(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
9. Februar 2012 (09.02.2012)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/016617 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B60T 8/1764 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/003336

(22) Internationales Anmeldedatum:
5. Juli 2011 (05.07.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2010 033 496.0
5. August 2010 (05.08.2010) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **LUCAS AUTOMOTIVE GMBH** [DE/DE]; Carl-Spaeter-Strasse 8, 56070 Koblenz (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **KNECHTGES, Josef** [DE/DE]; Albert-Schweitzer-Strasse 26, 56727 Mayen (DE).

(74) Anwalt: **RÖTHINGER, Rainer**; WUESTHOFF & WUESTHOFF, Schweigerstrasse 2, 81541 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

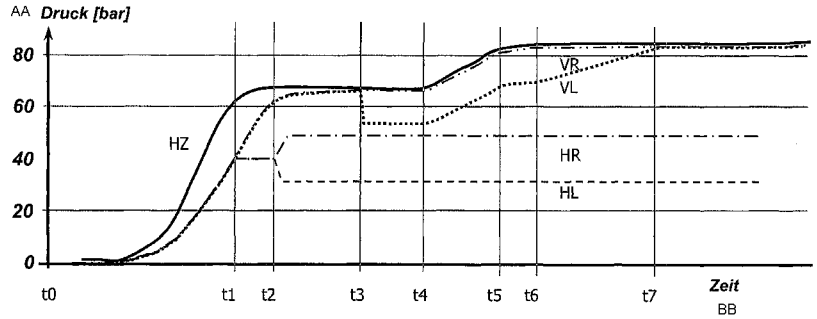
(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

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

(54) **Title**: TECHNIQUE FOR OPERATING A BRAKE SYSTEM IN A M-SPLIT SITUATION

(54) **Bezeichnung** : TECHNIK ZUM BETREIBEN EINER BREMSANLAGE IN EINER μ-SPLIT-SITUATION



AA Pressure [bar]
BB Time

Fig. 6

(57) **Abstract**: Proposed is a technique for operating a hydraulic motor vehicle brake system in an operating situation which requires the formation of a hydraulic pressure difference at opposite wheel brakes of a vehicle axle. Here, each wheel brake is assigned a first slip regulating valve device for decoupling the respective wheel brake from a hydraulic pressure generator, and a second slip regulating valve device for dissipating hydraulic pressure at the respective wheel brake. A method implementation of this technique comprises the steps of building up a hydraulic pressure at the opposite wheel brakes during the course of a braking process, detecting a requirement for forming a hydraulic pressure difference at the opposite wheel brakes, actuating one or more of the first slip regulating valve devices assigned to the opposite wheel brakes so as to form the hydraulic pressure difference by virtue of different hydraulic pressures being set at the opposite wheel brakes, and, in reaction to a driver demand, increasing the hydraulic pressure at the opposite wheel brakes, including the wheel brake at which a relatively low hydraulic pressure is to be set, while maintaining the hydraulic pressure difference by transferring hydraulic fluid from the hydraulic pressure generator via the first slip regulating valve devices to the opposite wheel brakes.

(57) **Zusammenfassung**:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/016617 A1

Es wird eine Technik zum Betreiben einer hydraulischen Kraftfahrzeug-Bremsanlage in einer Bremssituation, die das Ausbilden einer Hydraulikdruckdifferenz an gegenüberliegenden Radbremsen einer Fahrzeugachse erfordert, vorgeschlagen. Hierbei ist jeder Radbremse eine erste Schlupfregel-Ventileinrichtung für eine Abkopplung der jeweiligen Radbremse von einem Hydraulikdruckerzeuger und eine zweite Schlupfregel-Ventileinrichtung für einen Hydraulikdruckabbau an der jeweiligen Radbremse zugeordnet. Eine Verfahrensimplementierung dieser Technik umfasst die Schritte des Aufbauens eines Hydraulikdrucks an den gegenüberliegenden Radbremsen im Rahmen eines Bremsvorgangs, das Erfassen eines Erfordernisses, eine Hydraulikdruckdifferenz an den gegenüberliegenden Radbremsen auszubilden, des Ansteuerns einer oder mehrerer der den gegenüberliegenden Radbremsen zugeordneten ersten Schlupfregel-Ventileinrichtungen zum Ausbilden der Hydraulikdruckdifferenz, indem an den gegenüberliegenden Radbremsen unterschiedliche Hydraulikdrücke eingestellt werden, und, als Reaktion auf eine Fahreranforderung, des Erhöhens des Hydraulikdrucks an den gegenüberliegenden Radbremsen einschließlich der Radbremse, an der ein geringerer Hydraulikdruck einzustellen ist, unter Aufrechterhalten der Hydraulikdruckdifferenz durch Hydraulikfluidtransfer vom Hydraulikdruckerzeuger über die ersten Schlupfregel-Ventileinrichtungen zu den gegenüberliegenden Radbremsen.

Technik zum Betreiben einer Bremsanlage in einer µ-Split-Situation

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft allgemein das Gebiet der Bremsanlagen. Genauer gesagt betrifft die Erfindung den Betrieb einer Kraftfahrzeug-Bremsanlage in einer Bremssituation, in der auf gegenüberliegenden Fahrzeugseiten unterschiedliche Fahrbahn-Reibwerte vorherrschen („µ-Split-Situation"), oder in vergleichbaren Bremssituationen.

Hintergrund

Es ist allgemein bekannt, dass bei einem Anbremsen eines Kraftfahrzeugs in einer µ-Split-Bremssituation das Fahrzeug zum Drehen um die Fahrzeughochachse (auch Gieren genannt) neigt. Fig. 1 veranschaulicht dieses Gieren im Zusammenhang mit einem Kraftfahrzeug 10, dessen linke Räder 12, 14 auf Eis und dessen rechte Räder 16, 18 auf trockenem Asphalt laufen.

Der Haftreibungswert von Eis beträgt ungefähr $\mu_{HF} = 0{,}1$, während der entsprechende Wert von trockenem Asphalt bei ungefähr $\mu_{HF} = 0{,}8$ liegt. Aufgrund dieser stark unterschiedlichen Reibwerte gelangen die Räder 12, 14 auf der Niederreibwertseite (in Fig. 1 links) schneller als die Räder 16, 18 auf der Hochreibwertseite (in Fig. 1 rechts) in einen Zustand, der eine Schlupfregelung seitens eines Antiblockiersystems (ABS) erfordert. Aufgrund dieser asymmetrischen Schlupfregelung wirken bei einem Anbremsen des Kraftfahrzeugs 10 an den linken Rädern 12, 14 und den rechten Rädern 16, 18 unterschiedliche Bremskräfte, deren Unterschied an den Vorderrädern 12, 16 aufgrund der dynamischen Achslastverlagerung besonders stark ausgeprägt sein kann. Diese unterschiedlichen Bremskräfte führen wiederum zu einem Drehmoment um die Fahrzeughochachse 20 (dem so genannten Giermoment) und damit unter Umständen zu einem Gieren des Kraftfahrzeugs 10.

Bei schweren Kraftfahrzeugen erfolgt das in Fig. 1 veranschaulichte Gieren so langsam, dass es von einem Fahrer bei aktivierter Schlupfregelung durch Gegenlenken

hinreichend schnell ausgeglichen werden kann. Vor allem bei leichteren Kraftfahrzeugen müssen jedoch zusätzlich Maßnahmen ergriffen werden, um den Fahrer beim Bremsen in einer µ-Split-Situation zu unterstützen.

Eine Möglichkeit, dem Aufbau eines Giermoments in einer µ-Split-Situation entgegenzuwirken, ist die Implementierung einer so genannten „Select-Low"-Regelung in der ABS-Steuersoftware. Bei einer solchen Regelung wird im Fall einer erkannten µ-Split-Situation die Bremskraft an den Rädern der Hinterachse gemäß der ABS-geregelten Bremskraft auf der Niederreibwertseite eingestellt. Während bei der „Select-Low"-Regelung ein Gieren weitestgehend vermieden werden kann und die Steuerbarkeit des Fahrzeugs daher gut erhalten bleibt, kommt es zu einem starken Unterbremsen der Räder auf der Hochreibwertseite. Dieses Unterbremsen führt zu einer unakzeptablen Verlängerung des Bremswegs.

Aus diesem Grund wird in L. M. Ho et al., The Electronic Wedge Brake – EWB, XXVIth International µ Symposium 2006, Seiten 248f, beschrieben, eine geringe Bremskraftdifferenz an den gegenüberliegenden Rädern jeder Achse (also zwischen den hochreibwertseitigen Rädern und den niederreibwertseitigen Rädern) zuzulassen. Die Bremskraftdifferenz wird dann achsindividuell allmählich bis zu einem bestimmten Wert erhöht. Die allmähliche achsweise Erhöhung der Bremskraftdifferenz führt zu einem nur langsamen Giermomentaufbau. In jedem Fall ist der Giermomentaufbau deutlich verzögert gegenüber einer „reinen" ABS-Regelung. Der Fahrer hat damit ausreichend Zeit, ein möglicherweise resultierendes Gieren des Fahrzeugs durch Lenkbewegungen zu kompensieren.

In Fig. 2 ist die rampenartige Erhöhung der Bremskraftdifferenzen in Kombination mit einer „Select-Low"-Regelung in einem Bremskraft/Zeit-Diagramm gemäß L. M. Ho et al. veranschaulicht. Es wird in Fig. 2 davon ausgegangen, dass (wie in Fig. 1 dargestellt) die linke Fahrzeugseite die Niederreibwertseite und die rechte Fahrzeugseite die Hochreibwertseite ist. Demgemäss lassen sich an den linken Vorder- und Hinterrädern (VL/HL in Fig. 2 bzw. Bezugszeichen 12 und 14 in Fig. 1) nur geringe Bremskräfte erzeugen, während sich an den rechten Vorder- und Hinterrädern (VR/HR in Fig. 2 bzw. Bezugszeichen 16 und 18 in Fig. 1) deutlich höhere Bremskräfte aufbauen lassen. Insgesamt kann der Bremsweg dabei gegenüber einer „reinen" „Select-Low"-Regelung deutlich reduziert werden. Gleichzeitig wird dem Fahrer noch immer

genug Zeit gegeben, auf ein möglicherweise einsetzendes Gieren durch Gegenlenken zu reagieren.

Es hat sich nun herausgestellt, dass bei der in Fig. 2 veranschaulichten, adaptierten „Select-Low"-Regelung noch immer ein Unterbremsen der hochreibwertseitigen Räder erfolgt. Mit anderen Worten ist in µ-Split-Situationen der Bremsweg häufig noch unnötig lang. Zur Bremswegverkürzung wird in der DE 10 2008 027 093 A1 vorgeschlagen, in einer µ-Split-Situation eine Bremskraftregelung mit der Maßgabe der Einstellung eines von Null verschiedenen Schwimmwinkels durchzuführen. Dies bedeutet, dass ein geringfügiges Gieren des Fahrzeugs gezielt zugelassen wird. Die Bremskraftregelung an den einzelnen Rädern erfolgt in diesem Zusammenhang auf der Grundlage eines einzustellenden Soll-Schwimmwinkels im Bereich zwischen 0,5° und 8°.

Herkömmliche Regelstrategien der ABS-Steuersoftware in µ-Split-Situationen entkoppeln den Fahrer (d.h. das Bremspedal) von der Bremskraftregelung. Hierzu werden ABS-Schlupfregelventile, die zwischen einem Hydraulikdruckerzeuger (beispielsweise dem Hauptzylinder) einerseits und den von der Bremskraftregelung erfassten Radbremsen andererseits angeordnet sind, geschlossen. Für den Fahrer macht sich das Schließen der Schlupfregelventile in einem „harten" Pedalrückwirkverhalten bemerkbar, da kein Hydraulikfluid mehr aus dem Hauptzylinder zu den Radbremsen verdrängt werden kann.

Um im Fall geschlossener Schlupfregelventile trotzdem noch einen Fahrerwunsch bezüglich einer Bremskrafterhöhung erfassen zu können, kann ein Drucksensor zur Erfassung des Hauptzylinderdrucks vorgesehen werden. Eine von diesem Drucksensor erfasste Erhöhung des Hauptzylinderdrucks bei geschlossenen Schlupfregelventilen deutet auf ein „Nachtreten" des Bremspedals seitens des Fahrers hin und kann im Rahmen des ABS-Regelbetriebs auf geeignete Weise berücksichtigt werden.

Kurzer Abriss

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Betrieb einer hydraulischen Kraftfahrzeug-Bremsanlage in einer Bremssituation, die das Ausbilden einer Hydraulikdruckdif-

ferenz an gegenüberliegenden Radbremsen einer Fahrzeugachse erfordert (also beispielsweise in einer μ-Split-Situation), zu verbessern.

Gemäß einem ersten Aspekt wird ein Verfahren zum Betreiben einer hydraulischen Kraftfahrzeug-Bremsanlage in einer Bremssituation, die das Ausbilden einer Hydraulikdruckdifferenz an gegenüberliegenden Radbremsen einer Fahrzeugachse erfordert, bereitgestellt, wobei jeder Radbremse eine erste Schlupfregel-Ventileinrichtung für eine Abkopplung der jeweiligen Radbremse von einem Hydraulikdruckerzeuger und eine zweite Schlupfregel-Ventileinrichtung für einen Hydraulikdruckabbau an der jeweiligen Radbremse zugeordnet sind. Das Verfahren umfasst die Schritte des Aufbauens eines Hydraulikdrucks an den gegenüberliegenden Radbremsen im Rahmen eines Bremsvorgangs, des Erfassens eines Erfordernisses, eine Hydraulikdruckdifferenz an den gegenüberliegenden Radbremsen auszubilden, des Ansteuerns einer oder mehrerer der den gegenüberliegenden Radbremsen zugeordneten Schlupfregel-Ventileinrichtung zum Ausbilden der Hydraulikdruckdifferenz, in dem an den gegenüberliegenden Radbremsen unterschiedliche Hydraulikdrücke eingestellt werden, und, als Reaktion auf eine Fahreranforderung, des Erhöhens des Hydraulikdrucks an den gegenüberliegenden Radbremsen einschließlich der Radbremse, an der ein geringerer Hydraulikdruck einzustellen ist, unter Aufrechterhaltung der Hydraulikdruckdifferenz durch Hydraulikfluidtransfer vom Hydraulikdruckerzeuger über die ersten Schlupfregel-Ventileinrichtungen zu den gegenüberliegenden Radbremsen.

Von der Hydraulikdruckerhöhung können lediglich die Radbremsen einer Fahrzeugachse oder aber die Radbremsen mehrerer (ggf. aller) Fahrzeugachsen erfasst sein. Ferner kann die Hydraulikdruckerhöhung nach dem initialen Hydraulikdruckaufbau erfolgen oder Teil des initialen Hydraulikdruckaufbaus sein.

Wenigstens einer der Vorgänge des Ausbildens und Aufrechterhaltens der Hydraulikdruckdifferenz kann den Schritt umfassen, dass an derjenigen der gegenüberliegenden Radbremsen, an der ein geringerer Hydraulikdruck einzustellen ist, mittels der dieser Radbremse zugeordneten ersten Schlupfregel-Ventileinrichtung eine einstellbare Druckdifferenz zwischen dem Hydraulikdruckerzeuger und der Radbremse bewirkt wird. So kann der Hydraulikdruck in einer Hydraulikleitung vom Hydraulikdruckerzeuger zu einem Einlass der ersten Schlupfregel-Ventileinrichtung um diese Druckdifferenz höher sein als der Hydraulikdruck in einer Hydraulikdruckleitung zwischen

einem Auslass der ersten Schlupfregel-Ventileinrichtung und der zugeordneten Radbremse. Die Druckdifferenz an der ersten Schlupfregel-Ventileinrichtung kann der Hydraulikdruckdifferenz an den gegenüberliegenden Radbremsen entsprechen oder aber diese beeinflussen (d.h. diese festlegen).

Bei Erhöhen des Hydraulikdrucks auf der Einlassseite der ersten Schlupfregel-Ventileinrichtung kann ein Überströmen dieser Ventileinrichtung unter Aufrechterhalten der eingestellten Druckdifferenz erfolgen. Dieses Überströmen wiederum ermöglicht eine Hydraulikdruckerhöhung auch auf der Auslassseite der ersten Schlupfregel-Ventileinrichtung und damit an der dieser Ventileinrichtung zugeordneten Radbremse. Die Druckdifferenz kann bei der Hydraulikdruckerhöhung (mit ggf. geändertem Betrag) aufrechterhalten werden.

Die Schlupfregel-Ventileinrichtungen können auf unterschiedliche Art und Weise ausgelegt sein. So kann jede Schlupfregel-Ventileinrichtung ein oder mehrere Hydraulikventile und erforderlichenfalls weitere Fluidsteuerkomponenten (wie ein dem Hydraulikventil parallel geschaltetes, einstellbares Rückschlagventil) umfassen. Gemäß einer Realisierung ist zumindest jede der ersten (und – als Option - auch jede der zweiten) Schlupfregel-Ventileinrichtungen dazu ausgelegt, eine Fluidverbindung zwischen dem Hydraulikdruckerzeuger und der zugeordneten Radbremse freizugeben, wenn eine erste Druckdifferenz zwischen einem Einlass und einem Auslass der ersten Schlupfregel-Ventileinrichtung einen vorbestimmten Maximalwert überschreitet, und die Fluidverbindung wieder zu unterbrechen, wenn der den vorbestimmten Maximalwert überschreitende Überdruck zwischen dem Einlass und dem Auslass abgebaut ist. Der vorbestimmte Maximalwert der Druckdifferenz zwischen dem Einlass und dem Auslass der ersten Schlupfregel-Ventileinrichtung kann die Hydraulikdruckdifferenz an den gegenüberliegenden Radbremsen festlegen. Mit anderen Worten kann dieser Maximalwert der Hydraulikdruckdifferenz entsprechen oder aber zumindest darauf Einfluss nehmen.

Wenigstens einer der Vorgänge des Ausbildens und Aufrechterhaltens der Hydraulikdruckdifferenz kann den Schritt umfassen, dass an derjenigen der gegenüberliegenden Radbremsen, an der ein höherer Hydraulikdruck einzustellen ist, die dieser Radbremse zugeordnete erste Schlupfregel-Ventileinrichtung vollständig geöffnet gehalten wird. Mit anderen Worten wird an dieser Ventileinrichtung kein (zusätzli-

cher) Druckabfall erzeugt. Hierzu kann beispielsweise der vorbestimmte Maximalwert für die Druckdifferenz zwischen dem Einlass und dem Auslass der ersten Schlupfregel-Ventileinrichtung auf Null festgelegt werden.

Die Schlupfregelventile können als regelbare Ventileinrichtungen ausgebildet sein. Das Ansteuern der ersten Schlupfregel-Ventileinrichtungen und erforderlichenfalls auch der zweiten Schlupfregel-Ventileinrichtungen kann auf unterschiedliche Art und Weise geschehen. So können Ansteuersignale beispielsweise auf der Grundlage einer Pulsweitenmodulation oder einer Stromregelung erzeugt werden.

Wenigstens einer der Vorgänge des Ausbildens und Aufrechterhaltens der Hydraulikdruckdifferenz kann ferner den Schritt des zumindest teilweisen Öffnens der zweiten Schlupfregel-Ventileinrichtung umfassen, die derjenigen der gegenüberliegenden Radbremsen zugeordnet ist, an der ein geringerer Hydraulikdruck einzustellen ist. Auf diese Weise wird der Hydraulikdruck an der dieser zweiten Schlupfregel-Ventileinrichtung zugeordneten Radbremse also verringert, um die Hydraulikdruckdifferenz an den gegenüberliegenden Radbremsen auszubilden.

Die Hydraulikdruckdifferenz kann während der gesamten Bremssituation gleich bleiben oder aber (z.B. gemäß den sich möglicherweise ändernden Erfordernissen während der Bremssituation) geändert werden. So kann die Hydraulikdruckdifferenz während des Erhöhens des Hydraulikdrucks ungefähr gleich bleiben oder aber vergrößert aufrechterhalten werden (jeweils in Bezug auf die vor dem Erhöhen des Hydraulikdrucks vorherrschende Hydraulikdruckdifferenz).

Wenigstens einer der Vorgänge des Hydraulikdruckaufbaus und der Hydraulikdruckerhöhung mittels des Hydraulikdruckerzeugers kann als Reaktion auf eine Bremspedalbetätigung durch den Fahrer durchgeführt werden. Bei dem Hydraulikdruckerzeuger kann es sich um einen mit dem Bremspedal gekoppelten Hauptzylinder handeln. Alternativ oder zusätzlich hierzu kann es sich bei dem Hydraulikdruckerzeuger auch um eine elektrisch betriebene Hydraulikdruckgebereinheit (zum Beispiel eine Hydraulikpumpe) handeln. Somit kann das hier vorgestellte Betriebsverfahren auch bei einer elektrohydraulischen Bremsanlage oder einer regenerativen Bremsanlage (Hybrid-Bremsanlage) zum Einsatz gelangen.

Das Erfordernis, eine Hydraulikdruckdifferenz an den gegenüberliegenden Radbremsen auszubilden, kann auf verschiedene Wege erfasst werden. So kann die Hydraulikdruckdifferenz bei Erfassen einer Radgeschwindigkeitsdifferenz zwischen den gegenüberliegenden Radbremsen zugeordneten Rädern ausgebildet werden. Zusätzlich oder alternativ hierzu kann auch eine einsetzende Gierbewegung des Kraftfahrzeugs erfasst und als Erfordernis zur Ausbildung der Hydraulikdruckdifferenz erkannt werden.

Das Kraftfahrzeug kann zwei oder mehr Achsen umfassen. Umfasst das Kraftfahrzeug eine Vorderachse und eine Hinterachse, kann das Erhöhen des Hydraulikdrucks an den gegenüberliegenden Radbremsen ausschließlich an den Radbremsen einer der beiden Achsen (regelmäßig der Vorderachse) durchgeführt werden. Auch kann eine Bremskraftverteilung zwischen den Achsen stattfinden. In diesem Fall können an den Radbremsen der gleichen Fahrzeugseite im Rahmen einer achsspezifischen Bremskraftverteilung unterschiedliche Hydraulikdrücke eingestellt werden.

Ferner wird ein Computerprogrammprodukt mit Programmcodemitteln zum Durchführen des hier vorgestellten Betriebsverfahrens bereitgestellt, wenn das Computerprogrammprodukt durch einen Prozessor ausgeführt wird. Das Computerprogrammprodukt kann auf einem computerlesbaren Aufzeichnungsträger (zum Beispiel einem Speicherchip) aufgezeichnet sein. Der Aufzeichnungsträger mit dem darauf gespeicherten Computerprogrammprodukt kann Teil eines Steuergeräts sein (Electronic Control Unit, ECU), das auch den Prozessor zum Ausführen des Computerprogrammprodukts umfasst.

Ferner wird eine hydraulische Fahrzeug-Bremsanlage angegeben, die in einer Bremssituation betriebsfähig ist, die das Ausbilden einer Hydraulikdruckdifferenz an gegenüberliegenden Radbremsen einer Fahrzeugachse erfordert. Die Bremsanlage umfasst einen Hydraulikdruckerzeuger für den Aufbau eines Hydraulikdrucks an den gegenüberliegenden Radbremsen im Rahmen eines Bremsvorgangs, eine erste Schlupfregel-Ventileinrichtung für jede Radbremse zur Abkopplung der jeweiligen Radbremse vom Hydraulikdruckerzeuger, eine zweite Schlupfregel-Ventileinrichtung für jede Radbremse zum Hydraulikdruckabbau an der jeweiligen Radbremse, eine Erfassungseinrichtung zum Erfassen eines Erfordernisses, eine Hydraulikdruckdifferenz an den gegenüberliegenden Radbremsen auszubilden, sowie eine Ansteuereinrichtung

zum Ansteuern einer oder mehrerer der den gegenüberliegenden Radbremsen zugeordneten Schlupfregel-Ventileinrichtungen zum Ausbilden der Hydraulikdruckdifferenz, indem an den gegenüberliegenden Radbremsen unterschiedliche Hydraulikdrü-Hydraulikdrücke eingestellt werden. Die Ansteuereinrichtung ist dazu ausgelegt, als Reaktion auf eine Fahreranforderung den Hydraulikdruck an den gegenüberliegenden Radbremsen einschließlich der Radbremse, an der ein geringerer Hydraulikdruck einzustellen ist, unter Aufrechterhaltung der Hydraulikdruckdifferenz durch Hydraulikfluidtransfer vom Hydraulikdruckerzeuger über die ersten Schlupfregel-Ventileinrichtungen zu den gegenüberliegenden Radbremsen zu erhöhen.

Die ersten Schlupfregel-Ventileinrichtungen können dazu ausgebildet sein, eine einstellbare Druckdifferenz zwischen dem Hydraulikdruckerzeuger und der jeweiligen Radbremse, also zwischen einer Einlassseite und einer Auslassseite jeder Ventileinrichtung, zu bewirken. Ferner kann die Bremsanlage ein Antiblockiersystem (ABS) umfassen, zu dem die Schlupfregel-Ventileinrichtungen gehören. Die Ansteuereinrichtung der Bremsanlage kann als Steuergerät implementiert sein.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Weitere Aspekte und Vorteile der hier vorgestellten Technik zum Betreiben einer Bremsanlage ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung einiger Ausführungsbeispiele sowie aus den Figuren. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Veranschaulichung des Gierens eines Kraftfahrzeugs in einer µ-Split-Situation;

Fig. 2 ein schematisches Diagramm einer "Select-Low"-Regelung mit rampenartiger Druckdifferenz-Erhöhung gemäß dem Stand der Technik;

Fig. 3 eine schematische Veranschaulichung einer Ausführungsform einer Kraftfahrzeug-Bremsanlage;

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Regeleinrichtung der Kraftfahrzeug-Bremsanlage gemäß Fig. 3;

Fig. 5 ein schematisches Flussdiagramm, welches eine Ausführungsform eines Betriebsverfahrens für die Bremsanlage gemäß Fig. 3 in einer µ-Split-Situation veranschaulicht; und

Fign. 6 und 7 schematische Hydraulikdruckverläufe für unterschiedliche Druckerhöhungsszenarien.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen

Im Folgenden werden verschiedene Ausführungsbeispiele für den Betrieb einer hydraulischen Kraftfahrzeug-Bremsanlage in einer Bremssituation, die das Ausbilden einer Hydraulikdruckdifferenz an gegenüberliegenden Radbremsen einer Fahrzeugachse erfordert, erläutert. Die Ausführungsbeispiele beziehen sich dabei lediglich beispielhaft auf die in Fig. 1 veranschaulichte µ-Split-Bremssituation.

Fig. 3 veranschaulicht schematisch ein Ausführungsbeispiel einer Kraftfahrzeug-Bremsanlage 100, die eine sog. „Electronic Stability Control" (ESC) implementiert und betriebsfähig ist, um eine Hydraulikdruckdifferenz an gegenüberliegenden Radbremsen 102, 104 bzw. 106, 108 einer Vorder- bzw. Hinterachse auszubilden. Die Bremsanlage 100 umfasst zwei Bremskreise 110, 112, wobei die Radbremsen 102, 104, 106, 108 gemäß einer Diagonalaufteilung mit den Bremskreisen 110, 112 fluidisch gekoppelt sind. Dies bedeutet, dass ein erster Bremskreis 110 die Radbremse 104 am linken Vorderrad (VL) sowie die Radbremse 106 am linken Hinterrad (HR) mit Hydraulikfluid versorgt. Ein zweiter Bremskreis 112 versorgt hingegen die Radbremse 102 am rechten Vorderrad (VR) sowie die Radbremse 108 am linken Hinterrad (HL) mit Hydraulikfluid. Abweichend von der in Fig. 3 veranschaulichten diagonalen Aufteilung könnten die Radbremsen 102, 104 an der Vorderachse dem einen Bremskreis 110 und die Radbremsen 106, 108 an der Hinterachse dem anderen Bremskreis 112 zugeordnet werden ("Schwarz/Weiß-Aufteilung").

Die Bremsanlage 100 umfasst einen Hauptzylinder 114 mit zwei Hydraulikkammern, die jeweils einem der beiden Bremskreise 110, 112 zugeordnet sind. Der Hauptzylinder 114 ist vom Fahrer durch ein (Brems-)Pedal 116 zu betätigen, wobei die vom Fahrer in das Pedal 116 eingeleitete Betätigungskraft üblicherweise durch einen (nicht dargestellten) Bremskraftverstärker – pneumatisch, hydraulisch oder elektromechanisch – verstärkt wird. Bei einer Betätigung des Hauptzylinders 114 wird Hydraulikfluid aus einem drucklosen Reservoir 118 über die Hydraulikkammern in die beiden Bremskreise 110, 112 gefördert. Der Hauptzylinder 114 stellt damit einen fahrerbetätigten Hydraulikdruckerzeuger dar.

Die Bremsanlage 100 umfasst ferner pro Bremskreis 110, 112 einen fahrerunabhängig betätigbaren Hydraulikdruckerzeuger in Gestalt je einer elektromotorisch betriebenen Hydraulikpumpe 120, 122. Demgemäss kann sowohl mittels des Hauptzylinders 114 als auch mittels der Hydraulikpumpen 120, 122 Hydraulikfluid zur Hydraulikdruckerzeugung zu den Radbremsen 102, 104, 106, 108 gefördert werden.

Im Folgenden werden die Komponenten des ersten Bremskreises 110 näher erläutert. Es versteht sich jedoch, dass die Komponenten des zweiten Bremskreises 112 denselben Aufbau und dieselbe Funktionalität besitzen.

Im ersten Bremskreis 110 sind eine Mehrzahl von Ventileinrichtungen 130, 132, 134, 136, 138, 140 sowie ein Druckspeicher 142 für Hydraulikfluid angeordnet. Die Ventileinrichtungen 130 bis 140 sind in Fig. 3 in ihrer Ausgangsstellung dargestellt, in welcher Hydraulikfluid aus dem Hauptzylinder 114 zu den Radbremsen 104, 106 des linken Vorderrads sowie des rechten Hinterrads gefördert werden kann.

Das aus dem Hauptzylinder 114 verdrängte Hydraulikfluid passiert dabei zunächst eine erste Ventileinrichtung 130. Bei der Ventileinrichtung 130 handelt es sich um ein regelbares 2/2-Wege-Ventil. In Hydraulikdruck-Aufbaurichtung hinter der Ventileinrichtung 130 ist jeder Radbremse 104, 106 je eine erste Schlupfregel-Ventileinrichtung 134, 138 zugeordnet. Jede der ersten Schlupfregel-Ventileinrichtungen 134, 138 entspricht im Aufbau der Ventileinrichtung 130 und umfasst ein regelbares 2/2-Wege-Ventil. Dieses 2/2-Wege-Ventil ist dazu ausgelegt, eine Fluidverbindung zwischen dem Hauptzylinder 114 bzw. der Hydraulikpumpe 120 (Einlassseite) und der zugeordneten Radbremse 104, 106 (Auslassseite) freizugeben, wenn eine erste Druckdifferenz zwischen der Einlassseite und der Auslassseite einen vorbestimmten Maximalwert überschreitet, und die Fluidverbindung wieder zu unterbrechen, wenn der den vorbestimmten Maximalwert überschreitende Überdruck zwischen der Einlassseite und der Auslassseite wieder abgebaut ist. Eine mögliche Realisierung der ersten Schlupfregel-Ventileinrichtung 134, 138 ist in der DE 102 47 651 A1 beschrieben. Der Offenbarungsgehalt dieses Dokuments wird in Bezug auf die ersten Schlupfregel-Ventileinrichtungen 134, 138 durch Inbezugnahme hier aufgenommen.

Jede der beiden ersten Schlupfregel-Ventileinrichtungen 134, 138 ermöglicht eine Abkopplung der jeweiligen Radbremse 104, 106 von dem Hauptzylinder 114 sowie der Hydraulikpumpe 120. Eine solche Abkopplung ist beispielsweise während Druckhaltephasen im Rahmen eines ABS-Regelbetriebs erforderlich.

Für den Druckabbau an den Radbremsen 104, 106 im ABS-Regelbetrieb ist jeder dieser beiden Radbremsen 104, 106 ferner eine zweite Schlupfregel-Ventilanordnung 136, 140 in einer Rücklaufleitung zum Druckspeicher 142 und zum drucklosen Reservoir 118 zugeordnet. Die zweiten Schlupfregel-Ventileinrichtungen 136, 140 umfassen ein nicht-regelbares 2/2-Wege-Ventil (Sperrventil mit zwei Schaltzuständen), welches in der in Fig. 3 dargestellten Grundstellung geschlossen ist. In geöffnetem Zustand der zweiten Schlupfregel-Ventileinrichtungen 136, 140 kann unter Druck

stehendes Hydraulikfluid von den Radbremsen 104, 106 in den Druckspeicher 142 zurückströmen. Auf diese Weise erfolgt ein Druckabbau an diesen Radbremsen 104, 106.

Die weitere, in der Rücklaufleitung zum Reservior 118 vorgesehene Ventileinrichtung 132 umfasst ebenfalls ein nicht-regelbares 2/2-Wege-Ventil (Sperrventil mit zwei Schaltzuständen) und ermöglicht eine Abkopplung der Eingangsseite der Hydraulikpumpe 120 vom Hauptzylinder 114 und dem drucklosen Reservoir 118. In seiner sperrenden Stellung fördert die Hydraulikpumpe 120 daher im ABS-Regelbetrieb für kommende Druckaufbauphasen Hydraulikfluid aus dem Druckspeicher 142 in den Bremskreis 110 bzw. die Radbremsen 104, 106 zurück.

Für automatische Bremseingriffe, die in der Regel unabhängig von einer Betätigung des Pedals 116 durch den Fahrer erfolgen und eine Abkopplung des Hauptzylinders 114 von den Radbremsen 104, 106 erfordern, wird die Ventileinrichtung 130 geschlossen und die weitere Ventileinrichtung 132 geöffnet. Durch Öffnen der weiteren Ventileinrichtung 132 kann die Hydraulikpumpe 120 Hydraulikfluid aus dem Hauptzylinder 114 bzw. dem Reservoir 118 entnehmen, so dass ein Hydraulikdruckaufbau bzw. eine Hydraulikdruckerhöhung an den Radbremsen 104, 106 mittels der Hydraulikpumpe 120 erfolgt. Durch Schließen der Ventileinrichtung 130 wird dabei verhindert, dass von der Hydraulikpumpe 120 gefördertes Hydraulikfluid anstatt zu den Radbremsen 104, 106 zum Hauptzylinder 114 gefördert wird.

Solche automatischen Bremseingriffe umfassen beispielsweise eine Antriebsschlupfregelung (ASR), die ein Durchdrehen einzelner Räder bei einem Anfahrvorgang durch gezieltes Abbremsen eines betroffenen Rads verhindert, eine Fahrdynamikregelung (ESP), die das Fahrzeugverhalten im Grenzbereich durch gezieltes Abbremsen einzelner Räder an den Fahrerwunsch und die Fahrbahnverhältnisse anpasst, eine adaptive Geschwindigkeitsregelung (ACC), die durch (u.a.) selbsttätiges Bremsen einen Abstand des eigenen Fahrzeugs zu einem vorausfahrenden Fahrzeug einhält, und/oder eine Bergabfahrhilfe (HDC), die die Geschwindigkeit und Spurtreue eines Fahrzeugs beim Bergabfahren auf losem Grund bzw. einer Fahrbahn mit niedrigem Reibwert, wie Schnee, unter anderem mittels Bremseingriffen kontrolliert und konstant hält.

Wie bereits oben erläutert, befinden sich im zweiten Bremskreis 112 korrespondierende Ventileinrichtungen 150, 152, 154, 156, 158, 160 und ein korrespondierender Druckspeicher 162. Zur Vermeidung von Wiederholungen werden diese Komponenten hier nicht näher erläutert.

Gemäß Fig. 3 umfasst die Bremsanlage 100 ferner eine Regeleinrichtung 170, die im Rahmen eines ABS-Regelbetriebs und insbesondere in einer µ-Split-Bremssituation automatisch in einen Bremsvorgang eingreift. Die Regeleinrichtung 170 ist u.a. zur Ansteuerung sämtlicher Ventilanordnungen 130 bis 140 und 150 bis 160 sowie der Hydraulikpumpen 120, 122 vorgesehen.

Wie in Fig. 4 dargestellt, umfasst die Regeleinrichtung 170 eine Erfassungseinrichtung 172 zum Erfassen eines Erfordernisses, eine vorgegebene Hydraulikdruckdifferenz an gegenüberliegenden Radbremsen 102, 104, bzw. 106, 108 auszubilden. Die Erfassungseinrichtung 172 kann beispielsweise Raddrehzahlsensoren umfassen. Die Regeleinrichtung 170 besitzt ferner eine Einrichtung 174 zur µ-Split-Erkennung. Die Einrichtung 174 empfängt Raddrehzahlsignale von der Erfassungseinrichtung 172 und erkennt eine µ-Split-Situation, wenn eine Radgeschwindigkeitsdifferenz zwischen den Rädern, welche den Radbremsen 102, 104 der Vorderachse und den Radbremsen 106, 108 der Hinterachse zugeordnet sind, einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitet. Stellt die Einrichtung 174 ein Überschreiten des Schwellenwerts fest, wird dies einer Ansteuereinrichtung 176 der Regeleinrichtung 170 signalisiert. Die Ansteuereinrichtung 176 ist dazu ausgebildet, die Schlupfregel-Ventileinrichtungen 134, 136, 138, 140, 154, 156, 158, 160 in geeigneter Weise anzusteuern, um dem Ausbilden eines Giermoments in der erkannten µ-Split-Situation entgegenzuwirken oder den Giermomentaufbau zumindest zu begrenzen.

Im Folgenden werden die Funktionsweisen der Bremsanlage 100 gemäß Fig. 3 und insbesondere der Regeleinrichtung 170 gemäß Fig. 4 unter Bezugnahme auf das Flussdiagramm 500 gemäß Fig. 5 sowie die beispielhaften Hydraulikdruckverläufe gemäß den Figuren 6 und 7 ausführlicher erläutert.

Das in Fig. 5 dargestellte Betriebsverfahren der Bremsanlage 100 in einer µ-Split-Situation beginnt in Schritt 502 mit dem Einleiten eines Bremsvorgangs durch den Fahrer. Als Folge einer Bremspedalbetätigung wird hierbei mittels des Hauptzylinders

114 in den beiden Bremskreisen 110, 112 ein Hydraulikdruck aufgebaut. Alle Ventileinrichtungen der Bremsanlage 100 befinden sich in ihrer in Fig. 3 veranschaulichten Ausgangsstellung. Aus diesem Grund kann das aus dem Hauptzylinder 114 verdrängte, unter Druck stehende Hydraulikfluid zu den Radbremsen 102, 104, 106, 108 gelangen.

Die Hydraulikdruckverläufe im Hauptzylinder (HZ) 114 sowie an den Radbremsen 102, 104, 106 und 108 (VR, VL, HR, HL) sind in Fig. 6 veranschaulicht. Dabei zeigt sich, dass zu Beginn des Bremsvorgangs (Zeitpunkt t0 bis Zeitpunkt t1) ein gleichmäßiger Hydraulikdruckaufbau an allen vier Radbremsen 102, 104, 106, 108 erfolgt. Der Hydraulikdruckaufbau an den Radbremsen 102, 104, 106, 108 eilt dabei dem Hydraulikdruckaufbau im Hauptzylinder 114 etwas nach, weil der Druckanstieg im Hauptzylinder 114, wie in Fig. 6 gezeigt, sehr schnell erfolgt.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel erfolgt bei Erreichen einer Hydraulikdruckschwelle an den Radbremsen 102, 104, 106, 108 zum Zeitpunkt t1 eine Bremskraftverteilung zwischen den Radbremsen 106, 108 der Hinterachse und den Radbremsen 102, 104 der Vorderachse. Genauer gesagt wird an den Radbremsen 102, 104 der Vorderachse ein höherer Hydraulikdruck als an den Radbremsen 106, 108 der Hinterachse zugelassen. Dieser Vorgang wird auch als „Dynamic Rear Proportioning" (DRP) bzw. als dynamische Bremskraftverteilung bezeichnet.

Während des Hydraulikdruckaufbaus wird von der Regeleinrichtung 170 fortlaufend ermittelt, ob eine Bremssituation eingetreten ist, die das Ausbilden einer Hydraulikdruckdifferenz zwischen den Radbremsen 102, 104 der Vorderachse oder den Radbremsen 106, 108 der Hinterachse aufgrund eines Reibwertunterschieds (µ-Split-Situation; vgl. Fig. 1) erforderlich macht. In diesem Zusammenhang werden die von der Erfassungseinrichtung 172 ermittelten Radgeschwindigkeiten achsweise gegenüberliegender Räder von der Einrichtung 174 zur µ-Split-Erkennung fortlaufend miteinander verglichen. Erkennt die Einrichtung 174 das Überschreiten eines Schwellenwertes, unterhalb dessen Radgeschwindigkeitsdifferenzen noch als zulässig erachtet werden, wird von der Einrichtung 174 eine µ-Split-Situation, also eine Bremsreaktion mit auf gegenüberliegenden Fahrzeugseiten unterschiedlichem Reibwert, erkannt. Dieser Sachverhalt entspricht Schritt 504 in Fig. 5.

Im Zusammenhang mit der µ-Split-Erkennung können für die Hinterachse und die Vorderachse unterschiedliche Schwellenwerte für die Radgeschwindigkeitsdifferenz vorgegeben werden. So lässt sich der Schwellenwert für die Räder der Hinterachse geringer ansetzen als der Schwellenwert für die Räder der Vorderachse, da - aufgrund der sich beim Abbremsen des Fahrzeugs ergebenden dynamischen Achslastverlagerung von der Hinterachse auf die Vorderachse – an den Rädern der Vorderachse eine höhere Bremskraft bis zum Eintritt der ABS-Schlupfregelung aufgebracht werden kann. Dies führt dazu, dass an den Rädern der Hinterachse früher eine µ-Split-Situation erkannt wird (Zeitpunkt t2) als an den Rädern der Vorderachse (Zeitpunkt t3).

Nach Erkennen einer sicherheitsrelevanten µ-Split-Situation, die einen automatischen Eingriff in den Bremsvorgang erfordert, in Schritt 504, erfolgt in Schritt 506 eine Ansteuerung der betroffenen Schlupfregel-Ventileinrichtungen mittels der Ansteuereinrichtung 176. Wie in Fig. 6 veranschaulicht, beginnt diese Ansteuerung zum Zeitpunkt t2 an der Hinterachse und zum Zeitpunkt t3 an der Vorderachse.

Was die Hinterachse anbelangt, wird im Rahmen des DRP zum Zeitpunkt t1 der Hydraulikdruck an beiden Radbremsen 106, 108 der Hinterräder konstant gehalten. Dies geschieht durch Schließen der beiden zugeordneten ersten Schlupfregel-Ventileinrichtungen 138, 154. Aufgrund der µ-Split-Situation beginnt zum Zeitpunkt t2 ein Hydraulikdruckaufbau an der Radbremse 106 des rechten Hinterrads sowie ein gleichzeitiger Hydraulikdruckabbau an der Radbremse 108 des linken Hinterrads. Der Hydraulikdruckabbau an der Radbremse 108 erfolgt durch kurzzeitiges Öffnen und anschließendes Schließen der zweiten Schlupfregel-Ventileinrichtung 156. Der Hydraulikdruckaufbau an der Radbremse 106 kann durch kurzzeitiges Öffnen und anschließendes Schließen der ersten Schlupfregel-Ventileinrichtung 138 erfolgen, da der Hauptzylinderdruck (HZ) auf einem höheren Niveau als der an den Radbremsen 106, 108 einzustellende Hydraulikdruck (HR, HL) liegt. Wie in Fig. 6 veranschaulicht, kann die so eingestellte Druckdifferenz fortlaufend beibehalten werden.

Die an den Radbremsen 106, 108 der Hinterachse eingestellten Druckdifferenzen sind dabei so gewählt, dass sich eine gewünschte Hydraulikdruckdifferenz zwischen diesen Radbremsen 106, 108 und eine damit einhergehende Bremskraftdifferenz

einstellt. Diese Bremskraftdifferenz wirkt einem raschen Anstieg des Giermoments entgegen und beeinflusst damit positiv die Fahrzeugstabilität.

Wie bereits erwähnt, erfolgt das Ausbilden einer die Fahrzeugstabilität erhöhenden Hydraulikdruckdifferenz an den Radbremsen 102, 104 der Vorderachse erst zu einem späteren Zeitpunkt t3, da an der Vorderachse eine höhere Radgeschwindigkeitsdifferenz zugelassen werden kann. Zum Zeitpunkt t3 geschieht dann an der Radbremse 104 des linken Vorderrads ein Hydraulikdruckabbau soweit, dass sich die gewünschte Hydraulikdruckdifferenz gegenüber der Radbremse 102 des rechten Vorderrads einstellt. Hierzu wird die dem linken Vorderrad zugeordnete zweite Schlupfregel-Ventileinrichtung 136 kurzzeitig geöffnet, damit ein Hydraulikdruckabbau erfolgen kann. Im Anschluss daran oder gleichzeitig damit wird die dem linken Vorderrad zugeordnete erste Schlupfregel-Ventileinrichtung 134 von der Ansteuereinrichtung 176 mit einem Ansteuersignal basierend auf einer Pulsweitmodulation und/oder Stromregelung (Schließstrom) beaufschlagt, das einer genau definierten Ventilzuhaltekraft und demnach einer gewünschten Druckdifferenz zwischen einer Einlassseite und einer Auslassseite der Schlupfregel-Ventileinrichtung 134 entspricht. Diese Druckdifferenz zwischen der Einlassseite und der Auslassseite der Schlupfregel-Ventileinrichtung 134 stimmt mit der Hydraulikdruckdifferenz zwischen der Radbremse 102 des rechten Vorderrads und der Radbremse 104 des linken Vorderrads überein, da der am Einlass der ersten Schlupfregel-Ventileinrichtung 134 der Radbremse 104 anliegende Hauptzylinderdruck auch unmittelbar an der Radbremse 102 des rechten Vorderrads anliegt (vgl. Fig. 6). Die der Radbremse 102 des rechten Vorderrads zugeordnete erste Schlupfregel-Ventileinrichtung 158 wird von der Ansteuereinrichtung 176 nämlich in einem maximal durchlässigen Zustand gehalten.

Solange der Hauptzylinderdruck (zwischen den Zeitpunkten t3 und t4) konstant bleibt, bleibt auch die Hydraulikdruckdifferenz an den gegenüberliegenden Radbremsen 102, 104 bzw. 106, 108 der Vorder- bzw. Hinterachse konstant. Es wird hierbei angenommen, dass sich die entsprechenden Radgeschwindigkeitsdifferenzen (und damit die Fahrbahnreibwerte) nicht wesentlich ändern.

Zum Zeitpunkt t4 wird dann in Schritt 508 vom Fahrer eine Erhöhung des Hydraulikdrucks angefordert. Diese Anforderung kann beispielsweise durch Nachtreten des Bremspedals erfolgen, was sich ab dem Zeitpunkt t4 in einem Anstieg des Hauptzy-

linderdrucks (Schritt 510) bis zu einem Zeitpunkt t5 bemerkbar macht. Da die der Radbremse 102 am rechten Vorderrad zugeordnete erste Schlupfregel-Ventileinrichtung 158 weiter von der Ansteuereinrichtung 176 im maximal geöffneten Zustand gehalten wird, folgt der Hydraulikdruck an der Radbremse 102 unmittelbar dem Hauptzylinderdruck (vgl. Fig. 6). Da ferner die Ansteuereinrichtung 176 die der Radbremse 104 am linken Vorderrad zugeordnete erste Schlupfregel-Ventileinrichtung 134 weiterhin in Bezug auf das Einhalten einer vorbestimmten Druckdifferenz zwischen Einlassseite und Auslassseite ansteuert, folgt auch der Druck an der Radbremse 104 dem Hydraulikdruckanstieg im Hauptzylinder 114, allerdings vermindert um die eingestellte Druckdifferenz.

Der Hydraulikdruckanstieg an der Radbremse 104 zwischen den Zeitpunkten t4 und t5 hängt damit zusammen, dass die dieser Radbremse 104 zugeordnete erste Schlupfregel-Ventileinrichtung 134 die Fluidverbindung zwischen dem Hauptzylinder 114 und der Radbremse 104 freigibt, sobald eine Druckdifferenz zwischen einer Einlassseite und einer Auslassseite dieser Ventileinrichtung 134 die von der Ansteuereinrichtung 176 (mittels Stromregelung oder Pulsweitmodulation) vorgegebene Druckdifferenz überschreitet. Bei Überschreiten der vorgegebenen Druckdifferenz erfolgt ein Hydraulikfluidtransfer vom Hauptzylinder 114 über die erste Schlupfregel-Ventileinrichtung 134 zur Radbremse 104. Da die der Radbremse 104 zugeordnete zweite Schlupfregel-Ventileinrichtung 136 geschlossen bleibt, kommt es daher zu einer Hydraulikdruckerhöhung an der Radbremse 104. Die erste Schlupfregel-Ventileinrichtung 134 ist derart ausgelegt, dass die Fluidverbindung vom Hauptzylinder zur Radbremse 104 sofort wieder unterbrochen wird, wenn der den vorgegebenen Differenzdruck überschreitende Überdruck zwischen ihrer Einlassseite und Auslassseite wieder abgebaut ist. Die erste Schlupfregel-Ventileinrichtung 134 arbeitet daher wie ein Überdruckventil mit einstellbarem Überströmdruck.

Ab dem Zeitpunkt t5 endet das Nachtreten des Bremspedals, und der Hydraulikdruckanstieg im Hauptzylinder 114 verflacht entsprechend. Damit endet die Hydraulikdruckerhöhung (Schritt 510) bei fortgesetzter Ventilansteuerung. Zu einem Zeitpunkt t6 schließlich wird von der Einrichtung 174 ein Ende der µ-Split-Situation erkannt (zum Beispiel durch Absinken der Radgeschwindigkeitsdifferenzen an der Vorder- und Hinterachse). Daraufhin wird von der Ansteuereinrichtung 176 ein Abbau der Hydraulikdruckdifferenzen zwischen den Radbremsen 102, 104 der Vorderachse

in die Wege geleitet. Dieser Hydraulikdruckabbau ist zu einem Zeitpunkt t7 abgeschlossen, so dass ab diesem Zeitpunkt ein automatischer Eingriff in den Bremsvorgang lediglich noch aufgrund des DRP (Bremskraftverteilung) erfolgt. Nicht näher dargestellt ist, dass zum Abbau der Hydraulikdruckdifferenzen an den Radbremsen 106, 108 der Hinterachse von der Ansteuereinrichtung 176 durch geeignete Pulsweitmodulation und/oder Stromregelung der ersten Schlupfregel-Ventileinrichtung 154 der Hydraulikdruck in der Radbremse 108 des linken Hinterrades wieder auf das Druckniveau in der Radbremse 106 des rechten Hinterrades eingestellt werden kann (vgl. hierzu Fig. 7).

In dem in Fig. 6 dargestellten Ausführungsbeispiel wird davon ausgegangen, dass die µ-Split-Situation erst eintritt, nachdem ein mittels der Bremspedalstellung vorgegebener Hauptzylinder-Zieldruck erreicht wurde. Fig. 7 veranschaulicht ein anderes Ausführungsbeispiel, bei dem die µ-Split-Situation während eines vergleichsweise langsamen Hauptzylinder-Hydraulikdruckaufbaus eintritt. Wie ein Vergleich der Fign. 6 und 7 zeigt, erfolgt der Hydraulikdruckaufbau im Hauptzylinder 114 im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 7 derart langsam, dass die Hydraulikdrücke an den Radbremsen 102, 104, 106, 108 dem Hydraulikdruck im Hauptzylinder 114 praktisch instantan folgen.

Gemäß Fig. 7 tritt zum Zeitpunkt t1 an den Radbremsen 106, 108 der Hinterachse gleichzeitig eine µ-Split-Situation als auch eine DRP-Regelung ein. Folglich beginnt der Aufbau einer Hydraulikdruckdifferenz zwischen der Radbremse 108 des linken Hinterrads und der Radbremse 106 des rechten Hinterrads zeitgleich mit dem Ausbilden einer Hydraulikdruckdifferenz zwischen den Radbremsen 102, 104 der Vorderachse und den Radbremsen 106, 108 der Hinterachse. Die Ansteuerung der ersten Schlupfregel-Ventileinrichtungen 138, 154 an der Hinterachse erfolgt dabei im Wesentlichen wie im Zusammenhang mit dem in Fig. 6 dargestellten Ausführungsbeispiel erläutert. Abweichend von diesem Ausführungsbeispiel ist jedoch keine Hydraulikdruckabsenkung erforderlich. Aus diesem Grund bleiben die zweiten Schlupfregel-Ventileinrichtungen 140, 156 geschlossen.

Zu einem späteren Zeitpunkt t2 wird die µ-Split-Situation auch in Bezug auf die Radbremsen 102, 104 der Vorderachse erkannt. Demgemäss wird, wie bereits oben unter Bezugnahme auf Fig. 6 beschrieben, die der Radbremse 104 des linken Vorder-

rads zugeordnete erste Schlupfregel-Ventileinrichtung 134 von der Ansteuereinrichtung 176 mittels Pulsweitmodulation/Stromregelung mit einem Ansteuersignal beaufschlagt, das dem gewünschten Differenzdruck zwischen der Radbremse 104 des linken Vorderrads und der Radbremse 102 des rechten Vorderrads entspricht. Ein Hydraulikdruckabbau ist im Gegensatz zum Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 6 wiederum nicht erforderlich.

Ab dem Zeitpunkt t2 verlangt der Fahrer weiterhin eine Hydraulikdruckerhöhung. Demgemäss nimmt der Hydraulikdruck an der Radbremse 102 des rechten Vorderrads weiter zu, während der Hydraulikdruck der Radbremse 104 des linken Vorderrads solange konstant gehalten wird, bis zum Zeitpunkt t3 die Hydraulikdruckdifferenz zwischen den beiden Radbremsen 102, 104 der Vorderachse die von der Ansteuereinrichtung 176 vorgegebene Hydraulikdruckdifferenz erreicht hat. Ab diesem Zeitpunkt t3 führt eine weitere Erhöhung des Hydraulikdrucks bei weiterem Nachtreten des Bremspedals zu einem parallelen Hydraulikdruckanstieg an den Radbremsen 102, 104 der Vorderachse unter Beibehaltung der von der Ansteuereinrichtung 176 vorgegebenen Hydraulikdruckdifferenz. Wie in Fig. 7 veranschaulicht, wird diese Hydraulikdruckdifferenz auch dann weiter aufrechterhalten, wenn zum Zeitpunkt t4 keine weitere Erhöhung des Hydraulikdrucks im Hauptzylinder 114 auftritt, also der Hauptzylinder-Zieldruck erreicht ist.

Zu einem Zeitpunkt t5 schließlich erkennt die Einrichtung 174 einen Wegfall der µ-Split-Situation. Ab diesem Zeitpunkt t5 wird daher der Hydraulikdruck in der Radbremse 104 von der Ansteuereinrichtung 176 solange erhöht, bis eine Hydraulikdruckdifferenz zwischen den Radbremsen 102, 104 der Vorderachse wieder abgebaut ist. Ebenfalls werden die Hydraulikdrücke in den Radbremsen 106, 108 von der Ansteuereinrichtung 176 solange verringert bzw. erhöht, bis eine Hydraulikdruckdifferenz zwischen den Radbremsen 106, 108 der Hinterachse wieder abgebaut ist.

Wie sich aus den Ausführungsbeispielen ergibt, gestattet das hier beschriebene Betriebsverfahren eine sicherheitsunbedenkliche Hydraulikdruckregelung, bei der eine Druckerhöhung durch den Fahrer jederzeit gewährleistet ist. Der Fahrer kann daher eine an den ersten Schlupfregel-Ventileinrichtungen 134, 138 eingestellte Druckdifferenz jederzeit übertreten. Aus diesem Grund entfällt das aus dem Stand der Technik gewohnte „harte" Pedalrückwirkverhalten. Auch die Messung des Fahrerwunsches

durch einen (zusätzlichen) Drucksensor zur Erfassung des Hauptzylinderdrucks im Rahmen einer µ-Split-Situation erübrigt sich. Das hier vorgestellte Betriebsverfahren lässt sich achsindividuell einsetzen und zeigt vor allem an der Vorderachse aufgrund der dort regelmäßig höheren Radlast und der guten Bremsenkennwerte eine gute Wirksamkeit. Aus diesem Grund kann das hier vorgeschlagene Betriebsverfahren auch in hervorragender Weise mit DRP-Mechanismen kombiniert werden.

Das hier vorgeschlagene Betriebsverfahren ist sowohl bei ESC- bzw. ESP-Bremsanlagen als auch bei Bremsanlagen, die lediglich eine ABS-Funktionalität implementieren, einsetzbar. Diese Einsetzbarkeit ergibt sich vor allem daraus, dass die hier vorgestellten Druckregelstrategien erforderlichenfalls ausschließlich mittels der ABS-Schlupfregel-Ventileinrichtungen implementierbar sind. Ferner können die Druckregelstrategien auf einfache Weise in die ABS-Regelsoftware und ein entsprechendes Steuergerät implementiert werden. Die in Fig. 4 veranschaulichte Regeleinrichtung 170 kann daher zumindest teilweise in ein ABS-Steuergerät integriert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer hydraulischen Kraftfahrzeug-Bremsanlage (100) in einer Bremssituation, die das Ausbilden einer Hydraulikdruckdifferenz an gegenüberliegenden Radbremsen (102, 104; 106, 108) einer Fahrzeugachse erfordert, wobei jeder Radbremse eine erste Schlupfregel-Ventileinrichtung (134, 138, 154, 158) für eine Abkopplung der jeweiligen Radbremse von einem Hydraulikdruckerzeuger (114; 120; 122) und eine zweite Schlupfregel-Ventileinrichtung (136, 140, 156, 160) für einen Hydraulikdruckabbau an der jeweiligen Radbremse zugeordnet sind, umfassend die Schritte:

Aufbauen eines Hydraulikdrucks an den gegenüberliegenden Radbremsen im Rahmen eines Bremsvorgangs;

Erfassen eines Erfordernisses, eine Hydraulikdruckdifferenz an den gegenüberliegenden Radbremsen auszubilden;

Ansteuern einer oder mehrerer der den gegenüberliegenden Radbremsen zugeordneten Schlupfregel-Ventileinrichtungen zum Ausbilden der Hydraulikdruckdifferenz, indem an den gegenüberliegenden Radbremsen unterschiedliche Hydraulikdrücke eingestellt werden; und,

als Reaktion auf eine Fahreranforderung, Erhöhen des Hydraulikdrucks an den gegenüberliegenden Radbremsen einschließlich der Radbremse, an der ein geringerer Hydraulikdruck einzustellen ist, unter Aufrechterhalten der Hydraulikdruckdifferenz durch Hydraulikfluidtransfer vom Hydraulikdruckerzeuger über die ersten Schlupfregel-Ventileinrichtungen zu den gegenüberliegenden Radbremsen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei wenigstens einer der Vorgänge des Ausbildens und Aufrechterhaltens der Hydraulikdruckdifferenz den Schritt umfasst, dass an derjenigen der gegenüberliegenden Radbremsen, an der ein geringerer Hydraulikdruck einzustellen ist, mittels der dieser Radbremse zugeordneten ersten Schlupfregel-Ventileinrichtung eine Druckdifferenz zwischen dem Hydraulikdruckerzeuger und der Radbremse eingestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei zumindest jede der ersten Schlupfregel-Ventileinrichtungen eine Fluidverbindung zwischen dem Hydraulikdruckerzeu-

ger und der zugeordneten Radbremse freigibt, wenn eine erste Druckdifferenz zwischen einem Einlass und einem Auslass der ersten Schlupfregel-Ventileinrichtung einen vorbestimmten Maximalwert überschreitet, und die Fluidverbindung wieder unterbricht, wenn der den vorbestimmten Maximalwert überschreitende Überdruck zwischen dem Einlass und dem Auslass abgebaut ist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei der vorbestimmte Maximalwert der Druckdifferenz zwischen dem Einlass und dem Auslass der ersten Schlupfregel-Ventileinrichtung die Hydraulikdruckdifferenz festlegt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei wenigstens einer der Vorgänge des Ausbildens und Aufrechterhaltens der Hydraulikdruckdifferenz den Schritt umfasst, dass an derjenigen der gegenüberliegenden Radbremsen, an der ein höherer Hydraulikdruck einzustellen ist, die dieser Radbremse zugeordnete erste Schlupfregel-Ventileinrichtung vollständig geöffnet gehalten wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Ansteuern zumindest der ersten Schlupfregel-Ventileinrichtungen mittels Pulsweitenmodulation oder Stromregelung erfolgt.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei wenigstens einer der Vorgänge des Ausbildens und Aufrechterhaltens der Hydraulikdruckdifferenz den Schritt des zumindest teilweisen Öffnens der zweiten Schlupfregel-Ventileinrichtung umfasst, die derjenigen der gegenüberliegenden Radbremsen zugeordnet ist, an der ein geringerer Hydraulikdruck einzustellen ist.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Hydraulikdruckdifferenz während des Erhöhens des Hydraulikdrucks ungefähr gleich oder vergrößert aufrechterhalten wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei wenigstens einer der Vorgänge des Hydraulikdruckaufbaus und der Hydraulikdruckerhöhung mittels des Hydraulikdruckerzeugers als Reaktion auf eine Bremspedalbetätigung durch den Fahrer durchgeführt wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Hydraulikdruckdifferenz bei Erfassen einer Radgeschwindigkeitsdifferenz zwischen den gegenüberliegenden Radbremsen zugeordneten Rädern ausgebildet wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Kraftfahrzeug eine Vorderachse und eine Hinterachse umfasst und das Erhöhen des Hydraulikdrucks an den gegenüberliegenden Radbremsen ausschließlich an den Radbremsen einer der beiden Achsen durchgeführt wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Kraftfahrzeug eine Vorderachse und eine Hinterachse umfasst und an den Radbremsen der gleichen Fahrzeugseite im Rahmen einer achsweisen Bremskraftverteilung unterschiedliche Hydraulikdrücke eingestellt werden.

13. Computerprogrammprodukt mit Programmcodemitteln zum Durchführen des Verfahrens nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 12, wenn das Computerprogrammprodukt durch einen Prozessor ausgeführt wird.

14. Computerprogrammprodukt nach Anspruch 13, gespeichert auf einem computerlesbaren Aufzeichnungsträger.

15. Steuergerät, umfassend den Aufzeichnungsträger mit dem darauf gespeicherten Computerprogrammprodukt nach Anspruch 14.

16. Hydraulische Kraftfahrzeug-Bremsanlage (100), betriebsfähig in einer Bremssituation, die das Ausbilden einer Hydraulikdruckdifferenz an gegenüberliegenden Radbremsen (102, 104; 106, 108) einer Fahrzeugachse erfordert, umfassend

einen Hydraulikdruckerzeuger (114; 120; 122) für den Aufbau eines Hydraulikdrucks an den gegenüberliegenden Radbremsen im Rahmen eines Bremsvorgangs;

eine erste Schlupfregel-Ventileinrichtung (134, 138, 154, 158) für jede Radbremse zur Abkopplung der jeweiligen Radbremse vom Hydraulikdruckerzeuger;

eine zweite Schlupfregel-Ventileinrichtung (136, 140, 156, 160) für jede Radbremse zum Hydraulikdruckabbau an der jeweiligen Radbremse;

eine Erfassungseinrichtung (172) zum Erfassen eines Erfordernisses, eine Hydraulikdruckdifferenz an den gegenüberliegenden Radbremsen auszubilden;

eine Ansteuereinrichtung (176) zum Ansteuern einer oder mehrerer der den gegenüberliegenden Radbremsen zugeordneten Schlupfregel-Ventileinrichtungen zum Ausbilden der Hydraulikdruckdifferenz, indem an den gegenüberliegenden Radbremsen unterschiedliche Hydraulikdrücke eingestellt werden, wobei die Ansteuereinrichtung ausgelegt ist, als Reaktion auf eine Fahreranforderung den Hydraulikdruck an den gegenüberliegenden Radbremsen einschließlich der Radbremse, an der ein geringerer Hydraulikdruck einzustellen ist, unter Aufrechterhalten der Hydraulikdruckdifferenz durch Hydraulikfluidtransfer vom Hydraulikdruckerzeuger über die ersten Schlupfregel-Ventileinrichtungen zu den gegenüberliegenden Radbremsen zu erhöhen.

17. Bremsanlage nach Anspruch 16, wobei die ersten Schlupfregel-Ventileinrichtungen ausgebildet sind, eine einstellbare Druckdifferenz zwischen dem Hydraulikdruckerzeuger und der jeweiligen Radbremse zu bewirken.

18. Bremsanlage nach Anspruch 16 oder 17, ferner umfassend ein Antiblockiersystem, wobei die Schlupfregel-Ventileinrichtungen zum Antiblockiersystem gehören.

19. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 16 bis 18, wobei zumindest jede der ersten Schlupfregel-Ventileinrichtungen dazu ausgelegt ist, eine Fluidverbindung zwischen dem Hydraulikdruckerzeuger und der zugeordneten Radbremse freizugeben, wenn eine erste Druckdifferenz zwischen einem Einlass und einem Auslass der ersten Schlupfregel-Ventileinrichtung einen vorbestimmten Maximalwert überschreitet, und die Fluidverbindung wieder zu unterbrechen, wenn der den vorbestimmten

Maximalwert überschreitende Überdruck zwischen Einlass und Auslass wieder abgebaut ist.

20. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 16 bis 19, wobei die Ansteuereinrichtung in einem Steuergerät implementiert ist.

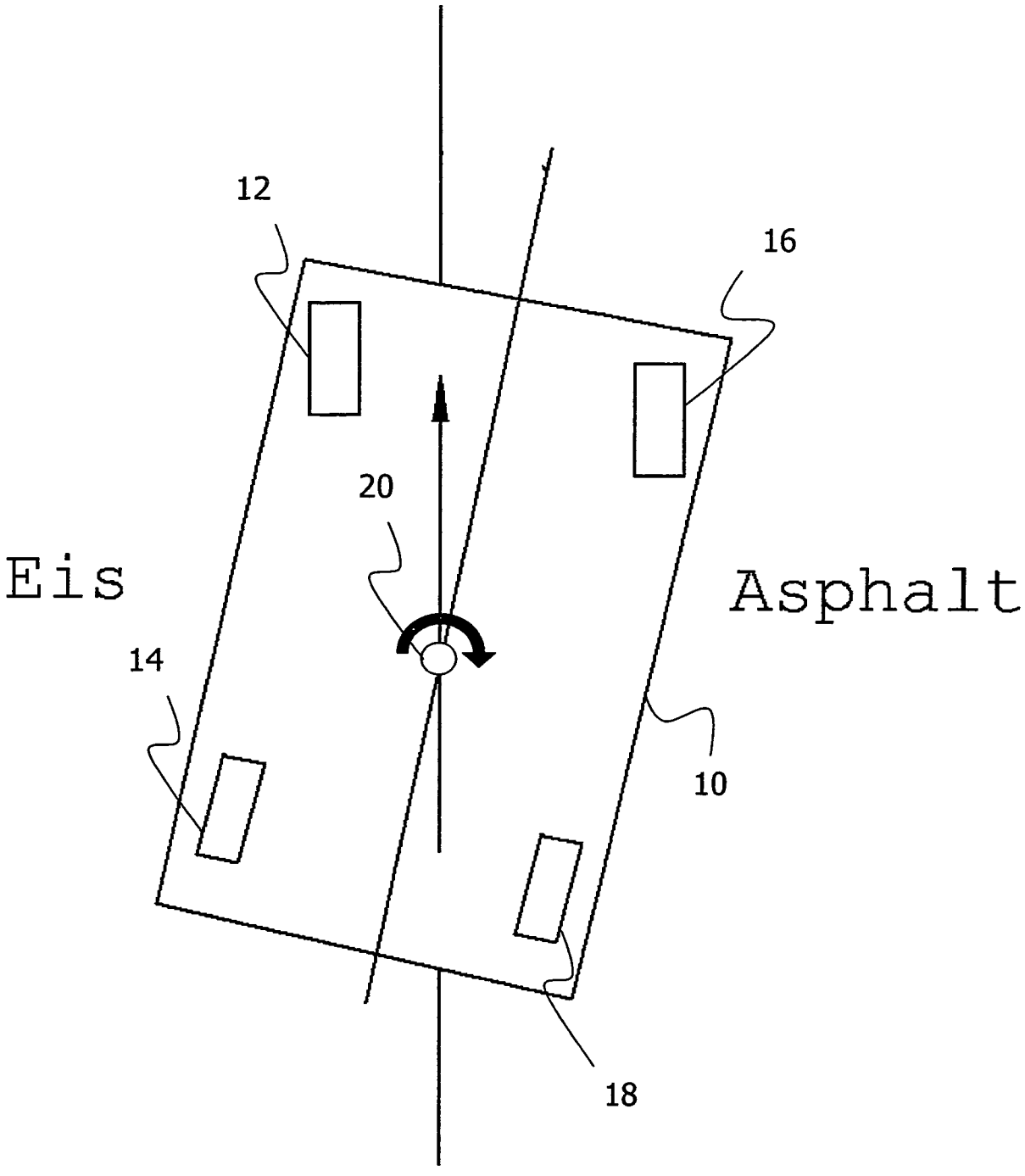


Fig. 1

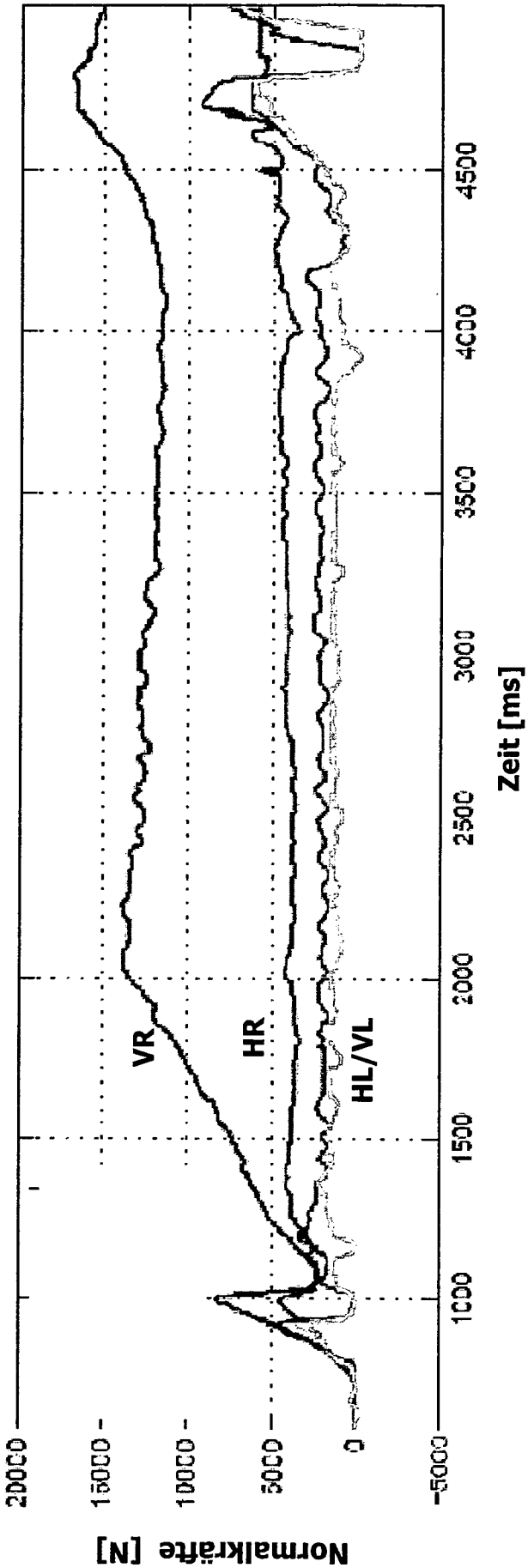

Normalkraft [N]
20000
15000
10000
5000
0
-5000
1000
1500
2000
2500
3000
3500
4000
4500
Zeit [ms]
VR
HR
HL/VL

Fig. 2

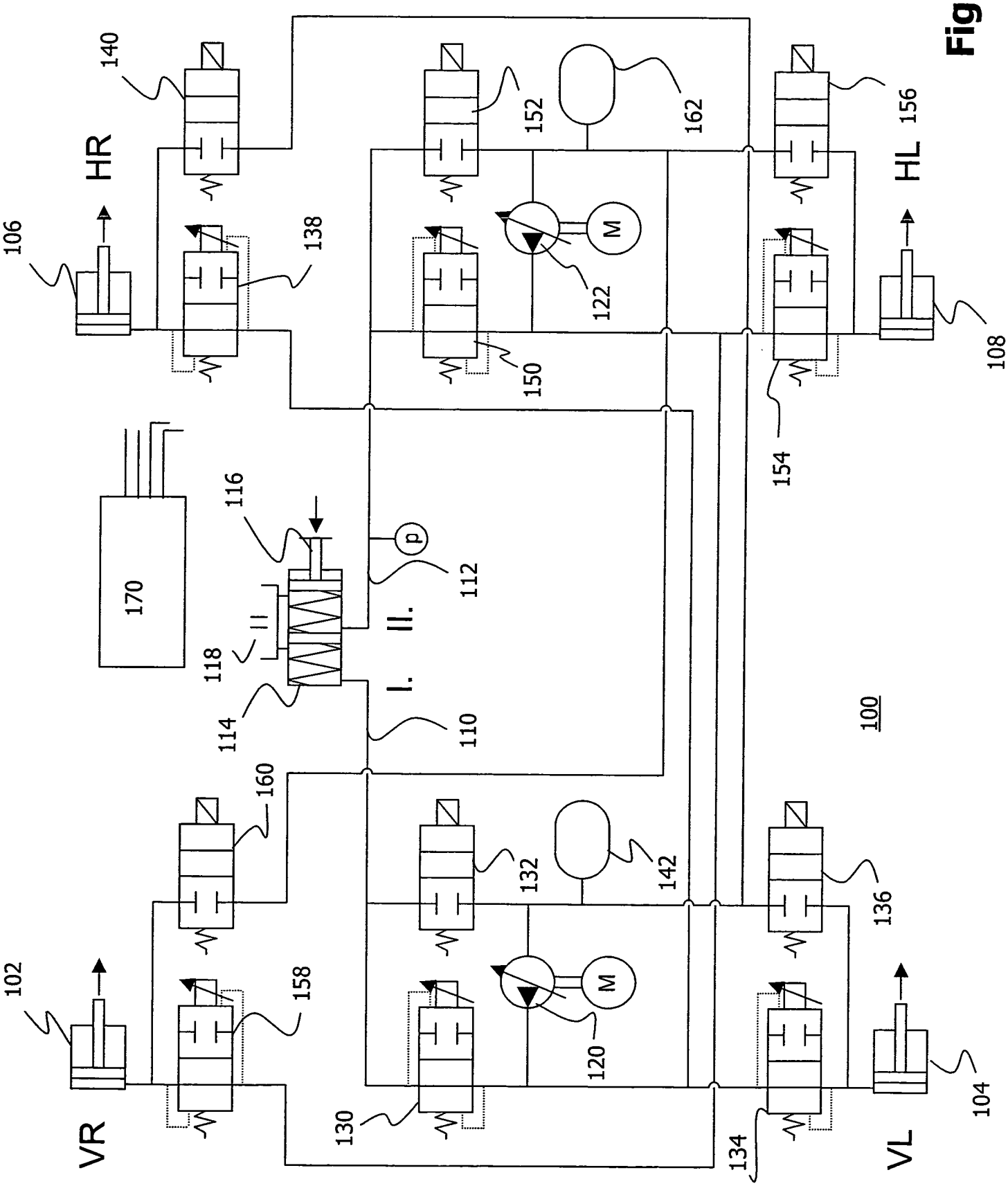

HR
HL
VR
VL
M
M
P
I.
II.
100
102
104
106
108
110
112
114
116
118
120
122
130
132
134
136
138
140
142
150
152
154
156
158
160
162
170

Fig. 3

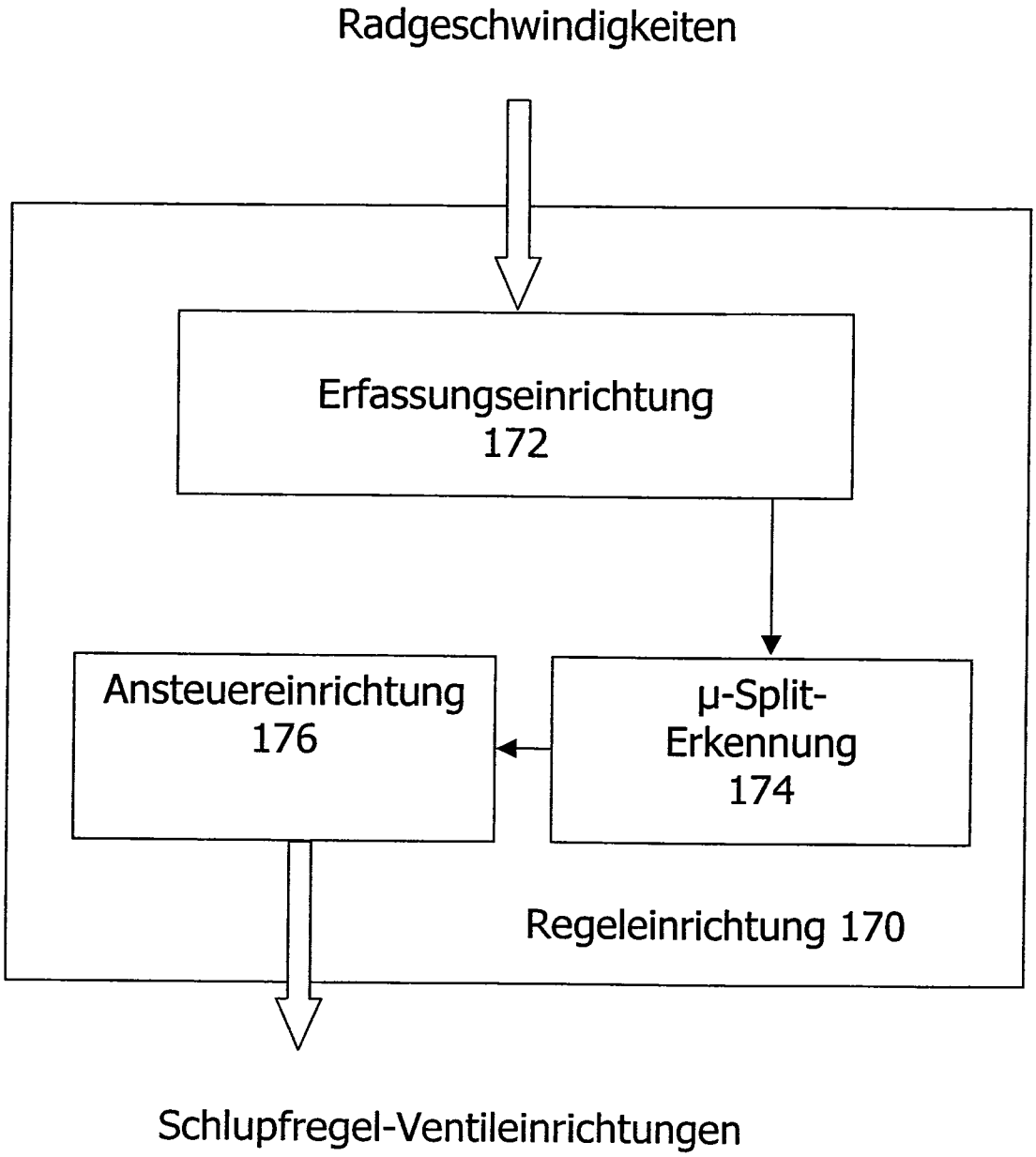

Radgeschwindigkeiten
Erfassungseinrichtung
172
Ansteuereinrichtung
176
µ-Split-
Erkennung
174
Regeleinrichtung 170
Schlupfregel-Ventileinrichtungen

Fig. 4

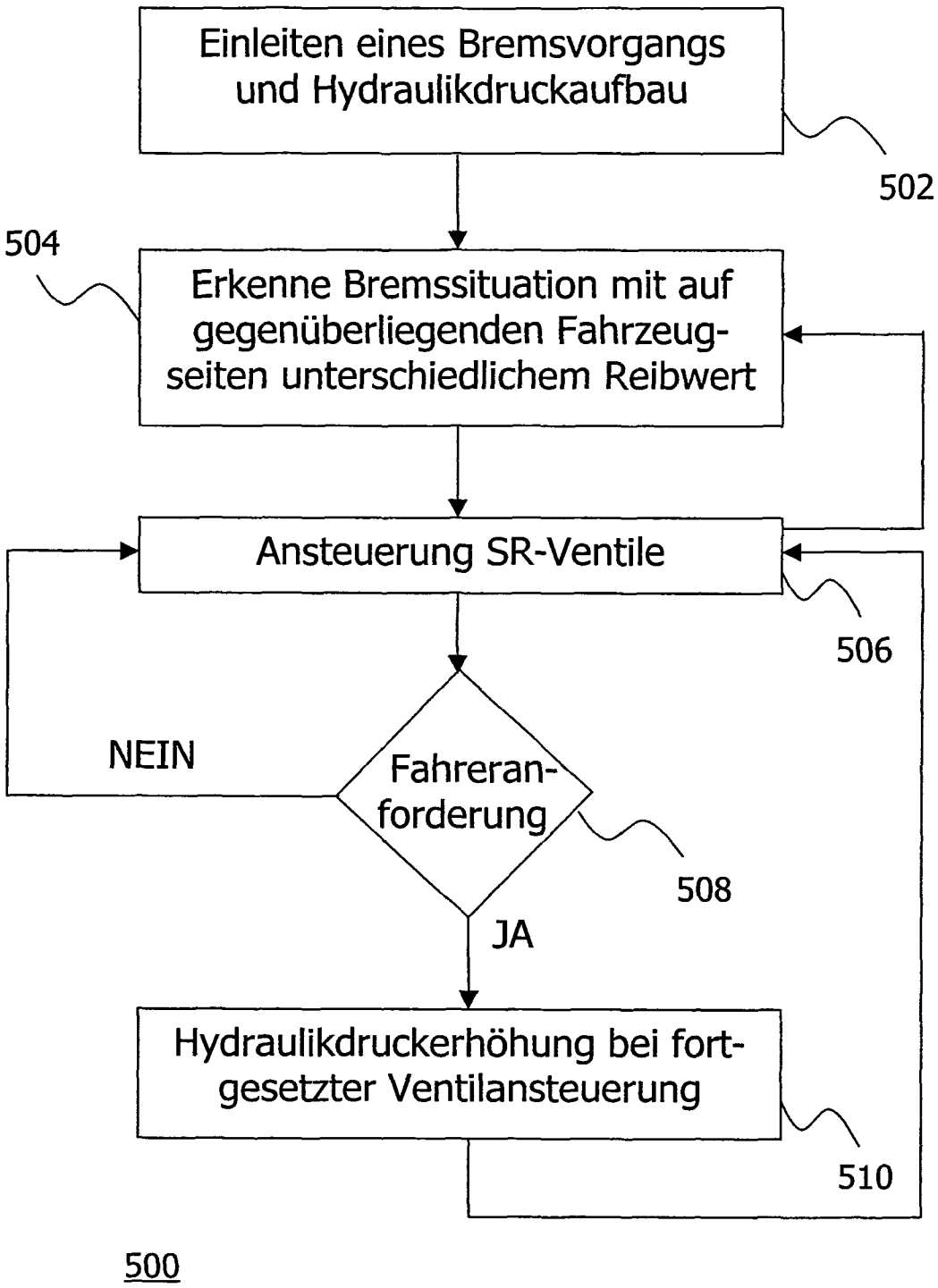

Einleiten eines Bremsvorgangs und Hydraulikdruckaufbau
502
504
Erkenne Bremssituation mit auf gegenüberliegenden Fahrzeug-seiten unterschiedlichem Reibwert
Ansteuerung SR-Ventile
506
NEIN
Fahreran-forderung
508
JA
Hydraulikdruckerhöhung bei fort-gesetzter Ventilansteuerung
510
500

Fig. 5

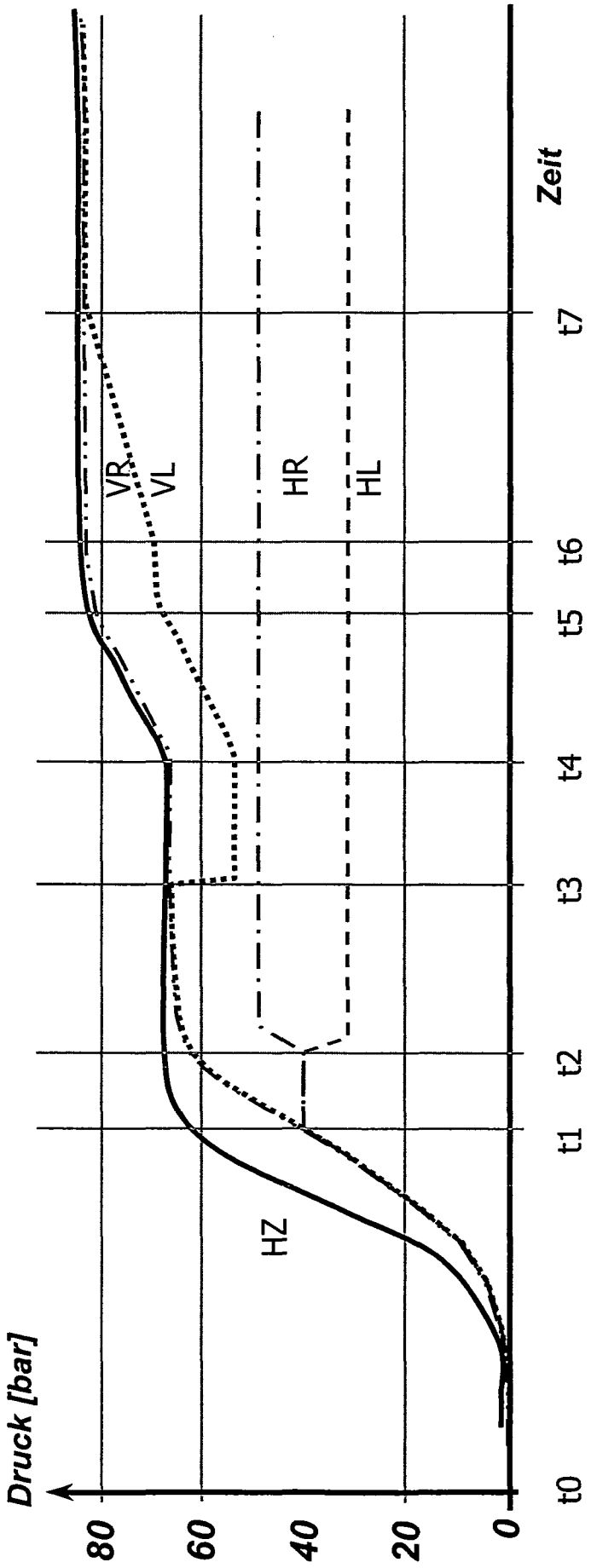


Fig. 6

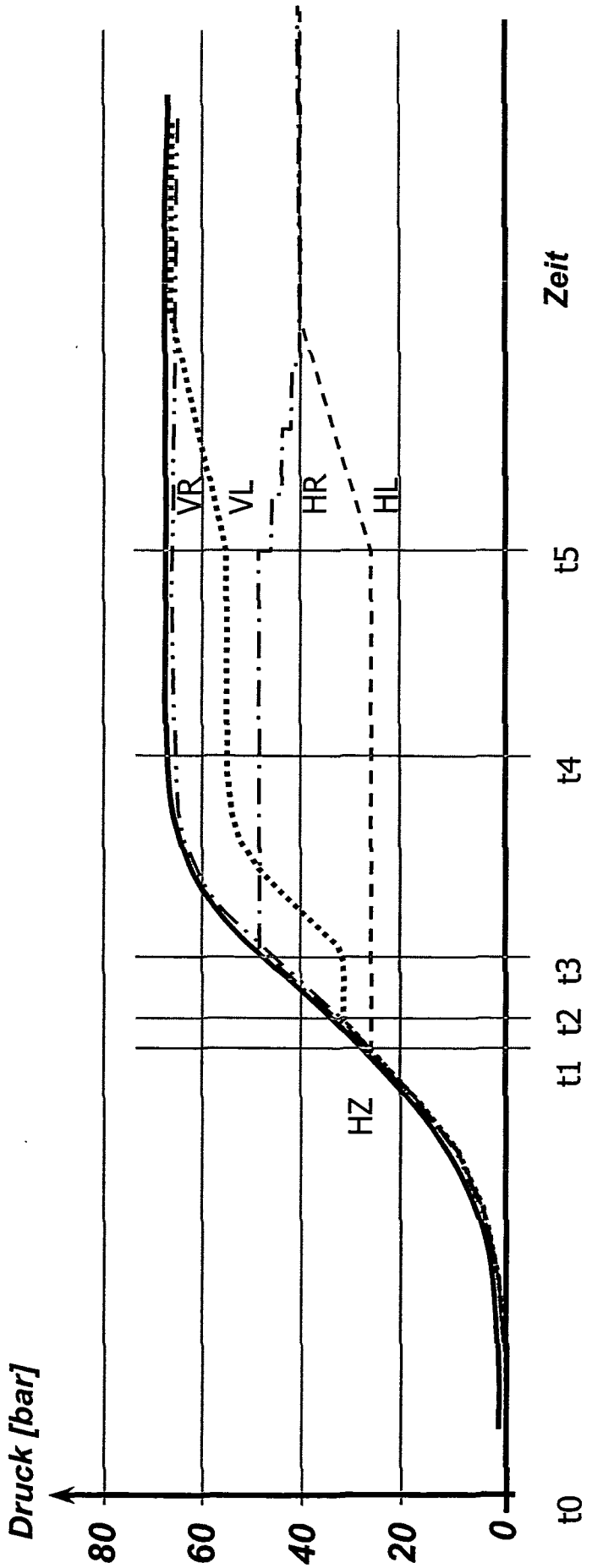


Fig. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/003336

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B60T8/1764
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B60T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2008 027093 A1 (LUCAS AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 10 December 2009 (2009-12-10) cited in the application the whole document	1,13,15, 16
A	DE 101 56 958 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 27 June 2002 (2002-06-27) claims 1,2	1,13,15, 16
A	DE 39 25 828 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 7 February 1991 (1991-02-07) claims 1-4	1,13,15, 16
A	DE 10 2004 011517 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 14 October 2004 (2004-10-14) paragraph [0009] claims 1-6	1,13,15, 16

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
20 September 2011	27/09/2011

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Colonna, Massimo

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2011/003336

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102008027093 A1	10-12-2009	WO 2009146826 A1	10-12-2009
DE 10156958 A1	27-06-2002	NONE	
DE 3925828 A1	07-02-1991	JP 3070666 A	26-03-1991
		JP 3350044 B2	25-11-2002
DE 102004011517 A1	14-10-2004	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2011/003336

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B60T8/1764
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
B60T

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

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2008 027093 A1 (LUCAS AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 10. Dezember 2009 (2009-12-10) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1,13,15, 16
A	DE 101 56 958 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 27. Juni 2002 (2002-06-27) Ansprüche 1,2 -----	1,13,15, 16
A	DE 39 25 828 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 7. Februar 1991 (1991-02-07) Ansprüche 1-4 -----	1,13,15, 16
A	DE 10 2004 011517 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 14. Oktober 2004 (2004-10-14) Absatz [0009] Ansprüche 1-6 -----	1,13,15, 16

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
20. September 2011	27/09/2011

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Colonna, Massimo

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2011/003336

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102008027093 A1	10-12-2009	WO 2009146826 A1	10-12-2009
DE 10156958 A1	27-06-2002	KEINE	
DE 3925828 A1	07-02-1991	JP 3070666 A	26-03-1991
		JP 3350044 B2	25-11-2002
DE 102004011517 A1	14-10-2004	KEINE	