



(10) **DE 10 2019 113 757 A1** 2020.11.26

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 113 757.8**
(22) Anmeldetag: **23.05.2019**
(43) Offenlegungstag: **26.11.2020**

(51) Int Cl.: **B60T 13/66 (2006.01)**
B60T 13/74 (2006.01)
B60T 1/10 (2006.01)
B60L 7/24 (2006.01)

(71) Anmelder:
ZF Active Safety GmbH, 56070 Koblenz, DE

(72) Erfinder:
Marx, Andreas, 56244 Hartenfels, DE

(74) Vertreter:
**Oestreicher, Lucas, Dipl.-Ing. (FH), 78315
Radolfzell, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

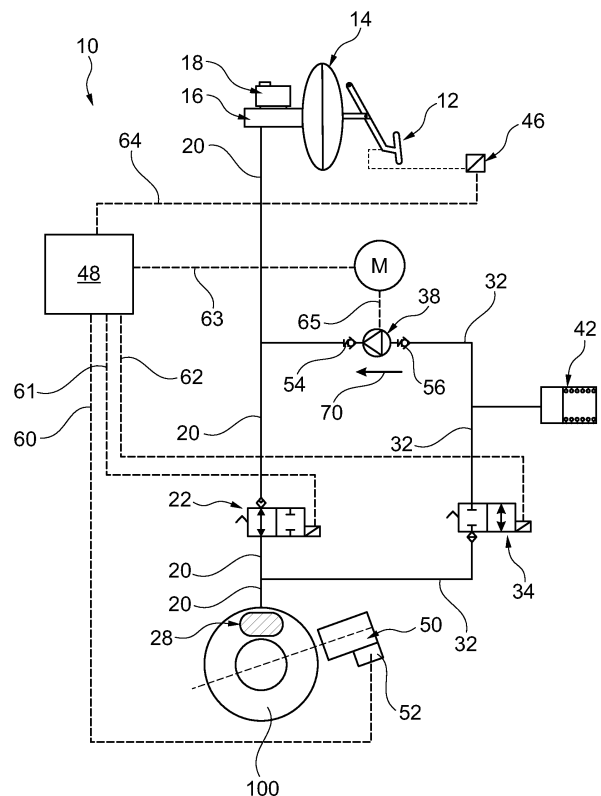
DE	10 2011 121 748	A1
DE	10 2013 217 124	A1
WO	2014/ 082 885	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Steuerung eines hydraulischen Bremssystems bei einem regenerativen Bremsvorgang, hydraulisches Bremssystem, Computerprogrammprodukt, Steuereinheit und Kraftfahrzeug**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung eines hydraulischen Bremssystems (10) bei einem regenerativen Bremsvorgang. Bei dem Verfahren findet mittels eines Bremszylinders (16) eine Verschiebung eines Hydraulikfluids in Richtung zu einer Radbremse (28) statt und zumindest ein Volumenanteil des Hydraulikfluids wird über ein in einer Offenstellung befindliches Druckabbauventil (34) in einen Speicher geleitet. Bei dem Verfahren wird ferner das Druckabbauventil (34) in Richtung eines geschlossenen Zustandes verstellt, um ein Ansteigen eines von der Radbremse (28) bewirkten hydraulischen Bremsmomentes zu erreichen, wenn ein Gesamtbremsmoment, welches sich aus dem hydraulischen Bremsmoment und einem von einer elektrischen Maschine (50) bewirkten generatorischen Bremsmoment zusammensetzt, kleiner als ein Bremsmomentwunsch ist und wenn das generatorische Bremsmoment unterhalb einer Drehmomentgrenze der elektrischen Maschine (50) liegt. Die Erfindung umfasst ferner ein hydraulisches Bremssystem (10) für ein Kraftfahrzeug, ein Computerprogrammprodukt, eine Steuereinheit (48) sowie ein Kraftfahrzeug.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung eines hydraulischen Bremssystems bei einem regenerativen Bremsvorgang. Die Erfindung betrifft ferner ein hydraulisches Bremssystem. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Computerprogrammprodukt, eine Steuereinheit sowie ein Kraftfahrzeug.

[0002] Hydraulische Bremssysteme kommen beispielsweise in Kraftfahrzeugen zum Einsatz und dienen hauptsächlich als Betriebsbremse für das Kraftfahrzeug. Eine Bremsung erfolgt üblicherweise, indem der Fahrer des Kraftfahrzeuges ein Bremspedal betätigt und dadurch ein Hydraulikfluid von einem Bremszylinder zu wenigstens einer Radbremse verschoben wird, so dass an der Radbremse eine Bremskraft vorliegt, welche auf ein zugeordnetes Fahrzeugrad wirkt. Diese durch das Hydraulikfluid bewirkte hydraulische Bremskraft entspricht üblicherweise einem Bremskraftwunsch, welcher von dem Fahrer durch die Betätigung des Bremspedales hervorgerufen ist.

[0003] Moderne Kraftfahrzeuge mit hydraulischem Bremssystem weisen zunehmend eine regenerative Bremsfunktion in folgender Art und Weise auf: Bei einem durch Betätigung des Bremspedales aufgegebenen Bremswunsch wird eine im Generatorbetrieb befindliche elektrische Maschine durch die Bewegungsenergie des Kraftfahrzeuges zumindest zeitweise angetrieben und liefert elektrische Energie, welche beispielsweise zum Aufladen eines elektrischen Energiespeichers des Kraftfahrzeuges genutzt werden kann. Die hierzu herangezogene elektrische Maschine ist üblicherweise diejenige elektrische Maschine, welche einen Elektroantrieb für das Kraftfahrzeug, beispielsweise als Hauptantrieb oder Sekundärtrieb, bildet und im Zuge eines stattfindenden regenerativen Bremsvorganges generatorisch betrieben wird.

[0004] Mit dem generatorischen Betrieb der elektrischen Maschine geht jedoch ein Schleppmoment einher, welches von der elektrischen Maschine ausgeht und bremsend auf das Kraftfahrzeug wirkt. Diese durch die elektrische Maschine bedingte Bremswirkung, welche nachfolgend auch als generatorisches Bremsmoment bezeichnet ist, ist bei der Bemessung der aufzubringenden hydraulischen Bremswirkung zu berücksichtigen, um einem Bremswunsch zu entsprechen, der von dem Fahrer durch Betätigen des Bremspedales abgegeben wird. Ein mögliches Konzept hierzu ist in der WO 2014/082885 A1 beschrieben.

[0005] Daraus ist ein Verfahren zur Steuerung eines hydraulischen Bremssystems während eines regenerativen Bremsvorganges bekannt. Bei dem Verfahren wird zumindest ein Volumenanteil eines Hy-

draulikfluids, welches von einem Bremszylinder in Richtung zu einer Radbremse verschoben wird, über ein Druckabbauventil in einem hydraulischen Speicher zwischengespeichert. Auf diese Weise ist es ermöglicht, dass bei einem vorgegebenen Bremswunsch und einer damit verbundenen Verschiebung des Hydraulikfluids eine hydraulische Bremswirkung an der Radbremse zumindest soweit ausbleibt, dass die elektrische Maschine zur elektrischen Energieerzeugung eingebunden werden kann und trotz der von der elektrischen Maschine ausgehenden generatorischen Bremswirkung die sich ergebende Gesamtbremswirkung dem aufgegebenen Bremswunsch entspricht.

[0006] Eine Aufgabe der Erfindung ist es, wenigstens eine Möglichkeit vorzuschlagen, um das bisherige Konzept einer regenerativen Bremsung zu verbessern.

[0007] Die Aufgabe wird mit einem Verfahren gelöst, welches die Merkmale des Anspruches 1 aufweist. Die Aufgabe wird ferner mit einem hydraulischen Bremssystem gelöst, welches die Merkmale des Anspruches 6 aufweist. Ferner werden zur Lösung der Aufgabe ein Computerprogrammprodukt mit den Merkmalen des Anspruches 10, eine Steuereinheit mit den Merkmalen des Anspruches 11 und ein Kraftfahrzeug mit den Merkmalen des Anspruches 12 vorgeschlagen. Vorteilhafte Ausführungsformen und/oder Ausgestaltungen und/oder Aspekte der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der nachfolgenden Beschreibung und den Figuren.

[0008] Ein grundlegendes Verfahren zur Steuerung eines hydraulischen Bremssystems, beispielsweise eines Kraftfahrzeuges, bei einem regenerativen Bremsvorgang umfasst den Schritt, dass mittels eines Bremszylinders eine Verschiebung eines Hydraulikfluids, insbesondere einer Bremsflüssigkeit, in Richtung zu einer Radbremse stattfindet, insbesondere begonnen ist oder begonnen wird. Insbesondere ist der Bremszylinder und/oder die Radbremse ein Bestandteil des hydraulischen Bremssystems. Insbesondere ist die Radbremse einem Fahrzeugrad zugeordnet oder eingerichtet, einem Fahrzeugrad zugeordnet zu werden. Insbesondere impliziert die Verschiebung des Hydraulikfluids einen Bremswunsch, insbesondere einen momentanen Bremswunsch. Beispielsweise ist die Verschiebung des Hydraulikfluids durch eine Betätigung eines Bremspedales oder einer sonstigen Betätigungseinrichtung direkt oder indirekt bewirkt. Beispielsweise entspricht die Verschiebung des Hydraulikfluids einem über das Bremspedal bzw. die Betätigungseinrichtung aufgegebenen Bremswunsch, insbesondere momentanen Bremswunsch. Beispielsweise ist die Betätigung durch den Fahrer des Kraftfahrzeuges ausgeführt.

[0009] Das Verfahren umfasst ferner den Schritt, dass zumindest ein Volumenanteil des Hydraulikfluids über ein vorzugsweise in einer Offenstellung befindliches Druckabbauventil in einen Speicher, insbesondere Zwischenspeicher, geleitet wird. Dadurch ist eine Maßnahme getroffen, dass eine hydraulische Bremswirkung an der Radbremse entsprechend der Verschiebung des Hydraulikfluids ausbleibt. Es ist auf diese Weise durch das Verfahren ermöglicht, dass das hydraulische Bremssystem für einen regenerativen Bremsvorgang genutzt werden kann, welcher bei dem hier betrachteten Verfahren ausgeführt wird. Bei dem regenerativen Bremsvorgang wird oder ist eine elektrische Maschine zur elektrischen Energieerzeugung eingebunden. Das systembedingt von der elektrischen Maschine ausgehende Schleppmoment wirkt zwar als Bremsmoment auf das Kraftfahrzeug, dieses generatorische Bremsmoment kann aber aufgrund der Weiterleitung des wenigstens einen Volumenanteiles des Hydraulikfluids in den Speicher und der dadurch zumindest teilweise oder vollständig ausbleibenden hydraulischen Bremswirkung nunmehr zur Deckung des aufgegebenen Bremswunsches genutzt werden. Beispielsweise kann der Speicher in seinem Aufnahmevolumen derart dimensioniert sein, dass durch das verschobene Hydraulikfluid keine oder weitgehend keine hydraulische Bremswirkung an der Radbremse entfaltet wird. In diesem Fall wirkt mit Verschieben des Hydraulikfluids erst einmal nur das von der elektrischen Maschine ausgehende generatorische Bremsmoment.

[0010] In der nachfolgenden Beschreibung ist die von der Radbremse bewirkte hydraulische Bremswirkung beispielhaft als hydraulisches Bremsmoment bezeichnet. Darunter ist insbesondere die Bremswirkung der Radbremse in Bezug auf das Fahrzeugrad zu verstehen, welches der Radbremse zugeordnet ist oder zugeordnet werden kann. Sofern mehrere solcher Radbremsen vorgesehen sind, kann jede dieser Radbremsen ein hydraulisches Bremsmoment bewirken, so dass sich daraus ein hydraulisches Bremsmoment, also ein hydraulisches Gesamtbremsmoment, ergibt, welche sich aus den hydraulischen Einzelbremsmomenten zusammensetzt. Bei dem generatorischen Bremsvorgang liegt beispielsweise ein Gesamtbremsmoment vor, welches sich aus dem hydraulischen Bremsmoment und dem von der elektrischen Maschine bewirkten generatorischen Bremsmoment zusammensetzt, welches beispielsweise auf das Fahrzeugrad oder die Fahrzeugachse bzw. das Kraftfahrzeug mit dem Fahrzeugrad bezieht, welchem ebenfalls die Radbremse zugeordnet ist oder zuordenbar ist. Das Gesamtbremsmoment kann zumindest über eine oder mehrere Phasen des regenerativen Bremsvorganges ausschließlich durch das generatorische Bremsmoment bestimmt sein, wenn beispielsweise das verschobene Hydraulikfluid vollständig in dem Speicher gespeichert ist. Insbesondere steht dem Gesamtbremsmoment ein Bremsmo-

mentwunsch gegenüber. Unter dem Begriff „Bremsmomentwunsch“ ist in der vorliegenden Beschreibung insbesondere ein Maß für eine erwünschte Bremswirkung zu verstehen, welche vorstehend bereits allgemein als „Bremswunsch“ bezeichnet ist.

[0011] Bei einer Ausführungsform umfasst das Verfahren den Schritt, dass das Druckabbauventil in Richtung eines geschlossenen Zustandes verstellt wird, insbesondere in den geschlossenen Zustand verstellt wird, wenn das Gesamtbremsmoment kleiner als der Bremsmomentwunsch ist und wenn das generatorische Bremsmoment unterhalb einer Bremsmomentgrenze der elektrischen Maschine liegt. Insbesondere wird das Druckabbauventil in Richtung des geschlossenen Zustandes, insbesondere in den geschlossenen Zustand verstellt, um ein Ansteigen des von der Radbremse bewirkten hydraulischen Bremsmomentes, beispielsweise von einem Nullwert oder einem sonstigen Wert als Ausgangswert, zu erreichen. Dadurch ist eine Maßnahme getroffen, um im Verlauf des Bremsvorganges einem zu flachen Anstieg des Gesamtbremsmomentes entgegenzuwirken. Ein solcher zu flacher Anstieg des Gesamtbremsmomentes ist beispielsweise gegeben, wenn das von der elektrischen Maschine bereitgestellte oder abgeforderte generatorische Bremsmoment dem Bremsmomentwunsch nachläuft, also beispielsweise über eine zeitliche Phase zu gering bleibt, und damit das Gesamtbremsmoment den Bremsmomentwunsch zumindest zeitweise nicht oder nicht mehr abdeckt, obwohl die Bremsmomentgrenze der elektrischen Maschine noch nicht erreicht ist.

[0012] Durch das vorgesehene Verstellen des Druckabbauventiles in Richtung des geschlossenen Zustandes kommt es zu einem Befüllen der Radbremse mit zumindest einem Volumenanteil des Hydraulikfluids und damit zu einem Ansteigen des hydraulischen Bremsmomentes, wodurch das zu geringe Gesamtbremsmoment angehoben wird, beispielsweise auf das Niveau des Bremsmomentwunsches. Dieses Befüllen der Radbremse und damit das Erhöhen des hydraulischen Bremsmomentes erfolgt vorzeitig, nämlich noch bevor bezüglich des generatorischen Bremsmomentes die Bremsmomentgrenze der elektrischen Maschine erreicht ist. Ein zu flacher Anstieg des Gesamtbremsmomentes kann festgestellt werden, wenn wenigstens ein, vorzugsweise zwei oder mehrere zeitlich aufeinanderfolgende Momentanwerte des generatorischen Bremsmomentes kleiner als der momentane Bremsmomentwunsch sind.

[0013] Es kann sein, dass durch das Verstellen des Druckabbauventils in Richtung des geschlossenen Zustandes und dem damit verbundenen Befüllen der Radbremse mit zumindest einem Volumenanteil des Hydraulikfluids durch die Radbrem-

se ein so großes hydraulisches Bremsmoment bewirkt wird oder ist, dass das Gesamtbremsmoment größer als der Bremsmomentwunsch ist. Nach einer Ausführungsform umfasst das Verfahren daher den Schritt, dass nach dem Verstellen des Druckabbauventils in Richtung des geschlossenen Zustandes das generatorische Bremsmoment soweit reduziert wird, dass das Gesamtbremsmoment dem Bremsmomentwunsch entspricht.

[0014] Nach einer weiteren Ausführungsform umfasst das Verfahren ferner den Schritt, dass nach dem Verstellen des Druckabbauventils in Richtung des geschlossenen Zustandes mittels einer Druckquelle ein Druck auf zumindest ein Volumenanteil des Hydraulikfluids ausgeübt wird, wenn das Gesamtbremsmoment kleiner als der Bremsmomentwunsch ist und insbesondere wenn das Gesamtbremsmoment größer als die Bremsmomentgrenze der elektrischen Maschine ist. Insbesondere wird mittels der Druckquelle ein Druck auf zumindest ein Volumenanteil des Hydraulikfluids ausgeübt, um ein Ansteigen, insbesondere ein weitergehendes Ansteigen des von der Radbremse bewirkten hydraulischen Bremsmomentes zu erreichen. Auch dadurch ist eine Maßnahme getroffen, um im Verlauf des Bremsvorganges einem zu flachen Anstieg des Gesamtbremsmomentes entgegenzuwirken. Ein solcher zu flacher Anstieg des Gesamtbremsmomentes ist beispielsweise gegeben, wenn bezüglich des generatorischen Bremsmomentes die Bremsmomentgrenze der elektrischen Maschine bereits erreicht ist und das generatorische Bremsmoment nicht mehr gesteigert werden kann und durch das Verstellen des Druckabbauventils in Richtung des geschlossenen Zustandes kein ausreichendes hydraulisches Bremsmoment bereitgestellt werden kann, um beispielsweise den Bremsmomentwunsch zu erfüllen.

[0015] In diese Richtung geht beispielsweise auch der Schritt, dass nach dem Verstellen des Druckabbauventils in Richtung des geschlossenen Zustandes mittels einer Pumpe zumindest ein Volumenanteil des in dem Speicher gespeicherten Hydraulikfluids in Richtung zu der Radbremse gefördert wird, wenn das Gesamtbremsmoment kleiner als der Bremsmomentwunsch ist und insbesondere wenn das Gesamtbremsmoment größer als die Bremsmomentgrenze der elektrischen Maschine ist. In diesem Fall wird durch die Pumpe bzw. das Fördern der Pumpe ein Druck auf zumindest einen Volumenanteil des Hydraulikfluids ausgeübt, um ein Ansteigen des von der Radbremse bewirkten hydraulischen Bremsmomentes zu erreichen.

[0016] Es kann vorgesehen sein, dass das hydraulische Bremssystem ein Isolationsventil umfasst, welches der Radbremse zugeordnet ist, um damit die Radbremse von dem Bremszylinder und/oder dem Speicher zumindest teilweise hydraulisch zu isolie-

ren. In diesem Fall ist es beispielsweise vorgesehen, dass das Isolationsventil in einer Offenstellung verbleibt, so dass eine hydraulische Verbindung zwischen dem Bremszylinder und der Radbremse und/oder zwischen dem Speicher und der Radbremse aufrechterhalten bleibt.

[0017] Ein grundlegendes hydraulisches Bremssystem, beispielsweise für ein Kraftfahrzeug, insbesondere zur Durchführung des vorstehend beschriebenen Verfahrens, umfasst einen Bremszylinder und eine Radbremse, welche über eine Zuführleitung miteinander hydraulisch verbunden sind, wobei der Bremszylinder eingerichtet ist, ein Hydraulikfluid in Richtung zu der Radbremse zu verschieben und die Radbremse eingerichtet ist, durch das Hydraulikfluid eine hydraulische Bremskraft bzw. ein hydraulisches Bremsmoment auszuüben. Das hydraulische Bremssystem umfasst ferner ein vorzugsweise in einer Offenstellung befindliches Isolationsventil, welches der Zuführleitung fluidmäßig zugeordnet ist und eingerichtet ist, die Zuführleitung zu schließen. Weiterhin umfasst das hydraulische Bremssystem eine Rückführleitung zum Rückführen zumindest eines Volumenanteiles des Hydraulikfluids von einem dem Isolationsventil nachgeschalteten Bereich in einen dem Isolationsventil vorgeschalteten Bereich.

[0018] Unter dem „nachgeschalteten Bereich“ ist insbesondere das Aufnahmevermögen des Bremssystems zur Aufnahme von Hydraulikflüssigkeit zu verstehen, welches in Strömungsrichtung bezüglich der Zuführleitung gesehen, also in Richtung von dem Bremszylinder zu der Radbremse gesehen, dem Isolationsventil nachgeschaltet ist. Beispielsweise umfasst der nachgeschaltete Bereich ein dem Isolationsventil nachgeschaltetes hydraulisches Aufnahmevermögen der Zuführleitung und/oder ein hydraulisches Aufnahmevermögen der Radbremse.

[0019] Unter dem „vorgeschalteten Bereich“ ist insbesondere das Aufnahmevermögen des Bremssystems zur Aufnahme von Hydraulikflüssigkeit zu verstehen, welches in Strömungsrichtung bezüglich der Zuführleitung gesehen, also in Richtung von dem Bremszylinder zu der Radbremse gesehen, dem Isolationsventil vorgeschaltet ist. Beispielsweise umfasst der vorgeschaltete Bereich ein dem Isolationsventil vorgeschaltetes hydraulisches Aufnahmevermögen der Zuführleitung und/oder ein hydraulisches Aufnahmevermögen des Bremszylinders und/oder eines vorgesehenen Vorrats-/Nachfüllbehälter für die Hydraulikflüssigkeit.

[0020] Das hydraulische Bremssystem umfasst weiterhin ein Druckabbauventil, eine Pumpe und einen Speicher, welche der Rückführleitung fluidmäßig zugeordnet sind. Die Pumpe ist eingerichtet, zumindest einen Volumenanteil des Hydraulikfluids zu fördern. Der Speicher ist eingerichtet, zumindest einen Vo-

lumenanteil des Hydraulikfluids zu speichern, insbesondere unter einem Gegendruck zu speichern. Ferner ist das Druckabbauventil eingerichtet, die Rückföhrleitung zu öföfnen. Beispielsweise sind in Richtung einer Rückföhrung von dem nachgeschalteten Bereich in den vorgeschalteten Bereich gesehen, das Druckabbauventil, die Pumpe und der Speicher in der Reihenfolge Druckabbauventil, Speicher, Pumpe angeordnet.

[0021] Bei dem hydraulischen Bremssystem ist ferner eine Steuereinheit vorgesehen, welche mit dem Isolationsventil, dem Druckabbauventil und der Pumpe signalverbunden ist. Insbesondere ist die Steuereinheit eingerichtet, das Isolationsventil und/oder das Druckabbauventil und/oder die Pumpe anzusteuern und/oder damit zu kommunizieren. Beispielsweise ist die Steuereinheit ferner mit einer beim regenerativen Bremsen genutzten elektrischen Maschine signalverbunden. Insbesondere ist die Steuereinheit eingerichtet, die elektrische Maschine zu steuern und/oder mit der elektrischen Maschine zu kommunizieren. Beispielsweise ist die Steuereinheit ferner mit einer Betätigungsrichtung zum Betätigen des Bremszylinders, wie beispielsweise einem Bremspedal oder einem Bremshebel, und/oder mit wenigstens einem der Betätigungsrichtung zugeordneten Sensorelement, wie beispielsweise einem Wegsensor, insbesondere einem Pedalwegsensor, und/oder einem Kraftsensor, insbesondere einem Pedalkraftsensor, signalverbunden.

[0022] Insbesondere ist die Steuereinheit eingerichtet, mit der Betätigungsrichtung und/oder dem wenigstens einen Sensorelement zu kommunizieren und/oder von der Betätigungsrichtung und/oder dem wenigstens einen Sensorelement Signale zu empfangen und im Hinblick auf eine Ansteuerung des Isolationsventils und/oder des Druckabbauventils und/oder der Pumpe und/oder der elektrischen Maschine zu berücksichtigen. Die Steuereinheit kann hardwaretechnisch und/oder softwaretechnisch, beispielsweise als Computerprogramm oder Computerprogrammmodul ausgebildet sein oder ein Bestandteil einer Hardware und/oder einer Software sein.

[0023] Nach einer Ausführungsform ist die Steuereinheit eingerichtet, bei einem Vorliegen einer Betätigungsrichtung des Bremszylinders und bei einem Vorliegen eines durch die elektrische Maschine bewirkten generatorischen Bremsmomentes und bei einem Vorliegen des Druckabbauventils in einer Offenstellung das Druckabbauventil zum Verstellen in Richtung eines Schließzustandes anzusteuern, insbesondere zum Verstellen in den Schließzustand anzusteuern, wenn ein Gesamtbremsmoment kleiner als ein Bremsmomentwunsch ist und wenn das generatorische Bremsmoment unterhalb einer Bremsmomentgrenze der elektrischen Maschine liegt. Insbesondere setzt sich das Gesamtbremsmoment, wie bereits

vorstehend beschrieben, aus dem hydraulischen Bremsmoment und dem generatorischen Bremsmoment zusammen. Insbesondere wird das Druckabbauventil zum Verstellen in Richtung eines Schließzustandes angesteuert, um ein Ansteigen des von der Radbremse bewirkten hydraulischen Bremsmomentes zu erreichen. Bei dieser Ausführungsform ist durch die vorgesehene Ausgestaltung der Steuereinheit eine Möglichkeit vorgeschlagen, um das vorstehend beschriebene Verfahren auszuführen und damit die zu dem Verfahren beschriebenen Vorteile zu erreichen.

[0024] Nach einer weiteren Ausführungsform ist die Steuereinheit eingerichtet, nach dem Verstellen des Druckabbauventils in Richtung des Schließzustandes das generatorische Bremsmoment soweit zu reduzieren, dass das Gesamtbremsmoment dem Bremsmomentwunsch entspricht. Dadurch ist ein Einstellen des Gesamtbremsmoments auf den Bremsmomentwunsch erleichtert.

[0025] Nach einer weiteren Ausführungsform ist die Steuereinheit eingerichtet, nach dem Verstellen des Druckabbauventils in Richtung des Schließzustandes die Pumpe zum Fördern anzusteuern, wenn das Gesamtbremsmoment kleiner als der Bremsmomentwunsch ist und insbesondere wenn das Gesamtbremsmoment größer als die Drehmomentgrenze der elektrischen Maschine ist. In diesem Fall wird durch das Ansteuern der Pumpe zum Fördern zumindest ein Volumenanteil des in dem Speicher gespeicherten Hydraulikfluids in Richtung zu der Radbremse gefördert und dadurch ein Ansteigen des von der Radbremse bewirkten hydraulischen Bremsmomentes zu erreicht.

[0026] Es kann vorgesehen sein, dass das Isolationsventil und/oder das Druckabbauventil und/oder die Pumpe und/oder der Speicher und/oder die Steuereinheit beispielsweise ein Bestandteil eines Antiblockiersystems (ABS) oder eines Fahrdynamikregelsystems (ESC) des Kraftfahrzeuges oder für das Kraftfahrzeug sind. Dadurch sind Kostenvorteile begünstigt, da den betroffenen Bauteilen dann eine Mehrfachfunktion bzw. Mehrfachnutzung zukommt. Insbesondere verbleibt das Isolationsventil bei den vorstehend beschriebenen Funktionen der Steuereinheit in der Offenstellung oder in einer Offenstellung, so dass eine hydraulische Verbindung zwischen dem Bremszylinder und der Radbremse und/oder zwischen dem Speicher und der Radbremse aufrechterhalten bleibt.

[0027] Unter der Bezeichnung „Radbremse“ ist in der vorliegenden Beschreibung insbesondere eine Reibbremse, wie beispielsweise eine Scheibenbremse oder eine Trommelbremse zu verstehen. Insbesondere ist die Radbremse eingerichtet, als Betriebsbremse genutzt werden. Beispielsweise ist die Rad-

bremse einem Fahrzeugrad zugeordnet oder eingerichtet, einem Fahrzeugrad zugeordnet zu werden.

[0028] Unter der Bezeichnung „Bremszylinder“ ist in der vorliegenden Beschreibung insbesondere eine Fluiddruck erzeugende Einrichtung zu verstehen. Der Bremszylinder kann einen Druckkolben umfassen, welcher beispielsweise in einem Zylinder verschiebbar gehalten ist und durch eine Verschiebebewegung des Druckkolbens relativ gegenüber dem Zylinder eine Verschiebung eines Hydraulikfluids bzw. eines Hydraulikfluidvolumens bewirkt wird. Unter der Bezeichnung „Bremszylinder“ ist insbesondere auch eine Förderpumpe oder dergleichen Fördereinrichtung als Fluiddruck erzeugende Einrichtung umfasst. Der Bremszylinder kann ein Hauptbremszylinder sein. Beispielsweise handelt es sich bei dem Bremszylinder um einen Hauptbremszylinder, wie er in konventionellen hydraulischen Bremssystemen üblich ist. Beispielsweise umfasst der Bremszylinder einen Vorratsbehälter und/oder einen Nachfüllbehälter für das Hydraulikfluid.

[0029] Insbesondere wirkt der Bremszylinder mit einer Betätigungseinrichtung zusammen oder der Bremszylinder ist eingerichtet, mit einer Betätigungseinrichtung zusammenzuwirken. Bei der Betätigungseinrichtung kann es sich um die bereits vorstehend beschriebene Betätigungseinrichtung handeln. Insbesondere bewirkt eine Betätigung der Betätigungseinrichtung bei dem Bremszylinder, dass es zu einer Verschiebung des Hydraulikfluids kommt. Beispielsweise erfolgt eine Betätigung des Bremszylinders mechanisch, insbesondere rein mechanisch, oder elektrisch oder elektromechanisch.

[0030] Beispielsweise umfasst die Betätigungseinrichtung ein Bremspedal oder einen Bremshebel, welches oder welcher beispielsweise über eine Kolbenstange, auf den Bremszylinder Fluiddruck erzeugend wirkt. Ergänzend oder alternativ kann die Betätigungseinrichtung eine elektrische Maschine, insbesondere einen Elektromotor, umfassen, wobei eine Abtriebswelle der elektrischen Maschine mit dem Bremszylinder triebmäßig gekoppelt ist, um darüber den Bremszylinder zu betätigen. Die Betätigungseinrichtung kann manuell beispielsweise durch den Fahrer des Kraftfahrzeuges betätigt sein oder automatisch bzw. selbsttätig durch eine Fahrzeugsteuerung, beispielsweise die vorstehend beschriebene Fahrzeugsteuerung.

[0031] Unter der Bezeichnung „Isolationsventil“ ist in der vorliegenden Beschreibung insbesondere ein Absperrorgan zu verstehen, mittels welchem die Radbremse von dem Bremszylinder zumindest teilweise hydraulisch abgekoppelt, also isoliert werden kann. Insbesondere ist das Isolationsventil eingerichtet, die Zuführleitung zu schließen und zu öffnen. Insbesondere ist das Isolationsventil eingerichtet, die Zuführ-

leitung vollständig zu schließen oder zumindest teilweise zu schließen. Beispielsweise hat das Isolationsventil einen Durchlass für Fluid, insbesondere das Hydraulikfluid, welcher im Querschnitt veränderbar ist. Beispielsweise ist das Isolationsventil eingerichtet, zwischen einer Schließstellung und einer Offenstellung, beispielsweise bezüglich des Durchlasses, verstellt zu werden, wobei in der Schließstellung die Zuführleitung zumindest teilweise oder vollständig geschlossen, also gesperrt ist.

[0032] Beispielsweise ist das Isolationsventil eingerichtet, elektrisch und/oder elektromagnetisch betätigt zu werden, insbesondere um zwischen der Schließstellung und der Offenstellung verstellt und/oder geschaltet zu werden, beispielsweise stufenlos oder gestuft und/oder digital oder analog verstellt und/oder geschaltet zu werden. Beispielsweise ist oder umfasst das Isolationsventil ein 2/2-Wege-Ventil, welches beispielsweise in einem nicht-betätigten Zustand die Offenstellung und in einem betätigten Zustand die Schließstellung einnimmt. Sofern es sich um ein elektrisch bzw. elektromagnetisch betätigtes Isolationsventil handelt, ist es beispielsweise in dem nicht-betätigten Zustand nicht-bestromt und in dem betätigten Zustand bestromt. Beispielsweise ist das Isolationsventil ein Ventil mit einer NO-Funktion. Unter der NO-Funktion ist insbesondere zu verstehen, dass das Ventil im stromlosen Zustand offen ist. Ein solches Ventil kann auch als „normally open“ NO-Ventil bezeichnet werden. Beispielsweise handelt es sich bei dem Isolationsventil um ein vorzugsweise direktgesteuertes Magnetventil mit einer NO-Funktion.

[0033] Unter der Bezeichnung „Druckabbauventil“ ist in der vorliegenden Beschreibung insbesondere ein Absperrorgan zu verstehen, mittels welchem die Rückführleitung, beispielsweise ausgehend von einem gesperrten Zustand, zumindest teilweise oder vollständig geöffnet werden kann. Beispielsweise hat das Druckabbauventil einen Durchlass für Fluid, insbesondere das Hydraulikfluid, welcher im Querschnitt veränderbar ist. Beispielsweise ist das Druckabbauventil eingerichtet, zwischen einer Schließstellung und einer Offenstellung, beispielsweise bezüglich des Durchlasses, verstellt zu werden, wobei in der Offenstellung die Rückführleitung zumindest teilweise oder vollständig geöffnet ist. In dem vorstehend beschriebenen „geschlossenen Zustand“, welcher auch als „Schließzustand“ bezeichnet ist, befindet sich das Druckabbauventil beispielsweise in der Schließstellung. Sofern das Druckabbauventil in Richtung weg von dem geschlossenen Zustand verstellt wird, wird beispielsweise der Querschnitt des Durchlasses vergrößert. Sofern das Druckabbauventil in Richtung zu dem geschlossenen Zustand verstellt wird, wird beispielsweise der Querschnitt des Durchlasses verkleinert.

[0034] Beispielsweise ist das Druckabbauventil eingerichtet, elektrisch oder elektromagnetisch betätigt zu werden, um zwischen der Schließstellung und der Offenstellung verstellt und/oder geschaltet zu werden, beispielsweise stufenlos oder gestuft und/oder digital oder analog verstellt und/oder geschaltet zu werden. Beispielsweise ist oder umfasst das Druckabbauventil ein 2/2-Wege-Ventil, welches beispielsweise in einem nicht-betätigten Zustand die Schließstellung und in einem betätigten Zustand die Offenstellung einnimmt. Sofern es sich um ein elektrisch bzw. elektromagnetisch betätigtes Druckabbauventil handelt, ist es beispielsweise in dem nicht-betätigten Zustand nicht-bestromt und in dem betätigten Zustand bestromt. Beispielsweise ist das Druckabbauventil ein Ventil mit einer NC-Funktion. Unter der NC-Funktion ist insbesondere zu verstehen, dass das Ventil im stromlosen Zustand geschlossen ist. Ein solches Ventil kann auch als „normally closed“ NC-Ventil bezeichnet werden. Beispielsweise handelt es sich bei dem Druckabbauventil um ein vorzugsweise direktgesteuertes Magnetventil mit einer NC-Funktion.

[0035] Unter der Bezeichnung „Pumpe“ ist in der vorliegenden Beschreibung insbesondere eine Fördereinrichtung zum Fördern von Hydraulikfluid zu verstehen. Beispielsweise handelt es sich bei der Pumpe um eine Kreiselpumpe, insbesondere eine Radialkolbenpumpe oder eine Axialkolbenpumpe. Insbesondere umfasst die Kreiselpumpe wenigstens einen, vorzugsweise mehrere, wie beispielsweise zwei bis sechs Arbeitskolben, welche eine Hubbewegung zur Förderung des Hydraulikfluids ausführen bzw. ausführen können. Beispielsweise umfasst die Pumpe eine elektrische Maschine, wie beispielsweise einen Elektromotor, welcher zum Antreiben der Pumpe dient. Die elektrische Maschine ist beispielsweise eingerichtet, um elektrische Steuersignale aufzunehmen und entsprechende Steuersignale an die Pumpe abzugeben.

[0036] Unter der Bezeichnung „Speicher“ ist insbesondere ein Hydrospeicher bzw. Hydraulikspeicher zu verstehen, welcher beispielsweise eingerichtet ist, das Hydraulikfluid unter Druck zu speichern. Der dem Speicher zugeleitete Volumenanteil des Hydraulikfluids wird somit gegen eine Rückstellkraft des Speichers darin aufgenommen. Der Speicher kann derart ausgebildet sein, dass bei einem Befüllen durch das Hydraulikfluid ein Gas oder ein Federelement komprimiert wird. Beispielsweise handelt es sich bei dem Speicher um einen Zwischenspeicher, welcher eingerichtet ist, den wenigstens einen Volumenanteil des Hydraulikfluids zeitlich zwischen zu speichern.

[0037] Unter der Bezeichnung „Steuereinheit“ ist in der vorliegenden Beschreibung insbesondere eine elektronische Einheit einer Computer-Hardware zu verstehen, welche im Zusammenhang mit dem

hydraulischen Bremssystem und beispielsweise einer beim regenerativen Bremsen genutzten elektrischen Maschine bestimmte Vorgänge und/oder Abläufe steuert. Die Steuereinheit kann eine digitale Verarbeitungseinheit aufweisen, die beispielsweise eine Mikroprozessoreinheit (CPU) umfasst. Die CPU kann mit einem Speichersystem und/oder Bussystem daten- und/oder signalverbunden sein. Die Steuereinheit kann ein oder mehrere Programme oder Programmmodule aufweisen. Die digitale Verarbeitungseinheit kann derart ausgebildet sein, dass Befehle, die als ein in einem Speichersystem abgelegtes Programm implementiert sind, abgearbeitet, Eingangssignale von einem Datenbussystem entgegengenommen und/oder Ausgangssignale an ein Datenbussystem abgegeben werden. Ein Speichersystem kann ein oder mehrere, insbesondere verschiedene, Speichermedien aufweisen. Die Speichermedien können insbesondere optische, magnetische, Festkörper-Speichermedien und/oder andere, vorzugsweise nicht-flüchtige Speichermedien sein.

[0038] Unter der Bezeichnung „Bremsmomentgrenze“ ist in der vorliegenden Beschreibung insbesondere ein generatorisches Grenzmoment zu verstehen, welches beispielsweise systembedingt durch die elektrische Maschine gegeben ist. Darunter kann auch ein maximales von der elektrischen Maschine bereitgestelltes generatorisches Bremsmoment verstanden werden.

[0039] Nach einem Aspekt betrifft die Erfindung ferner ein Computerprogrammprodukt mit einem Programmcode, der auf einem von einem Computer lesbaren Medium gespeichert ist, zur Durchführung einer Ausführungsform des vorstehend beschriebenen Verfahrens.

[0040] Nach einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung eine Steuereinheit, insbesondere für das vorstehend beschriebene hydraulische Bremssystem, umfassend das vorstehend beschriebene Computerprogrammprodukt.

[0041] Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung ist ein Kraftfahrzeug mit dem vorstehend beschriebenen hydraulischen Bremssystem und/oder dem vorstehend beschriebenen Computerprogrammprodukt und/oder der vorstehend beschriebenen Steuereinheit vorgesehen.

[0042] Nach einer Ausführungsform umfasst das Kraftfahrzeug wenigstens ein Fahrzeugrad und wenigstens eine mit dem Fahrzeug triebmäßig verbundene elektrische Maschine, welche eingerichtet ist, bei einem Bremsvorgang des Kraftfahrzeuges generatorisch genutzt zu werden. Bei der elektrischen Maschine kann es sich um die vorstehend beschriebene elektrische Maschine handeln.

[0043] Insbesondere ist die elektrische Maschine eingerichtet, ausschließlich in einem Generatorbetrieb vorzuliegen oder bei einem Anbahnen eines Bremsvorgangs des Kraftfahrzeuges, insbesondere bei einem Anbahnen eines Verschiebens des Hydraulikfluids durch den Bremszylinder, in einen Generatorbetrieb geschaltet zu werden, insbesondere manuell oder selbsttätig geschaltet zu werden. Beispielsweise handelt es sich bei der elektrischen Maschine um einen Elektroantrieb des Kraftfahrzeuges, welcher beispielsweise als Hauptantrieb oder Sekundärantrieb antreibend auf das wenigstens eine Fahrzeugrad wirkt und bei einem Bremsvorgang des Kraftfahrzeuges als Generator genutzt wird, um beispielsweise einen elektrischen Energiespeicher des Kraftfahrzeuges aufzuladen.

[0044] Weitere Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung zweier Ausführungsbeispiele anhand der Zeichnung. Es zeigen:

Fig. 1 eine mögliche Ausführungsform eines hydraulischen Bremssystems, welches zur Durchführung eines regenerativen Bremsvorganges geeignet ist, in einer schematischen Darstellung und

Fig. 2 eine weitere mögliche Ausführungsform eines hydraulischen Bremssystems, welches zur Durchführung eines regenerativen Bremsvorganges geeignet ist, in einer schematischen Darstellung.

[0045] **Fig. 1** zeigt eine mögliche Ausführungsform eines hydraulischen Bremssystems **10**, welches beispielsweise in einem Kraftfahrzeug zum Einsatz kommt. In der **Fig. 1** ist das hydraulische Bremssystem **10** im Zusammenhang mit einem Fahrzeugrad **100** beispielhaft dargestellt. Das hydraulische Bremssystem **10** ist eingerichtet, um einen regenerativen Bremsvorgang ausführen zu können. Bei dem regenerativen Bremsvorgang wird die Bewegungsenergie des Kraftfahrzeuges genutzt, um eine elektrische Maschine **50** generatorisch anzutreiben und auf diese Weise elektrische Energie zu erzeugen. Die elektrische Energie kann genutzt sein, um beispielsweise einen elektrischen Energiespeicher des Kraftfahrzeuges aufzuladen. Beispielfhaft ist in der **Fig. 1** die elektrische Maschine **50** dem Fahrzeugrad **100** zugeordnet, um zu verdeutlichen, dass durch die Bewegung des Fahrzeuges, also durch das Drehen des Fahrzeugrades **100** die elektrische Maschine **50** angetrieben wird. Bevorzugt handelt es sich bei der elektrischen Maschine **50** um einen Bestandteil eines Elektroantriebes des Kraftfahrzeuges, welcher beispielsweise zum Antreiben des Fahrzeugrades **100** dient. Während eines regenerativen Bremsvorganges wird dieser Elektroantrieb generatorisch genutzt.

[0046] Das hydraulische Bremssystem **10** umfasst beispielsweise einen Bremszylinder **16** und eine Radbremse **28**, welche über eine Zuführleitung **20** miteinander hydraulisch verbunden sind. Der Bremszylinder **16** ist eingerichtet, ein Hydraulikfluid in Richtung zu der Radbremse **28** zu verschieben. Die Radbremse **28** ist eingerichtet, durch das Hydraulikfluid eine Bremskraft, beispielsweise als Reibkraft, auf das Fahrzeugrad **100** auszuüben. Bevorzugt ist dem hydraulischen Bremssystem **10** ein Bremspedal **12** zugeordnet, über welches der Bremszylinder **16** zu betätigen ist. Bevorzugt ist dem Bremszylinder **16** ein Vorratsbehälter **18** zugeordnet, um darin Hydraulikfluid für das hydraulische Bremssystem **10** zu bevorzugen. Der Vorratsbehälter **18** kann eine Eingangsöffnung aufweisen, um darüber nachgefüllt bzw. aufgefüllt zu werden.

[0047] Zur Verstärkung einer über das Bremspedal **12** aufgegebenen Betätigungskraft, beispielsweise eines Fahrers des Kraftfahrzeuges, kann ein Bremskraftverstärker **14** vorgesehen sein. Bevorzugt verstärkt der Bremskraftverstärker **14** die Betätigungskraft in bekannter Weise nach pneumatischem, elektrohydraulischem oder elektromechanischem Prinzip. Um für eine automatische Fahrzeugsteuerung den Bremszylinder unabhängig von einer Betätigung des Bremspedals durch den Fahrer zu betätigen, kann auch ein elektrisch gesteuerter Bremskraftverstärker (EBB; Electronic Brake Booster) vorgesehen sein.

[0048] Bevorzugt umfasst das hydraulische Bremssystem **10** ferner ein Isolationsventil **22**, welches der Zuführleitung **20** fluidmäßig zugeordnet ist und eingerichtet ist, die Zuführleitung zu schließen. Beispielsweise soll auf diese Art und Weise die Radbremse **28** von dem Bremszylinder **16** zumindest teilweise oder vollständig hydraulisch isoliert werden können. Bevorzugt ist das Isolationsventil **22** zwischen einer Schließstellung und einer Offenstellung zu verstehen, um die Zuführleitung **20** zu schließen bzw. zu sperren, insbesondere vollständig oder zumindest teilweise zu schließen bzw. zu sperren. Bevorzugt ist in der Schließstellung des Isolationsventils **22** die Zuführleitung **20** gesperrt, insbesondere vollständig gesperrt oder zumindest weitgehend oder im Wesentlichen gesperrt und in der Offenstellung ist die Zuführleitung **20** geöffnet, insbesondere weitgehend geöffnet oder vollständig geöffnet.

[0049] Bevorzugt weist das hydraulische Bremssystem **10** ferner eine Rückführleitung **32** auf, welche zum Rückführen zumindest eines Volumenanteiles des Hydraulikfluids von einem dem Isolationsventil **22** nachgeschalteten Bereich in einen dem Isolationsventil **22** vorgeschalteten Bereich dient. Beispielsweise ist die Rückführleitung **32** mit einem Ende mit der Zuführleitung **20** in einem Bereich zwischen dem Isolationsventil **22** und der Radbremse **28** strömungs-

verbunden. Bevorzugt ist die Rückführleitung **32** mit einem anderen Ende mit der Zuführleitung **20** in einem Bereich zwischen dem Isolationsventil **22** und dem Bremszylinder **16** strömungsverbunden. Auf diese Weise kann zumindest ein Volumenanteil des Hydraulikfluids von der Radbremse **28** unter Umgehung des Isolationsventils **22** in die Zuführleitung **20** zurückgeführt werden.

[0050] Bevorzugt sind der Rückführleitung **32** ein Druckabbauventil **34**, eine Pumpe **38** und ein Speicher **42** fluidmäßig zugeordnet. Die Pumpe **38** ist eingerichtet, zumindest einen Volumenanteil des Hydrauliköls zu fördern, insbesondere in einer Rückführleitung **70** zu fördern. Bevorzugt wird durch ein Fördern der Pumpe **38** in die Rückführleitung **70** der wenigstens eine Volumenanteil des Hydraulikfluids in Richtung zu dem vorgeschalteten Bereich gefördert. Der Speicher **42** ist eingerichtet, zumindest einen Volumenanteil des Hydraulikfluids zu speichern, insbesondere unter Druck zu speichern, insbesondere zwischen zu speichern.

[0051] Das Druckabbauventil **34** ist eingerichtet, die Rückführleitung **32** zu öffnen und zu schließen. Bevorzugt ist das Druckabbauventil **34** zwischen einer Schließstellung und einer Offenstellung zu verstehen, um die Rückführleitung **32** zu öffnen, insbesondere vollständig oder zumindest teilweise zu öffnen. Bevorzugt ist in der Offenstellung des Druckabbauventils **34** die Rückführleitung **32** geöffnet, insbesondere zumindest teilweise geöffnet oder vollständig geöffnet und in der Schließstellung ist die Rückführleitung **32** geschlossen bzw. gesperrt, insbesondere vollständig gesperrt oder zumindest weitgehend oder im Wesentlichen gesperrt. Bevorzugt sind in der Rückführleitung **70** des Hydraulikfluids gesehen, das Druckabbauventil **34**, die Pumpe **38** und der Speicher **42** in der Reihenfolge angeordnet, dass zuerst das Druckabbauventil **34** kommt und anschließend entweder die Pumpe **38** oder der Speicher **42** vorliegen. Durch Öffnen der Rückführleitung **32** wird somit der Speicher **42** mit dem rückgeführten Volumenanteil des Hydraulikfluids befüllt.

[0052] Bevorzugt weist das hydraulische Bremssystem **10** ferner eine Steuereinheit **48**, insbesondere eine elektrische Steuereinheit, zum Ansteuern des Isolationsventils **22** und/oder des Druckabbauventils **34** und/oder der Pumpe **38** auf. Beispielsweise ist dazu die Steuereinheit **48** über eine entsprechende Signalleitung **61** bzw. **62** bzw. **63**, insbesondere elektrische Signalleitung, mit dem Isolationsventil **22** und/oder dem Druckabbauventil **34** und/oder der Pumpe **38** signalverbunden. Bevorzugt weist das Isolationsventil **22** und/oder das Druckabbauventil **34** und/oder die Pumpe **38** jeweils eine elektrische Empfangseinheit auf, um die von der Steuereinheit **48** gesendeten Steuersignale zu verarbeiten und eine entsprechende Betätigung des Isolationsventils **22** bzw. des

Druckabbauventils **34** bzw. der Pumpe **38** einzuleiten bzw. auszuführen.

[0053] Beispielsweise kann dazu die Pumpe **38** eine entsprechende Betätigungseinrichtung, wie beispielsweise einen elektrischen Antriebsmotor **M**, aufweisen, welche über die Steuerleitung **63** angesteuert wird und über eine mechanische und/oder hydraulische und/oder elektromagnetische Stellverbindung **65** auf die Pumpe **38**, insbesondere einen Arbeitszylinder der Pumpe **38**, wirkt. Bevorzugt sind über die Signalleitungen **61**, **62**, **63** sowohl Steuersignale als auch Zustandssignale, beispielsweise Signale mit Informationen über überwachte oder erfasste Parameter zu übertragen.

[0054] Bevorzugt ist die Steuereinheit **48** mit der elektrischen Maschine **50** beispielsweise über eine Signalleitung **60** signalverbunden, um Steuersignale von dem Steuergerät **48** an die elektrische Maschine **50** zu übertragen und/oder umgekehrt Steuersignale oder Informationen enthaltene Signale über beispielsweise einen Betriebszustand der elektrischen Maschine **50** zu der Steuereinheit **48** zu übertragen. Dazu kann die elektrische Maschine **50** ein Steuergerät **52** aufweisen, welches über die Signalleitung **60** mit der Steuereinheit **48** kommuniziert und die elektrische Maschine **50** ansteuert, insbesondere direkt und unmittelbar ansteuert.

[0055] Bevorzugt ist ferner die Steuereinheit **48** über eine Signalleitung **64** mit einem dem Bremspedal **12** zugeordneten Sensorelement, insbesondere einem Pedalwegsensor **46**, signalverbunden. Der Pedalwegsensor **46** dient zur Erfassung eines Pedalweges des Bremspedales **12**. Über die Signalverbindung zwischen dem Pedalwegsensor **46** und der Steuereinheit **48** können Informationen über den Pedalweg von der Steuereinheit **48** berücksichtigt werden.

[0056] Bevorzugt ist die Steuereinheit **48** eingerichtet, bei einem Vorliegen einer Betätigung des Bremszylinders **16** und bei einem Vorliegen des Druckabbauventils **34** in einer Offenstellung und insbesondere bei einem Vorliegen eines von der elektrischen Maschine **50** bewirkten generatorischen Bremsmomentes das Druckabbauventil **34** bereits zum Verstellen in Richtung eines Schließzustandes anzusteuern, wenn das generatorische Bremsmoment noch nicht die Bremsmomentgrenze der elektrischen Maschine **50** erreicht hat, jedoch das hydraulische Bremsmoment und das generatorische Bremsmoment in der Summe, also das Gesamtbremsmoment, kleiner als ein Bremsmomentwunsch, insbesondere ein momentaner Bremsmomentwunsch ist. Durch das Verstellen des Druckabbauventils **34** in Richtung des Schließzustandes ist darauf abgezielt, ein Ansteigen des hydraulischen Bremsmomentes zu erreichen. Bevorzugt ist die Steuereinheit **48** ferner eingerich-

tet, nach dem Verstellen des Druckabbauventils **34** in Richtung des Schließzustandes das generatorische Bremsmoment soweit zu reduzieren, dass das Gesamtbremsmoment dem Bremsmomentwunsch entspricht.

[0057] Bevorzugt ist die Steuereinheit **48** auch eingerichtet, nach dem Verstellen des Druckabbauventils **34** in Richtung des Schließzustandes die Pumpe **38** zum Fördern anzusteuern, wenn das Gesamtbremsmoment kleiner als der Bremsmomentwunsch ist und beispielsweise wenn das Gesamtbremsmoment größer als die Drehmomentgrenze der elektrischen Maschine **50** ist. Durch das Fördern der Pumpe **38** ist darauf abgezielt, zumindest einen Volumenanteil des in dem Speicher **42** gespeicherten Hydraulikfluids in Richtung zu der Radbremse **28** zu fördern und dadurch ein Ansteigen des von der Radbremse **28** bewirkten hydraulischen Bremsmoments zu erreichen. Die Pumpe **38** kann von der Steuereinheit **48** angesteuert werden, um ein Fördern zu beginnen oder um die die Förderleistung zu erhöhen, also den Volumenstrom des geförderten Hydraulikfluids zu erhöhen.

[0058] Um ein Vorliegen einer Betätigung des Bremszylinders **16** zu erkennen bzw. festzustellen, nutzt die Steuereinheit **48** beispielsweise Informationen des Pedalwegsensors **46**. Um ein Vorliegen einer generatorischen Bremskraft der elektrischen Maschine **50** zu erkennen bzw. festzustellen, nutzt die Steuereinheit **48** beispielsweise Signale von Sensorelementen, welche Informationen beispielsweise über den Betriebszustand der elektrischen Maschine **50** liefern. Ergänzend oder alternativ kann dazu auch direkt die elektrische Maschine **50** genutzt sein, beispielsweise indem die Steuereinheit **48** Informationen dazu von dem Steuergerät **52** der elektrischen Maschine **50** heranzieht. Sofern die Steuereinheit **48** erkennt oder feststellt, dass sich die elektrische Maschine **50** nicht im generatorischen Betrieb befindet, weil beispielsweise die elektrische Maschine **50** noch bestromt ist, kann die Steuereinheit **48** eingerichtet sein, eine Steueranweisung an die elektrische Maschine **50** zu geben, um in den Generatorbetrieb zu schalten.

[0059] Bevor ein regenerativer Bremsvorgang beginnt, befindet sich das hydraulische Bremssystem **10** in einem Ausgangszustand. Bevorzugt ist in dem Ausgangszustand das Isolationsventil **22** in einer Offenstellung (**Fig. 1**), so dass die Zuführleitung **20** offen ist, also eine hydraulische Verbindung zwischen der Radbremse **28** und dem Bremszylinder **16** besteht. Bevorzugt befindet sich in dem Ausgangszustand das Druckabbauventil **34** in einem Schließzustand (**Fig. 1**), so dass die Rückführleitung **32** verschlossen bzw. gesperrt ist. Bevorzugt findet in dem Ausgangszustand durch die Pumpe **38** kein Fördern von Hydraulikfluid statt, die Pumpe **38** fördert also

nicht. Bevorzugt ist der Speicher **42** entladen oder zumindest weitgehend entladen (**Fig. 1**).

[0060] Das hydraulische Bremssystem **10** ermöglicht eine Funktionsweise, welche nachfolgend am Beispiel eines mit dem hydraulischen Bremssystem ausgerüsteten Kraftfahrzeug beschrieben ist, wobei beispielhaft lediglich auf das eine Fahrzeugrad **100** der **Fig. 1** Bezug genommen ist:

Das Kraftfahrzeug führt eine Fahrbewegung aus, wobei beispielsweise ein Gaspedal betätigt wird. Sofern die elektrische Maschine **50** als Antrieb genutzt ist, befindet sich die elektrische Maschine **50** in einem motorischen Betrieb. Ferner befindet sich das hydraulische Bremssystem **10** in dem vorstehend beschriebenen Ausgangszustand. Bezüglich der nachfolgenden Funktionsbeschreibung verbleibt das Isolationsventil **22** bevorzugt unverändert in der Offenstellung. Um einen Bremsvorgang einzuleiten, wird beispielsweise die Betätigung des Gaspedales beendet und beispielsweise mit einer Betätigung des Bremspedales **12** begonnen. Bevorzugt ist die elektrische Maschine **50** für eine generatorische Nutzung vorbereitet, beispielsweise in den Generatorbetrieb geschaltet.

[0061] Von der Steuereinheit **48** des hydraulischen Bremssystems **50** wird die Betätigung des Bremspedales **12** oder die sich anbahnende Betätigung des Bremspedales **12** erkannt bzw. festgestellt. Hierauf wird von der Steuereinheit **48** das Druckabbauventil **34** zum Verstellen in eine Offenstellung angesteuert und es kommt zu einem Öffnen der Rückführleitung **32**. Durch die Betätigung des Bremspedales **12** wird über die Zuführleitung **20** eine Verschiebung eines Hydraulikfluids von dem Bremszylinder **16** in Richtung zu der Radbremse **28** bewirkt. Aufgrund der geöffneten Rückführleitung **32** wird zumindest ein Volumenanteil des Hydraulikfluids in den Speicher **42** geleitet, so dass eine der Verschiebung des Hydraulikfluids entsprechende hydraulische Bremskraft an der Radbremse **28** nicht entsteht.

[0062] Durch die Betätigung des Bremspedales **12** ist ein Bremsmomentwunsch aufgegeben, welchem durch Erzeugung eines Bremsmomentes, beispielsweise eines Bremsmomentes an dem Fahrzeugrad **100**, zu entsprechen ist. Dazu wird das von der elektrischen Maschine **50** ausgehende Schlepptomment genutzt, welches als Bremsmoment auf das bewegte System, also vorliegend auf das Kraftfahrzeug bzw. das Fahrzeugrad **100** wirkt.

[0063] In der vorliegenden Offenstellung des Druckabbauventiles **34** kann das von der elektrischen Maschine **50** bewirkte generatorische Bremsmoment mit ansteigendem Bremsmomentwunsch grundsätzlich solange genutzt werden, bis die Bremsmomentgrenze der elektrischen Maschine **50** erreicht ist. Erst

dann wird ein hydraulisches Bremsmoment benötigt oder es ist ein hydraulisches Bremsmoment zu erhöhen. Beispielsweise geschieht dies dann durch ein Verstellen des Druckabbauventils **34** in Richtung eines geschlossenen Zustandes. Hierzu wird von der Steuereinheit **48** das Druckabbauventil **34** entsprechend angesteuert. Durch das hydraulische Bremsmoment kann dann zusammen mit dem generatorischen Bremsmoment ein Gesamtbremsmoment bereitgestellt werden, welches den Bremsmomentwunsch abdeckt.

[0064] Ausgehend von der Offenstellung des Druckabbauventils **34** kann es auch zu einer Situation kommen, in der das bereitgestellte generatorische Bremsmoment die Bremsmomentgrenze der elektrischen Maschine **50** noch nicht erreicht hat, jedoch der Bremsmomentwunsch durch das bereitgestellte Gesamtbremsmoment schon nicht mehr gedeckt ist. Diese Situation kann vorliegen, wenn der Bremsdruckanstieg und damit der Bremsmomentanstieg in der Radbremse **28** zu flach ist. Eine solche Situation wird von der Steuereinheit **48** festgestellt oder erkannt. Hierauf wird dann von der Steuereinheit **48** das Druckabbauventil **34** angesteuert, um ein Verstellen des Druckabbauventils **34** in Richtung des geschlossenen Zustandes vorzeitig zu bewirken und damit ein Ansteigen des von der Radbremse **28** bewirkten hydraulischen Bremsmomentes vorzeitig zu erreichen. Sofern die Steuereinheit **48** feststellt bzw. erkennt, dass durch das Verstellen des Druckabbauventils **34** in Richtung des Schließzustandes das bereitgestellte Gesamtbremsmoment größer als der Bremsmomentwunsch ist, wird durch die Steuereinheit **48** veranlasst, dass das genutzte generatorische Bremsmoment verringert wird, insbesondere entsprechend verringert wird.

[0065] In einer weiteren Situation wird der Bremsmomentwunsch durch das bereitgestellte Gesamtbremsmoment ebenfalls nicht abgedeckt, jedoch ist das Druckabbauventil **34** bereits in Richtung des Schließzustandes soweit verstellt, insbesondere in den Schließzustand verstellt, dass auf diesem Weg die Lücke zwischen dem Gesamtbremsmoment und dem Bremsmomentwunsch nicht geschlossen werden kann. Ferner ist der Anteil des generatorischen Bremsmomentes an dem bereitgestellten Gesamtbremsmoment bereits im Maximum, hat also bereits die Drehmomentgrenze der elektrischen Maschine **50** erreicht. Eine solche Situation wird von der Steuereinheit **48** festgestellt oder erkannt. Hierauf wird dann von der Steuereinheit **48** die Pumpe **38** zum Fördern angesteuert, um zumindest einen Volumenanteil des in dem Speicher **42** gespeicherten Hydraulikfluids in Richtung zu der Radbremse **28** zu fördern und dadurch ein Ansteigen des von der Radbremse **28** bewirkten hydraulischen Bremsmomentes zu erreichen.

[0066] Fig. 2 zeigt eine weitere mögliche Ausführungsform eines hydraulischen Bremssystems **10'**, welches zum Ausführen eines regenerativen Bremsvorgangs geeignet ist und beispielsweise in einem Kraftfahrzeug zum Einsatz kommen kann. Bei dem hydraulischen Bremssystem **10'** sind zwei hydraulisch voneinander getrennte Bremskreise vorgesehen. Bevorzugt bestehen Wechselwirkungen zwischen den beiden Bremskreisen. Es erfolgt beispielsweise über einen gemeinsamen Bremszylinder **16'** ein Druckausgleich, so dass in beiden Bremskreisen der gleiche Bremsdruck anliegt. Im Folgenden wird lediglich auf einen der Bremskreise Bezug genommen, wobei der andere Bremskreis identisch und/oder funktionsgleich aufgebaut sein kann. Der Einfachheit halber und der besseren Übersichtlichkeit wegen sind in der Fig. 2 etwaige vorhandene Signalleitungen weggelassen.

[0067] Bei dem hydraulischen Bremssystem **10'** der Fig. 2 handelt es sich um ein solches Bremssystem, welches in der WO 2014/082885 A1 beschrieben ist. Insofern wird hinsichtlich des Aufbaus und der Funktionalität des hydraulischen Bremssystems **10'** auf die Offenbarung der WO 2014/082885 A1 Bezug genommen und hiermit in die Beschreibung vollumfänglich aufgenommen.

[0068] Bei dem hydraulischen Bremssystem **10'** können die vorstehend beschriebenen Bauteile des hydraulischen Bremssystems **10** der Fig. 1 ebenfalls vorhanden sein. Das hydraulische Bremssystem **10'** umfasst beispielsweise ein Bremspedal **12'**, einen Bremskraftverstärker **14'**, einen Bremszylinder **16'**, einen Vorratsbehälter **18'**, eine Zuführleitung **20'**, ein Isolationsventil **22'**, eine Radbremse **28'**, eine Rückführleitung **32'**, ein Druckabbauventil **34'**, eine Pumpe **38'**, einen Speicher **42'**, einen Pedalwegsensoren **46'**, eine Steuereinheit **48'**, eine elektrische Maschine **50'** und ein Steuergerät **52**. Diese Bauteile können mit den entsprechenden Bauteilen des hydraulischen Bremssystems **10** der Fig. 1 baugleich und/oder funktionsgleich sein.

[0069] Beispielsweise kann das Bremspedal **12'** dem Bremspedal **12**, der Bremskraftverstärker **14'** dem Bremskraftverstärker **14**, der Bremszylinder **16'** dem Bremszylinder **16**, der Vorratsbehälter **18'** dem Vorratsbehälter **18**, die Zuführleitung **20'** der Zuführleitung **20**, das Isolationsventil **22'** dem Isolationsventil **22**, die Radbremse **28'** der Radbremse **28**, die Rückführleitung **32'** der Rückführleitung **32**, das Druckabbauventil **34'** dem Druckabbauventil **34**, die Pumpe **38'** der Pumpe **38**, der Speicher **42'** dem Speicher **42**, der Pedalwegsensoren **46'** dem Pedalwegsensoren **46**, die Steuereinheit **48'** der Steuereinheit **48**, die elektrische Maschine **50'** der elektrischen Maschine **50** und das Steuergerät **52'** dem Steuergerät **52** des hydraulischen Bremssystems **10** der Fig. 1 entsprechen und/oder baugleich und/oder funktions-

gleich sein. Insofern wird auf die Beschreibung zu dem hydraulischen Bremssystem **10** der **Fig. 1** verwiesen.

[0070] In der **Fig. 2** sind vier Fahrzeuigräder dargestellt, denen jeweils eine Radbremse zugeordnet ist. Der betrachtete Bremskreis umfasst neben der Radbremse **28'** eine weitere Radbremse **30**, welche einem anderen Fahrzeuigrad zugeordnet ist. Die beiden Fahrzeuigräder mit den zugeordneten Radbremsen **28'** und **30** können an einer gemeinsamen Achse vorliegen oder sie können verschiedenen Achsen, beispielsweise der Vorderachse und der Hinterachse eines Kraftfahrzeuges, zugeordnet sein. In der **Fig. 2** ist beispielhaft eine Zuordnung der Fahrzeuigräder zu der Vorderachse und der Hinterachse in einer Diagonalausführung vorgenommen, wobei mit **VR** das vordere rechte Fahrzeuigrad, mit **VL** das vordere linke Fahrzeuigrad, mit **HR** das hintere rechte Fahrzeuigrad und mit **HL** das hintere linke Fahrzeuigrad bezeichnet ist. Beispielsweise ist in der **Fig. 2** die elektrische Maschine **50'** der Hinterachse zugeordnet. Die elektrische Maschine **50'** wirkt mit dem Fahrzeuigrad hinten links zusammen. Beispielsweise kann eine weitere elektrische Maschine vorgesehen sein, welche mit dem Fahrzeuigrad hinten rechts zusammenwirkt. Auch kann der Hinterachse eine für beide Fahrzeuigräder gemeinsame elektrische Maschine zugeordnet sein.

[0071] Beide Radbremsen **28'** und **30** sind mit der Zuführleitung **20'** gemeinsam hydraulisch verbunden, wobei an einem Ende der Bremszylinder **16'** vorliegt und an einem anderen Ende sich die Zuführleitung **20'** in zwei Leitungsabschnitte **20.1'** und **20.2'** aufteilt, welche jeweils mit einem der Radbremsen **28'** und **30** hydraulisch verbunden sind. Dem Leitungsabschnitt **20.1'** ist das Isolationsventil **22'** zugeordnet und dem Leitungsabschnitt **20.2'** ist ein separates Isolationsventil **24** zugeordnet. Bevorzugt sind die Isolationsventile **22'** und **24** baugleich und/oder funktionsgleich zueinander.

[0072] Die bei dem hydraulischen Bremssystem **10** der **Fig. 1** vorgesehene Rückführleitung **32** entspricht zumindest teilweise der Rückführleitung **32'**, welcher die Pumpe **38'** und der Speicher **42'** zugeordnet ist. In Richtung zu dem Radbremsen **28'** und **30** gesehen, teilt sich die Rückführleitung **32'** in zwei Leitungsabschnitte **32.1'** und **32.2'** auf, welche jeweils mit einer der Radbremsen **28'** und **30** hydraulisch verbunden sind. Neben dem Druckabbauventil **34'** ist ein weiteres Druckabbauventil **36** vorgesehen, welche jeweils einem der Leitungsabschnitte **32.1'**, **32.2'** der Rückführleitung **32'** zugeordnet sind. Durch die Isolationsventile **22'** und **24** kann jede der beiden Radbremsen **28'** und **30** separat hydraulisch isoliert werden. Durch die Druckabbauventile **34'** und **36** kann separat für jede der beiden Radbremsen **28'** und **30** ein Volumenanteil eines durch den Bremszylinder **16** verschobe-

nen Hydraulikfluids in dem zugehörigen Leitungsabschnitt **32.1'**, **32.2'** der Rückführleitung **32'** weitergeleitet werden, um in dem Speicher **42'** gespeichert zu werden.

[0073] Bevorzugt ist die Steuereinheit **48'** gegenüber der Steuereinheit **48** des hydraulischen Bremssystems **10** der **Fig. 1** in ihrem Funktionsumfang derart erweitert, dass neben dem Isolationsventil **22'** und dem Druckabbauventil **34'**, welche der Radbremse **28'** zugeordnet sind, zusätzlich auch das Isolationsventil **24** und das Druckabbauventil **36**, welche der Radbremse **30** zugeordnet sind, angesteuert werden können. Bevorzugt sind das Isolationsventil **24** und das Druckabbauventil **36** in gleicher Weise wie das Isolationsventil **22'** und das Druckabbauventil **34'** von der Steuereinheit **48** ansteuerbar. Beispielsweise sind die Isolationsventile **22'**, **24** und die Druckabbauventile **34'**, **36** ein Bestandteil eines Antiblockiersystems, welches durch das hydraulische Bremssystem **10'** bereitgestellt wird. Beispielsweise ist die Steuereinheit **48'** zusätzlich zum Ausführen des hydraulischen Bremssystems **10'** bei einem Antiblockiervorgang eingerichtet.

[0074] Im Hinblick auf den zu der **Fig. 1** beschriebenen regenerativen Bremsvorgang ist bezüglich der Ausführungsform der **Fig. 2** zwischen den hinteren Fahrzeuigrädern **HL**, **HR** und den vorderen Fahrzeuigrädern **VL**, **VR** und den jeweils zugeordneten Radbremsen zu unterscheiden, wobei nachfolgend zur Vereinfachung lediglich das Fahrzeuigrad **VR** und das Fahrzeuigrad **HL** und die zugeordneten Radbremsen **28'**, **30** betrachtet sind.

[0075] Bei dem hydraulischen Bremssystem **10'** der **Fig. 2** werden die Funktionen des hydraulischen Bremssystems **10** der **Fig. 1**, wie sie vorstehend beschrieben sind, bevorzugt bei den vorderen Fahrzeuigrädern **VL**, **VR** und den zugeordneten Radbremsen ausgeführt. Bevorzugt ist daher die Steuereinheit **48'** eingerichtet, bei einem Vorliegen einer Betätigung des Bremszylinders **16'** und bei einem Vorliegen des Druckabbauventiles **34'** in einer Offenstellung und insbesondere bei einem Vorliegen eines von der elektrischen Maschine **50'** bewirkten generatorischen Bremsmomentes das Druckabbauventil **34'** bereits zum Verstellen in Richtung eines Schließzustandes anzusteuern, wenn das generatorische Bremsmoment noch nicht die Bremsmomentgrenze der elektrischen Maschine **50'** erreicht hat, jedoch das hydraulische Bremsmoment und das generatorische Bremsmoment in der Summe, also das Gesamtbremsmoment, kleiner als ein Bremsmomentwunsch, insbesondere ein momentaner Bremsmomentwunsch ist. Durch das Verstellen des Druckabbauventiles **34'** in Richtung des Schließzustandes ist darauf abgezielt, ein Ansteigen des hydraulischen Bremsmomentes zu erreichen. Bevorzugt ist die Steuereinheit **48'** ferner eingerichtet, nach dem Verstellen des Druckab-

bauventils **34'** in Richtung des Schließzustandes das generatorische Bremsmoment soweit zu reduzieren, dass das Gesamtbremsmoment dem Bremsmomentwunsch entspricht.

[0076] Bevorzugt ist die Steuereinheit **48'** auch eingerichtet, nach dem Verstellen des Druckabbauventils **34'** in Richtung des Schließzustandes die Pumpe **38'** zum Fördern anzusteuern, wenn das Gesamtbremsmoment kleiner als der Bremsmomentwunsch ist und beispielsweise wenn das Gesamtbremsmoment größer als die Drehmomentgrenze der elektrischen Maschine **50'** ist. Durch das Fördern der Pumpe **38'** ist darauf abgezielt, zumindest einen Volumenanteil des in dem Speicher **42'** gespeicherten Hydraulikfluids in Richtung zu der Radbremse **28'** zu fördern und dadurch ein Ansteigen des von der Radbremse **28'** bewirkten hydraulischen Bremsmoments zu erreichen. Die Pumpe **38'** kann von der Steuereinheit **48'** angesteuert werden, um ein Fördern zu beginnen oder um die die Förderleistung zu erhöhen, also den Volumenstrom des geförderten Hydraulikfluids zu erhöhen.

[0077] Das Druckabbauventil **36**, welches der Radbremse **30** an dem hinteren Fahrzeugrad **HL** zugeordnet ist, bleibt dabei bevorzugt in einem Schließzustand. Bevorzugt wird von der Steuereinheit **48'** das Isolationsventil **24** zum Verstellen in Richtung eines geschlossenen Zustandes, insbesondere zum Verstellen in den geschlossenen Zustand angesteuert, um die Radbremse **30** von dem Bremszylinder **16'** zumindest teilweise oder vollständig hydraulisch zu isolieren. Dadurch wird das bei dem generatorischen Bremsvorgang in den vorstehend beschriebenen Bremsphasen bereitgestellte hydraulische Bremsmoment hauptsächlich oder ausschließlich von den vorderen Radbremsen, welche also den vorderen Fahrzeugrädern **VR**, **VL** zugeordnet sind, erzeugt.

[0078] Wie aus der **Fig. 2** ferner ersichtlich ist, kann der Zuführleitung **20'** ein weiteres Isolationsventil **26** zugeordnet sein, welches zwischen der Aufteilung in die Leitungsabschnitte **20.1'**, **20.1'** und dem Bremszylinder **16** in der Zuführleitung angeordnet ist. Ferner kann ein Versorgungsventil **40** der Rückführleitung **32'** zugeordnet sein. Durch das Versorgungsventil **40** kann die Rückführleitung **32'** unter Umgehung des weiteren Isolationsventils **26** mit einem diesem Isolationsventil **26** vorgeschalteten Bereich hydraulisch verbunden werden. Beispielsweise sind das Isolationsventil **26** und das Versorgungsventil **40** ein Bestandteil einer Fahrdynamikregelung (ESP). Beispielsweise ist die Steuereinheit **48'** zusätzlich zum Ausführen des hydraulischen Bremssystems **10'** bei einem Fahrdynamikregelungsvorgang eingerichtet.

[0079] In der vorliegenden Beschreibung bedeutet die Bezugnahme auf einen bestimmten Aspekt

oder eine bestimmte Ausführungsform oder eine bestimmte Ausgestaltung, dass ein bestimmtes Merkmal oder eine bestimmte Eigenschaft, die in Verbindung mit dem jeweiligen Aspekt oder der jeweiligen Ausführungsform oder der jeweiligen Ausgestaltung beschrieben ist, zumindest dort enthalten ist, aber nicht notwendigerweise in allen Aspekten oder Ausführungsformen oder Ausgestaltungen der Erfindung enthalten sein muss. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass jede Kombination der verschiedenen Merkmale und/oder Strukturen und/oder Eigenschaften, welche in Bezug auf die Erfindung beschrieben sind, von der Erfindung umfasst sind, sofern dies nicht ausdrücklich oder eindeutig durch den Zusammenhang widerlegt ist.

[0080] Die Verwendung von einzelnen oder allen Beispielen oder einer beispielhaften Ausdrucksweise im Text soll lediglich die Erfindung beleuchten und stellt keine Beschränkung hinsichtlich des Umfangs der Erfindung dar, wenn nichts anders behauptet wird. Auch ist keine Ausdrucksweise oder Formulierung der Beschreibung so zu verstehen, dass es sich um ein nicht beanspruchtes, aber für die Praxis der Erfindung wesentliches Element handelt ist.

Bezugszeichenliste

10, 10'	Bremssystem
12, 12'	Bremspedal
14, 14'	Bremskraftverstärker
16, 16'	Bremszylinder
18, 18'	Vorratsbehälter
20,20'	Zuführleitung
20.1'	Leitungsabschnitt
20.2'	Leitungsabschnitt
22, 22'	Isolationsventil
24	Isolationsventil
26	Isolationsventil
28, 28'	Radbremse
30	Radbremse
32, 32'	Rückführleitung
32.1'	Leitungsabschnitt
32.2'	Leitungsabschnitt
34, 34'	Druckabbauventil
36	Druckabbauventil
38, 38'	Pumpe
40	Versorgungsventil
42,42'	Speicher
46, 46'	Pedalwegsensoren

48, 48'	Steuereinheit
50, 50'	elektrische Maschine
52, 52'	Steuergerät
60	Signalleitung
61	Signalleitung
62	Signalleitung
63	Signalleitung
64	Signalleitung
65	Stellverbindung
70	Rückführrichtung
M	Antriebsmotor
100	Fahrzeugrad
VR	vorne rechts
VL	vorne links
HR	hinten rechts
HL	hinten links

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

- WO 2014/082885 A1 [0004, 0067]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung eines hydraulischen Bremssystems (10) bei einem regenerativen Bremsvorgang, wobei mittels eines Bremszylinders (16) eine Verschiebung eines Hydraulikfluids in Richtung zu einer Radbremse (28) stattfindet und wobei zumindest ein Volumenanteil des Hydraulikfluids über ein in einer Offenstellung befindliches Druckabbauventil (34) in einen Speicher (42) geleitet wird, wobei das Verfahren ferner den Schritt umfasst, dass das Druckabbauventil (34) in Richtung eines geschlossenen Zustandes verstellt wird, um ein Ansteigen eines von der Radbremse (28) bewirkten hydraulischen Bremsmomentes zu erreichen, wenn ein Gesamtbremsmoment, welches sich aus dem hydraulischen Bremsmoment und einem von einer elektrischen Maschine (50) bewirkten generatorischen Bremsmoment zusammensetzt, kleiner als ein Bremsmomentwunsch ist, und wenn das generatorische Bremsmoment unterhalb einer Bremsmomentgrenze der elektrischen Maschine (50) liegt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei nach dem Verstellen des Druckabbauventils (34) in Richtung des geschlossenen Zustandes das generatorische Bremsmoment soweit reduziert wird, dass das Gesamtbremsmoment dem Bremsmomentwunsch entspricht.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei nach dem Verstellen des Druckabbauventils (34) in Richtung des geschlossenen Zustandes mittels einer Druckquelle ein Druck auf zumindest ein Volumenanteil des Hydraulikfluids ausgeübt wird, um ein Ansteigen des von der Radbremse (28) bewirkten hydraulischen Bremsmomentes zu erreichen, wenn das Gesamtbremsmoment kleiner als der Bremsmomentwunsch ist und wenn das Gesamtbremsmoment größer als die Bremsmomentgrenze der elektrischen Maschine (50) ist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei nach dem Verstellen des Druckabbauventils (34) in Richtung des geschlossenen Zustandes mittels einer Pumpe (38) zumindest ein Volumenanteil des in dem Speicher (42) gespeicherten Hydraulikfluids in Richtung zu der Radbremse (28) gefördert wird, um ein Ansteigen des von der Radbremse (28) bewirkten hydraulischen Bremsmomentes zu erreichen, wenn das Gesamtbremsmoment kleiner als der Bremsmomentwunsch ist und insbesondere wenn das Gesamtbremsmoment größer als die Bremsmomentgrenze der elektrischen Maschine (50) ist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein der Radbremse (28) zugeordnetes Isolationsventil (22) in einer Offenstellung verbleibt, so dass eine hydraulische Verbindung zwi-

schen dem Bremszylinder (16) und der Radbremse (28) aufrechterhalten bleibt.

6. Hydraulisches Bremssystem (10) für ein Kraftfahrzeug, umfassend:
 einen Bremszylinder (16) und eine Radbremse (28), welche über eine Zuführleitung (20) miteinander hydraulisch verbunden sind, wobei der Bremszylinder (16) eingerichtet ist, ein Hydraulikfluid in Richtung zu der Radbremse (28) zu verschieben und die Radbremse (28) eingerichtet ist, durch das Hydraulikfluid ein hydraulisches Bremsmoment auszuüben;
 ein Isolationsventil (22), welches der Zuführleitung (20) fluidmäßig zugeordnet ist und eingerichtet ist, die Zuführleitung (20) zu schließen;
 eine Rückführleitung (32) zum Rückführen zumindest eines Volumenanteiles des Hydraulikfluids von einem dem Isolationsventil (22) nachgeschalteten Bereich in einen dem Isolationsventil (22) vorgeschalteten Bereich;
 ein Druckabbauventil (34), eine Pumpe (38) und einen Speicher (42), welche der Rückführleitung (32) fluidmäßig zugeordnet sind, wobei die Pumpe (38) eingerichtet ist, zumindest einen Volumenanteil des Hydraulikfluids zu fördern, der Speicher (42) eingerichtet ist, zumindest einen Volumenanteil des Hydraulikfluids zu speichern, und das Druckabbauventil (34) eingerichtet ist, die Rückführleitung (32) zu öffnen;
 eine Steuereinheit (48), welche mit dem Isolationsventil (22), dem Druckabbauventil (34) und der Pumpe (38) signalverbunden ist und eingerichtet ist, bei einem Vorliegen einer Betätigung des Bremszylinders (16) und bei einem Vorliegen eines generatorischen Bremsmomentes einer elektrischen Maschine (50) und bei einem Vorliegen des Druckabbauventils (34) in einer Offenstellung das Druckabbauventil (34) zum Verstellen in Richtung eines Schließzustandes anzusteuern, um ein Ansteigen des von der Radbremse (28) bewirkten hydraulischen Bremsmomentes zu erreichen, wenn ein Gesamtbremsmoment, welches sich aus dem hydraulischen Bremsmoment und dem generatorischen Bremsmoment zusammensetzt, kleiner als ein Bremsmomentwunsch ist und wenn das generatorische Bremsmoment unterhalb einer Bremsmomentgrenze der elektrischen Maschine (50) liegt.

7. Bremssystem nach Anspruch 6, wobei die Steuereinheit (48) eingerichtet ist, nach dem Verstellen des Druckabbauventils (34) in Richtung des Schließzustandes das generatorische Bremsmoment soweit zu reduzieren, dass das Gesamtbremsmoment dem Bremsmomentwunsch entspricht.

8. Bremssystem nach Anspruch 6 oder 7, wobei die Steuereinheit (48) eingerichtet ist, nach dem Verstellen des Druckabbauventils (34) in Richtung des Schließzustandes die Pumpe (38) zum Fördern anzusteuern, um zumindest einen Volumenanteil des

in dem Speicher (42) gespeicherten Hydraulikfluids in Richtung zu der Radbremse (28) zu fördern und dadurch ein Ansteigen des von der Radbremse (28) bewirkten hydraulischen Bremsmoments zu erreichen, wenn das Gesamtbremsmoment kleiner als der Bremsmomentwunsch ist und das Gesamtbremsmoment größer als die Drehmomentgrenze der elektrischen Maschine (50) ist.

9. Bremssystem nach einem der Ansprüche 6 bis 9, wobei das Isolationsventil (22) und/oder das Druckabbauventil (34) und/oder die Pumpe (38) und/oder der Speicher (42) ein Bestandteil eines Antiblockiersystems sind.

10. Computerprogrammprodukt mit einem Programmcode, welcher auf einem von einem Computer lesbaren Medium gespeichert ist, zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5

11. Steuereinheit (48) für ein hydraulisches Bremssystem (10) nach einem der Ansprüche 6 bis 9, umfassend ein Computerprogrammprodukt nach Anspruch 10.

12. Kraftfahrzeug mit einem hydraulischen Bremssystem (10) nach einem der Ansprüche 6 bis 9 und/oder einem Computerprogrammprodukt nach Anspruch 10 und/oder einer Steuereinheit (48) nach Anspruch 11.

13. Kraftfahrzeug nach Anspruch 12, wobei das Kraftfahrzeug wenigstens ein Fahrzeugrad (100) und wenigstens eine mit dem Fahrzeug (100) triebmäßig verbundene elektrische Maschine (50) umfasst, welche eingerichtet ist, bei einem Bremsvorgang des Kraftfahrzeuges generatorisch genutzt zu werden.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

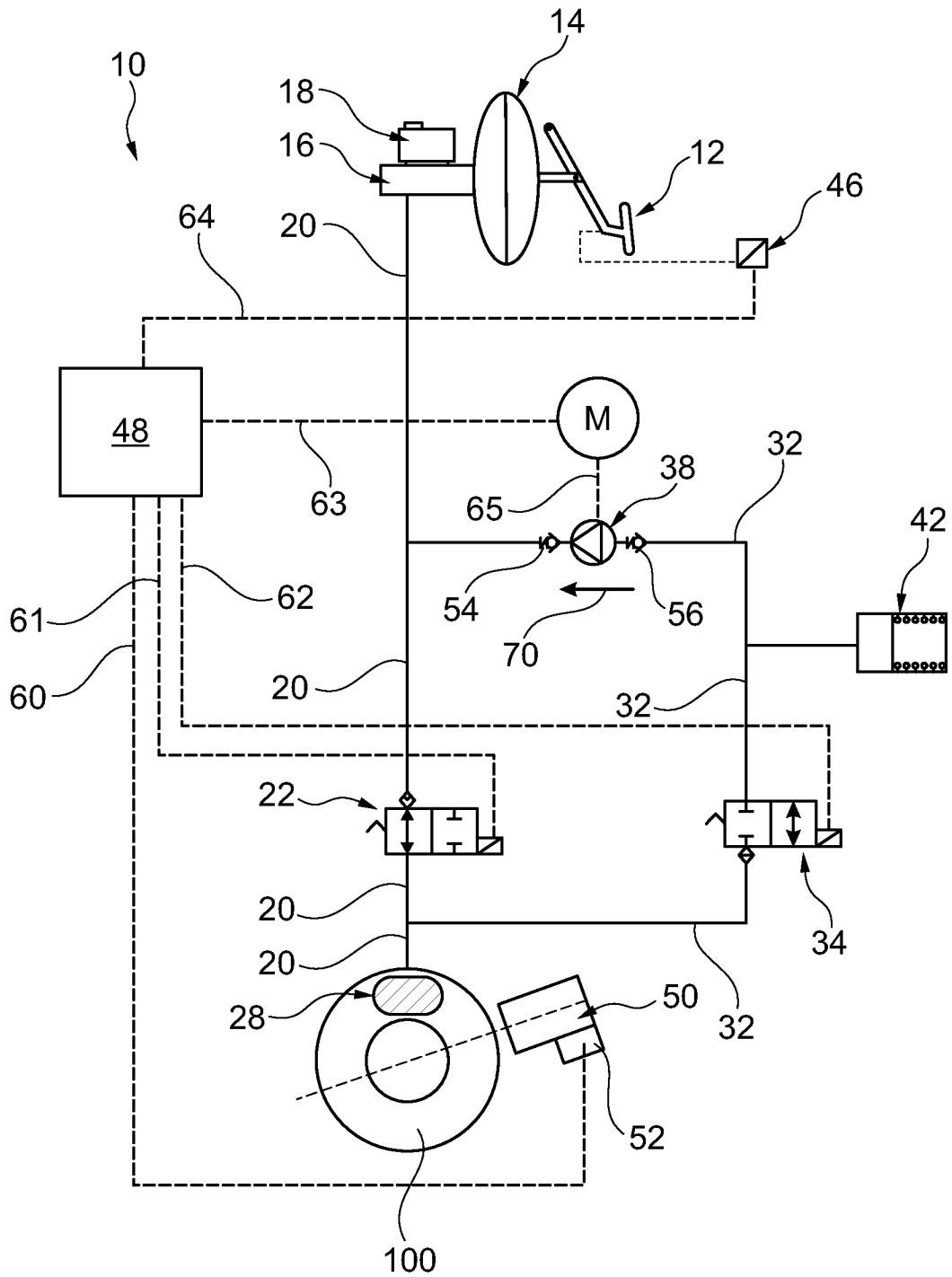


Fig. 1

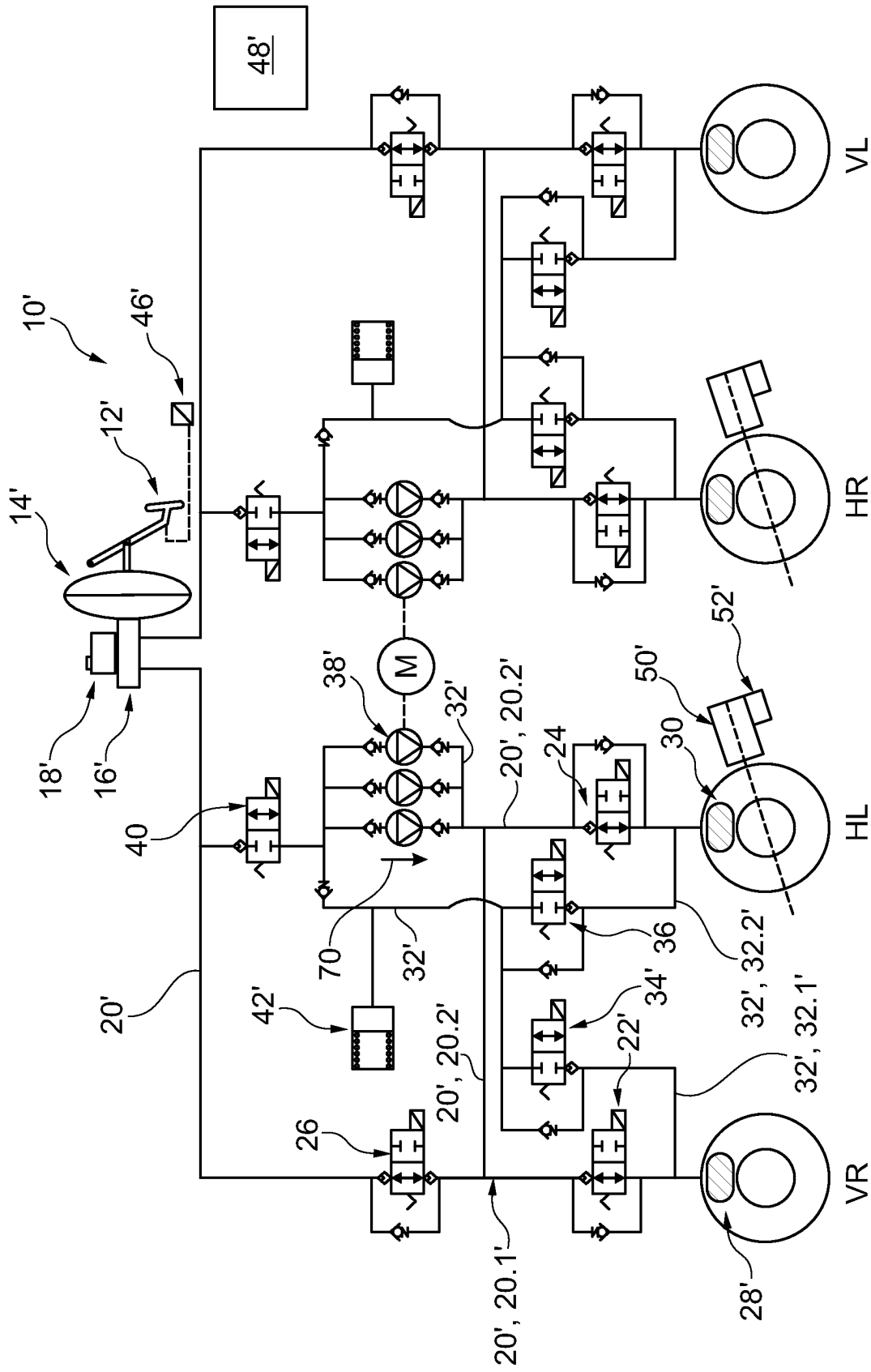


Fig. 2