



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 030 441 B4** 2009.07.16

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 030 441.4**

(22) Anmeldetag: **29.06.2007**

(43) Offenlegungstag: **02.01.2009**

(45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **16.07.2009**

(51) Int Cl.⁸: **B60T 13/66** (2006.01)

B60T 13/74 (2006.01)

B60W 20/00 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

AUDI AG, 85057 Ingolstadt, DE

(72) Erfinder:

Meel, Franciscus van, 85113 Böhmfeld, DE;
Schneider, Heinz-Anton, 85290 Geisenfeld, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

DE 196 04 134 A1

DE 41 24 496 A1

EP 17 38 983 A2

WO 2007/0 20 130 A1

(54) Bezeichnung: **Bremssystem für ein Kraftfahrzeug und Verfahren zum Betreiben eines Bremssystems eines Kraftfahrzeugs**

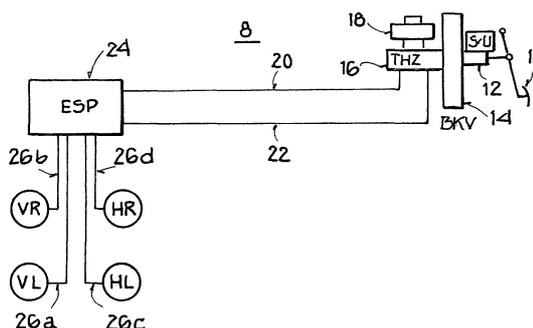
(57) Hauptanspruch: Bremssystem für ein Kraftfahrzeug mit

– einem Bremspedal (10);
 – mindestens einem Sensor (12) zur Erfassung eines über das Bremspedal (10) zum Ausdruck gebrachten Fahrerbremswunsches;

– einem ersten Teilbremssystem, das als Hydraulikbremssystem (8) ausgeführt ist und einen Hauptbremszylinder (16), mindestens zwei Radbremsen (VL, VR, HL, HR), ein Fahrdynamikregelsystem (24) und mindestens eine Hydraulikleitung (20, 22) umfasst, wobei das Fahrdynamikregelsystem (24) über die mindestens eine Hydraulikleitung (20, 22) mit dem Hauptbremszylinder verbunden ist und ausgelegt ist, Hydraulikfluid von der mindestens einen Hydraulikleitung (20, 22) über jeweils ein zugeordnetes Ventil, um mindestens eine Radbremse (VL, VR, HL, HR) zu leiten, um dadurch eine Bremswirkung zu erzielen; und

– einem zweiten Teilbremssystem, das als Generatorbremssystem (28) ausgeführt ist und ausgelegt ist durch entsprechende Ansteuerung eines Generators (32) eine Bremswirkung zu erzielen;

dadurch gekennzeichnet,
 dass das Hydraulikbremssystem (8) mindestens eine Simulatoreinheit (36a, 36b) umfasst, die ausgelegt ist, Hydraulikfluid...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Bremssystem für ein Kraftfahrzeug mit einem Bremspedal, mindestens einem Sensor zur Erfassung eines über das Bremspedal zum Ausdruck gebrachten Fahrerbremswunsches und einem ersten Teilbremssystem, das als Hydraulikbremssystem ausgeführt ist und einen Hauptbremszylinder, mindestens zwei Radbremsen, ein Fahrdynamikregelsystem und mindestens eine Hydraulikleitung umfasst, wobei das Fahrdynamikregelsystem über die mindestens eine Hydraulikleitung mit dem Hauptbremszylinder verbunden ist und ausgelegt ist, Hydraulikfluid von der mindestens einen Hydraulikleitung über jeweils ein zugeordnetes Ventil in mindestens eine Radbremse zu leiten, um dadurch eine Bremswirkung zu erzielen, und einem zweiten Teilbremssystem, das als Generatorbremssystem ausgeführt ist und ausgelegt ist, durch entsprechende Ansteuerung eines Generators eine Bremswirkung zu erzielen. Sie betrifft überdies ein Verfahren zum Betreiben eines derartigen Bremssystems eines Kraftfahrzeugs.

[0002] Ein aus dem Stand der Technik bekanntes Bremssystem ist in [Fig. 1](#) dargestellt. Es ist vorliegend als hydraulisches Zweikreis-Bremssystem **8** ausgeführt und umfasst ein Bremspedal **10**, einen Sensor **12** zur Erfassung eines Fahrerbremswunsches, wobei der Sensor ausgelegt ist, den Fahrerbremswunsch durch Messung der Bremspedalkraft und/oder des Bremspedalweges und/oder des Bremsdrucks im Bremssystem zu erfassen. Das Bremssystem umfasst weiterhin einen Bremskraftverstärker **14** sowie einen Tandemhauptbremszylinder **16**, der mit einem Hydraulikfluidvorratsbehälter **18** in Verbindung steht. Der Tandemhauptbremszylinder **16** seinerseits steht über eine erste **20** und eine zweite **22** Hydraulikleitung mit einem Fahrdynamikregelsystem **24**, beispielsweise einem ESP-Aggregat, in Verbindung. Im Fahrdynamikregelsystem **24** sind eine Anzahl an Ventilen vorgesehen (nicht dargestellt), die der Anzahl an Radbremsen entspricht. Vorliegend umfasst das Fahrdynamikregelsystem vier Ventile, die den vier Radbremsen VL (vorne links), VR (vorne rechts), HL (hinten links) und HR (hinten rechts) zugeordnet sind. Zwischen dem Fahrdynamikregelsystem **24** und den Radbremsen VL, VR, HL, HR sind hydraulische Verbindungsleitungen **26a** – d vorgesehen. Beim Betätigen des Bremspedals **10** wird über den Bremskraftverstärker **14** die auf den Tandemhauptbremszylinder **16** wirkende Fahrerfußkraft verstärkt und bewirkt eine Verschiebung von hydraulischem Flüssigkeitsvolumen mittels des Tandemhauptbremszylinders **16** über die Hydraulikleitungen **20**, **22** durch das Fahrdynamikregelsystem **24** zu den einzelnen Radbremsen VL, VR, HL, HR. Der Abschnitt des Bremssystems, der auf die den Radbremsen VL, VR, HL, HR zugeordneten Ventile folgt, weist eine charakteristische hydraulische Schluck-

kennlinie, d. h. eine Kennlinie, die die Abhängigkeit des Bremsdrucks vom Volumen des verschobenen Hydraulikfluids beschreibt, auf. Diese erzeugt am Bremspedal **10** eine für dieses Bremssystem eigene Charakteristik bezüglich Pedalkraft/Pedalweg und Pedalweg/Fahrzeugverzögerung.

[0003] Bei Hybridantriebsfahrzeugen treten Bremszustände auf, in denen die Fahrzeugverzögerung nicht über die hydraulisch betätigten Radbremsen genauer gesagt Radreibbremsen, sondern auch über einen mit den Rädern verbundenen Generator erfolgen soll, um mit dieser elektrische Energie aus der Bewegungsenergie des Fahrzeugs zurückzugewinnen zu können. Zur Rückgewinnung von möglichst viel Energie bei einer Fahrzeugverzögerung ist es erforderlich, dass die Verzögerung ausschließlich oder teilweise – je nach Fahrzustand – über den Generator erfolgt.

[0004] Aus der DE 196 04 134 A1 ist ein gattungsgemäßes Bremssystem bekannt, bei welchem in einem ersten Bereich des Fahrerbremswunsches nahezu ausschließlich die regenerative Abbremsung das Bremsmoment aufbringt, wobei die Reibungsbremse im Wesentlichen kein Bremsmoment aufbringt. Das wird dadurch realisiert, dass in diesem Bereich des Bremswunsches das von dem Fahrer durch die Bremsbetätigung in die Radbremszylinder einströmende Druckmittel durch entsprechende Steuerung in eine Speicherkammer zurückgeführt wird.

[0005] Aus dem Stand der Technik sind überdies Bremseinrichtungen für Hybridantriebsfahrzeuge bekannt, die zwar auch über ein Generatorbremssystem verfügen, bei denen jedoch das Hydraulikbremssystem als „Break-By-Wire-System“ ausgeführt ist. Bei diesen bekannten Systemen fehlt die Hydraulikverbindung zwischen Tandemhauptbremszylinder und Radbremsen. Das vom Sensor zur Erfassung des Fahrerbremswunsches erfasste Signal wird in ein elektrisches Signal umgewandelt und an eine Motor-Pumpen-Einheit mit einem Speicher gekoppelt oder an eine Spannkrafterzeugungseinheit pro Rad geleitet, um eine Bremswirkung auszulösen. Reine Break-By-Wire-Systeme sind aufgrund der erforderlichen Sicherheitsanforderungen und des damit einhergehenden Aufwands für zahlreiche Anwendungen, insbesondere in Kleinwagen, zu teuer.

[0006] Aus der EP 1 738 983 A2 ist eine By-Wire-Bremsbetätigungsvorrichtung bekannt, bei der im Normalbetrieb eine rückwirkende Kraft auf das Bremspedal durch einen Motor eines Simulators erzeugt wird, während in einem defektbedingten, stromlosen Zustand, d. h. in einer hydraulischen Rückfallebene, die Pedalkraft durch den Durchgriff zum Hauptbremszylinder erzeugt wird.

[0007] Bei einem bekannten Bremssystem tritt nun, anders als bei einem Break-By-Wire-System, das Problem auf, dass in dem ersten Teilbremssystem, das als Hydraulikbremssystem ausgeführt ist, bei einer Bremspedalbetätigung ein hydraulischer Bremsdruckaufbau an den Radbremsen durch Schließen der den Radbremsen zugeordneten, im Fahrdynamikregelsystem angeordneten Ventile verhindert werden kann, um eine Fahrzeugverzögerung unter Energierückgewinnung zu ermöglichen. Dadurch wird jedoch die Schluckkennlinie des Bremssystems erheblich verändert, wodurch sich eine unerwünschte Veränderung der Charakteristik Pedalkraft/Pedalweg und Pedalweg/Fahrzeugverzögerung ergibt. Diese Veränderung ist deshalb unerwünscht, da hierüber unter anderem auch die Dosierung der Bremse stattfindet. Eine Veränderung der Charakteristik Pedalkraft/Pedalweg und Pedalweg/Fahrzeugverzögerung würde eine korrekte Dosierung der Bremse durch den Fahrer erschweren, was in einer Gefährdung von Fahrzeug und Insassen resultieren würde.

[0008] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht deshalb darin, ein gattungsgemäßes Bremssystem bzw. ein gattungsgemäßes Verfahren derart weiterzubilden, dass bei hoher Zuverlässigkeit eine Reduktion des Kraftstoffverbrauchs des Kraftfahrzeugs ermöglicht wird ohne Fahrer und Fahrzeug durch ein ungewohntes Pedalgefühl an der Bremse zu gefährden.

[0009] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Bremssystem mit den Merkmalen von Patentanspruch 1 sowie durch ein Verfahren zum Betreiben eines Bremssystems mit den Merkmalen von Patentanspruch 10.

[0010] Die vorliegende Erfindung basiert auf der Erkenntnis, dass diese Aufgabe gelöst werden kann, wenn zunächst ein bekanntes Bremssystem um ein zweites Teilbremssystem erweitert wird, das als Generatorbremssystem ausgeführt ist, d. h. ausgelegt ist durch entsprechende Ansteuerung eines Generators eine Bremswirkung zu erzielen. Überdies ist das Hydraulikbremssystem um mindestens eine Simulatoreinheit zu erweitern, die ausgelegt ist, Hydraulikfluid aus dem Hydraulikbremssystem zu entnehmen und in das Hydraulikbremssystem zurückzuführen, um einem Fahrer am Bremspedal ein Pedalgefühl bereitzustellen, das unabhängig von der Art des aktivierten Teilbremssystems/der aktivierten Teilbremssysteme ist. Durch diese Maßnahme kann einerseits eine Reduktion des Kraftstoffverbrauchs des Fahrzeugs sichergestellt werden, zum anderen ist bei entsprechender Dimensionierung der mindestens einen Simulatoreinheit das Pedalgefühl am Bremspedal für den Fahrer unverändert, egal ob eine reine Hydraulikbremsung, eine reine Generatorbremsung oder eine Mischung der beiden vorliegt.

[0011] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird

demnach die durch das Generatorbremssystem verursachte Bremswirkung in eine entsprechende Bremswirkung des Hydrauliksystems umgerechnet und die Menge an Hydraulikfluid, die bei dieser entsprechenden Hydraulikbremsung verdrängt worden wäre, durch die mindestens eine Simulatoreinheit aufgenommen. Wird während eines Bremsvorgangs der Anteil der Generatorbremsung erhöht, wird demnach noch mehr Hydraulikfluid von der Simulatoreinheit aufgenommen, wird der Anteil der Generatorbremsung reduziert, wird in der Simulatoreinheit befindliches Hydraulikfluid von der mindestens einen Simulatoreinheit in das Hydraulikbremssystem zurückgeführt. Damit wird dem Fahrer ein Bremssystem zur Verfügung gestellt, bei dem er nicht mehr unterscheiden kann, welches der Bremssysteme augenblicklich aktiv ist. Dadurch kann er die Bremse in gewohnter Art und Weise und dadurch präzise, korrekt und zuverlässig dimensionieren. Überdies sind durch das erfindungsgemäße Bremssystem die Kosten reduziert, da es nach wie vor auf dem zuverlässigen, bekannten Hydrauliksystem basiert – im Gegensatz zum Break-By-Wire-System – und sich daher quasi als Add-On-System realisieren lässt.

[0012] Erfindungsgemäß ist dem Teil des Hydraulikbremssystems nach dem mindestens einen einer Radbremse zugeordneten Ventil eine Schluckkennlinie zugeordnet, wobei die mindestens eine Simulatoreinheit ausgelegt ist, bei einem alleinigen oder zum Hydraulikbremssystem zusätzlichen Betrieb des Generatorbremssystems diese Schluckkennlinie nachzubilden.

[0013] Bei einer bevorzugten Realisierung umfasst die mindestens eine Simulatoreinheit eine Ventilvorrichtung und eine Kolbenvorrichtung, wobei die Ventilvorrichtung hydraulisch mit der Hydraulikleitung und die Kolbenvorrichtung hydraulisch mit der Ventilvorrichtung gekoppelt ist. Durch die Ventilvorrichtung kann demnach die Entnahme von Hydraulikfluid aus dem Hydraulikbremssystem bzw. die Zurückführung von Hydraulikfluid in das Hydraulikbremssystem gesteuert werden. Durch die Kolbenvorrichtung kann Hydraulikfluid aufgenommen und wieder abgegeben werden.

[0014] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Ventilvorrichtung eine erste und eine zweite Durchgangscharakteristik auf, wobei gemäß der ersten Durchgangscharakteristik ein Transport von Hydraulikfluid nur von der Kolbenvorrichtung in Richtung zur Hydraulikleitung ermöglicht ist, und wobei gemäß der zweiten Durchgangscharakteristik ein Transport von Hydraulikfluid von der Kolbenvorrichtung in Richtung zur Hydraulikleitung und ein Transport von Hydraulikfluid zur Kolbenvorrichtung ermöglicht ist. Die erste Durchgangscharakteristik korrespondiert daher mit einer reinen Hydraulikbremsung, die zweite Durchgangscharakteristik mit einer alleini-

gen oder zur Hydraulikbremsung zusätzlichen Generatorbremsung.

[0015] Bevorzugt ist dabei die zweite Durchgangsscharakteristik derart ausgelegt, dass der Transport von Hydraulikfluid von der Hydraulikleitung zur Kolbenvorrichtung durch eine Drossel erfolgt. Durch die Drossel kann eine Verlustcharakteristik eingeführt werden. Dabei dient die Drossel insbesondere zur Simulation der Drosselverluste in den Bremsleitungen zwischen dem Fahrdynamikregelsystem und den Radbremsen sowie der Drosselverluste in dem Fahrdynamikregelsystem.

[0016] Die Kolbenvorrichtung umfasst bevorzugt einen Kolben, der hydraulisch an die Ventilvorrichtung gekoppelt ist, sowie eine Feder und eine Basis, wobei der Kolben beweglich über die Feder an der Basis abgestützt ist. Durch die Feder, insbesondere durch Dimensionierung deren Federkonstante, kann eine weitere Verlustcharakteristik in das System eingeführt werden. Bevorzugt ist dabei die Basis beweglich ausgebildet. Insofern ist es weiterhin bevorzugt, wenn die Kolbenvorrichtung eine Antriebsvorrichtung umfasst, um die Basis in Richtung zum Kolben und von diesem wegzubewegen. Damit kann unter Beaufschlagung des Hydraulikfluids durch die Verlustcharakteristik gemäß der Drossel und/oder der Verlustcharakteristik gemäß der Feder die Entnahme bzw. die Zurückführung von Hydraulikfluid beeinflusst werden.

[0017] Es ist insbesondere bevorzugt, wenn das Bremssystem eine Steuervorrichtung umfasst mit einem Eingang, der mit dem mindestens einen Sensor zur Erfassung eines über das Bremspedal zum Ausdruck gebrachten Fahrerbremswunsches gekoppelt ist, einem ersten Ausgang zur Ansteuerung der Ventilvorrichtung, um die erste oder die zweite Durchgangsscharakteristik auszuwählen, einem zweiten Ausgang zur Ansteuerung der Antriebsvorrichtung der Simulatoreinheit und mindestens zwei weiteren Ausgängen zur Ansteuerung des mindestens einen Ventils, das der mindestens einen Radbremse zugeordnet ist.

[0018] Bevorzugt basiert ein erfindungsgemäßes Bremssystem aus Gründen der erhöhten Sicherheit auf einem bekannten hydraulischen Zweikreis-Bremssystem. Dabei ist eine erste und eine zweite Hydraulikleitung vorgesehen, wobei eine erste Simulatoreinheit mit der ersten Hydraulikleitung und eine zweite Simulatoreinheit mit der zweiten Hydraulikleitung verbunden ist, wobei das Fahrdynamikregelsystem ausgelegt ist, Hydraulikfluid aus der ersten Hydraulikleitung über ein jeweils zugeordnetes Ventil in eine erste und eine zweite Radbremse und Hydraulikfluid aus der zweiten Hydraulikleitung über ein jeweils zugeordnetes Ventil in eine dritte und eine vierte Radbremse zu leiten. Bei einem so genannten

„X-System“ sind die Radbremsen VR und HL mit einer Hydraulikleitung und die Radbremsen VL und HR mit der anderen Hydraulikleitung verbunden. Dabei können beide Simulatoreinheiten identisch ausgebildet sein. Bei einem so genannten „Schwarz/Weiß-System“, sind die Radbremsen VR und VL mit einer Hydraulikleitung und die Radbremsen HR und HL mit der anderen Hydraulikleitung verbunden. Dabei sind die beiden Simulatoreinheiten zur Nachbildung unterschiedlicher Schluckkennlinien meist unterschiedlich dimensioniert.

[0019] Weitere bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0020] Die mit Bezug auf das erfindungsgemäße Bremssystem vorgestellten, bevorzugten Ausführungsformen, deren Details und Vorteile gelten entsprechend, soweit anwendbar für das erfindungsgemäße Verfahren.

[0021] Im Nachfolgenden wird nunmehr ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Bremssystems unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigen:

[0022] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung eines aus dem Stand der Technik bekannten hydraulischen Zweikreis-Bremssystems; und

[0023] [Fig. 2](#) eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Bremssystems.

[0024] Die mit Bezug auf [Fig. 1](#) eingeführten Bezugszeichen für ein Hydraulikbremssystem gelten für entsprechende Komponenten eines erfindungsgemäßen Bremssystems und werden deshalb nicht nochmals eingeführt. Insofern wird im Nachfolgenden im Wesentlichen auf die Unterschiede eines erfindungsgemäßen Bremssystems im Vergleich zu dem in [Fig. 1](#) dargestellten, bekannten Bremssystem eingegangen.

[0025] Bei einem erfindungsgemäßen Bremssystem ist zunächst weiterhin ein Generatorbremssystem **28** vorgesehen, dem eingangsseitig das Signal S/U des mindestens einen Sensors **12** zur Erfassung eines über das Bremspedal **10** zum Ausdruck gebrachten Fahrerbremswunsches zugeführt wird. Dieser Sensor **12** kann beispielsweise ein Wegsensor an der Stößeingangsstange des Bremskraftverstärkers **14** sein. Dieses Signal wird im Ausführungsbeispiel einer Antriebsstrangsteuerung **30** zugeführt, die ihrerseits einen Generator **32** entsprechend ansteuert. Der Generator **32** ist zur Speicherung von aus der Rotation der Räder des Kraftfahrzeugs entnommener Energie mit einer Fahrzeugbatterie **34** gekoppelt.

[0026] Bei einem erfindungsgemäßen Bremssystem

tem ist jede Hydraulikleitung **20**, **22** mit einer Simulatoreinheit **36a**, **36b** gekoppelt. Jede Simulatoreinheit **36a**, **36b** weist eine Ventilvorrichtung V1, V2 sowie eine Kolbenvorrichtung K1, K2 auf. Jede Ventilvorrichtung V1, V2 kann durch eine elektrische Stellvorrichtung **38a**, **38b**, die mit jeweils einer Feder **40a**, **40b** zusammenwirkt, von einer ersten in eine zweite Schaltstellung gebracht werden und umgekehrt. Vorliegend ist die erste Schaltstellung als unbetätigte, federzentrierte Schaltstellung ausgebildet. In dieser Schaltstellung ist der Fluss von Hydraulikfluid von der Hydraulikleitung **20**, **22** zur Kolbenvorrichtung K1, K2 gesperrt, in der umgekehrten Richtung jedoch möglich. Durch Ansteuerung der elektrischen Stellvorrichtungen **38a**, **38b** kann die jeweilige Ventilvorrichtung V1, V2 in eine zweite Schaltstellung gebracht werden. Diese weist in Richtung von der Hydraulikleitung **20**, **22** zur jeweiligen Kolbenvorrichtung K1, K2 eine Drossel **44a**, **44b** auf. In der umgekehrten Richtung wird durch eine ungedrosselte Leitung **46a**, **46b** ein freier Durchfluss ermöglicht. Jede Kolbenvorrichtung K1, K2 umfasst einen Kolben **48a**, **48b**, der über eine Feder **50a**, **50b** an seiner dem Hydraulikfluid abgewandten Seite an einer Basis **52a**, **52b** abgestützt ist, die mittels eines Elektromotors EM1, EM2 in Wirkrichtung der Feder **50a**, **50b** verschoben werden kann.

[0027] Dem Fahrdynamikregelsystem **24** wird ebenfalls das Signal S/U des mindestens einen Sensors **12** zur Erfassung eines über das Bremspedal **10** zum Ausdruck gebrachten Fahrerbremswunsches zugeführt. Es liefert seinerseits Ansteuersignale V für die Ventilvorrichtungen V1, V2 sowie Ansteuersignale EM für die Elektromotoren EM1, EM2.

Zur Funktionsweise:

Fall 1:

[0028] Bei einer rein generatorischen Bremsung betätigt der Fahrer in gewohnter Weise das Bremspedal **10** zur Erzeugung einer gewünschten Fahrzeugverzögerung. Dabei werden nun vor dem Verschieben von Hydraulikvolumen durch das Fahrdynamikregelsystem **24** hindurch zu den Radbremsen VL, VR, HL, HR im Fahrdynamikregelsystem **24** die Ventile (nicht dargestellt) zu den Radbremsen VL, VR, HL, HR geschlossen. Die Ansteuerung der Ventile im Fahrdynamikregelsystem **24** erfolgt durch ein im Fahrdynamikregelsystem **24** vorgesehenes Steuergerät nach einem Algorithmus, der insbesondere das Signal S/U des mindestens einen Sensors **12** zur Bremswunscherkennung am Bremspedal **10**, den Ladezustand der Fahrzeugbatterie **34** sowie Fahrstabilitätszustandsdaten auswertet. Dabei wird berücksichtigt, dass bei einer voll geladenen Fahrzeugbatterie **34** eine generatorische Bremsung nicht möglich ist. Ebenso wird berücksichtigt, dass beispielsweise während eines Schleuderns des Fahrzeugs oder ei-

nes Rutschens des Fahrzeugs auf Eis keine generatorische Bremsung zugelassen ist.

[0029] Gleichzeitig werden die beiden Ventile V1, V2 durch elektrische Ansteuerung der elektrischen Stellvorrichtungen **38a**, **38b** in die zweite Schaltstellung gebracht und damit eine hydraulische Verbindung zu den Kolbenvorrichtungen K1, K2 hergestellt. Über die in dieser Schaltstellung wirksamen Drosseln **44a**, **44b** fließt entsprechend der Bremspedalbetätigung durch den Fahrer Hydraulikvolumen in die Kolbenvorrichtungen K1, K2. Die Elektromotoren EM1, EM2 der Kolbenvorrichtungen K1, K2 werden nicht angesteuert.

[0030] Durch die Wirkung der Kolbenvorrichtungen K1, K2 wird zusammen mit den Drosseln **44a**, **44b** eine Schluckkennlinie erzeugt, die dem Teil des Hydraulikbremssystems nach den in dem Fahrdynamikregelsystem angeordneten Ventilen zu den Radbremsen VL, VR, HL, HR entspricht. Die Drossel **44a**, **44b** dient überdies der Schwingungsdämpfung.

[0031] Der Generator **32** wird über die Antriebsstrangsteuerung **30** entsprechend dem Signal S/U des Sensors zur Fahrerbremswunscherfassung angesteuert. Der Generator **32** baut dabei die sonst von den Radbremsen VL, VR, HL, HR erzeugte Fahrzeugverzögerung entsprechend dem über das Bremspedal **10** eingeleiteten Fahrerbremswunsch auf.

[0032] Die generatorische Bremsleistung reicht jedoch bei weitem nicht zur vollständigen Abdeckung aller im Fahrzeugbetrieb aufdeckenden Bremssituationen aus und ist ferner, wie bereits oben erwähnt, vom Fahrzeugzustand bzw. vom Zustand elektrischer Komponenten hinter dem Generator **32** abhängig. Dies hat zur Folge, dass von einer rein generatorischen Bremsung in eine gemischte Bremsung umfassend eine generatorische Bremsung und eine gleichzeitige hydraulische Bremsung (Reibbremsung) oder eine rein hydraulische Bremsung (Reibbremsung) gewechselt werden muss. Dieser Vorgang muss auch umkehrbar sein.

[0033] Das Zusammenwirken der Komponenten eines erfindungsgemäßen Bremssystems zu diesem Fall wird nun beschrieben:

Fall 2:

[0034] Zunächst wird das Fahrzeug rein generatorisch, siehe oben Fall 1, verzögert. Dann muss die rein generatorische Bremsung in einem Blendvorgang in eine rein hydraulische Bremsung überführt werden. Dazu wird die generatorische Bremsung durch entsprechende Ansteuerung des Generators **32** zurückgefahren und gleichzeitig werden die Ventile zu den Radbremsen VL, VR, HL, HR im Fahrdynamikregelsystem **24** geöffnet. Danach erfolgt eine Ver-

schiebung von Hydraulikvolumen zu den Radbremsen VL, VR, HL, HR. Da das Bremspedal **10** jedoch von diesem Blendvorgang nicht beeinträchtigt werden darf, d. h. dem Fahrer soll unabhängig von der Art des aktivierten Bremssystems bzw. der aktivierten Bremssysteme ein konstantes Pedalgefühl am Bremspedal **12** bereitgestellt werden, muss das zuvor in den Simulationseinheiten **36a**, **36b** verschobene Hydraulikvolumen entsprechend der Schluckkennlinie der Radbremsen VL, VR, HL, HR in die Hydraulikleitungen **20**, **22** zurückgeschoben werden. Dazu werden die Elektromotoren EM1, EM2 durch das Fahrdynamikregelsystem **24** angesteuert. Diese verschieben, beispielsweise über eine Gewindespindel, die Basis **52a**, **52b** der Federn **50a**, **50b** in Richtung der Ventilvorrichtungen V1, V2. Dabei ist das aus den Kolbenvorrichtungen K1, K2 zurückzufördernde Schluckvolumen der Radbremsen VL, VR, HL, HR durch die Auswertung des Vordrucks am Fahrdynamikregelsystem vor dem Blendvorgang bekannt.

[0035] Ergänzend sei angemerkt, dass durch die Rückschlagventile **42a**, **42b** in den Ventilvorrichtungen V1, V2, die sich beide ohne Beaufschlagung der elektrischen Stellvorrichtungen **38a**, **38b** in der ersten Schaltstellung befinden, eine Notbremsung mittels des Hydraulikbremssystems ermöglicht wird.

Patentansprüche

1. Bremssystem für ein Kraftfahrzeug mit

- einem Bremspedal (**10**);
- mindestens einem Sensor (**12**) zur Erfassung eines über das Bremspedal (**10**) zum Ausdruck gebrachten Fahrerbremswunsches;
- einem ersten Teilbremssystem, das als Hydraulikbremssystem (**8**) ausgeführt ist und einen Hauptbremszylinder (**16**), mindestens zwei Radbremsen (VL, VR, HL, HR), ein Fahrdynamikregelsystem (**24**) und mindestens eine Hydraulikleitung (**20**, **22**) umfasst, wobei das Fahrdynamikregelsystem (**24**) über die mindestens eine Hydraulikleitung (**20**, **22**) mit dem Hauptbremszylinder verbunden ist und ausgelegt ist, Hydraulikfluid von der mindestens einen Hydraulikleitung (**20**, **22**) über jeweils ein zugeordnetes Ventil in mindestens eine Radbremse (VL, VR, HL, HR) zu leiten, um dadurch eine Bremswirkung zu erzielen; und
- einem zweiten Teilbremssystem, das als Generatorbremssystem (**28**) ausgeführt ist und ausgelegt ist durch entsprechende Ansteuerung eines Generators (**32**) eine Bremswirkung zu erzielen;

dadurch gekennzeichnet, dass das Hydraulikbremssystem (**8**) mindestens eine Simulatoreinheit (**36a**, **36b**) umfasst, die ausgelegt ist, Hydraulikfluid aus dem Hydraulikbremssystem zu entnehmen und in das Hydraulikbremssystem zurückzuführen, um einem Fahrer am Bremspedal (**10**) ein Pedalgefühl bereitzustellen, das unabhängig von

der Art des aktivierten Teilbremssystems (**8**; **28**)/der aktivierten Teilbremssysteme (**8**, **28**) ist, wobei dem Teil des Hydraulikbremssystems nach dem mindestens einen einer Radbremse (VL, VR, HL, HR) zugeordneten Ventil eine Schluckkennlinie zugeordnet ist, wobei die mindestens eine Simulatoreinheit (**36a**, **36b**) ausgelegt ist, bei einem alleinigen oder zum Hydraulikbremssystem (**8**) zusätzlichen Betrieb des Generatorbremssystems (**28**) diese Schluckkennlinie nachzubilden.

2. Bremssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Simulatoreinheit (**36a**, **36b**) eine Ventilvorrichtung (V1, V2) und eine Kolbenvorrichtung (K1, K2) umfasst, wobei die Ventilvorrichtung (V1, V2) hydraulisch mit der Hydraulikleitung (**20**, **22**) und die Kolbenvorrichtung (K1, K2) hydraulisch mit der Ventilvorrichtung (V1, V2) gekoppelt sind.

3. Bremssystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventilvorrichtung (V1, V2) eine erste und eine zweite Durchgangscharakteristik aufweist, wobei gemäß der ersten Durchgangscharakteristik ein Transport von Hydraulikfluid nur von der Kolbenvorrichtung (K1, K2) in Richtung zur Hydraulikleitung (**20**, **22**) ermöglicht ist, und wobei gemäß der zweiten Durchgangscharakteristik ein Transport von Hydraulikfluid von der Kolbenvorrichtung (K1, K2) in Richtung zur Hydraulikleitung (**20**, **22**) und ein Transport von Hydraulikfluid von der Hydraulikleitung (**20**, **22**) zur Kolbenvorrichtung (K1, K2) ermöglicht ist.

4. Bremssystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Durchgangscharakteristik derart ausgelegt ist, dass der Transport von Hydraulikfluid von der Hydraulikleitung (**20**, **22**) zur Kolbenvorrichtung (K1, K2) durch eine Drossel (**44a**, **44b**) erfolgt.

5. Bremssystem nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kolbenvorrichtung (K1, K2) einen Kolben (**48a**, **48b**) umfasst, der hydraulisch an die Ventilvorrichtung (V1, V2) gekoppelt ist, sowie eine Feder (**40a**, **40b**) und eine Basis (**52a**, **52b**), wobei der Kolben (**48a**, **48b**) beweglich über die Feder (**50a**, **50b**) an der Basis (**52a**, **52b**) abgestützt ist.

6. Bremssystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Basis (**52a**, **52b**) beweglich ausgebildet ist.

7. Bremssystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Kolbenvorrichtung (K1, K2) eine Antriebsvorrichtung umfasst, um die Basis (**52a**, **52b**) in Richtung zum Kolben (**48a**, **48b**) und von diesem weg zu bewegen.

8. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Bremssystem eine Steuervorrichtung umfasst mit:

- einem Eingang, der mit dem mindestens einen Sensor (12) zur Erfassung eines über das Bremspedal (10) zum Ausdruck gebrachten Fahrerbremswunsches gekoppelt ist;
- einem ersten Ausgang zur Ansteuerung der Ventilverrichtung (V1, V2), um die erste oder die zweite Durchgangscharakteristik auszuwählen;
- einem zweiten Ausgang zur Ansteuerung der Antriebsvorrichtung der Simulatoreinheit (36a, 36b); und
- mindestens zwei weiteren Ausgängen zur Ansteuerung des mindestens einen Ventils, das der mindestens einen Radbremse (VL, VR, HL, HR) zugeordnet ist.

9. Bremssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine erste und eine zweite Hydraulikleitung (20, 22) vorgesehen ist, wobei eine erste Simulatoreinheit (36a) mit der ersten Hydraulikleitung (20) und eine zweite Simulatoreinheit (36b) mit der zweiten Hydraulikleitung (22) verbunden ist, wobei das Fahrdynamikregelsystem (24) ausgelegt ist, Hydraulikfluid aus der ersten Hydraulikleitung (20) über ein jeweils zugeordnetes Ventil in eine erste und eine zweite Radbremse (VL, VR, HL, HR) und Hydraulikfluid aus der zweiten Hydraulikleitung (22) über ein jeweils zugeordnetes Ventil in eine dritte und eine vierte Radbremse (VL, VR, HL, HR) zu leiten.

10. Verfahren zum Betreiben eines Bremssystems eines Kraftfahrzeugs, wobei das Bremssystem ein Bremspedal (10), mindestens einen Sensor (12) zur Erfassung eines über das Bremspedal (10) zum Ausdruck gebrachten Fahrerbremswunsches, ein erstes Teilbremssystem, das als Hydraulikbremssystem (8) ausgeführt ist und einen Hauptbremszylinder (16), mindestens zwei Radbremsen (VL, VR, HL, HR), ein Fahrdynamikregelsystem (24) und mindestens eine Hydraulikleitung (20, 22) umfasst, wobei das Fahrdynamikregelsystem (24) über die mindestens eine Hydraulikleitung (16) mit dem Hauptbremszylinder verbunden ist und ausgelegt ist, Hydraulikfluid von der mindestens einen Hydraulikleitung (20, 22) über jeweils ein zugeordnetes Ventil in mindestens eine Radbremse (VL, VR, HL, HR) zu leiten, um dadurch eine Bremswirkung zu erzielen, und einem zweiten Teilbremssystem, das als Generatorbremssystem (28) ausgeführt ist und ausgelegt ist durch entsprechende Ansteuerung eines Generators (32) eine Bremswirkung zu erzielen; gekennzeichnet durch folgenden Schritt:

a) Entnehmen von Hydraulikfluid aus dem Hydraulikbremssystem und Zurückführen von Hydraulikfluid in das Hydraulikbremssystem durch mindestens eine

Simulatoreinheit (36a, 36b) derart, dass einem Fahrer am Bremspedal (10) ein Pedalgefühl bereitgestellt wird, das unabhängig von der Art des aktivierten Teilbremssystems (8; 28)/der aktivierten Teilbremssysteme (8, 28) ist,

wobei dem Teil des Hydraulikbremssystems nach dem mindestens einen einer Radbremse (VL, VR, HL, HR) zugeordneten Ventil eine Schluckkennlinie zugeordnet ist, wobei die mindestens eine Simulatoreinheit (36a, 36b) bei einem alleinigen oder zum Hydraulikbremssystem (8) zusätzlichen Betrieb des Generatorbremssystems (28) diese Schluckkennlinie nachbildet.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

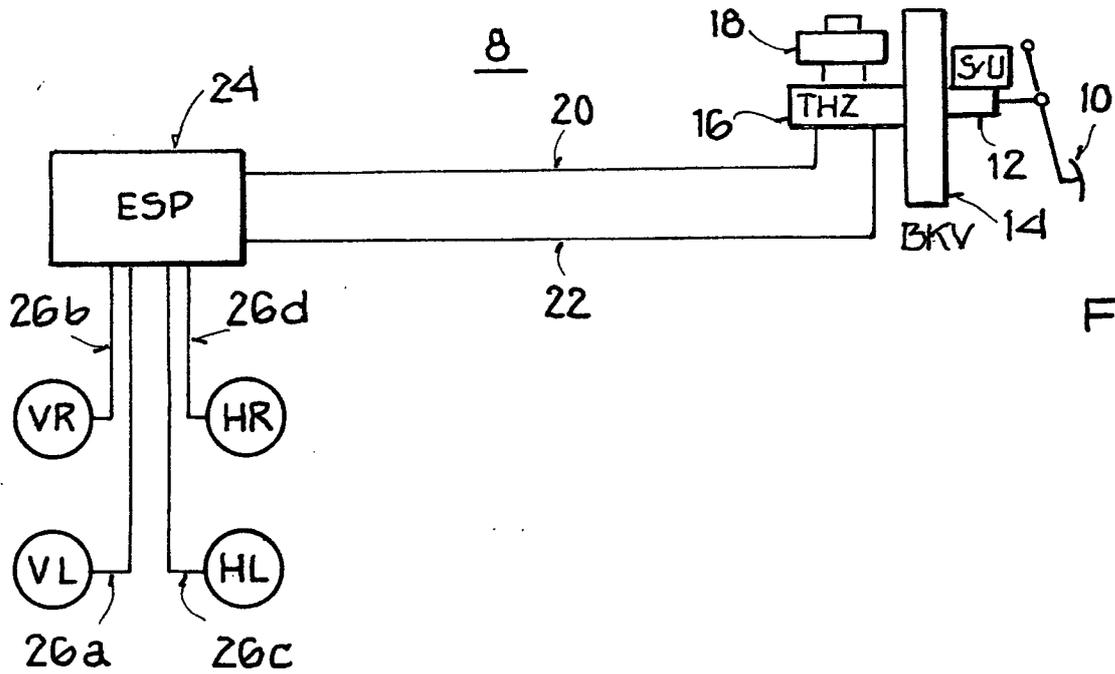


FIG.1

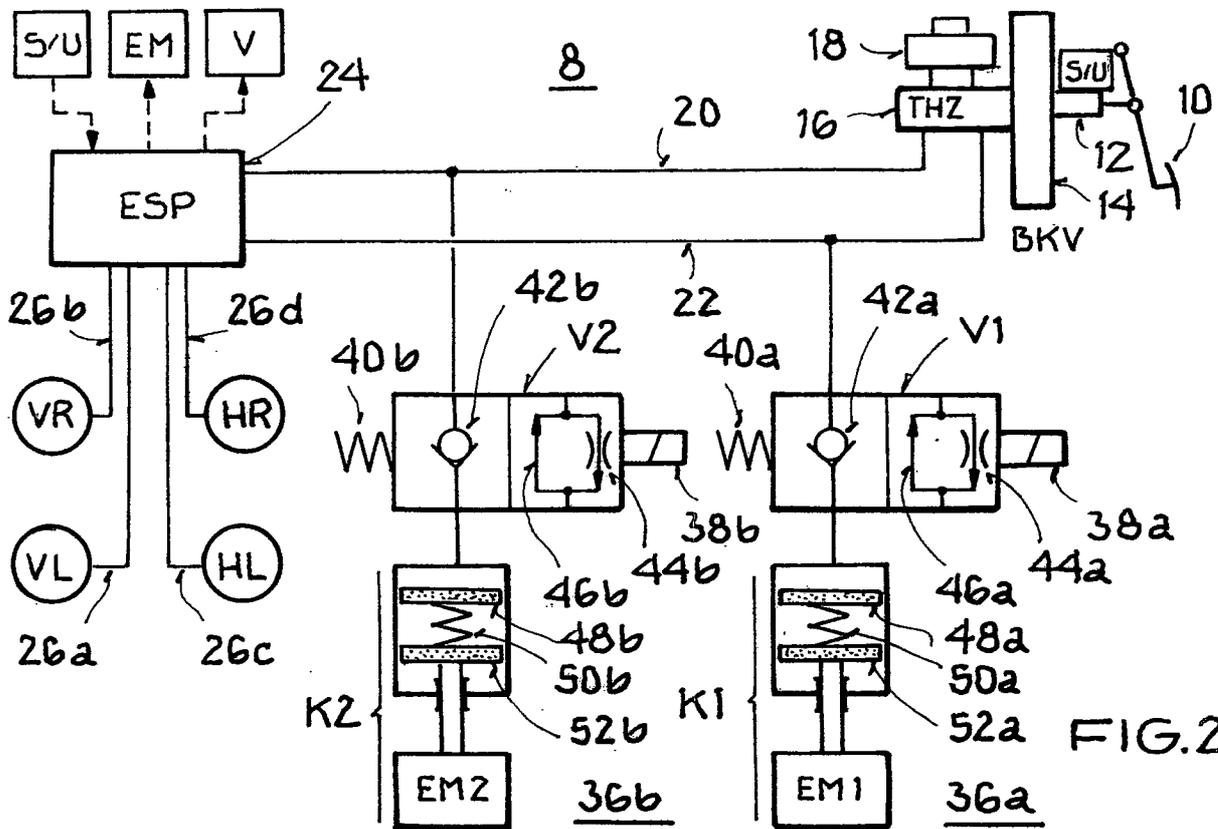
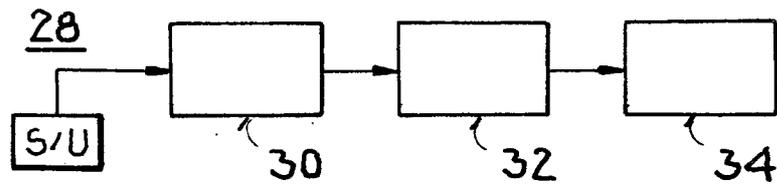


FIG.2