

(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
01. Februar 2018 (01.02.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/019671 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B60T 8/40 (2006.01)

B60T 13/74 (2006.01)

(72) Erfinder: DRUMM, Stefan; Burgunderstr. 18, 55291
Saulheim (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/068182

(22) Internationales Anmeldedatum:

19. Juli 2017 (19.07.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2016 213 994.0

29. Juli 2016 (29.07.2016) DE

(71) Anmelder: CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG

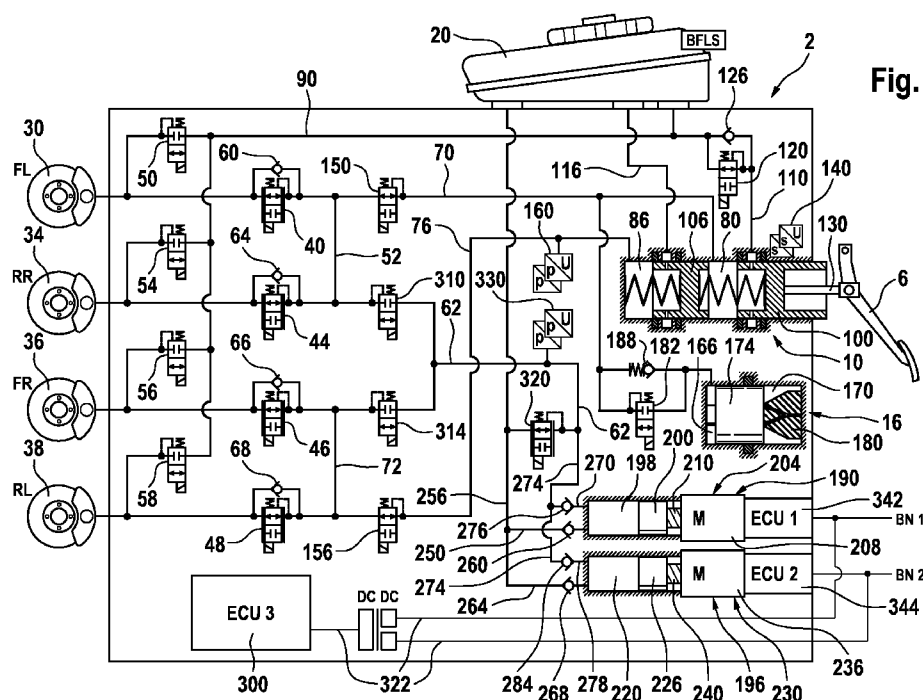
[DE/DE]; Guerickestr. 7, 60488 Frankfurt (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
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,

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

(54) Bezeichnung: BREMSSYSTEM UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES BREMSSYSTEMS



(57) Abstract: A brake system (2) for motor vehicles, comprising hydraulically actuable wheel brakes (30, 34, 36, 38); an actuation device which is actuable by means of a brake pedal (6) and which comprises a master brake cylinder (10) with at least one pressure chamber (80, 86); a pressure medium reservoir (20); at least one sensor (140) for detecting a driver braking demand; two electronically actuable electrohydraulic actuators (190, 196) which are formed in each case by a cylinder-piston arrangement with a hydraulic pressure chamber (198, 220), wherein a decrease in size of the pressure chamber (198, 220) effected by the displacement of the pressure piston (200, 226) effects a discharge volume flow and an increase in size of the pressure chamber (198, 220) by displacement of the pressure piston (200, 226) effects an intake volume flow; and check valves (260, 268) which are assigned to the actuators (190, 196) and which

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

permit a hydraulic intake volume flow from the pressure medium reservoir (20) to the respective pressure chamber (198, 220) and prevent a discharge volume flow from the respective pressure chamber (198, 220) to the pressure medium reservoir (20); wherein the two electronically actuable actuators (190, 196) are assigned in each case one discharge hydraulic port (270, 278) to which there is connected in each case one discharge volume flow check valve (270, 284) which permits a discharge volume flow out of the pressure chamber (198, 220) of the actuator (190, 196) and prevents an intake volume flow through said discharge hydraulic port (270, 278), wherein those ports of the discharge volume flow check valves which are averted from the two actuators (198, 220) are jointly connected to a pressure provision line (274).

(57) Zusammenfassung: Bremssystem (2) für Kraftfahrzeuge, umfassend hydraulisch betätigbare Radbremsen (30, 34, 36, 38); eine mit einem Bremspedal (6) betätigbare Betätigungseinrichtung, umfassend einen Hauptbremszylinder (10) mit wenigstens einer Druckkammer (80, 86); einen Druckmittelvorratsbehälter (20); zumindest einen Sensor (140) zur Erfassung eines Fahrerbremswunschs; zwei elektronisch ansteuerbare elektrohydraulische Aktuatoren (190, 196), welche jeweils durch eine Zylinder-Kolben-Anordnung mit einem hydraulischen Druckraum (198, 220) gebildet sind, wobei eine durch das Verschieben des Druckkolbens (200, 226) bewirkte Verkleinerung des Druckraums (198, 220) einen Ausstoßvolumenstrom und eine durch Verschieben des Druckkolbens (200, 226) bewirkte Vergrößerung des Druckraums (198, 220) einen Ansaugvolumenstrom bewirkt; und den Aktuatoren (190, 196) zugeordnete Rückschlagventile (260, 268), die einen hydraulischen Ansaugvolumenstrom vom Druckmittelvorratsbehälter (20) zum jeweiligen Druckraum (198, 220) zulassen und einen Ausstoßvolumenstrom vom jeweiligen Druckraum (198, 220) zum Druckmittelvorratsbehälter (20) verhindern; wobei den beiden elektronisch ansteuerbaren Aktuatoren (190, 196) jeweils ein Ausstoßhydraulikanschluss (270, 278) zugeordnet ist, an den jeweils ein Ausstoßvolumenstrom-Rückschlagventil (270, 284) angeschlossen ist, das einen Ausstoßvolumenstrom aus dem Druckraum (198, 220) des Aktuators (190, 196) heraus zulässt und einen Ansaugvolumenstrom durch diesen Ausstoß-Hydraulikanschluss (270, 278) verhindert, wobei die den beiden Aktuatoren (198, 220) abgewandten Anschlüsse der Ausstoßvolumenstrom-Rückschlagventile gemeinsam an eine Druckbereitstellungsleitung (274) angeschlossen sind.

Bremssystem und Verfahren zum Betreiben eines Bremssystems

Die Erfindung betrifft ein Bremssystem für Kraftfahrzeuge, umfassend hydraulisch betätigbare Radbremsen, zumindest ein
5 elektrisch betätigbares Radventil je Radbremse zum Einstellen radindividueller Bremsdrücke, eine mit einem Bremspedal betätigbare Betätigungseinrichtung, umfassend einen Hauptbremszylinder mit wenigstens einer Druckkammer, in die bei Betätigung des Bremspedals ein Hauptbremszylinderkolben
10 verschoben wird, einen Druckmittelvorratsbehälter, der mit der Druckkammer des Hauptbremszylinders in seinem unbetätigten Zustand hydraulisch verbunden ist, zumindest einen Sensor zur Erfassung eines Fahrerbremswunschs, dessen Signal einen Pedalweg, einen Hauptbremszylinderkolbenweg, eine Pedalkraft, eine
15 Hauptbremszylinderkolbenkraft oder einen durch die Hauptbremszylinderkolbenkraft erzeugten Druck repräsentiert, zwei elektronisch ansteuerbare elektrohydraulische Aktuatoren, welche jeweils durch eine Zylinder-Kolben-Anordnung mit einem hydraulischen Druckraum gebildet sind, und deren Druckkolben
20 durch einen elektromechanischen Antrieb verschiebbar ist, wobei eine durch das Verschieben des Druckkolbens bewirkte Verkleinerung des Druckraums einen Ausstoßvolumenstrom und eine durch Verschieben des Druckkolbens bewirkte Vergrößerung des Druckraums einen Ansaugvolumenstrom bewirkt, den Aktuatoren
25 zugeordnete Rückschlagventilen, die einen hydraulischen Ansaugvolumenstrom vom Druckmittelvorratsbehälter zum jeweiligen Druckraum zulassen und einen Ausstoßvolumenstrom vom jeweiligen Druckraum zum Druckmittelvorratsbehälter verhindern, und wenigstens eine Steuer- und Regeleinheit zum Ansteuern der
30 Aktuatoren. Sie betrifft weiterhin ein Verfahren zum Betreiben eines Bremssystems.

In der Kraftfahrzeugtechnik finden elektrohydraulische „Brake-by-Wire“-Bremsanlagen eine immer größere Verbreitung.
35 Derartige Bremsanlagen umfassen oftmals neben einem durch den Fahrzeugführer betätigbaren Hauptbremszylinder eine elektrisch („by-Wire“) ansteuerbare Druckbereitstellungseinrichtung, mittels welcher in der Betriebsart „Brake-by-Wire“ eine

Druckbeaufschlagung der Radbremsen stattfindet.

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

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

In derartigen Bremssystemen ist gewöhnlich eine hydraulische Rückfallebene vorgesehen, in der der Fahrer durch Muskelkraft bei
30 Betätigung des Bremspedals das Fahrzeug abbremsen bzw. zum Stehen bringen kann, wenn die „by-Wire“-Betriebsart ausfällt oder gestört ist. Während im Normalbetrieb durch eine Pedalentskopplungseinheit die oben beschriebene hydraulische Entkopplung zwischen Bremspedalbetätigung und Bremsdruckaufbau
35 erfolgt, wird in der Rückfallebene diese Entkopplung aufgehoben, so dass der Fahrer direkt Druckmittel in die Bremskreise verschieben kann. In die Rückfallebene wird geschaltet, wenn mit Hilfe der Druckbereitstellungseinrichtung kein Druckaufbau mehr

möglich ist. Dies ist u.a. dann der Fall, wenn das Rückschlagventil, welches die Druckbereitstellungseinrichtung mit dem Reservoir verbindet, nicht mehr zuverlässig sperrt, so dass ein Druckaufbau nicht mehr zuverlässig möglich ist.

5

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

15

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

30

Zum Nachladen von Bremsflüssigkeit ist bei bekannten Bremsanlagen gewöhnlich die Druckbereitstellungseinrichtung über eine hydraulische Leitung, in die ein Rückschlagventil geschaltet ist, mit einem Reservoir verbunden. Das Rückschlagventil lässt eine Durchströmung vom Reservoir zur Druckbereitstellungseinrichtung zu und sperrt ein Abströmen von Druckmittel von der Druckbereitstellungseinrichtung zum Reservoir.

35

Nachteilig bei derartigen Bremsanlagen mit nur einem Aktuator ist, dass dieser erschöpfbar ist, so dass eine druckmittelverbrauchende Radbremsdruckregelung immer dann unterbrochen werden muss, wenn der Aktuatorkolben sich der vorderen Anschlagposition nähert, um den Kolben zurückzufahren und neues Druckmittel anzusaugen. Ein weiterer Nachteil ist darin zu sehen, dass der Aktuator bei einem Systemdruckabbau hydraulische Energie rekuperieren kann, die dann als überschüssige elektrische Energie vorhanden ist. Diese elektrische Energie kann vom Fahrzeugbordnetz nicht aufgenommen werden und muss daher elektrothermisch entsorgt werden. Dies führt zu einer unerwünschten thermischen Belastung der Bremssystemelektronik. Um wenigstens Normalbremsungen, d. h. Bremsungen ohne Radbremsdruckregelaktivität, ohne ein Nachsaugen durchführen zu können, wird gewöhnlich der Aktuator derart dimensioniert, dass er ein genügend großes Aktuatorvolumen bereitstellt.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine sowohl für Simulatorbremssysteme als auch für Hilfskraftbremssysteme geeignete Druckbereitstellungseinheit anzugeben. Weiterhin soll ein Bremssystem angegeben werden, welches Bremssystemdruck auch bei geregelten Bremsvorgängen unterbrechungsfrei bereitstellen kann. Weiterhin soll ein entsprechendes Verfahren zum Betreiben eines Bremssystems angegeben werden, welches zu Beginn einer Bremsung möglichst schnell einen hohen Volumenstrom bereitzustellen kann.

In Bezug auf das Bremssystem wird die oben genannte Aufgaben erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass den beiden elektronisch ansteuerbaren Aktuatoren jeweils ein Ausstoßhydraulikanschluss zugeordnet ist, an den jeweils ein Ausstoßvolumenstrom-Rückschlagventil angeschlossen ist, das einen Ausstoßvolumenstrom aus dem Druckraum des Aktuators heraus zulässt und einen Ansaugvolumenstrom durch diesen Ausstoß-Hydraulikanschluss verhindert, wobei die den beiden Aktuatoren abgewandten Anschlüsse der Ausstoßvolumenstrom-Rückschlagventile gemeinsam an eine

Druckbereitstellungsleitung angeschlossen sind.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

5

Die Erfindung geht von der Überlegung aus, dass ein wesentlicher Nachteil bekannter elektrohydraulischer Bremssysteme mit aktivem Druckaufbau durch einen Aktuator ist, dass eine vollkommen kontinuierliche Druckbereitstellung nicht erfolgen
10 kann, da das Druckmittelvolumen im Aktuator erschöpfbar ist und nachgesaugt werden muss. Während des Nachsaugvorganges steht der Aktuator nicht für einen Druckaufbau zur Verfügung. Insbesondere bei lang andauernden und intensiven Regelvorgängen, bei denen Bremsmittel radindividuell aus den Radbremsen im Wechsel
15 abgelassen und wieder aufgebaut wird, können zeitliche Intervalle entstehen, in denen ein Nachsaugen erforderlich wird und kurzzeitig kein Bremsdruck aufgebaut werden kann.

Wie nunmehr erkannt wurde, können diese Nachteile behoben werden
20 durch zwei hydraulisch parallel geschaltete Aktuatoren in Verbindung mit einer geeigneten Rückschlagventilkonfiguration. Durch diese kann somit nicht nur wie im Stand der Technik eine Redundanz erreicht werden, sondern es wird sowohl für Simulatorbremssysteme als auch für Hilfskraftbremssysteme
25 pulsationsfrei Druck- und Volumen bereitgestellt, wobei zu Beginn einer Bremsung temporär ein besonders hoher Volumenstrom darstellbar ist um das in dieser Phase benötigte große Druckmittelvolumen zum Überwinden des Bremsenlüftspiels bereitzustellen.

30

Dadurch wird das bekannte Problem einer Erschöpfbarkeit der Druck- und Volumenbereitstellung mittels eines elektrohydraulischen Kolbenaktuators gelöst. Diese Erschöpfbarkeit wurde bisher in Kauf genommen, weil die
35 alternative Druckbereitstellung mittels einer von einem einzigen elektrischen Antrieb angetriebenen Kolbenpumpe lediglich eine pulsationsbehaftete Druck- und Volumenbereitstellung erlaubt.

Die Erfindung kann daher auch unter dem Aspekt betrachtet werden, dass die Druck- und Volumenbereitstellung mittels einer an sich bekannten Pumpe erfolgt, wobei diese Pumpe zwei Kolben aufweist, die im Gegensatz zu den bekannten Pumpen jedoch separat
5 angetrieben sind. Durch ein erfindungsgemäßes Verfahren zum aufeinander abgestimmten Antrieb der beiden Kolben wird die angestrebte Pulsationsfreiheit erreicht.

Vorteilhafterweise ist zwischen Druckbereitstellungsleitung und
10 einem Behälteranschluss ein hydraulisches Systemdruckventil geschaltet, das dazu eingerichtet ist, zum Zwecke eines elektronisch kontrollierten Abbaus des in der Druckbereitstellungsleitung bereitgestellten Drucks einen Volumenstrom von der Druckbereitstellungsleitung zum
15 Behälteranschluss analog zu steuern.

Bevorzugt ist ein Drucksensor zur Erfassung des in der Druckbereitstellungsleitung herrschenden Drucks vorgesehen. Der Drucksensor ist bevorzugt redundant ausgelegt.
20

In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das Bremssystem einen Simulator, der in einer Normalbetriebsart von der Betätigungseinheit betätigt wird, weiterhin umfasst es eine Steuer- und Regeleinheit zur Verarbeitung des erfassten
25 Fahrerbremswunsches, weiterhin umfasst es eine Anordnung aus vier elektrisch angesteuerten Schaltventilen, die unbestromt die Kammern des Hauptbremszylinders mit den Radbremsen verbinden und bestromt den Hauptbremszylinder von ihnen hydraulisch abtrennen sowie die Druckbereitstellungsleitung mit den Radbremsen
30 verbinden, wobei die Steuer- und Regeleinheit den bereitgestellten Druck in Abhängigkeit des erfassten Fahrerbremswunsches und/oder eines von wenigstens einem Assistenzsystem berechneten Sollwertes regelt. Zur Druckerhöhung wird bevorzugt mit Hilfe der Aktuatoren
35 Druckmittel in die Druckbereitstellungsleitung eingespeist. Ein höherer Einspeisevolumenstrom bewirkt dabei eine schnellere Druckerhöhung. Zur Absenkung des Drucks in der Druckbereitstellungsleitung wird wie oben beschrieben das

Systemdruckventil verwendet. Das Bremssystem kann auf diese Weise in einer Brake-by-Wire-Betriebsart betrieben werden. Dabei wird bei einer Betätigung des Bremspedals der Fahrerbremswunsch erfasst, der bei der aktiven Bereitstellung von Radbremsdruck mit Hilfe der Aktuatoren berücksichtigt wird.

In einer zweiten bevorzugten Ausführungsform ist das Bremssystem als Hilfskraftbremssystem ausgebildet, wobei die Betätigungseinheit eine hydraulische Antriebskammer aufweist, und wobei die Antriebskammer mit der Druckbereitstellungsleitung verbunden ist, weiterhin umfasst es eine Steuer- und Regeleinheit, die in Abhängigkeit von dem erfassten Fahrerbremswunsch den bereitgestellten Druck in Abhängigkeit des erfassten Fahrerbremswunsches und/oder eines von wenigstens einem Assistenzsystem berechneten Sollwert regelt. Zur Druckerhöhung wird bevorzugt mit Hilfe der Aktuatoren Druckmittel in die Druckbereitstellungsleitung eingespeist. Ein höherer Einspeisevolumenstrom bewirkt dabei eine schnellere Druckerhöhung. Zur Absenkung des Drucks in der Druckbereitstellungsleitung wird wie oben beschrieben das Systemdruckventil verwendet.

Die Betätigungseinheit umfasst bevorzugt einen Tandemhauptbremszylinder mit einem Primärkolben, der in eine Primärdruckkammer verschiebbar ist und einen Sekundärkolben, der in eine Sekundärdruckkammer verschiebbar ist, und wobei die Hilfsbremskammer an der der dem Bremspedal zugewandten Seite des Tandemhauptbremszylinders angeordnet ist.

Zur radindividuellen Abführung von Druckmittel aus der jeweiligen Radbremse ist vorteilhafterweise je Radbremse ein stromlos geschlossenes Druckabbauventil vorgesehen.

Zu Beginn einer Bremsung steuert die Steuer- und Regeleinheit vorteilhafterweise beide Aktuatoren an, um in der Druckbereitstellungsleitung die Summe beider Abgabevolumenströme zur Verfügung zu stellen.

Wenn beide Aktuatoren oder zumindest einer der beiden Aktuatoren einen Verfahrweg zurückgelegt haben, der größer als ein vorgegebener Grenzverfahrweg ist, fährt bevorzugt einer der Aktuatoren zurück, um Druckmittelvolumen aus dem

5 Druckmittelvorratsbehälter anzusaugen, während der andere Aktuator mit der Druckbereitstellung fortfährt. Der Verfahrweg des Aktuators bezeichnet hierbei den Verfahrweg des jeweiligen Druckkolbens im Druckraum. Der Grenzverfahrweg ist bevorzugt größer oder gleich dem halben maximalen Verfahrweg des jeweiligen
10 Aktuators.

Die beiden Aktuatoren sind bevorzugt gleich ausgebildet hinsichtlich der Dimensionierung der Druckkammer. Bei speziellen Anforderungen an das Bremssystem können die Aktuatoren auch
15 asymmetrisch gebaut sein. Ein Aktuator mit geringerer Kolbenquerschnittsfläche kann bei gleicher Aktuatorkraft einen höheren Druck aufbauen, allerdings liefert ein solcher Aktuator aber auch bei gleicher Verfahrgeschwindigkeit einen geringeren Volumenstrom. Mit unterschiedlichen Aktuatoren kann daher der
20 Aktuator mit der kleineren Querschnittsfläche die Aufgabe übernehmen, einen besonders hohen Druck zu stellen. Dieser besonders hohe Druck steht dann allerdings nicht zur Verfügung, während dieser Aktuator Flüssigkeit nachladen muss.

25 Nach dem anfänglichen Druckaufbau führt die Steuer- und Regeleinheit bevorzugt abwechselnd mit einem der beiden Aktuatoren die Druckbereitstellung durch, während der jeweils andere Aktuator Druckmittel aus dem Druckmittelvorratsbehälter ansaugt. Das bedeutet, dass immer ein Aktuator zur
30 Druckbereitstellung zur Verfügung steht, während der andere nachsaugt und danach wieder die Druckbereitstellung übernehmen kann. Auf diese Weise wird das System nicht erschöpft, und ein unterbrechungsfreier Druckaufbau ist möglich.

35 In einer bevorzugten Ausführungsform ist jedem der beiden Aktuatoren eine separate Steuer- und Regeleinheit zugeordnet, die den Aktuator ansteuert. Auf diese Weise wird in vorteilhafter Weise eine Redundanz geschaffen, da bei dem Ausfall einer der

beiden Steuer- und Regeleinheiten die andere Steuer- und Regeleinheit noch den ihr zugeordneten Aktuator ansteuern kann, um aktiv Druck aufzubauen. Dass in diesem Fall die Druckmittelversorgung nicht länger unterbrechungsfrei, sondern
5 nur noch stoßweise erfolgt, ist insofern vorteilhaft, dass der Fahrer durch dieses unkomfortable Verhalten seines Bremssystems darauf aufmerksam gemacht wird, dass eine Störung vorliegt.

Bevorzugt wird jede der beiden Steuer- und Regeleinheiten von
10 einem separaten Bordnetz gespeist. Bei einem Ausfall eines der beiden Bordnetze kann weiterhin die andere Steuer- und Regeleinheit betrieben werden.

In Bezug auf das Verfahren wird die oben genannte Aufgabe
15 erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass zu Beginn des Druckaufbaus beide elektrohydraulische Aktuatoren gleichzeitig Volumenströme ausstoßen.

Bevorzugt wird nach einem anfänglichen Druckaufbau durch beide
20 Aktuatoren weiter Druck von einem der beiden Aktuatoren aufgebaut, indem dieser Druckmittel ausstößt, während der andere Aktuator Druckmittel ansaugt und keinen Druck aufbaut.

Nach einem anfänglichen Druckaufbau durch beide Aktuatoren bauen
25 vorteilhafterweise die beiden Aktuatoren abwechselnd Druck auf.

Bevorzugt wird der Anhaltevorgang eines Kolbens eines der beiden Aktuatoren zum Zweck der Richtungsumkehr durch einen darauf abgestimmten Beschleunigungsvorgang des Kolbens des anderen
30 Aktuators derart kompensiert, dass sich in Summe ein vorgegebener Summen-Ausstoßvolumenstrom einstellt.

Die aus den beiden elektrohydraulischen Aktuatoren, den ihnen zugeordneten vier Rückschlagventilen und dem Systemdruckventil
35 gebildete Druck- und Volumenbereitstellungseinrichtung, insbesondere in Abhängigkeit von einem Fahrerbremswunsch und/oder einer Bremsanforderung eines Assistenzsystems, baut bei einem Brake-by-Wire-Bremssystem vorzugsweise Druck in

wenigstens einer Radbremse auf, indem sie ein entsprechendes Druckmittelvolumen abgibt.

Bei einem Hilfskraftbremssystem baut die Druck- und
5 Volumenbereitstellungseinrichtung, insbesondere in
Abhängigkeit von einem Fahrerbremswunsch und/oder einer
Bremsanforderung eines Assistenzsystems, bevorzugt Druck in
einer Antriebskammer der Betätigungseinheit auf, wodurch der
Fahrer bei der Betätigung der Betätigungseinrichtung unterstützt
10 und/oder aufgrund einer Fahrerassistenzfunktion des Fahrzeugs
oder des Bremssystems betätigt wird.

Ein erster Vorteil der Erfindung ist, dass durch die
gleichzeitige Bremsmittelabgabe durch beide Aktuatoren ein
15 besonders hoher Volumenstrom bereitgestellt wird, was in
vorteilhafter Weise der Überwindung der Lüftspiele der
Radbremsen zugutekommt. Ein zweiter Vorteil der Erfindung ist,
dass die vorgeschlagene Aktuatorkombination nicht erschöpfbar
ist, solange bei ihrem Betrieb darauf geachtet wird, dass
20 jederzeit wenigstens einer der Aktuatoren dazu bereit ist, ohne
eine Richtungsumkehr einen Verdrängungshub durchzuführen bzw. im
Umkehrschluss niemals beide Aktuatoren gleichzeitig einen
Saughub durchführen. Dies gewährleistet die Verfügbarkeit einer
unterbrechungsfreien Druckmittelversorgung. Ein dritter Vorteil
25 der Erfindung ist, dass die die Summe der beiden Aktuatorvolumina
deutlich geringer ausgelegt werden kann als das Aktuatorvolumen
im Stand der Technik, weil dort das Volumen so dimensioniert wird,
dass für eine standardisierte ABS-Bremung aus einer
Geschwindigkeit von 100 km/h in den Stillstand kein Nachsaugen
30 von Druckmittel mit der damit verbundenen Unterbrechung der
Druckmittelversorgung notwendig ist. Der daraus resultierende
Zwang zur Wahl eines ausreichend groß bemessenen
Aktuatorvolumens entfällt durch die Erfindung.

35 Eine Verwendung des gleichen Druckbereitstellungsmoduls für
sowohl Simulatorbremssysteme als auch Hilfskraftbremssysteme
bietet ökonomische und produktionstechnische Vorteile.
Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer

Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen in stark schematisierter Darstellung:

FIG. 1 ein elektrohydraulisches Bremssystem mit zwei
5 Aktuatoren in einer bevorzugten Ausführungsform; und

FIG. 2 ein Hilfsbremssystem mit zwei Aktuatoren in einer
bevorzugten Ausführungsform.

10 Gleiche Teile sind in beiden Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen.

In FIG. 1 ist ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Bremsanlage bzw. eines erfindungsgemäßen Bremssystems 2
15 dargestellt. Das Bremssystem 2 ist elektrohydraulisch ausgebildet im Sinne einer in einer bevorzugten Betriebsart vorgesehenen ausschließlichen Verwendung elektrischer Energie zur Erzeugung der in den Radbremsen benötigten hydraulischen Stellenergie. Das Bremssystem 2 umfasst einen mittels eines
20 Betätigungs- bzw. Bremspedals 6 betätigbaren Hauptbremszylinder 10, eine mit dem Hauptbremszylinder 10 zusammenwirkende Simulationseinrichtung 16, einen dem Hauptbremszylinder 10 zugeordneten, unter Atmosphärendruck stehenden Druckmittelvorratsbehälter 20.

25 Eine nicht näher bezeichnete Druckmodulationseinrichtung umfasst beispielsweise hydraulisch betätigbare Radbremsen 30, 34, 36, 38 und je betätigbarer Radbremse 30, 34, 36, 38 ein Differenzdruckventil 40, 44, 46, 48 und ein Druckabbauventil 50, 54, 56, 58, die paarweise über Mittenanschlüsse hydraulisch
30 zusammengeschaltet und an die Radbremsen 30, 34, 36, 38 angeschlossen sind. Die Eingangsanschlüsse der Differenzdruckventile 40, 44, 46, 48 werden mittels Bremskreisversorgungsleitungen 52, 72 mit Drücken versorgt, die
35 in einer „Brake-by-Wire“-Betriebsart aus einem Systemdruck abgeleitet werden, der in einer Systemdruckleitung 62 vorliegt.

Den Differenzdruckventilen 40, 44, 46, 48 ist jeweils ein zu den

Bremskreisversorgungsleitungen 52, 72 hin öffnendes Rückschlagventil 60, 64, 66, 68 parallel geschaltet. In einer Rückfallbetriebsart werden die Bremskreisversorgungsleitungen 52, 72 über hydraulische Leitungen 70, 76 und die in der
5 Rückfallbetriebsart nicht aktivierten (nicht bestromten) Trennventile 150, 156 mit den Drücken von Druckräumen 17, 18 des Hauptbremszylinders 10 beaufschlagt. Die Ausgangsanschlüsse der Druckabbauventile 50, 54, 56, 58 sind über eine Rücklaufleitung 90 mit dem Druckmittelvorratsbehälter 20 verbunden.

10

Der Hauptbremszylinder 10 weist zwei hintereinander angeordnete Kolben 100, 106 auf, die die hydraulischen Druckräume 80, 86 begrenzen. Die Druckräume 80, 86 stehen einerseits über in den Kolben 100, 106 ausgebildete radiale Bohrungen sowie
15 entsprechende Druckausgleichsleitungen 110, 116 mit dem Druckmittelvorratsbehälter 20 in Verbindung, wobei die Verbindungen durch eine Bewegung der Kolben 100, 106 absperrrbar sind. Diese Bewegung ist insbesondere eine Bewegung des Kolbens relativ zum Gehäuse des Hauptbremszylinders 10. Die Druckräume
20 80, 86 stehen bei Vorliegen der dargestellten Ventilstellungen andererseits mittels der hydraulischen Leitungen 70, 76 mit den bereits genannten Bremskreisversorgungsleitungen 50, 56 in Verbindung. Diese hydraulischen Verbindungen können in der bevorzugten Betriebsart unterbrochen werden.

25

In die Druckausgleichsleitung 110 ist ein stromlos offenes Ventil 120 geschaltet, zu dem ein Rückschlagventil 126 hydraulisch parallel geschaltet ist, welches den Fluss von Bremsflüssigkeit vom Druckraum 80 in den Druckmittelvorratsbehälter 20 sperrt und
30 in umgekehrter Rücksicht freigibt. Die Druckräume 80, 86 nehmen nicht näher bezeichnete Rückstellfedern auf, die die Kolben 100, 106 bei unbetätigtem Hauptbremszylinder 10 in einer Ausgangslage positionieren. Eine Kolbenstange 130 koppelt die Schwenkbewegung des Bremspedals 6 infolge einer Pedalbetätigung mit der
35 Translationsbewegung des ersten Hauptbremszylinderkolbens 100, dessen Betätigungsweg von einem, vorzugsweise redundant ausgeführten, Wegsensor 140 erfasst wird. Dadurch ist das entsprechende Kolbenwegsignal ein Maß für den

Bremspedalbetätigungswinkel. Es repräsentiert einen Bremswunsch des Fahrzeugführers. Anstelle des Kolbenwegs können auch andere äquivalente Größen, wie beispielsweise der Bremspedalschwenkwinkel, erfasst werden. Der Kolbenwegsensor
5 wird bevorzugt, weil seine elektrische Verbindung mit der Elektronikeinheit weniger aufwändig ist. Im besonders bevorzugten Fall ist der Sensor in die Elektronikeinheit integriert.

10 Die an die Druckräume 80, 86 angeschlossenen Leitungsabschnitte 70, 76 sind über jeweils ein elektrisch betätigbares, vorzugsweise als stromlos offenes, 2/2-Wegeventil ausgebildetes Trennventil 150, 156 mit den Bremskreisversorgungsleitungen 52, 72 verbunden. Durch ein Bestromen (Aktivieren) der Trennventile
15 150, 156 kann die hydraulische Verbindung zwischen den Druckräumen 80, 86 des Hauptbremszylinders 10 und den Bremskreisversorgungsleitungen 52, 72 abgesperrt werden. Ein an den Leitungsabschnitt 76 angeschlossener Drucksensor 160 erfasst den im Druckraum 86 durch ein Verschieben des zweiten Kolbens 106
20 aufgebauten Druck.

Die Simulationseinrichtung 16 ist hydraulisch an den Hauptbremszylinder 10 ankoppelbar und umfasst beispielsweise im Wesentlichen eine Simulatorkammer 166, eine
25 Simulatorfederkammer 170 sowie einen die beiden Kammern 166, 170 voneinander trennenden Simulatorkolben 174. Der Simulatorkolben 174 stützt sich durch ein in der Simulatorfederkammer 170 angeordnetes elastisches Element 180 (z. B. eine Feder), welches vorteilhafterweise vorgespannt ist, ab. Die Simulatorkammer 166
30 ist mittels eines elektrisch betätigbaren Simulatorfreigabeventils 182 mit dem ersten Druckraum 86 des Hauptbremszylinders 10 verbindbar. Bei Vorgabe eines Pedalhubs und geöffnetem Simulatorfreigabeventil 182 strömt Druckmittel vom Druckraum 80 des Hauptbremszylinders 10 in die
35 Simulatorkammer 166. Ein hydraulisch antiparallel zum Simulatorfreigabeventil 182 angeordnetes Rückschlagventil 188 ermöglicht unabhängig vom Schaltzustand des Simulatorfreigabeventils 182 ein weitgehend ungehindertes

Zurückströmen des Druckmittels von der Simulatorkammer 166 zum Druckraum 86. Andere Ausführungen und Anbindungen der Simulationseinrichtung an den Hauptbremszylinder 10 sind denkbar.

5

Die Bremsanlage 2 umfasst zwei elektrisch ansteuerbare Aktuatoren 190, 196. Der Aktuator 190 umfasst eine Zylinder-Kolben-Anordnung mit einem hydraulischen Druckraum 198, in den ein Druckkolben 200 durch einen Antrieb 204 verschiebbar ist, der einen elektrischen Motor 208 und ein Rotations-Translationsgetriebe 210 umfasst, das eine Rotation der Motorwelle in eine Translationsbewegung des Druckkolbens 200 umwandelt. Das Rotations-Translationsgetriebe 210 ist bevorzugt als Kugelgewindetrieb (KGT) ausgebildet. Der Aktuator 196 ist gleichermaßen wie der Aktuator 190 ausgebildet mit einem Druckraum 220, einem in diesen verschiebbaren Druckkolben 226 und einem Antrieb 230 mit einem elektrischen Motor 236 und einem Rotations-Translationsgetriebe 240.

10

15

20

25

30

Der Druckraum 198 des Aktuators 190 ist hydraulisch über eine Nachsaugzuleitung 250 mit einer Nachsaugleitung 256 verbunden, die eine hydraulische Verbindung zwischen dem Aktuator 190 und dem Druckmittelvorratsbehälter 20 herstellt. In die Nachsaugzuleitung 250 ist ein Rückschlagventil 260 geschaltet, welches den Rückfluss aus dem Druckraum 198 in Richtung des Druckmittelvorratsbehälters 20 verhindert. Der Druckraum 220 des Aktuators 196 ist hydraulisch über eine Nachsaugzuleitung 264 mit der Nachsaugleitung 256 verbunden, die eine hydraulische Verbindung zwischen dem Aktuator 196 und dem Druckmittelvorratsbehälter 20 herstellt. In die Nachsaugzuleitung 264 ist ein Rückschlagventil 268 geschaltet, welches den Rückfluss aus dem Druckraum 220 in Richtung des Druckmittelvorratsbehälters 20 verhindert.

35

Zur Erfassung der Rotorlage des jeweiligen Elektromotors 208, 236 ist jeweils ein Rotorlagensensor vorgesehen. Zusätzlich kann auch ein Temperatursensor zum Erfassen der Temperatur der Motorwicklung verwendet werden.

Der Druckraum 198 des Aktuators 190 ist über einen Ausstoßhydraulikanschluss 270 mit einer Druckbereitstellungsleitung 274 verbunden. In den

5 Ausstoßhydraulikanschluss 270 ist ein Rückschlagventil 276 geschaltet, welches den Fluss von Druckmittel aus dem Druckraum 198 in die Druckbereitstellungsleitung 274 erlaubt und in umgekehrter Richtung sperrt. Der Druckraum 220 des Aktuators 196 ist über einen Ausstoßhydraulikanschluss 278 mit der

10 Druckbereitstellungsleitung 274, welche ein Abschnitt der Systemdruckleitung 62 ist, verbunden. In den Ausstoßhydraulikanschluss 278 ist ein Rückschlagventil 268 geschaltet, welches den Fluss von Druckmittel aus dem Druckraum 220 in die Druckbereitstellungsleitung 274 bzw.

15 Systemdruckleitung 62 erlaubt und in umgekehrter Richtung sperrt. In Bezug auf die Druckbereitstellungsleitung 274 bzw. Systemdruckleitung 62 sind beide Aktuatoren 190, 196 hydraulisch parallel geschaltet. Die Druckbereitstellungsleitung 274 bzw. Systemdruckleitung 62 fungiert als Volumen- und

20 Druckbereitstellungsleitung.

Die Bremsanlage bzw. das Bremssystem 2 weist eine elektronische Steuer- und Regeleinheit 300 auf. Zur Steuerung der elektronischen Komponenten, die ihrerseits die

25 elektromechanischen Aktuatoren in Form der Elektromotoren und Ventile steuern, werden bevorzugt Mikroprozessoren (und/oder FPGAs und/oder ASICs) eingesetzt. Das Bremssystem 2 weist weiterhin zwei stromlos geschlossene Zuschaltventile 310, 314 auf, durch die die Druckbereitstellungsleitung 274 bzw.

30 Systemdruckleitung 62 hydraulisch mit den Bremskreisversorgungsleitungen 52, 72 verbunden werden kann. In seinem (in der Zeichnung dargestellten) nicht aktivierten (unbestromten) Zustand trennt das Zuschaltventil 310 die Bremskreisversorgungsleitung 52 von der Systemdruckleitung 62.

35 In seinem (in der Zeichnung dargestellten) nicht aktivierten (unbestromten) Zustand trennt das Zuschaltventil 314 die Bremskreisversorgungsleitung 72 von der Systemdruckleitung 62. Druckbereitstellungsleitung.

Über ein bevorzugt stromlos offenes Systemdruckventil kann elektronisch gesteuert Druckmittel von der Systemdruckleitung 62 zum Behälter abgelassen werden – zweckmäßigerweise über die Nachsaugleitung 256, oder alternativ über eine separate (nicht
5 dargestellt) Rücklaufleitung zum Behälter 20. Ein Drucksensor 330 misst den in der Druckbereitstellungsleitung 274 bzw. Systemdruckleitung 62 vorherrschenden Druck bzw. Systemdruck.

Das Bremssystem 2 ist dazu ausgebildet, bedarfsweise einen zu
10 Beginn des Bremsvorganges hohen Volumenstrom bereitstellen zu können. Es ist weiterhin dazu ausgebildet, bei Bedarf einen unterbrechungsfreien Volumenstrom bereitzustellen, im Sinne dass es im vorgesehenen Betrieb des Bremssystems inklusive der Betriebssituation einer lang anhaltenden ABS-Bremmung nicht zu
15 einer Erschöpfung der Druckmittelversorgung kommt.

Die Steuer- und Regeleinheit 300 ist dazu derart konfiguriert, dass sie bei einer Druckanforderung, die aufgrund der Pedalbetätigung durch den Fahrer und/oder Anforderungen von
20 einem Fahrsicherheits- und/oder Fahrassistenzsystem gestellt wird, bei einem Druckaufbau zu Beginn einer Bremsung zunächst beide Aktuatoren 190, 196 ansteuert. Das heißt, die Motoren 208, 236 werden derart angesteuert, dass beiden Druckkolben 200, 226 gleichzeitig in den jeweiligen Druckraum 198, 220 verfahren
25 werden. Dabei strömt Druckmittel aus dem Druckraum 198 durch den Ausstoßhydraulikanschluss 270 in die Druckbereitstellungsleitung 274 bzw. Systemdruckleitung 62 und Druckmittel aus dem Druckraum 220 durch den Ausstoßhydraulikanschluss 278 in die
30 Druckbereitstellungsleitung 274 bzw. Systemdruckleitung 62. Auf diese Weise kann zu Beginn der Bremsung ein hoher Summen-Volumenstrom bereitgestellt werden. Dies ermöglicht es, das sogenannte Lüftspiel der Radbremsen in der Hälfte der Zeit zu überwinden, die dafür mit nur einem einzelnen Volumenstrom
35 benötigt wird.

Wenn dabei der Verfahrensweg wenigstens eines Aktuators 190, 196 größer wird als ein vorgegebener Grenzverfahrensweg – zum Beispiel

die Hälfte des möglichen Verfahrenswegs, steuert die Steuer- und Regeleinheit 300 einen der beiden Aktuatoren 190, 196 derart an, dass dieser den Druckkolben 200, 226 zurückfährt und dabei über die Nachsaugleitung 256 Druckmittel aus dem

5 Druckmittelvorratsbehälter 20 nachsaugt.

Währenddessen kann der andere Aktuator 190, 196 den Druck halten oder noch weiter Druck aufbauen indem er weiter Druckmittel in die Systemdruckleitung 62 abgibt. Wenn der Nachsaugvorgang
10 abgeschlossen ist, wird bei Volumenbedarf der Druckkolben 200, 226 wieder vorgefahren, so dass durch ihn weiter oder erneut Volumen in die Systemdruckleitung 62 abgegeben und Druck aufgebaut werden kann. Der andere Druckkolben 200, 226 kann nun in einem Nachsaugvorgang zurückgefahren werden. Auf diese Weise
15 werden die beiden Aktuatoren 190, 196 alternierend dazu eingesetzt, das benötigte Druckmittelvolumen unterbrechungsfrei zur Verfügung zu stellen.

Im Gegensatz zu Systemen mit nur einem Aktuator, dessen
20 Druckmittelvolumen erschöpfbar ist und der deshalb während eines Nachsaugvorganges kein Volumen abgeben und daher auch keinen Druck aufbauen kann, ist das Druckmittelvolumen bei dem dargestellten Bremssystem 2, welches eine auf die zwei Druckräume 198, 220 aufgeteilte Volumenbereitstellung verwendet, effektiv
25 nicht erschöpfbar. Dies liegt insbesondere daran, dass immer einer der beiden Aktuatoren 190, 196 einen Druckmittelvolumenstrom in die Systemdruckleitung 62 abgeben kann.

30 Der durch die Kraftwirkung der Kolbens 200, 226 auf das in dem jeweiligen Druckraum 198, 220 eingeschlossene Druckmittel erzeugte Aktuatordruck wird in die Druckbereitstellungsleitung 274 bzw. Systemdruckleitung 62 eingespeist und mit einem vorzugsweise redundant ausgeführten Drucksensor 330 erfasst. Bei
35 geöffneten Zuschaltventilen 310, 314 und unbestromten Radventilen 40, 44, 46, 48, 50, 54, 56, 58 gelangt der Druck (Systemdruck) in die Radbremsen 30, 34, 36, 38.

Während einer „Normalbremsung“ in der „Brake-by-Wire“-Betriebsart wird zur Erhöhung des Drucks in den Radbremsen 30, 34, 36, 38 durch ein Verschieben wenigstens eines Kolbens 200, 206 Druckmittel in die Systemdruckleitung 62
5 eingespeist und für eine Absenkung des Drucks durch ein dosiertes Öffnen des Systemdruckventils 320 aus der Systemdruckleitung 62 in den Behälter 20 abgelassen. Während einer ABS- oder ESC-Bremsung mit dem Bedarf radindividuell unterschiedlicher Drücke wird in der Systemdruckleitung 62 durch ein Verschieben
10 wenigstens eines Kolbens 200, 206 ein Druck aufgebaut, der gleich oder höher ist als das Maximum der benötigten vier Radbremsdrücke und mit Hilfe der Radventilpaare 40, 50; 44, 54; 46, 56; 48, 58; werden daraus die benötigten radindividuellen Radbremsdrücke abgeleitet. Dabei wird überschüssiges Druckmittel über die
15 Rücklaufleitung 90 in den Behälter 20 abgelassen.

Weil erfindungsgemäß das Einspeisen von Druckmittel in die Systemdruckleitung 62 von zwei Aktuatoren 190, 196
bewerkstelligt wird kann erstens temporär ein erhöhter
20 Druckmittelvolumenstrom bereitgestellt werden, indem beide Aktuatoren 190, 196 gemeinsam Volumen ausstoßen und zweitens kann ein regulärer Druckmittelvolumenstrom unterbrechungsfrei bereitgestellt werden, indem phasenweise nur einer der
Aktuatoren 190, 196 den gerade benötigten
25 Druckmittelvolumenstrom bereitstellt, wodurch dem anderen Aktuator 190, 196 die Gelegenheit gegeben ist, sein internes Druckmittelvolumen durch ein Nachsaugen aus dem Behälter 20 wieder zu erhöhen. Die dafür benötigte Umkehr der
Bewegungsrichtung der Aktuator-Kolben 200, 206 führt dabei nicht
30 zu einer Pulsation des Gesamtvolumenstroms, weil es vorgesehen ist, dass der Anhaltevorgang eines Kolbens 200, 206 zum Zweck der Richtungsumkehr durch einen darauf abgestimmten
Beschleunigungsvorgang des anderen Kolbens 200, 206 derart kompensiert wird, dass sich in Summe der benötigte
35 Summen-Ausstoßvolumenstrom einstellt.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist das Bremssystem mehrere Steuer- und Regeleinheiten 300, 342, 344 auf,

die elektrisch voneinander entkoppelt sind, in dem Sinne, dass eine elektrische Störung in einer der Elektronikeinheiten, wie beispielsweise ein Kurzschluss oder eine Leitungsunterbrechung die Funktion der anderen Elektronikeinheiten nicht beeinflusst.

5 Dabei ist jedem der beiden Aktuatoren 190, 196 eine separate ECU bzw. Steuer- und Regeleinheit 342, 344 zugeordnet, die den jeweiligen Aktuator ansteuert. Beispielsgemäß steuert die Steuer- und Regeleinheit 342 den Aktuator 190 an und die Steuer- und Regeleinheit 344 steuert den Aktuator 196 an. Die Ventile
10 werden von der ECU 300 angesteuert. Dabei sind Kommunikationsverbindungen 322 zwischen den ECUs vorgesehen, über die die Steuerungs-Aktionen der ECUs miteinander koordiniert werden, wobei die Kommunikationsverbindungen eine galvanische Trennung aufweisen, so dass die oben erwähnte
15 elektrische Entkopplung gewährleistet ist.

Besonders bevorzugt ist dabei, dass jede der beiden Aktuator-ECUs 342, 344 von einem separaten Bordnetz BN1, BN2 elektrisch gespeist wird und ECU 300 aus beiden Bordnetzen.

20 Selbstverständlich muss auch für die beiden Bordnetze darauf geachtet werden, dass diese voneinander galvanisch getrennt sind. Es muss beispielsweise zuverlässig verhindert werden, dass ein Kurzschluss in einem Bordnetz auf einem elektrischen Wege ein Versagen des anderen Bordnetzes bewirken kann. In Bezug auf die
25 elektrische Energieversorgung der ECU 300 wird dies bevorzugt durch einen DC-DC-Wandler mit zwei Eingängen erreicht, die an die beiden Bordnetze angeschlossen sind. So lange eines der Bordnetze elektrische Energie liefern kann versorgt dieser DC-DC-Wandler die ECU 300 mit elektrischer Energie. Auf diese Weise kann die
30 Verfügbarkeit der Funktionen des Bremssystems 2 noch weiter gesteigert werden.

Die häufigste Ursache für eine Nicht-Verfügbarkeit einer Teilfunktion eines elektrohydraulischen Bremssystems ist
35 nämlich erfahrungsgemäß, dass eine Elektronikeinheit bzw. ECU nicht betriebsbereit ist – sei es durch einen Ausfall ihrer elektrischen Energieversorgung oder eines diagnostizierten Fehlers. Daher wird hier vorgeschlagen, die beiden Aktuatoren 190,

196 an separate Elektronikeinheiten anzuschließen und diese aus zwei unterschiedlichen elektrischen Fahrzeugbordnetzen zu versorgen. Wenn eine ECU oder ein Aktuator 190, 196 nicht betriebsbereit ist arbeitet der jeweils andere alleine weiter mit
5 der Folge, dass bei einem Nachsaugprozess die Druckbereitstellung pausieren muss. Das sich dadurch ergebende ruppige Bremsverhalten des Fahrzeugs gibt den Fahrzeuginsassen eine unmissverständliche Information, dass mit dem Bremssystem etwas nicht in Ordnung ist. Erfahrungsgemäß wird ein solcher, den
10 Komfort vermindender Effekt wesentlich besser wahrgenommen als ein Warnhinweis in Form einer aufleuchtenden Warnlampe im Armaturenbrett.

Ein Sollwert für den Systemdruck, mit dem bei einer
15 Normalbremsung alle Radbremsen beaufschlagt werden und der bei ABS- und ESC Bremsungen die Druckversorgung für den Radbremsdruckmodulator liefert, wird bevorzugt mit Hilfe von Algorithmen berechnet, die den Fahrerbremswunsch und/oder Bremsanforderungen von Assistenzsystemen als Eingangsgrößen
20 verwenden.

Ein Bremssystem 2, welches als Hilfskraftbremssystem ausgebildet ist, ist in einer bevorzugten Ausführungsform in der FIG. 2 dargestellt. Das Bremssystem 2 gliedert sich in ein Kreis-
25 bremsdruckbereitstellungsmodul 4 und ein Radbremsdruckbereitstellungsmodul 12. Das Kreisbremsdruckbereitstellungsmodul 4 umfasst einen mittels eines Betätigungs- bzw. Bremspedals 6 betätigbaren Hauptbremszylinder 10 und einen dem Hauptbremszylinder 10 zugeordneten, unter Atmosphärendruck stehenden
30 Druckmittelvorratsbehälter 20.

Das Radbremsdruckbereitstellungsmodul 12 ist zum Einstellen radindividueller Radbremsdrücke für hydraulisch betätigbare Radbremsen 30, 34, 36, 38 eingerichtet und umfasst je
35 betätigbarer Radbremse 30, 34, 36, 38 ein Differenzdruckventil 40, 44, 46, 48 und ein Druckabbauventil 50, 54, 56, 58, die paarweise über Mittenanschlüsse hydraulisch zusammengeschaltet und über Bremsleitungen und Bremsschläuche an die Radbremsen 30,

34, 36, 38 angeschlossen sind.

Den Differenzdruckventilen 40, 44, 46, 48 ist jeweils ein zu den Bremskreisversorgungsleitungen 52, 72 hin öffnendes

5 Rückschlagventil 60, 64, 66, 68 parallel geschaltet. Die Bremskreisversorgungsleitungen 52, 72 sind über Staudruckventile 460, 464 mit hydraulischen Leitungen 70, 76 verbunden, die mit den Drücken von Druckräumen 80, 86 des Hauptbremszylinders 10 beaufschlagt sind.

10

Der Hauptbremszylinder 10 des Kreisbremsdruckbereitstellungsmoduls 4 weist zwei hintereinander angeordnete Kolben 100, 106 auf, die die hydraulischen Druckräume 80, 86 begrenzen. Die Druckräume 80, 86

15

stehen einerseits über in den Kolben 100, 106 ausgebildete radiale Bohrungen sowie entsprechende Druckausgleichsleitungen 110, 116 mit dem Druckmittelvorratsbehälter 20 in Verbindung, wobei die Verbindungen durch eine Bewegung der Kolben 100, 106 relativ zum Gehäuse des Hauptbremszylinders 10 absperrrbar sind.

20

Weiterhin weist der Hauptbremszylinder 10 eine hydraulische Antriebsstufe auf, die einen Stufenkolben 420 und eine vom Stufenkolben begrenzte hydraulische Antriebskammer 430 umfasst. Der Stufenkolben prägt über einen mechanischen Kontakt dem Primärkolben 100 seinen Verfahrweg relativ zum Gehäuse des

25

Hauptbremszylinders 10 auf.

Die Druckräume 80, 86 des Hauptbremszylinders 10 nehmen nicht näher bezeichnete Rückstellfedern auf, die die Kolben 100, 106 bei unbetätigtem Hauptbremszylinder 10 in einer Ausgangslage

30

positionieren.

Bei einer Kraftbeaufschlagung des Bremspedals drückt die Kolbenstange 130 mit einem dem Hauptbremszylinder 20 zugewandten Endstück 402 über ein Kraftübertragungselement 404 gegen den

35

Stufenkolben 420. Das Kraftübertragungselement 404 hat die Aufgabe, den Stufenkolben von Schwenkbewegungen der Kolbenstange 130 zu entkoppeln. Der Stufenkolben 420 leitet die Pedalkraft über einen mechanischen Kontakt mit dem Primärkolben bzw. Kolben

100 auf diesen weiter. Bei einer Druckbeaufschlagung der hydraulischen Antriebskammer 430 übt dieser Antriebskammerdruck eine zusätzliche Kraft auf den Stufenkolben 420 aus, so dass im mechanischen Kontakt des Stufenkolbens 420 mit dem Primärkolben
5 412 die Summe aus Pedalkraft und hydraulischer Antriebskraft wirkt und in den Druckräume 80, 86 des Hauptbremszylinders 10 der Summenkraft entsprechende Drücke aufgebaut werden.

Zur Erfassung der Pedalkraft kann das Kraftübertragungselement
10 404 als ein Kraftsensor 406 ausgebildet sein. Alternativ ist in die Kolbenstange 130 ein Kraftsensor eingefügt oder die Kolbenstange selbst dient als Sensorelement, indem ihre elastische Deformation als Maß für ihre Kraftbeaufschlagung erfasst wird. Die von dem Kraftsensor 406 gemessene Kraft
15 repräsentiert die vom Fahrzeugführer auf das Bremspedal ausgeübte Pedalbetätigungskraft.

Zur Erfassung des Verfahrensweges des Stufenkolbens 420 relativ zum Gehäuse des Hauptbremszylinders 10 kann ein Wegsensor 408
20 verwendet werden, der den Weg des Stufenkolbens erfasst. Alternativ kann auch der Verfahrensweg des Primärkolbens 100 oder der Schwenkwinkel des Bremspedals 6 erfasst werden. Das entsprechende Signal repräsentiert den Bremspedalbetätigungsweg.

25 Mit dem in FIG. 2 dargestellten Hauptbremszylinder 10 kann die Funktionalität eines Bremskraftverstärkers dargestellt werden. Hierfür steuert eine Boost-ECU 436 die durch die elektrohydraulischen Aktuatoren 190, 196 und das
30 Systemdruckventil (320) gebildete Druckbereitstellungs-hydraulik so an, dass in der mit der Druckbereitstellungsleitung 274 verbundenen Antriebskammer 430 einer Verstärkungskraft entspricht, die über entsprechende Algorithmen aus den die Bremspedalkraft und den Bremspedalweg
35 repräsentierenden Signalen berechnet wird.

Außerdem kann mit dem in FIG. 2 dargestellten Hauptbremszylinder 10 eine automatisierte Bremsung durchgeführt werden, wie sie

beispielsweise für das in der Entwicklung befindliche
Automatisierte Fahren benötigt wird aber auch für heute schon
übliche Fahrerassistenzfunktionen wie eine automatische
Abstandsregelung. Für eine solche rein elektronisch gesteuerte
5 Bremsung wird einfach mit Hilfe der
Druckbereitstellungshydraulik ein entsprechender Druck in der
Antriebskammer 430 aufgebaut.

10 Im Unterschied zum Bremssystem 2 gemäß FIG. 1 mit einem Simulator
wird hier die vom Fahrzeugführer über das Bremspedal eingebrachte
Betätigungsenergie zum Betätigen der Radbremsen genutzt.

Das Bremssystem der FIG. 2 weist ein an sich bekanntes
elektrohydraulisches ESC-Modul auf, das eine Hydraulikeinheit
15 und eine Elektronikeinheit umfasst. Die Hydraulikeinheit umfasst
Ventile, Pumpen, Niederdruckspeicher und einen Elektromotor zum
Antrieb der Pumpen. Die Elektronikeinheit umfasst eine
elektronische Signalverarbeitungseinheit und Spulen zum
Aktivieren der Ventile.

20 Die Hydraulikeinheit weist vier Radbremsdruckanschlüsse auf, an
die über Bremsleitungen und Bremsschläuche die Radbremsen 30, 34,
36, 38 angeschlossen sind. Außerdem weist die Hydraulikeinheit
zwei weitere Druckanschlüsse auf, die über die
25 Hydraulikleitungen 70, 76 mit den Kammern 80, 86 des
Hautbremszylinders 10 verbunden sind. Das Bremssystem der FIG. 2
ist zweikreisig aufgebaut, was sich darin manifestiert, dass es
in den druckbeaufschlagbaren Abschnitten des Bremssystem keine
hydraulische Verbindung zwischen den beiden Bremskreisen 442,
30 446 gibt, wobei dem Bremskreis 442 die Radbremsen 30, 34 und dem
Bremskreis 446 die Radbremsen 36, 38 zugeordnet sind.

Innerhalb der Hydraulikeinheit sind den hydraulisch betätigbaren
Radbremsen 30, 34, 36, 38 je ein Differenzdruckventil 40, 44, 46,
35 48 und ein Druckabbauventil 50, 54, 56, 58, die paarweise über
Mittenanschlüsse hydraulisch zusammengeschaltet und an die
Radbremsen 30, 34, 36, 38 angeschlossen sind, zugeordnet. Die
Eingangsanschlüsse der Differenzdruckventile 40, 44, 46, 48

werden mittels Bremskreisversorgungsleitungen 52, 72 mit Drücken versorgt, die entweder über Hydraulikleitungen 70, 76 vom Hauptbremszylinder 10 geliefert werden oder über die internen Pumpen 480, 482 erzeugt werden. Hierfür münden die Ausgangsseiten
5 der Pumpen 480, 482 über Pulsationsdämpfungselemente 416, 418 in die Bremskreisversorgungsleitungen 52, 72. Den Differenzdruckventilen 40, 44, 46, 48 ist jeweils ein zu den Bremskreisversorgungsleitungen 52, 72 hin öffnendes Rückschlagventil 60, 64, 66, 68 parallel geschaltet. Das von den
10 Druckabbauventilen 50, 54, 56, 58, im Rahmen von ABS- oder ESC-Regelungsvorgängen abgelassene Druckmittel wird in Niederdruckspeichern 470, 472 gesammelt.

Die Pumpensaugseiten sind über Pumpenzufuhrventile 496, 502 mit
15 den Hydraulikleitungen 70, 76 verbindbar. Außerdem fördern zu diesem Zweck federbeaufschlagte Kolben in den Niederdruckspeichern das gegebenenfalls in den Niederdruckspeichern angesammelte Druckmittel über Rückschlagventile 486, 488 zur Pumpensaugseite. Von den Pumpen
20 im Überschuss gefördertes Druckmittel, d. h. Druckmittel das nicht zum Druckaufbau in den Radbremsen benötigt wird strömt von den Bremskreisversorgungsleitungen 52, 72 über Staudruckventile 460, 464 zu den Hydraulikleitungen 70, 76. Dabei stellt die ECU den Druck in den Bremskreisversorgungsleitungen 52, 72
25 kreisweise entsprechend dem momentanen Bedarf über die Bestromung der Staudruckventile ein.

Während Normalbremsungen, d. h. wenn keine radindividuell unterschiedliche Drücke benötigt werden bleibt das ESC-Modul
30 hydraulisch inaktiv. Eine Ausnahme von dieser Regel gilt für eine Betriebssituation des Bremssystems, in das Bremskraftverstärkermodul die benötigten Kreisbremsdrücke aufgrund des Vorliegens eines Fehlers nicht liefern kann. In dieser Situation können über die Pumpen des ESC-Moduls alle
35 Radbremsen 30, 34, 36, 38 auch mit gleichen Drücken beaufschlagt werden. Weil das ESC-Modul demnach nur in Ausnahmefällen aktiv wird, das Bremskraftverstärkermodul dagegen bei jeder Normalbremsung ist es für das Bremskraftverstärkermodul

wichtiger als für das ESC-Modul, dass es für einen leisen und komfortablen Betrieb ausgelegt wird. Weiterhin ist es sinnvoll, das ESC-Modul räumlich und schwingungstechnisch getrennt vom Bremskraftverstärkermodul anzuordnen. Dass beide Module über
5 lediglich zwei Hydraulikleitungen 70, 76, miteinander verbunden sind kommt dem entgegen.

Ein bevorzugt redundant ausgebildeter Drucksensor 490 misst den Druck in einer der Hydraulikleitungen 70, 76, in der in FIG. 2
10 dargestellten Ausführung in der Leitung 76.

Das Bremssystem der FIG. 2 weist eine dem ESC-Modul zugeordnete Steuer- und Regeleinheit 520 auf, welche insbesondere bei Regelvorgängen bedarfsweise die Ventile 50, 54, 56, 58, 40, 44,
15 46, 48 und die Pumpen 480, 482 ansteuert. Die dem Bremskraftverstärkungsmodul zugeordnete Steuer- und Regeleinheit 436 steuert die Aktuatoren 190, 196 und das Systemdruckventil 320 an.

20 In einer weiteren bevorzugten Ausführung weist das Bremssystem zwei Steuer- und Regeleinheiten 528, 526 auf, wobei die Steuer- und Regeleinheit 528 den Aktuator 190 ansteuert und die Steuer- und Regeleinheit 526 den Aktuator 196 ansteuert. Fällt eine der beiden Steuer- und Regeleinheiten 528, 526 aus, kann die andere,
25 noch funktionierende Steuer- und Regeleinheit 528, 526 den anderen Aktuator 190, 196 ansteuern, so dass noch aktiv Druck aufgebaut werden kann.

Patentansprüche

1. Bremssystem (2) für Kraftfahrzeuge, umfassend:

- hydraulisch betätigbare Radbremsen (30, 34, 36, 38);
- 5 • zumindest ein elektrisch betätigbares Radventil (40, 44, 46, 48) je Radbremse (30, 34, 36, 38) zum Einstellen radindividueller Bremsdrücke;
- eine mit einem Bremspedal (6) betätigbare
10 Betätigungseinrichtung, umfassend einen Hauptbremszylinder (10) mit wenigstens einer Druckkammer (80, 86), in die bei Betätigung des Bremspedals (6) ein Hauptbremszylinderkolben (100, 106) verschoben wird;
- einen Druckmittelvorratsbehälter (20), der mit der
15 Druckkammer (80, 86) des Hauptbremszylinders (10) in seinem unbetätigten Zustand hydraulisch verbunden ist;
- zumindest einen Sensor (140) zur Erfassung eines
Fahrerbremswunschs, dessen Signal einen Pedalweg, einen
Hauptbremszylinderkolbenweg, eine Pedalkraft, eine
Hauptbremszylinderkolbenkraft oder einen durch die
20 Hauptbremszylinderkolbenkraft erzeugten Druck repräsentiert,
- zwei elektronisch ansteuerbare elektrohydraulische
Aktuatoren (190, 196), welche jeweils durch eine
Zylinder-Kolben-Anordnung mit einem hydraulischen
25 Druckraum (198, 220) gebildet sind, und deren Druckkolben (200, 226) durch einen elektromechanischen Antrieb (204, 230) verschiebbar ist, wobei eine durch das Verschieben des Druckkolbens (200, 226) bewirkte Verkleinerung des Druckraums (198, 220) einen Ausstoßvolumenstrom und eine
30 durch Verschieben des Druckkolbens (200, 226) bewirkte Vergrößerung des Druckraums (198, 220) einen Ansaugvolumenstrom bewirkt,
- den Aktuatoren (190, 196) zugeordnete Rückschlagventile

(260, 268), die einen hydraulischen Ansaugvolumenstrom vom Druckmittelvorratsbehälter (20) zum jeweiligen Druckraum (198, 220) zulassen und einen Ausstoßvolumenstrom vom jeweiligen Druckraum (198, 220) zum

Druckmittelvorratsbehälter (20) verhindern; und

- wenigstens eine Steuer- und Regeleinheit (300, 342, 344, 436, 528, 526) zum Ansteuern der Aktuatoren (190, 196);

dadurch gekennzeichnet, dass

den beiden elektronisch ansteuerbaren Aktuatoren (190, 196) jeweils ein Ausstoßhydraulikanschluss (270, 278) zugeordnet ist, an den jeweils ein Ausstoßvolumenstrom-Rückschlagventil (270, 284) angeschlossen ist, das einen Ausstoßvolumenstrom aus dem Druckraum (198, 220) des Aktuators (190, 196) heraus zulässt und einen Ansaugvolumenstrom durch diesen Ausstoß-Hydraulikanschluss (270, 278) verhindert, wobei die den beiden Aktuatoren (198, 220) abgewandten Anschlüsse der Ausstoßvolumenstrom-Rückschlagventile gemeinsam an eine Druckbereitstellungsleitung (274) angeschlossen sind.

2. Bremssystem (2) nach Anspruch 1, wobei zwischen Druckbereitstellungsleitung (274) und einem Behälteranschluss (256) ein hydraulisches Systemdruckventil (320) geschaltet ist, das dazu eingerichtet ist, zum Zwecke eines elektronisch kontrollierten Abbaus des in der Druckbereitstellungsleitung (274) bereitgestellten Drucks einen Druckmittelvolumenstrom von der Druckbereitstellungsleitung (274) zum Behälteranschluss (256) analog zu steuern.

3. Bremssystem (2) nach Anspruch 1 oder 2, wobei ein Drucksensor (330) zur Erfassung des in der Druckbereitstellungsleitung (274) herrschenden Drucks vorgesehen ist.

4. Bremssystem (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, umfassend einen Simulator (16), der in einer Normalbetriebsart von der Betätigungseinheit betätigt wird, wobei die Steuer- und Regeleinheit (300) einen erfassten Fahrerbremswunsch verarbeitet, weiterhin umfassend eine Anordnung aus vier elektrisch angesteuerten Schaltventilen (150, 156, 310, 314), die unbestromt die Druckkammern (80, 86) des Hauptbremszylinders (10) mit den Radbremsen (30, 34, 36, 38) verbinden und bestromt den Hauptbremszylinder (10) von ihnen hydraulisch abtrennen sowie die Druckbereitstellungsleitung (274) mit den Radbremsen (30, 34, 36, 38) verbinden, wobei die Steuer- und Regeleinheit (300) den bereitgestellten Druck in Abhängigkeit des erfassten Fahrerbremswunsches und/oder eines von wenigstens einem Assistenzsystem berechneten Sollwertes regelt.
5. Bremssystem (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Betätigungseinheit eine hydraulische Antriebskammer (430) aufweist, und wobei die Antriebskammer (430) mit der Druckbereitstellungsleitung (274) verbunden ist, weiterhin umfassend eine Steuer- und Regeleinheit (436), die den bereitgestellten Druck in Abhängigkeit des erfassten Fahrerbremswunsches und/oder eines von wenigstens einem Assistenzsystem berechneten Sollwertes regelt.
6. Bremssystem (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei zur Abführung von Druckmittel aus der jeweiligen Radbremse (30, 34, 36, 38) je Radbremse (30, 34, 36, 38) ein stromlos geschlossenes Druckabbauventil (60, 64, 66, 68) vorgesehen ist.
7. Bremssystem (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei zu Beginn einer Bremsung die Steuer- und Regeleinheit (300, 436) beide Aktuatoren (190, 196) so ansteuert, dass die beiden

Druckräume (198, 220) gleichzeitig verkleinert werden, um die Summe beider daraus resultierender Abgabevolumenströme in die Breitstellungsleitung einzuspeisen um Radbremsdrücke aufzubauen.

5

8. Bremssystem (2) nach Anspruch 7, wobei, wenn beide Aktuatoren (190, 196) einen Verfahrensweg zurückgelegt haben, der größer als ein vorgegebener Grenzverfahrensweg ist, einer der Aktuatoren (190, 196) zurückfährt, um Druckmittelvolumen aus dem Druckmittelvorratsbehälter (20) anzusaugen, während der andere Aktuator (190, 196) mit der Volumenbereitstellung fortfährt.

10

9. Bremssystem (2) nach Anspruch 7 oder 8, wobei nach der Anfangsphase zu Beginn der Bremsung die Steuer- und Regeleinheit abwechselnd mit einem der beiden Aktuatoren (190, 196) die Volumenbereitstellung durchführt, während der jeweils andere Aktuator (190, 196) Druckmittel aus dem Druckmittelvorratsbehälter (20) ansaugt.

15

20

10. Bremssystem (2) nach einem der Ansprüche 2 bis 9, wobei während der Durchführung eines elektronisch kontrollierten Abbaus, insbesondere nach Anspruch 2, des Drucks in der Druckbereitstellungsleitung (274) mit Hilfe des hydraulischen Systemdruckventils (320) die Volumenbereitstellung vermindert oder gestoppt wird.

25

11. Bremssystem (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei jedem der beiden Aktuatoren (190, 196) eine separate Steuer- und Regeleinheit (342, 344; 528, 526) zugeordnet ist, die den Aktuator (190, 196) ansteuert.

30

12. Bremssystem (2) nach Anspruch 12, wobei jede der beiden Steuer- und Regeleinheiten (342, 344; 520, 526) von einem separaten Bordnetz gespeist wird.

35

13. Verfahren zum Betreiben eines Bremssystems (2), welches umfasst

- hydraulisch betätigbare Radbremsen (30, 34, 36, 38);
- zumindest ein elektrisch betätigbares Radventil (40, 44, 46, 48) je Radbremse (30, 34, 36, 38) zum Einstellen radindividueller Bremsdrücke;
- eine mit einem Bremspedal (6) betätigbare Betätigungseinrichtung, umfassend einen Hauptbremszylinder (10) mit wenigstens einer Druckkammer (80, 86), in die bei Betätigung des Bremspedals (6) ein Hauptbremszylinderkolben (100, 106) verschoben wird;
- einen Druckmittelvorratsbehälter (20), der mit der Druckkammer (80, 86) des Hauptbremszylinders in seinem unbetätigten Zustand hydraulisch verbunden ist;
- zumindest einen Sensor (140) zur Erfassung eines Fahrerbremswunschs, dessen Signal einen Pedalweg, einen Hauptbremszylinderkolbenweg, eine Pedalkraft, eine Hauptbremszylinderkolbenkraft oder einen durch die Hauptbremszylinderkolbenkraft erzeugten Druck repräsentiert,
- zwei elektronisch ansteuerbare elektrohydraulische Aktuatoren (190, 196), welche jeweils durch eine Zylinder-Kolben-Anordnung mit einem hydraulischen Druckraum (198, 220) gebildet sind, und deren Druckkolben (200, 226) durch einen elektromechanischen Antrieb (208, 236) verschiebbar ist, wobei eine durch das Verschieben des Druckkolbens (200, 226) bewirkte Verkleinerung des Druckraums (198, 220) einen Ausstoßvolumenstrom und eine durch Verschieben des Druckkolbens (200, 226) bewirkte Vergrößerung des Druckraums (198, 220) einen Ansaugvolumenstrom bewirkt,
- den Aktuatoren (190, 196) zugeordnete Rückschlagventile (260, 268), die einen hydraulischen Ansaugvolumenstrom vom

Druckmittelvorratsbehälter (20) zum jeweiligen Druckraum (198, 220) zulassen und einen Ausstoßvolumenstrom vom jeweiligen Druckraum (198, 220) zum Druckmittelvorratsbehälter (20) verhindern; und

- 5 • wenigstens eine Steuer- und Regeleinheit (300, 342, 344, 436, 520, 526) zum Ansteuern der Aktuatoren (190, 196);

dadurch gekennzeichnet dass

zu Beginn des Druckaufbaus beide elektrohydraulische Aktuatoren (190, 196) gleichzeitig Volumenströme
10 ausstoßen.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei nach einem anfänglichen Druckaufbau durch beide Aktuatoren (190, 196) weiter Druck von einem der beiden Aktuatoren (190, 196) aufgebaut wird,
15 indem dieser Druckmittel ausstößt, während der andere Aktuator (190, 196) Druckmittel ansaugt und keinen Druck aufbaut.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei nach einem anfänglichen
20 Druckaufbau durch beide Aktuatoren (190, 196) die beiden Aktuatoren (190, 196) abwechselnd Druck aufbauen.

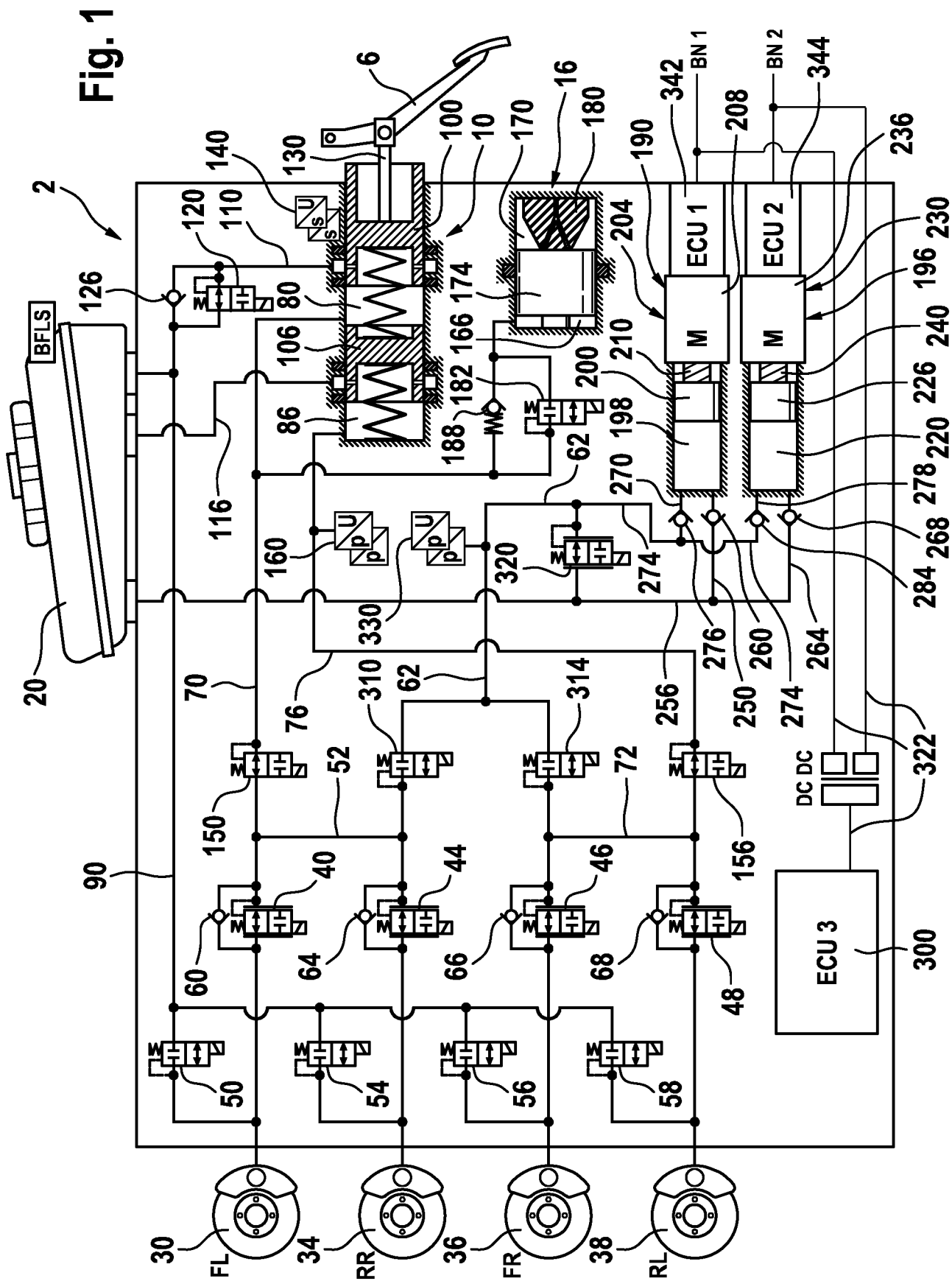
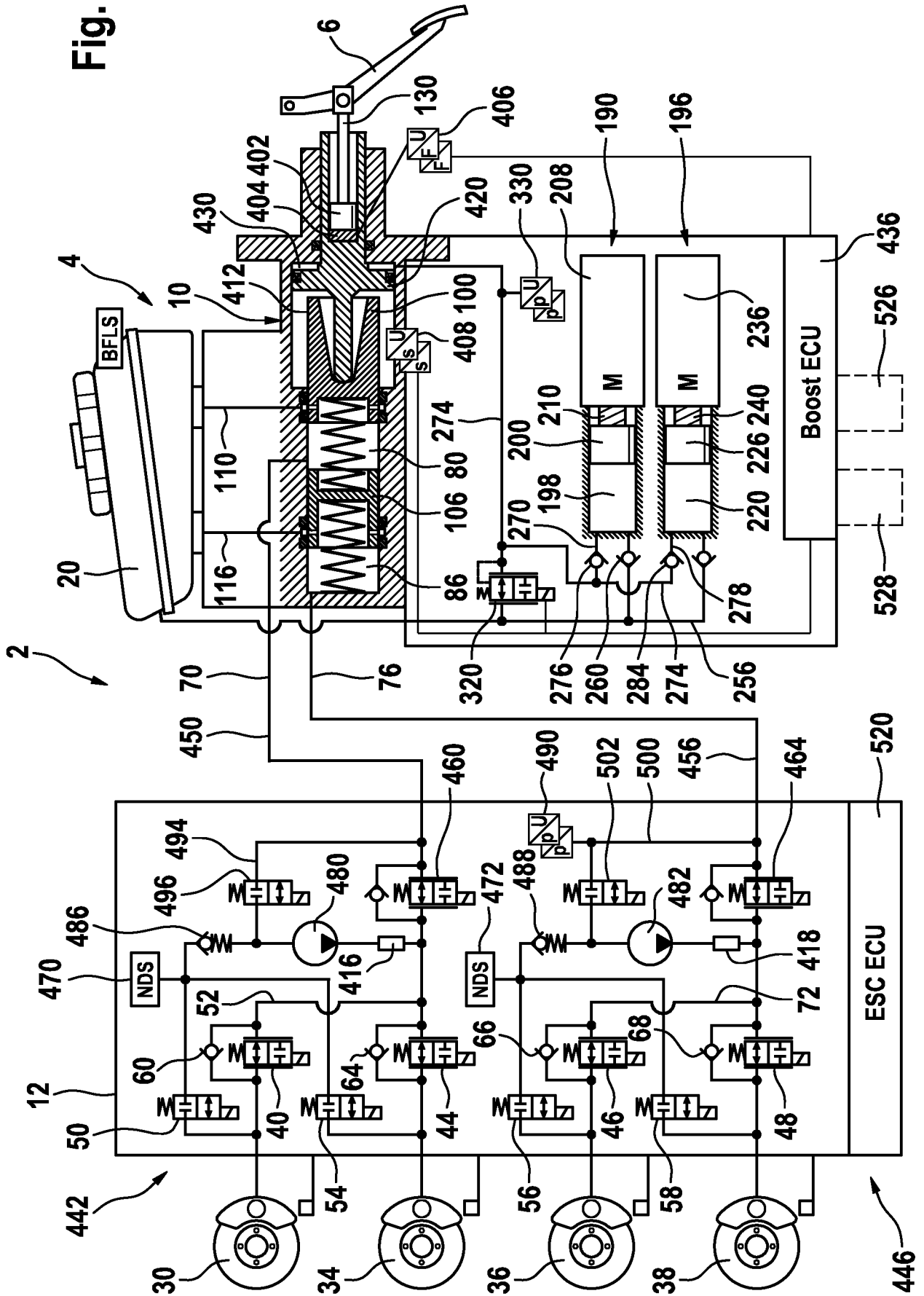


Fig. 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/068182

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B60T8/40 B60T13/74
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 A	DE 10 2011 122776 A1 (DAIMLER AG [DE]) 24 January 2013 (2013-01-24) figure 1	13 1-12, 14, 15
X A	DE 10 2013 217954 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 12 March 2015 (2015-03-12) figure	13 1, 14, 15
A	WO 2007/042432 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]; RIETH PETER [DE]; SCHIEL LOTHAR [D]) 19 April 2007 (2007-04-19) figure 1	1, 13



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

27 September 2017

Date of mailing of the international search report

10/10/2017

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

Colonna, Massimo

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/068182

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102011122776 A1	24-01-2013	NONE	

DE 102013217954 A1	12-03-2015	DE 102013217954 A1	12-03-2015
		WO 2015032637 A1	12-03-2015

WO 2007042432 A1	19-04-2007	DE 102006019040 A1	26-04-2007
		EP 1934077 A1	25-06-2008
		JP 2009511315 A	19-03-2009
		KR 20080053932 A	16-06-2008
		WO 2007042432 A1	19-04-2007

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. B60T8/40 B60T13/74
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 B60T

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2011 122776 A1 (DAIMLER AG [DE]) 24. Januar 2013 (2013-01-24)	13
A	Abbildung 1	1-12, 14, 15
X	DE 10 2013 217954 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 12. März 2015 (2015-03-12)	13
A	Abbildung	1, 14, 15
A	WO 2007/042432 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]; RIETH PETER [DE]; SCHIEL LOTHAR [D] 19. April 2007 (2007-04-19) Abbildung 1	1, 13



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

27. September 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

10/10/2017

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

Colonna, Massimo

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/068182

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102011122776 A1	24-01-2013	KEINE	
DE 102013217954 A1	12-03-2015	DE 102013217954 A1	12-03-2015
		WO 2015032637 A1	12-03-2015
WO 2007042432 A1	19-04-2007	DE 102006019040 A1	26-04-2007
		EP 1934077 A1	25-06-2008
		JP 2009511315 A	19-03-2009
		KR 20080053932 A	16-06-2008
		WO 2007042432 A1	19-04-2007