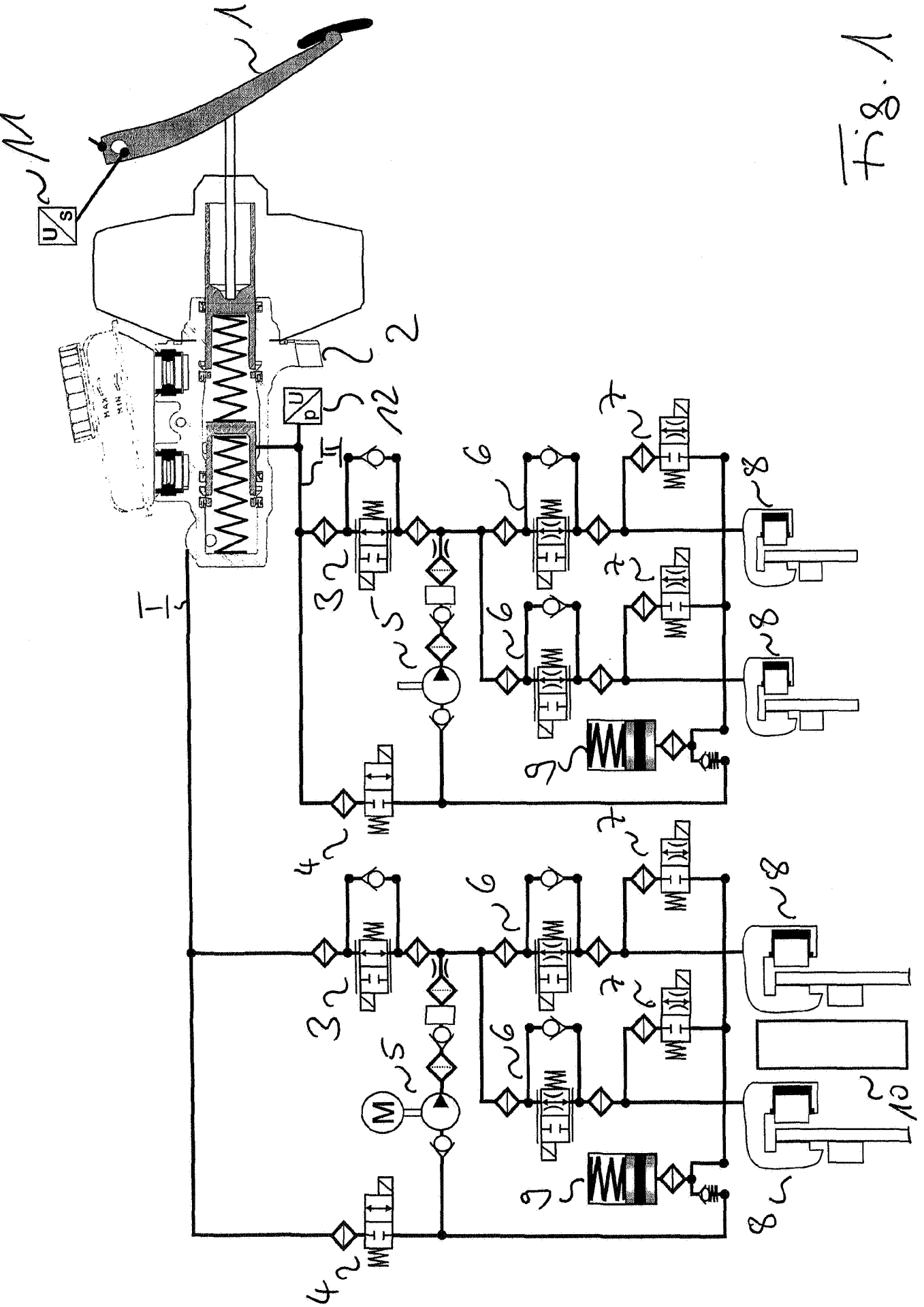


Fig. 1

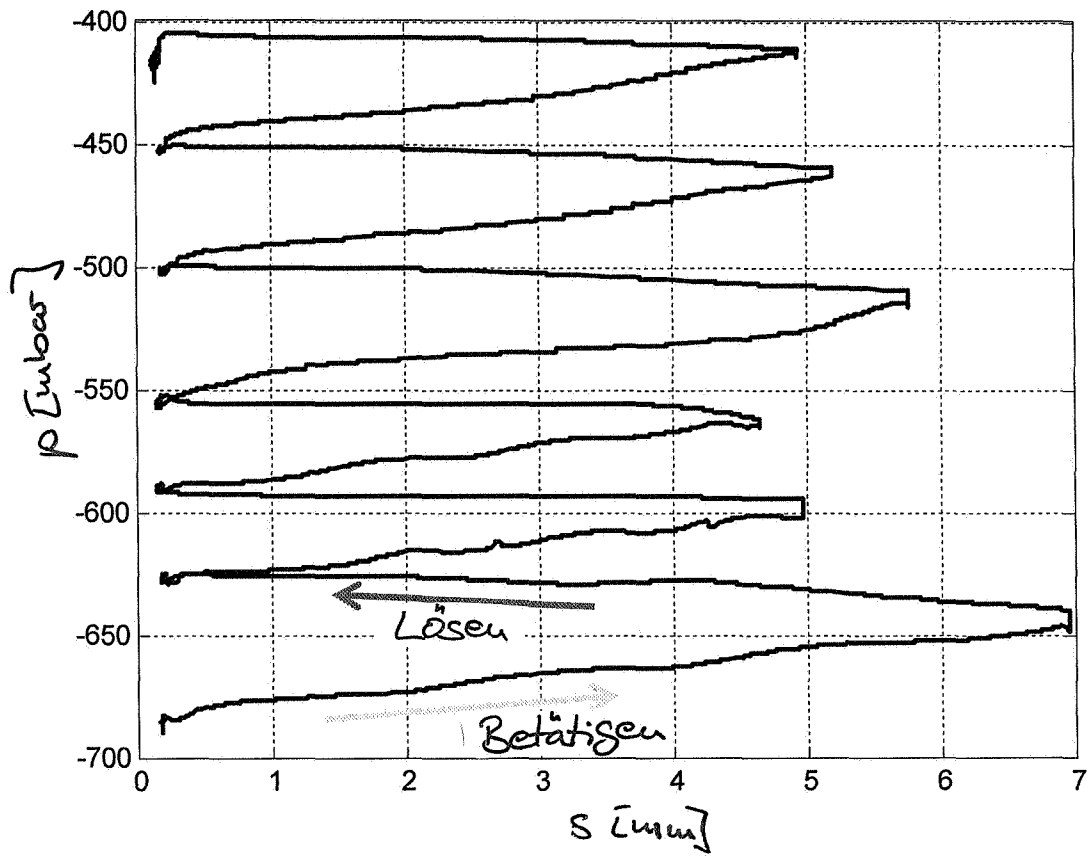


Fig. 3

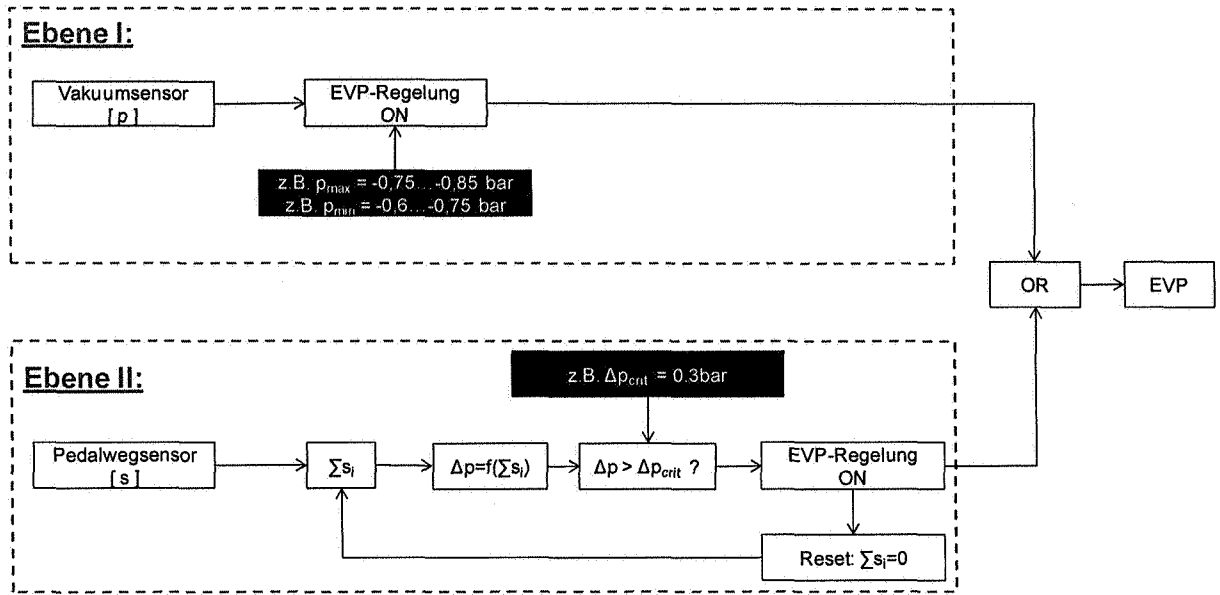


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/056334

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. B60T17/22 B60T13/52
 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 1 114 925 A2 (FORD GLOBAL TECH INC [US]) 11 July 2001 (2001-07-11) paragraphs [0015], [0026]; figures 2,4 abstract -----	1-16

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 <p align="center">9 July 2012</p>	Date of mailing of the international search report <p align="center">17/07/2012</p>
--	--

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 <p align="center">Dekker, Wouter</p>
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/056334

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1114925	A2	11-07-2001	
		DE 60011382 D1	15-07-2004
		DE 60011382 T2	14-10-2004
		EP 1114925 A2	11-07-2001
		US 6557403 B1	06-05-2003
		US 2003177822 A1	25-09-2003

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/056334

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B60T17/22 B60T13/52 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 1 114 925 A2 (FORD GLOBAL TECH INC [US]) 11. Juli 2001 (2001-07-11) Absätze [0015], [0026]; Abbildungen 2,4 Zusammenfassung -----	1-16
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :		
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen 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
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist		"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"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)		"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
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht		"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche <p style="text-align: center;">9. Juli 2012</p>		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts <p style="text-align: center;">17/07/2012</p>
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 <p style="text-align: center;">Dekker, Wouter</p>

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/056334

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1114925	A2	11-07-2001	
		DE 60011382 D1	15-07-2004
		DE 60011382 T2	14-10-2004
		EP 1114925 A2	11-07-2001
		US 6557403 B1	06-05-2003
		US 2003177822 A1	25-09-2003
