



(10) **DE 10 2017 207 954 A1** 2018.11.15

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 207 954.1**

(22) Anmeldetag: **11.05.2017**

(43) Offenlegungstag: **15.11.2018**

(51) Int Cl.: **B60T 13/66 (2006.01)**

**B60T 13/68 (2006.01)**

**B60T 13/14 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Continental Teves AG & Co. OHG, 60488  
Frankfurt, DE**

**63486 Bruchköbel, DE; Drumm, Stefan, 55291  
Saulheim, DE; Grimm, Robert, Dr., 65719 Hofheim,  
DE; Beuss, Jochen, 64390 Erzhausen, DE; El  
Alami, Younes, 60326 Frankfurt, DE**

(72) Erfinder:  
**Courth, Christian, 60439 Frankfurt, DE; Biller,  
Harald, Dr., 65760 Eschborn, DE; Dinkel, Dieter,  
65824 Schwalbach, DE; Briesewitz, Rüdiger,**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

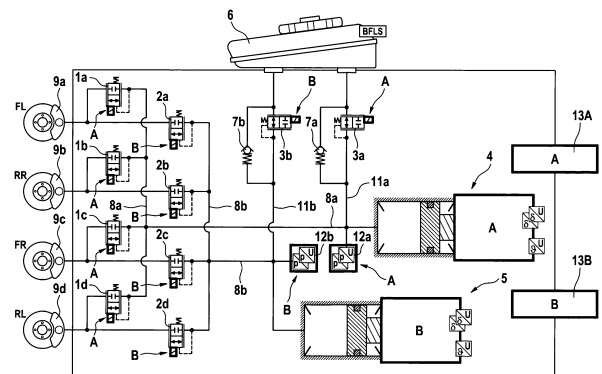
**DE 10 2013 217 954 A1**

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Bremssystem und Verfahren zum Betreiben eines solchen Bremssystems**

(57) Zusammenfassung: Bremssystem umfassend zumindest vier hydraulisch betätigbare Radbremsen (9a-9d), wobei jeder Radbremse ein erstes Radventil (1a-1d) und ein zweites Radventil (2a-2d) zugeordnet sind, einen Druckmittelvorratsbehälter (6), eine erste elektrisch betätigbare Druckbereitstellungseinrichtung (4), welche zur Betätigung der Radbremsen mit jeder der Radbremsen (9a-9d) über das jeweilige erste Radventil (1a-1d) verbunden ist, und eine zweite elektrisch betätigbare Druckbereitstellungseinrichtung (5), welche zur Betätigung der Radbremsen mit jeder der Radbremsen verbunden ist, wobei die zweite elektrisch betätigbare Druckbereitstellungseinrichtung (5) mit jeder der Radbremsen (9a-9d) über das jeweilige zweite Radventil (2a-2d) verbunden ist, und wobei die ersten und die zweiten Radventile (1a-1d, 2a-2d) stromlos geschlossen ausgeführt sind, sowie Verfahren zum Betreiben des Bremssystems.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Bremssystem gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 und ein Verfahren zum Betreiben eines solchen Bremssystems.

**[0002]** Aus der DE 10 2013 217 954 A1 ist eine „Brake-by-wire“-Bremsanlage für Kraftfahrzeuge bekannt, welche vier hydraulisch betätigbare Radbremsen, eine erste elektrisch betätigbare Druckbereitstellungseinrichtung und eine zweite elektrisch betätigbare Druckbereitstellungseinrichtung umfasst. Jeder Radbremse sind ein stromlos offenes Radventil (Einlassventil) und ein stromlos geschlossenes Radventil (Auslassventil) zugeordnet. Zur Betätigung der vier Radbremsen ist sowohl die erste als auch die zweite Druckbereitstellungseinrichtung hydraulisch mit jeder der vier Radbremsen über das jeweilige Einlassventil verbunden bzw. verbindbar. Die Bremsanlage umfasst weiterhin je Druckbereitstellungseinrichtung ein Zuschaltventil, welches zwischen der Druckbereitstellungseinrichtung und den Einlassventilen angeordnet ist. Die Zuschaltventile haben die Funktion, die Druckbereitstellungseinrichtungen im Bedarfsfall mit den Radbremsen zu verbinden und im Falle eines Fehlers die fehlerbehaftete Druckbereitstellungseinrichtung abzutrennen. Es ist weiterhin ein Kreistrennventil vorgesehen, welches in einer Trennstellung zwei Bremskreise hydraulisch derart trennt, dass in dem ersten Bremskreis zwei der vier Radbremsen von der ersten Druckbereitstellungseinrichtung über die zwei zugehörigen Einlassventile und in dem zweiten Bremskreis die anderen zwei Radbremsen von der zweiten Druckbereitstellungseinrichtung über die zwei zugehörigen Einlassventile mit Bremsdruck beaufschlagt werden.

**[0003]** Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Bremssystem mit zwei elektrisch betätigbare Druckbereitstellungseinrichtungen sowie ein Verfahren zum Betreiben des Bremssystems bereitzustellen, welches für hochautomatisiert oder autonom fahrende Kraftfahrzeuge geeignet ist und dabei kostengünstig herstellbar ist.

**[0004]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Bremssystem gemäß Anspruch 1 und ein Verfahren zum Betreiben eines Bremssystems gemäß Anspruch 12 gelöst.

**[0005]** Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, dass die erste elektrisch betätigbare Druckbereitstellungseinrichtung mit jeder der Radbremsen über das jeweilige erste Radventil verbunden ist und die zweite elektrisch betätigbare Druckbereitstellungseinrichtung mit jeder der Radbremsen über das jeweilige zweite Radventil verbunden ist, wobei die ersten und die zweiten Radventile stromlos geschlossen ausgeführt sind.

**[0006]** Ein Vorteil der Erfindung liegt darin, dass die Funktion der Druckbereitstellungseinrichtungszuschaltventile in die Radventile integriert ist. Dies bedeutet, dass auf Zuschaltventile zum Abtrennen der Druckbereitstellungseinrichtungen im Fehlerfall verzichtet werden kann. So kann z.B. ein Bremssystem mit nur acht elektrisch betätigbaren Ventilen realisiert werden.

**[0007]** Bevorzugt sind die ersten und die zweiten Radventile analogisiert oder analog angesteuert ausgeführt, um eine exakte Druckregelung an jeder Radbremse zu erreichen.

**[0008]** Bevorzugt ist in der hydraulischen Verbindung zwischen der ersten elektrisch betätigbaren Druckbereitstellungseinrichtung und den ersten Radventilen kein elektrisch betätigbares Ventil, besonders bevorzugt gar kein Ventil, angeordnet. Hierdurch werden Kosten gespart und unnötige Strömungswiderstände zwischen Druckbereitstellungseinrichtung und Radventilen vermieden.

**[0009]** Mit demselben Vorteil ist bevorzugt in der hydraulischen Verbindung zwischen der zweiten Druckbereitstellungseinrichtung und den zweiten Radventilen kein elektrisch betätigbares Ventil, besonders bevorzugt kein Ventil, angeordnet.

**[0010]** Zur Erhöhung der Verfügbarkeit der Bremsanlage ist gemäß einer Weiterbildung der Erfindung eine erste elektrische Energiequelle und eine von der ersten elektrischen Energiequelle unabhängige, zweite elektrische Energiequelle vorgesehen, wobei die erste elektrische Energiequelle die erste Druckbereitstellungseinrichtung und die ersten Radventile sowie die zweite elektrische Energiequelle die zweite Druckbereitstellungseinrichtung und die zweiten Radventile mit elektrischer Energie versorgt. So ist auch bei Ausfall einer der Energiequellen ein Druckaufbau an allen Radbremsen wie auch durch Multiplexen eine radindividuelle Druckregelung (z.B. Antilockierregelung) an allen Radbremsen möglich.

**[0011]** Um eine Druckregelung sicherzustellen, ist bevorzugt der ersten Druckbereitstellungseinrichtung ein erster Drucksensor zugeordnet, welcher von der ersten elektrischen Energiequelle mit elektrischer Energie versorgt wird, und es ist der zweiten Druckbereitstellungseinrichtung ein zweiter Drucksensor zugeordnet, welcher von der zweiten elektrischen Energiequelle mit elektrischer Energie versorgt wird.

**[0012]** Die hydraulischen Komponenten des Bremssystems, wie Druckbereitstellungseinrichtungen, Ventile und ggf. Drucksensoren, sind bevorzugt in einem einzigen elektrohydraulischen Aggregat angeordnet.

**[0013]** Alternativ ist es bevorzugt, dass die hydraulischen Komponenten, welche derselben elektrischen Energiequelle zugeordnet sind, in einem eigenen elektrohydraulischen Aggregat angeordnet sind. Das Bremssystem umfasst dann zumindest zwei Aggregate. Aus Gründen der Kostenreduzierung sind die beiden Aggregate besonders bevorzugt identisch aufgebaut.

**[0014]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Bremssystems ist zumindest eine der beiden Druckbereitstellungseinrichtungen als eine Kolbenpumpe oder Zahnradpumpe ausgeführt, deren Saugseite mit dem Druckmittelvorratsbehälter und deren Druckseite mit den Radbremsen verbunden ist. Um einen symmetrischen Aufbau oder identische Aggregate zu erhalten, sind besonders bevorzugt beiden Druckbereitstellungseinrichtungen als je eine Kolbenpumpe oder Zahnradpumpe ausgeführt.

**[0015]** Um eine Druckregelung durch Überströmen zu ermöglichen, ist der Kolbenpumpe oder Zahnradpumpe ein, vorteilhafterweise stromlos geschlossenes, Trennventil hydraulisch parallel geschaltet.

**[0016]** Bevorzugt ist der Kolbenpumpe oder Zahnradpumpe ein Rückschlagventil hydraulisch parallel geschaltet, welches in Richtung des Druckmittelvorratsbehälters sperrt.

**[0017]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Bremssystems ist zumindest eine der beiden Druckbereitstellungseinrichtungen als eine Zylinder-Kolben-Anordnung ausgeführt mit einem Druckraum, welcher von einem Kolben begrenzt wird, der mittels eines Elektromotors und eines Rotations-Translationsgetriebes für einen Druckaufbau in den Radbremsen in eine Betätigungsrichtung oder für einen Druckabbau in den Radbremsen in die der Betätigungsrichtung entgegengesetzte Richtung verschoben wird. Um einen symmetrischen Aufbau oder identische Aggregate zu erhalten, sind besonders bevorzugt beiden Druckbereitstellungseinrichtungen je als solch eine Zylinder-Kolben-Anordnung ausgeführt.

**[0018]** Zum Ablassen von Druckmittel in den Druckmittelvorratsbehälter ist der Druckraum der Druckbereitstellungseinrichtung bevorzugt über ein, vorteilhafterweise stromlos offenes, Trennventil mit dem Druckmittelvorratsbehälter verbunden. Besonders bevorzugt ist dem Trennventil ein Rückschlagventil hydraulisch parallel geschaltet, welches in Richtung des Druckmittelvorratsbehälters sperrt, um auch bei geschlossenem Trennventil Druckmittel in den Druckraum nachsaugen zu können durch Verfahren des Kolbens entgegen der Betätigungsrichtung.

**[0019]** Es ist bevorzugt, dass in dem Druckraum ein Rückstellelement vorgesehen ist, welches bei stromlosem Elektromotor den Kolben in einem unbetätigten Zustand, an einem Anschlag entgegen der Betätigungsrichtung positioniert.

**[0020]** Bevorzugt ist der Druckraum in dem unbetätigten Zustand des Kolbens über zumindest ein Schnüffeloch mit dem Druckmittelvorratsbehälter verbunden, wobei diese Verbindung bei einer Betätigung des Kolbens unterbrochen wird.

**[0021]** Bevorzugt ist das Rotations-Translationsgetriebe nicht selbsthemmend ausgeführt.

**[0022]** Bevorzugt sind die ersten Radventile über ein erstes, vorteilhafterweise stromlos offenes, Trennventil mit dem Druckmittelvorratsbehälter verbunden. Besonders bevorzugt ist dem ersten Trennventil erstes Rückschlagventil hydraulisch parallel geschaltet, welches in Richtung des Druckmittelvorratsbehälters sperrt.

**[0023]** Bevorzugt sind die zweiten Radventile über ein zweites, Bevorzugt sind stromlos offenes, Trennventil mit dem Druckmittelvorratsbehälter verbunden. Besonders bevorzugt ist dem zweiten Trennventil ein zweites Rückschlagventil hydraulisch parallel geschaltet.

**[0024]** Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Betreiben eines Bremssystems. Dabei werden bei einer Normalbremsung zur Betätigung der Radbremsen die erste und die zweite Druckbereitstellungseinrichtung zum Aufbau einer Druckes angesteuert, wobei die erste Druckbereitstellungseinrichtung durch Öffnen von zwei ersten Radventilen mit zwei der Radbremsen verbunden wird und die zweite Druckbereitstellungseinrichtung durch Öffnen der entsprechenden zweiten Radventile mit den anderen Radbremsen verbunden wird. So kann ein dynamischer Druckaufbau an allen Radbremsen erzielt werden.

**[0025]** Unter einer Normalbremsung wird eine durch einen Fahrer oder eine Autopilotfunktion initiierte Bremsung verstanden, bei welcher alle Radbremsen mit demselben Bremsdruck beaufschlagt werden und keine radindividuelle Bremsdruckregelung stattfindet.

**[0026]** Im Falle eines Bremssystems mit einem oder mehr Trennventilen wird dabei bevorzugt das Trennventil bzw. werden die Trennventile geschlossen.

**[0027]** Die geöffneten ersten und zweiten Radventile bleiben bevorzugt mindestens bis zur Beendigung der Normalbremsung geöffnet.

**[0028]** Weitere bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen

und der nachfolgenden Beschreibung anhand von Figuren.

**[0029]** Es zeigen schematisch:

**Fig. 1** ein erstes beispielsweise Bremssystem,

**Fig. 2** ein zweites beispielsweise Bremssystem, und

**Fig. 3** ein drittes beispielsweise Bremssystem.

**[0030]** Das in **Fig. 1** dargestellte beispielsweise Bremssystem umfasst vier hydraulisch betätigbare Radbremsen **9a-9d**, eine erste elektrisch betätigbare Druckbereitstellungseinrichtung **4**, eine zweite elektrisch betätigbare Druckbereitstellungseinrichtung **5** und einen unter Atmosphärendruck stehenden Druckmittelvorratsbehälter **6**. Zur Betätigung der Radbremsen **9a-9d** ist sowohl die erste elektrisch betätigbare Druckbereitstellungseinrichtung **4** als auch die zweite elektrisch betätigbare Druckbereitstellungseinrichtung **5** mit jeder der Radbremsen **9a-9d** hydraulisch trennbar verbunden.

**[0031]** Jeder der Radbremsen **9a-9d** ist ein erstes stromlos geschlossen ausgeführtes Radventil **1a-1d** und ein zweites stromlos geschlossen ausgeführtes Radventil **2a-2d** zugeordnet, wobei die erste elektrisch betätigbare Druckbereitstellungseinrichtung **4** mit den Radbremsen **9a-9d** über die ersten Radventile **1a-1d** verbunden ist und die zweite elektrisch betätigbare Druckbereitstellungseinrichtung **5** über die zweiten Radventile **2a-2d** mit den Radbremsen **9a-9d** verbunden ist. Das Bremssystem enthält keine weiteren (Rad)Ventile, welche den einzelnen Radbremsen **9a-9d** zugeordnet sind.

**[0032]** Je Radbremse **9a, 9b, 9c, 9d** ist ein Ausgangsanschluss des ersten Radventils **1a, 1b, 1c, 1d** und ein Ausgangsanschluss des zweiten Radventils **2a, 2b, 2c, 2d** mit der Radbremse verbunden. Die Eingangsanschlüsse der ersten Radventile **1a-1d** sind über eine Verbindungsleitung **8a** mit der ersten Druckbereitstellungseinrichtung **4** bzw. deren Druckraum direkt hydraulisch verbunden und die Eingangsanschlüsse der zweiten Radventile **2a-2d** sind über eine Verbindungsleitung **8b** mit der zweiten Druckbereitstellungseinrichtung **5** bzw. deren Druckraum direkt hydraulisch verbunden. „Direkt hydraulisch verbunden“ ist hier in dem Sinne zu verstehen, dass kein elektrisch betätigbares Ventil oder gar kein Ventil (z.B. Rückschlagventil) in der Verbindungsleitung **8a, 8b** angeordnet ist.

**[0033]** Die ersten und zweiten Radventile **1a-1d, 2a-2d** sind vorteilhafterweise analogisiert oder analog angesteuert ausgeführt, um eine exakte Druckeinstellung an den Radbremsen **9a, 9b, 9c, 9d** zu ermöglichen.

**[0034]** Beispielsgemäß umfasst das Bremssystem eine (nicht dargestellte) elektronische Steuer- und Regeleinheit zur Ansteuerung der Radventile **1a-1d, 2a-2d** und der Druckbereitstellungseinrichtungen **4, 5**.

**[0035]** Der ersten Druckbereitstellungseinrichtung **4** ist ein erster Drucksensor **12a** zugeordnet, welcher den von der Druckbereitstellungseinrichtung **4** bereitgestellten Druck misst. Ebenso ist der zweiten Druckbereitstellungseinrichtung **5** ein (zweiter) Drucksensor **12b** zugeordnet, ist, welcher den von der Druckbereitstellungseinrichtung **5** bereitgestellten Druck misst.

**[0036]** Eine Druckregelung bei Normalbremsung erfolgt über die Druckbereitstellungseinrichtungen **4, 5** und die Drucksensoren **12a, 12b** für Bremsdruckaufbau und -abbau.

**[0037]** Beispielsgemäß werden beide Druckbereitstellungseinrichtungen **4, 5** durch einen sogenannten Linearaktuator oder Linearpumpe gebildet. Hierzu weisen beide Druckbereitstellungseinrichtungen **4, 5** jeweils einen Elektromotor **22** auf, dessen rotatorische Bewegung mittels eines schematisch angeordneten Rotations-Translationsgetriebes **23** in eine translatorische Bewegung eines Kolbens **21** umgesetzt wird, der für einen Druckaufbau an der Druckbereitstellungseinrichtung in eine Betätigungsrichtung **24** in einen hydraulischen Druckraum **20** verschoben wird. Für einen Druckabbau an der Druckbereitstellungseinrichtung wird der Kolben **21** in die der Betätigungsrichtung **24** entgegengesetzte Richtung verschoben.

**[0038]** Je Druckbereitstellungseinrichtungen **4, 5** ist der Druckraum **20** bzw. die Verbindungsleitung **8a, 8b** über eine Ansaugleitung **11a, 11b** mit dem Druckmittelvorratsbehälter **6** verbunden. Dabei ist jeweils in der Ansaugleitung **11a, 11b** eine Parallelschaltung aus einem stromlos offenen Trennventil **3a, 3b** und einem Rückschlagventil **7a, 7b** angeordnet, wobei das Rückschlagventil **7a, 7b** einen Fluss von Druckmittel aus dem Druckmittelvorratsbehälter **6** in den Druckraum **20** erlaubt und in entgegengesetzter Richtung sperrt. Über das Rückschlagventil **7a, 7b** kann bei geschlossenem Trennventil **3a, 3b** Druckmittel aus dem Druckmittelvorratsbehälter **6** in den Druckraum **20** nachgesaugt werden. Das jeweilige Trennventil **3a, 3b** kann bei einem gewünschten Bremsdruckabbau während einer Antiblockierregelung zum Ablassen von Druckmittel aus einer oder mehreren Radbremsen in den Druckmittelvorratsbehälter **6** genutzt werden. Die Trennventile **3a, 3b** sind daher vorteilhafterweise analogisiert oder analog angesteuert ausgeführt.

**[0039]** Entsprechend sind die ersten Radventile **1a-1d** über das erste Trennventil **3a** und die zweiten

Radventile **2a-2d** über das zweite Trennventil **3b** mit dem Druckmittelvorratsbehälter **6** trennbar verbunden.

**[0040]** Gemäß einem anderen, nicht dargestellten Ausführungsbeispiel des Bremssystems kann eine der beiden Druckbereitstellungseinrichtungen **4, 5** oder können beide Druckbereitstellungseinrichtungen **4, 5** als eine Kolbenpumpe oder als eine Zahnradpumpe ausgeführt sein. Die Saugseite der Kolbenpumpe oder Zahnradpumpe ist dann (jeweils) über eine Ansaugleitung mit dem Druckmittelvorratsbehälter **6** und ihre Druckseite ist, entsprechend der Verbindungsleitung **8a** oder **8b**, mit den entsprechenden Radventilen **1a-1d** oder **2a-2d** verbunden. Vorteilhafterweise ist der Kolbenpumpe oder Zahnradpumpe eine Parallelschaltung aus einem, z.B. stromlos offen, Trennventil **3a, 3b** und einem in Richtung des Druckmittelvorratsbehälters **6** sperrenden Rückschlagventil **7a, 7b** hydraulisch parallel geschaltet. Das Trennventil **3a, 3b** ist vorteilhafterweise analogisiert oder analog angesteuert ausgeführt, so kann das Trennventil zur Regelung des Druckes der Kolbenpumpe oder Zahnradpumpe durch Überströmen verwendet werden.

**[0041]** Das beispielesgemäße Bremssystem der **Fig. 1** wie auch das oben beschriebene, nicht dargestellte Ausführungsbeispiel eines Bremssystems umfasst vorteilhafterweise insgesamt nur zehn Magnetventile **1a-1d, 2a-2d, 3a, 3b**.

**[0042]** Das in **Fig. 2** dargestellte zweite Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Bremssystems entspricht bezüglich des hydraulischen Aufbaus dem Ausführungsbeispiel der **Fig. 1**, wobei zusätzlich zwei, voneinander unabhängige elektrische Energiequellen (z.B. Bordnetze) **13A, 13B** vorgesehen sind.

**[0043]** Die eine (erste) elektrische Energiequelle **13A** versorgt die erste Druckbereitstellungseinrichtung **4** sowie die ersten Radventile **1a-1d** (dies ist in **Fig. 2** durch den Buchstaben A an den Komponenten gekennzeichnet), während die zweite Druckbereitstellungseinrichtungen **5** sowie die zweiten Radventile **2a-2d** von der anderen (zweiten) elektrischen Energiequelle **13B** versorgt werden (dies ist in **Fig. 2** durch den Buchstaben B an den Komponenten gekennzeichnet).

**[0044]** Dadurch, dass die parallelgeschalteten Radventile (d.h. die ersten Radventile **1a-1d** oder die zweiten Radventile **2a-2d**) an der gleichen Energieversorgung (**13A** oder **13B**) wie die mit ihnen verbundene Druckbereitstellungseinrichtung (**4** oder **5**) angeschlossen sind, ist sichergestellt, dass bei Ausfall einer Energieversorgung (**13A** oder **13B**) die entsprechende Druckbereitstellungseinrichtung (**4** oder **5**) durch Abschalten und stromloses Schließen der entsprechenden Radventile (**1a-1d** oder **2a-2d**) vom ver-

bleibenden redundanten Bremssystem hydraulisch getrennt wird.

**[0045]** Um eine Druckregelung der entsprechenden Druckbereitstellungseinrichtung **4, 5** durchzuführen zu können, wird vorteilhafterweise der erste Drucksensor **12a** von der ersten Energiequelle **13A** (durch A gekennzeichnet) und der zweite Drucksensor **12b** von der zweiten Energiequelle **13B** (durch B gekennzeichnet) versorgt.

**[0046]** Im Falle, dass einer Druckbereitstellungseinrichtung **4** oder **5** ein elektrisch betätigbares Trennventil **3a** oder **3b** zugeordnet ist, wird das Trennventil vorteilhafterweise von derselben Energiequelle wie die zugeordnete Druckbereitstellungseinrichtung versorgt bzw. gespeist. Im Ausführungsbeispiel der **Fig. 2** wird daher das Trennventil **3a** (durch A gekennzeichnet) von der ersten Energiequelle **13A** und das Trennventil **3b** (durch B gekennzeichnet) von der zweiten Energiequelle **13B** versorgt. Entsprechendes gilt, wenn die Druckbereitstellungseinrichtung(en) als Kolbenpumpe oder Zahnradpumpe ausgeführt ist/sind.

**[0047]** Die hydraulischen Komponenten des Bremssystems sind bevorzugt in einer einzigen elektrohydraulischen Steuer- und Kontrolleinheit angeordnet (d.h. in einem elektrohydraulischen Aggregat).

**[0048]** Alternativ ist es bevorzugt, dass die hydraulischen Komponenten, welche dem ersten Bordnetz **13A** zugeordnet sind, in einem ersten elektrohydraulischen Aggregat und die hydraulischen Komponenten, welche dem zweiten Bordnetz **13B** zugeordnet sind, in einem zweiten elektrohydraulischen Aggregat angeordnet sind, wobei die Aggregate durch Rohre außerhalb mit den Radbremsen **9a-9d** verbunden sind. Besonders bevorzugt sind die beiden Aggregate identisch.

**[0049]** Verfahren zum Betreiben der beispielesgemäßen Bremssysteme der **Fig. 1** und **Fig. 2** werden im Folgenden beschrieben.

**[0050]** Bei einer Normalbremsung werden zum dynamischen Bremsdruckaufbau beide Druckbereitstellungseinrichtungen **4, 5** genutzt, wobei eine der Druckbereitstellungseinrichtungen (z.B. Druckbereitstellungseinrichtung **4**) durch Öffnen von zwei der mit ihr verbundenen Radventile (z.B. zwei der ersten Radventile **1a-1d**) mit zwei der Radbremsen verbunden wird, und wobei die andere Druckbereitstellungseinrichtungen (z.B. Druckbereitstellungseinrichtung **5**) mittels zwei der mit ihr verbundenen Radventile (z.B. zwei der zweiten Radventile **2a-2d**) mit den anderen Radbremsen verbunden wird. Die stromlos offenen Trennventile **3a, 3b** werden dabei geschlossen.

**[0051]** Z.B. wird die eine Druckbereitstellungseinrichtung (z.B. 4) mit den Radbremsen **9a** und **9b** des linken Vorderrades FL und des rechten Hinterrades RR verbunden und die andere Druckbereitstellungseinrichtung (z.B. 5) wird mit den Radbremsen **9c** und **9d** des rechten Vorderrades RL und des linken Hinterrades RL verbunden (diagonale Aufteilung).

**[0052]** Die Aufteilung kann auch achsweise erfolgen (eine Druckbereitstellungseinrichtung wird mit den Radbremsen der Vorderräder FL, FR und die andere Druckbereitstellungseinrichtung mit den Radbremsen der Hinterräder RL, RR verbunden). Dann können auch Zusatzfunktionen, wie achsweises Blending, durchgeführt werden.

**[0053]** Die Druckregelung erfolgt über die Druckbereitstellungseinrichtungen **4**, **5** und die Drucksensoren **12a**, **12b** für Bremsdruckaufbau und Bremsdruckabbau. Die Radventile **1a-1d** und **2a-2d** bleiben mindestens bis zur Beendigung der Bremsung geöffnet.

**[0054]** Für eine Aniblockierregelung (generell radindividuelle Schlupfregelung) wird vorteilhafterweise wie folgt vorgegangen.

**[0055]** Gerät ein Rad (oder mehrere Räder) in Schlupf (z.B. Radbremse **9a**), wird das entsprechende, bisher geöffnete Radventil geschlossen (z.B. **1a**) (Phase **1**).

**[0056]** Um einen Bremsdruckabbau (Phase **2**) durchzuführen, wird eine der beiden Druckbereitstellungseinrichtungen angehalten und das dazugehörige Trennventil geöffnet. Nun kann das andere (dem jetzt drucklos geschalteten Kreis zugeordnete) Radventil durch Öffnen einen Druckabbau über das Trennventil in den Vorratsbehälter **6** durchführen.

**[0057]** Die andere Druckbereitstellungseinrichtung dient weiter als Druckquelle und erlaubt durch Druckregelung und Modulation der vier ihr zugeordneten Radventile den radindividuellen Druckaufbau (Phase **3**) zur Steuerung des gewünschten Radschlupfverlaufs. Die Modulation erfolgt radindividuell und unabhängig voneinander, d.h. es wird keine Multiplexen durchgeführt.

**[0058]** Die Funktion der Druckquelle und Drucksenke in der Schlupfregelung können beide Druckbereitstellungseinrichtungen gleichwertig übernehmen. Bei Ausfall einer der beiden Druckbereitstellungseinrichtungen ist bei eingeschränkter Druckaufbaudynamik eine uneingeschränkte Antiblockierregelung an allen Radbremsen **9a-9d** möglich (wenn die Verfügbarkeit aller Radventile gegeben ist).

**[0059]** In **Fig. 3** ist ein drittes beispielesgemäßes Bremssystem dargestellt. Im Unterschied zu dem hydraulischen Aufbau der Bremssysteme der **Fig. 1** und

**Fig. 2** sind die beiden Druckbereitstellungseinrichtungen **4**, **5** je als ein Linearaktuator ausgebildet, der in seinem Druckraum **20** angeordnetes Rückstellelement **25** und Schnüffellöcher zur Verbindung mit dem Druckmittelvorratsbehälter **6** umfasst. So können die beiden Trennventile **3a**, **3b** sowie die Nachsaugventile **7a**, **7b** (wie auch eine Ansaugleitung **11a**, **11b** zwischen der Verbindungsleitung **8a**, **8b** und dem Druckmittelvorratsbehälter **6** gemäß **Fig. 1**, **Fig. 2**) entfallen.

**[0060]** Der Druckraum **20** ist in einem unbetätigten Zustand des Kolbens **21** über die Schnüffellöcher und eine Ansaugleitung **11a**, **11b** hydraulisch mit dem Druckmittelvorratsbehälter **6** verbunden, wobei die Verbindung bei einer ausreichenden Betätigung des Kolbens **21** getrennt wird. Der Linearaktuator hat also eine Verbindung zum Vorratsbehälter **6** über zumindest ein Schnüffelloch, die wegabhängig bei Betätigung des Kolbens **21** schließt, daher wird kein Trennventil mit dieser Funktion benötigt.

**[0061]** Durch das Rückstellelement **25**, z.B. eine Druckfeder, wird der Kolben **21** gegen Reibungen an einen Anschlag (entgegen der Betätigungsrichtung **24**) so zurückgestellt, dass im stromlosen Zustand des Linearaktuators das oder die Schnüffellöcher geöffnet werden (sog. unbetätigter Zustand des Kolbens). Um dies zu ermöglichen, ist das Rotations-Translationsgetriebe nicht selbsthemmend ausgelegt.

**[0062]** Das beispielesgemäße Bremssystem der **Fig. 3** umfasst vorteilhafterweise insgesamt nur acht Magnetventile, nämlich die Radventile **1a-1d**, **2a-2d**.

**[0063]** Ein Verfahren zum Betreiben des beispielesgemäßen Bremssystems der **Fig. 3** bei einer Normalbremsung wird im Folgenden beschrieben.

**[0064]** Zum dynamischen Bremsdruckaufbau werden beide Druckbereitstellungseinrichtungen **4**, **5** genutzt, wobei eine der Druckbereitstellungseinrichtungen (z.B. Druckbereitstellungseinrichtung **4**) durch Öffnen von zwei der mit ihr verbundenen Radventile (z.B. zwei der ersten Radventile **1a-1d**) mit zwei der Radbremsen verbunden wird, und wobei die andere Druckbereitstellungseinrichtungen (z.B. Druckbereitstellungseinrichtung **5**) mittels zwei der mit ihr verbundenen Radventile (z.B. zwei der zweiten Radventile **2a-2d**) mit den anderen Radbremsen verbunden wird.

**[0065]** Z.B. wird die eine Druckbereitstellungseinrichtung mit den Radbremsen **9a** und **9b** des linken Vorderrades FL und des rechten Hinterrades RR verbunden und die andere Druckbereitstellungseinrichtung wird mit den Radbremsen **9c** und **9d** des rechten Vorderrades RL und des linken Hinterrades RL

verbunden. Die Aufteilung kann auch achsweise erfolgen.

**[0066]** Eine Druckregelung erfolgt über die Druckbereitstellungseinrichtungen **4**, **5** und die Drucksensoren **12a**, **12b** für Bremsdruckaufbau und Bremsdruckabbau. Die Radventile **1a-1d** und **2a-2d** bleiben mindestens bis zur Beendigung der Bremsung geöffnet.

**[0067]** Die beispielegemäßen Bremssysteme bieten die folgenden Vorteile:

**[0068]** Es sind keine (z.B. elektrisch betätigbaren) Ventile zum Abtrennen einer Druckbereitstellungseinrichtung bei Ausfall erforderlich. Diese Funktion ist sozusagen in den Radventilen integriert.

**[0069]** Die Bremssysteme sind symmetrisch aufgebaut, sie bestehen je aus zwei identischen redundanten Teilsystemen.

**[0070]** Es wird nur ein Ventiltyp (stromlos geschlossen) für alle Radventile benötigt.

**[0071]** Es liegt eine 4-kanalige Redundanz des Raddruckreglers bei Ausfall einer Druckbereitstellungseinrichtung vor.

**[0072]** Bei Ausfall eines Bordnetzes ist eine Antiblockierregelung im Multiplex-Modus über die Druckbereitstellungseinrichtung möglich.

**[0073]** Entsprechend dem zweiten Ausführungsbeispiel sind auch in diesem Ausführungsbeispiel vorteilhafterweise zwei, voneinander unabhängige elektrische Energiequellen (z.B. Bordnetze) **13A**, **13B** vorgesehen (nicht dargestellt in **Fig. 3**). Die erste elektrische Energiequelle **13A** versorgt die erste Druckbereitstellungseinrichtung **4** sowie die ersten Radventile **1a-1d** (dies ist in **Fig. 3** durch den Buchstaben A an den Komponenten gekennzeichnet), während die zweite Druckbereitstellungseinrichtungen **5** sowie die zweiten Radventile **2a-2d** von der anderen (zweiten) elektrischen Energiequelle **13B** versorgt werden (dies ist in **Fig. 3** durch den Buchstaben B an den Komponenten gekennzeichnet). Weiterhin werden der erste Drucksensor **12a** von der ersten Energiequelle **13A** (durch A gekennzeichnet) und der zweite Drucksensor **12b** von der zweiten Energiequelle **13B** (durch B gekennzeichnet) versorgt.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 102013217954 A1 [0002]

## Patentansprüche

### 1. Bremssystem umfassend

- zumindest vier hydraulisch betätigbare Radbremsen (9a-9d), wobei jeder Radbremse ein erstes Radventil (1a-1d) und ein zweites Radventil (2a-2d) zugeordnet sind,
- einen, insbesondere unter Atmosphärendruck stehenden, Druckmittelvorratsbehälter (6),
- eine erste elektrisch betätigbare Druckbereitstellungseinrichtung (4), welche zur Betätigung der Radbremsen mit jeder der Radbremsen (9a-9d) über das jeweilige erste Radventil (1a-1d) verbunden ist, und
- eine zweite elektrisch betätigbare Druckbereitstellungseinrichtung (5), welche zur Betätigung der Radbremsen mit jeder der Radbremsen verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite elektrisch betätigbare Druckbereitstellungseinrichtung (5) mit jeder der Radbremsen (9a-9d) über das jeweilige zweite Radventil (2a-2d) verbunden ist, wobei die ersten und die zweiten Radventile (1a-1d, 2a-2d) stromlos geschlossen ausgeführt sind.

2. Bremssystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die ersten und die zweiten Radventile analogisiert oder analog angesteuert ausgeführt sind.

3. Bremssystem nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der hydraulischen Verbindung (8a) zwischen der ersten elektrisch betätigbaren Druckbereitstellungseinrichtung (4) und den ersten Radventilen (1a-1d) kein elektrisch betätigbares Ventil, insbesondere kein Ventil, angeordnet ist.

4. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der hydraulischen Verbindung (8b) zwischen der zweiten elektrisch betätigbaren Druckbereitstellungseinrichtung (5) und den zweiten Radventilen (2a-2d) kein elektrisch betätigbares Ventil, insbesondere kein Ventil, angeordnet ist.

5. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine erste elektrische Energiequelle (13A) und eine von der ersten elektrischen Energiequelle unabhängige, zweite elektrische Energiequelle (13B) vorgesehen sind, wobei die erste elektrische Energiequelle die erste Druckbereitstellungseinrichtung (4) und die ersten Radventile (1a-1d) sowie die zweite elektrische Energiequelle die zweite Druckbereitstellungseinrichtung (5) und die zweiten Radventile (2a-2) mit elektrischer Energie versorgt.

6. Bremssystem nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der ersten Druckbereitstellungseinrichtung (4) ein erster Drucksensor (12a) zugeordnet ist, welcher von der ersten elektrischen Energiequelle (13A) mit elektrischer Energie versorgt

wird, und dass der zweiten Druckbereitstellungseinrichtung (5) ein zweiter Drucksensor (12b) zugeordnet ist, welcher von der zweiten elektrischen Energiequelle (13B) mit elektrischer Energie versorgt wird.

7. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine der beiden Druckbereitstellungseinrichtungen (4, 5) als eine Zylinder-Kolben-Anordnung ausgeführt ist mit einem Druckraum (20), welcher von einem Kolben (21) begrenzt wird, der mittels eines Elektromotors und eines Rotations-Translationsgetriebes für einen Druckaufbau in den Radbremsen in eine Betätigungsrichtung und für einen Druckabbau in den Radbremsen in die der Betätigungsrichtung entgegengesetzte Richtung verschiebbar ist.

8. Bremssystem nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Druckraum (20) über ein, insbesondere stromlos offenes, Trennventil (3a, 3b) mit dem Druckmittelvorratsbehälter (6) verbunden ist, wobei insbesondere dem Trennventil ein Rückschlagventil (7a, 7b) hydraulisch parallel geschaltet ist, welches in Richtung des Druckmittelvorratsbehälters sperrt.

9. Bremssystem nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem Druckraum (20) ein Rückstellelement (25) vorgesehen ist, welches bei stromlosem Elektromotor (22) den Kolben (21) in einem unbetätigten Zustand, an einem Anschlag entgegen der Betätigungsrichtung (24) positioniert.

10. Bremssystem nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Rotations-Translationsgetriebe (23) nicht selbsthemmend ausgeführt ist.

11. Bremssystem nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Druckraum (20) in dem unbetätigten Zustand des Kolbens (21) über zumindest ein Schnüffelloch mit dem Druckmittelvorratsbehälter (6) verbunden ist, wobei diese Verbindung bei einer Betätigung des Kolbens (21) unterbrochen wird.

12. Verfahren zum Betreiben eines Bremssystems nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einer Normalbremsung zur Betätigung der Radbremsen die erste und die zweite Druckbereitstellungseinrichtung (4, 5) zum Aufbau einer Druckes angesteuert werden, wobei die erste Druckbereitstellungseinrichtung (4) durch Öffnen von zwei ersten Radventilen (1a, 1b) mit zwei der Radbremsen (9a, 9b) verbunden wird und die zweite Druckbereitstellungseinrichtung (5) durch Öffnen der entsprechenden zweiten Radventile (2c, 2d) mit den anderen Radbremsen (9c, 9d) verbunden wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die geöffneten ersten und zwei-

ten Radventile mindestens bis zur Beendigung der Normalbremsung geöffnet bleiben.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

