



(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2009 019 960 A1 2009.12.10

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2009 019 960.8

(22) Anmeldetag: 05.05.2009

(43) Offenlegungstag: 10.12.2009

(51) Int Cl.⁸: **B60T 8/176** (2006.01)
B60T 8/172 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

61/060,098 **09.06.2008** **US**
12/405,421 **17.03.2009** **US**

(74) Vertreter:

Viering, Jentschura & Partner, 81675 München

(71) Anmelder:

**Ford Global Technologies, LLC, Dearborn, Mich.,
US**

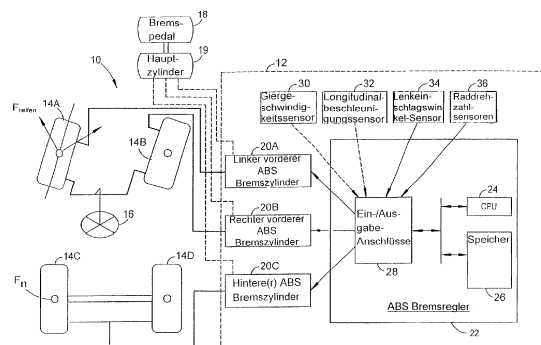
(72) Erfinder:

Joyce, John Patrick, West Bloomfield, Mich., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Ausgleichen von Normalkräften bei Antiblockier-Regelung**

(57) Zusammenfassung: Verfahren zum Regeln eines Antiblockier-Bremssystems an einem Fahrzeug, wobei die Methode Berechnen einer Vorhersage von Reifennormalkräften und Modifizieren eines auf eine Bremse aufgebrauchten Bremsmoments basierend auf den vorhergesagten Reifennormalkräften aufweist. Die Vorhersage von Reifennormalkräften kann berechnet werden, indem vorhergesagte Longitudinalkräfte oder Abschätzungen von Longitudinalkräften benutzt werden, welche durch Vorhersagen eines Hauptzylinder-Drucks erhalten werden.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft Antiblockier-Bremsregelung, insbesondere das Kompensieren/Ausgleichen instationärer/vorübergehender Normalkräfte bei Antiblockier-Bremsregelung.

Hintergrund

[0002] Ein Antiblockier-Bremssystem (ABS) bei einem Kraftfahrzeug verhindert das Blockieren der Räder während des Bremsens. ABS ermöglicht einem Fahrer, die Kontrolle über die Lenkung während Phasen starken Bremsens beizubehalten, indem es ein Rutschen/Gleiten verhindert und es dem Rad ermöglicht, weiterhin vorwärtszurollen. Ein typisches ABS hat einen Regler, einen Geschwindigkeitssensor für jedes Rad, und einen Bremskreis. Der Regler regelt das an den Rädern aufgebrachte Bremsen, um sie entweder schneller oder langsamer drehen zu lassen. Dieser Prozess wird während des Bremsens laufend wiederholt. Das Bremsmoment wird in einer zyklischen Weise wiederholt gesteigert und reduziert.

[0003] Longitudinal-Kräfte am Fahrzeug werden mit ABS geregelt. Es ist jedoch bekannt, dass der maximale Betrag an Longitudinal-Kraft an einem Fahrzeug typischerweise proportional zum Betrag an Normalkraft an den Rädern während starken Bremsens ist. Wenn die Bremsen mit einer raschen/schnellen Rate angewandt werden, ändern sich die Normalkräfte am Fahrzeug erheblich und schnell. In einem zu gering gedämpften Fahrzeug können die Normalkräfte während des Anhaltens und darüber hinaus fortfahren, zu oszillieren. Viele ABS-Philosophien bzw. -strategien setzen voraus, dass Normalkräfte und die Drücke zum Erzeugen einer Radblockierung während eines typischen Halts ungefähr konstant sind. Die Variation von Normalkräften, obwohl wohlbekannt, wird typischerweise weder quantifiziert/gemessen noch benutzt, um Bremsregelung zu modifizieren.

[0004] Typischerweise werden empirische Methoden benutzt, um den ersten Zyklus einer ABS-Regelung zu handhaben. Einige Anwendungen haben Logik implementiert, um die angewandte Bremsrate zu beschränken, um die Störung der Fahrzeugbewegung zu reduzieren. Das Regelungsverhalten ist abgestimmt/eingestellt, um Abweichungen von optimaler Regelung zu minimieren, welche während Entwicklungstests beobachtet werden. Das derzeitige Verfahren des Abstimmens/Einstellens wird oft benutzt, um mehrere Faktoren auszugleichen, welche die Regelung zusätzlich zu Normalkraftvariation beeinflussen, wie zum Beispiel: Konsistenz der Berechnung einer Referenzgeschwindigkeit, Hysterese in der Bremsmoment/Bremsdruck-Beziehung, das Rei-

fen/Straße μ , die optimale Abbremsung/Verzögerung des Fahrzeugs, ob das Fahrzeug auf Split- μ ist, und die Bewegung des Reifens relativ zur Hauptbewegung des Fahrzeugs. Das Hinzufügen einer soliden analytischen Grundlage, um Normalkraftvariation zu berücksichtigen, stellt ein optimaleres Abstimmen/Einstellen bereit, da separate Parameter zum Ausgleichen von Normalkraftvariation benutzt werden.

[0005] Einige gegenwärtige/aktuelle Bremsregelalgorithmen beschränken die Bremsmoment-Entwicklungsrate während der anfänglichen Bremsanwendung. Dieses Verfahren reduziert die Änderungsrate von Normalkräften. Mit geringerer Normalkraftvariation ist die Regelung üblicherweise geringerer Variation ausgesetzt und erreicht höhere Leistungsfähigkeit. Durch das Verlangsamen der (angewandten Bremsrate)/(Rate der Bremsanwendung) wird jedoch die Entwicklung der Abbremsung verlangsamt und Bremswege/Anhaltewege werden vergrößert.

[0006] Es besteht Bedarf an einem Modell, welches feststellt, wie viel sich die Normalkraft an einem Fahrzeug als Reaktion auf die angewandte Bremse ändern wird, und welches berücksichtigt, wie die Normalkraft variiert, um die ABS-Regelung unter Vorwegnahme/Antizipation der Normalkraft zu modifizieren, um eine optimale Modulation des Bremsmoments zu unterstützen.

Erläuterung der Erfindung

[0007] Die vorliegende Erfindung stellt ein Verfahren zum Kompensieren von Normalkräften bei Antiblockier-Bremsregelung gemäß den angehängten Ansprüchen bereit.

Beschreibung der Zeichnungen

[0008] [Fig. 1](#) ist ein schematisches Schaubild eines Fahrzeugs mit einem Antiblockier-Bremsregelungssystem gemäß der Erfindung; und

[0009] [Fig. 2](#) ist ein Ablaufdiagramm, welches ein Verfahren des Regelns des Antiblockier-Bremsregelungssystems zum Liefern optimaler Abbremsung/Verzögerung gemäß der Erfindung darstellt.

[0010] Die Elemente/Bestandteile und Schritte in den Figuren sind nur der Einfachheit und Klarheit willen illustriert und sind hierdurch nicht notwendigerweise auf einen speziellen Ablauf festgelegt. Zum Beispiel sind Schritte, welche gleichzeitig oder in anderer Reihenfolge ausgeführt werden können, in den Abbildungen dargestellt, um das Verstehen der Ausführungen der Erfindung zu erleichtern.

Beschreibung von Beispielen der Erfindung

[0011] Obwohl verschiedene Aspekte der vorliegenden Erfindung in Bezug auf ein spezielles Ausführungsbeispiel beschrieben sind, ist die Erfindung nicht auf solche Ausführungen beschränkt, und zusätzliche Modifikationen, Anwendungen und Ausführungen können implementiert werden, ohne von der Erfindung abzuweichen. In den Abbildungen werden gleiche Bezugszahlen benutzt, um die gleichen Komponenten zu bezeichnen. Ein Fachmann wird erkennen, dass die verschiedenen hierin dargelegten Komponenten abgewandelt werden können, ohne vom Umfang der Erfindung abzuweichen, wie er durch die angehängten Ansprüche definiert ist.

[0012] [Fig. 1](#) zeigt ein mit einem Antiblockier-Bremsregelungssystem **12** ausgestattetes Kraftfahrzeug **10**. Das Regelungssystem **12** regelt das durch ein Antiblockier-Bremssystem an einem oder mehreren Fahrzeigrädern **14A**, **14B**, **14C** und **14D** angewandte Bremsmoment. Das Fahrzeug hat ein Lenkrad **16**. Das Fahrzeug **10** hat auch einen/ein durch den Fahrer des Fahrzeugs herabdrückbaren/-s Bremsfußhebel/Bremspedal, um ein Fahrzeugbremsereignis zu bewirken. In einem hydraulisch betätigten Bremssystem erzeugt ein Hauptzylinder **19** Hydraulikflüssigkeits-Druck als Reaktion auf den Eingang des Bremsbefehls. Die unter Druck stehende Hydraulikflüssigkeit wiederum bringt durch Bremszylinder ein Bremsmoment auf, um Reibungs-Bremsbeläge mit Elementen/Bauteilen von Scheibenbremse oder Trommelbremse in Kontakt zu bringen, um der Rotation der Räder **14A–D** entgegenzuwirken. Obwohl hier ein hydraulisches Bremssystem gezeigt und beschrieben ist, sollte beachtet werden, dass die vorliegende Erfindung auf andere Arten von Bremssystemen anwendbar ist und ein Fachmann in der Lage ist, die Erfindung auf eine andere Art von Bremssystem anzuwenden, ohne vom Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

[0013] Das Antiblockier-Bremssystem **12** weist einen linken vorderen ABS Bremszylinder **20A** und einen rechten vorderen ABS Bremszylinder **20B** auf, um unabhängig Bremsmoment auf die zugehörigen Vorderreifen **14A** und **14B** auszuüben. Zusätzlich ist ein hinterer ABS Bremszylinder **20C** bereitgestellt, um Bremsmoment auf jedes der Hinterräder **14C** und **14D** auszuüben. Es sollte beachtet werden, dass der hintere ABS Bremszylinder **20C** einen durch beide Räder **14C** und **14D** gemeinsam genutzten einzelnen Bremszylinder aufweisen kann, oder er kann separate unabhängige ABS Bremszylinder für jedes der Räder aufweisen, auf ähnliche Weise wie bei den Zylindern **20A** und **20B**.

[0014] Das Antiblockier-Bremssystem **12** weist ferner einen ABS Bremsregler **22** zum Regeln des Bremsvorgangs auf, einschließlich des Einstel-

lens/Anpassens des auf den Reifen **14A–14D** ausgeübten Bremsmoments. Der Bremsregler **22** weist vorzugsweise einen Mikroprozessor **24** und einen Speicher **26** zum Speichern und Verarbeiten eines oder mehrerer Bremsregelalgorithmen auf. Die Regler-Hardware kann einen handelsüblichen Regler aufweisen. Insbesondere weist der Regler **22** Ein-/Ausgabe(I/O)-Schnittstellen/Anschlüsse **28**, den Zentralprozessor (CPU) **24**, und Speicher **26** auf. Der Regler **22** empfängt verschiedene erfasste Signale von Sensoren, wie dargestellt, und erzeugt als Reaktion auf den/die Bremsregelalgorithmus/-en Ausgangs-Steuersignale an jeden der Bremszylinder **20A–20C**.

[0015] Der Bremsregler kann ein erfasstes Lenkeinschlagswinkel-Signal von einem Lenkeinschlagswinkel-Sensor **34** und erfasste Raddrehzahlensignale von Raddrehzahlsensoren **36**, welche mit jedem der Räder/Reifen **14A–14D** in Zusammenhang stehen, empfangen. Das erfasste Lenkeinschlagswinkel-Signal liefert eine Angabe darüber, ob das Lenkrad relativ zu einem Befehl zur geradlinigen Fahrzeugfortbewegung gedreht ist, um so das Fahrzeug zum Fahren einer Kurve zu bringen. Ein Lenkeinschlagswinkel-Drehereignis wird festgestellt, wann immer der erfasste Lenkeinschlagswinkel von der geradlinigen Fahrzeugtrajektorie um mehr als einen bestimmten Betrag abweicht. Entsprechend wird ein geradliniges Fortbewegen des Fahrzeugs festgestellt, vorausgesetzt der Lenkeinschlagswinkel ist innerhalb des bestimmten Betrages.

[0016] Der Bremsregler **22** kann auch ein erfasstes Giersignal von einem Giergeschwindigkeitssensor **30** und ein erfasstes Longitudinalbeschleunigungssignal von einem Longitudinalbeschleunigungssensor **32** empfangen. Ein Giergeschwindigkeitssensor **30** liefert ein Giersignal welches anzeigt, ob ein Fahrzeug giert, unabhängig davon, ob das Lenkrad gedreht ist. Wenn alle Fahrzeigräder bei starkem Schlupf in Betrieb sind, während das Fahrzeug sich noch bewegt, kann es schwierig sein, die Fahrzeuggeschwindigkeit genau zu bestimmen. Der Longitudinalbeschleunigungssensor **32** liefert ein Signal, um die Fahrzeuggeschwindigkeit während eines Bremsereignisses genauer zu bestimmen, insbesondere wenn relativ starker Reifenschlupf auftritt. Der Longitudinalbeschleunigungssensor **32** ist vorzugsweise ein biaxialer Sensor, welcher in der Lage ist, zusätzlich zur Fahrzeugverzögerung/-abbremung den Fahrzeugwinkel zur Gravitationskraft zu erfassen.

[0017] Die Normalkraft F_n ist die mit dem Ruhegewicht des Fahrzeugs verbundene Kraft, welche durch das/den Laufrad/-reifen **14A–14D** nach unten wirkt. Sie kann allerdings auch dynamische Änderungen aufgrund von Nicken und Wanken aufweisen. Eine Reifen-Lateralkraft F_{reifen} ist ein Maß für die an der Grenzfläche des Reifens mit der Straße entstehende

laterale Reifenkraft. Üblicherweise wird bei Antiblockier-Regelung die Variation von Normalkräften nicht quantifiziert/gemessen. Die Erfindung quantifiziert/misst die Normalkräfte an den Reifen und wendet dies beim ABS an, um die ABS-Regelung zu modifizieren.

[0018] Der ABS-Bremsregler **22** ist im Speicher **26** programmiert, um ein Bremsregelverfahren **100** gemäß der Erfindung auszuführen, wie in dem Ablaufdiagramm in [Fig. 2](#) dargestellt. Das Verfahren **100** sagt tatsächliche und erwartete/antizipierte Normalkräfte an den Reifen vorher und nutzt die Vorhersagen, um die Antiblockier-Regelung zu modifizieren, hierdurch die Leistungsfähigkeit verbessernd. Die Erfindung erreicht gesteigerte Leistungsfähigkeit mit einer hohen Bremsanwendungs-Rate. Die gesteigerte Leistungsfähigkeit wird durch die Fähigkeit der Erfindung realisiert, verbesserte Abbremsung/Verzögerung durch Antiblockier-Regelung zu liefern bei gleichzeitigem Reduzieren überschüssigen Reifenschlupfes. Verbesserte Abbremsung/Verzögerung verbessert den Bremsweg. Reduzierter überschüssiger Reifenschlupf verbessert die Steuerung und Stabilität des Fahrzeugs. Reduzierter überschüssiger Reifenschlupf kann auch Störgeräusche, Vibration und Härte des Fahrzeugs verbessern. Überall in der Beschreibung nutzen Abschätzungen sofort verfügbare und in der Vergangenheit erfasste Daten, um daraus einen Wert zu berechnen, welcher sich auf den gegenwärtigen Betriebszustand bezieht. Demgegenüber basieren Vorhersagen auf Hochrechnungen, z. B. auf Hochrechnungen von in zurückliegenden Daten ermittelten Trends, oder auf historisch beobachteten Mustern, wobei ein Wert ermittelt wird, welcher sich auf einen zukünftigen Betriebszustand bezieht.

[0019] Das Verfahren beginnt damit, dass der Regler feststellt **102**, ob das Fahrzeug unter Antiblockier-Regelung ist. Vorhersagen **104** oder Abschätzungen **106** von Longitudinal-Reifenkräften werden dann je nach Arbeitszustand des Antiblocker-Bremsystems gemacht. Im Falle, dass das Fahrzeug nicht unter Antiblockier-Regelung ist, werden Longitudinalkräfte mittels vorhergesagten Bremsbedarfs und vorhergesagten Bremsdrucks vorhergesagt **104**. Vorhersagen zukünftiger Longitudinalkräfte können auf Beurteilungen des Radverhaltens und typischen oder erlernten Druck-Trends basieren. Zum Beispiel ist es typisch, dass die niedrigste Longitudinalkraft und der niedrigste Bremsdruck auftreten, sofort nachdem ein Rad nach einer Druckreduzierung wiederbeschleunigt hat.

[0020] Im Falle, dass das Fahrzeug unter Antiblockier-Regelung ist, werden die Longitudinal-Reifenkräfte abgeschätzt **106** mittels Abschätzungen der aktuellen Longitudinalkräfte und einer Beurteilung des Radverhaltens in Verbindung mit typischen oder erlernten Bremsdruck-Trends. Abschätzungen gegen-

wärtiger/aktueller Longitudinalkräfte können auf aktuellen Abschätzungen von Bremsdruck und Radbeschleunigungen basieren. Nachdem die Antiblockier-Regelung einsetzt, können Vorhersagen von Normalkräften durch Abschätzen der Abbremsung/Verzögerung des Fahrzeugs unter Verwendung von Abschätzungen von Longitudinalkräften gemacht werden.

[0021] Abhängig vom Zustand der Antiblockier-Regelung werden entweder die vorhergesagten Longitudinalkräfte **104** oder die abgeschätzten Longitudinalkräfte **106** benutzt, zusammen mit aktuellen Fahrzeugbetriebszuständen, um Fahrzeugbetriebszustände und Reifen-Normalkräfte vorherzusagen **108**. Vorhersagen derzeitiger und antizipierter Normalkräfte können von etlichen Werten und Signalen abgeleitet werden, welche in einem typischen Antiblockier-Bremsystem verfügbar sind und oben mit Bezug auf [Fig. 1](#) beschrieben sind. Die folgenden Gleichungen beschreiben unter Vorgabe des Hauptzylinder-Drucks über der Zeit die Abschätzung von Normalkräften zu jedem Zeitpunkt. Die Normalkräfte werden durch Vorhersagen des Hauptzylinder-Drucks vorhergesagt.

[0022] Das Gesamt-Bremsmoment T_b wird aus dem Hauptzylinder-Bremsdruck P_{mc} abgeschätzt, wie in Gleichungen (1) und (2) gezeigt. G_b ist ein Brems-Stellfaktor/Verstärkungsfaktor und C_b ist eine Bremskonstante.

$$\partial T_b / \partial t = (G_b \cdot P_{mc} - T_b) \cdot C_b \quad (1)$$

$$T_b = \int \partial T_b / \partial t \quad (2)$$

[0023] Die Gesamt-Fahrzeugbeschleunigung (A_v) wird mittels der Fahrzeugbeschleunigung (A_v), der Fahrzeugmasse (M_v) und des Reifenradius' (R_t) abgeschätzt

$$A_v = T_b / (M_v \cdot R_t) \quad (3)$$

$$\partial A_v / \partial t = (\partial T_b / \partial t) / (M_v \cdot R_t) = [(G_b \cdot P_{mc} - T_b) \cdot C_b] / (M_v \cdot R_t) \quad (4)$$

[0024] Die Konstanten Z_{fa} und Z_{ra} verknüpfen die vertikale Bewegung des Fahrzeugs an einer Achse mit dem Nickwinkel des Fahrzeugs. Wenn das Fahrzeug sowohl an der Vorder- als auch an der Hinterachse gleich hoch gehoben wird, ändert sich der Nickwinkel nicht. Wenn die Front mehr als der/das Fond/Heck angehoben wird, nickt das Fahrzeug nach oben (hinten). Wenn der/das Fond/Heck mehr als die Front angehoben wird, nickt das Fahrzeug nach unten (vorn). Die wirkenden Kräfte, welche das Fahrzeug an Front und Fond/Heck nach oben und unten drücken, sind Federn und Stoßdämpfer. Wenn das Fahrzeug bremst, erzeugen die das Fahrzeug abbremsenden Longitudinal-Reifenkräfte ein Dreh-

moment am Fahrzeug in der Nickachse, welches versucht, das Heck des Fahrzeugs anzuheben und die Front des Fahrzeugs abzusenken. Wenn das Fahrzeug nickt, entwickeln Federn und Stoßdämpfer Kräfte, welche ein gegenwirkendes Drehmoment erzeugen. Im Ergebnis beginnt das Fahrzeug sehr schnell zu nicken/nickschwingen. Während es nickt, ändern sich die Feder- und Stoßdämpferkräfte, um der Nickbewegung entgegenzuwirken und ein neuer Nickwinkel wird erreicht, so dass das Drehmoment von den Federn und den Stoßdämpfern dem Drehmoment von den Longitudinal-Reifenkräften gleich und entgegengesetzt ist.

[0025] Die Reifennormalkräfte ($F_{z_{fa}}$, $F_{z_{ra}}$) können vorhergesagt werden **108** durch gleichzeitiges Lösen der folgenden neun Gleichungen mit neun Unbekannten (α_p , $F_{z_{fa}}$, $F_{z_{ra}}$, Z_{fa} , Z_{ra} , $\partial Z_{fa}/\partial t$, $\partial Z_{ra}/\partial t$, ω_p , θ_p), wobei die gegebenen Konstanten den Einfluss der Aufhängungsfedern ($K_{p_{fa}}$, $K_{p_{ra}}$) und der Aufhängungsdämpfungselemente ($K_{d_{fa}}$, $K_{d_{ra}}$) und der grundlegenden Fahrzeuggeometrie darstellen, wo M_v die Masse des Fahrzeug ist, L_{fa} der longitudinale Abstand vom Fahrzeugschwerpunkt zur Vorderachse ist, L_{ra} der longitudinale Abstand vom Fahrzeugschwerpunkt zur hinteren Radachse ist, C_{gh} die Höhe des Fahrzeugschwerpunkts über der Straßenoberfläche ist, und I_p das Trägheitsmoment des Fahrzeugs um die Nickachse ist. In den folgenden Gleichungen ist α_p die Winkelbeschleunigung des Fahrzeugs um die Nickachse, Z_{fa} ist die Konstante, welche die vertikale Bewegung des Fahrzeugs an der Vorderachse mit dem Nickwinkel des Fahrzeugs verknüpft, Z_{ra} ist die Konstante, welche die vertikale Bewegung des Fahrzeugs an der Hinterachse mit dem Nickwinkel des Fahrzeugs verknüpft, ist die Winkelgeschwindigkeit des Fahrzeugs um die Nickachse, und θ_p ist der Winkel des Fahrzeugs um die Nickachse:

$$\alpha_p = (M_v \cdot A_v \cdot C_{gh} + F_{z_{fa}} \cdot L_{fa} + F_{z_{ra}} \cdot L_{ra}) / I_p \quad (5)$$

$$F_{z_{fa}} = K_{p_{fa}} \cdot Z_{fa} + K_{d_{fa}} \cdot \partial Z_{fa} / \partial t \quad (6)$$

$$F_{z_{ra}} = K_{p_{ra}} \cdot Z_{ra} + K_{d_{ra}} \cdot \partial Z_{ra} / \partial t \quad (7)$$

$$\omega_p = \int \alpha_p \quad (8)$$

$$\theta_p = \int \omega_p \quad (9)$$

$$\theta_p = (Z_{ra} - Z_{fa}) / (L_{fa} - L_{ra}) \quad (10)$$

$$\omega_p = (\partial Z_{ra} / \partial t - \partial Z_{fa} / \partial t) / (L_{fa} - L_{ra}) \quad (11)$$

$$Z_{fa} = \int \partial Z_{fa} / \partial t \quad (12)$$

$$Z_{ra} = \int \partial Z_{ra} / \partial t \quad (13)$$

[0026] Beim Lösen obiger neun Gleichungen für neun Unbekannte, und zwar der Gleichungen (5) bis (13), können die Lösungen jegliche der folgenden

Charakteristika und/oder Annahmen enthalten: bei geringen Hauptzylinder-Drücken wird eine Annahme gemacht, dass die Änderungsrate zunehmen wird; bei hohen Hauptzylinder-Drücken wird eine Annahme gemacht, dass die Änderungsrate abnehmen wird; und es wird eine einen maximalen Wert ergebende Grenze für den vorhergesagten Hauptzylinder-Druck bereitgestellt. Die Genauigkeit der Vorhergesagen aktueller und antizipierter Normalkräfte **108** gemäß der Erfindung kann durch Hinzufügen von Informationen von jeder der folgenden Quellen verbessert werden: Radseitige Bremsdrücke (entweder abgeschätzte oder gemessene Werte); Fahrzeuggeometrie; longitudinale Beschleunigung; Abschätzungen der Masse und der Lage des Schwerpunkts von anderen Regelalgorithmen/Kontrollalgorithmen; Höhensensoren der Federung/Aufhängung; Geometrie der Aufhängung; Änderungen der Aufhängungs-Steiigkeit entsprechend Fahrt; Reaktionskräfte durch die Wechselwirkung von Federkräften mit Bremsmomenten; Neigungs-Abschätzungen; Drehmomente des Antriebsstranges; und Unterschiede der linksseitigen/rechtsseitigen Normalkräfte aufgrund von Fahrzeugkonstruktion, Ladung, Betriebszustand. All diese Informationen sind von typischerweise an einem Fahrzeug verfügbaren Systemen verfügbar und können durch das Antiblockier-Bremsregelungssystem abgerufen werden.

[0027] Die vorhergesagten Normalkräfte werden genutzt, um die Antiblockier-Regelung zu modifizieren **110**. Modifizieren der Antiblockier-Regelung **110** basierend auf Normalkraft-Vorhersagen kann durch Modifizieren der an einen Druckregler weitergeleiteten Druckbefehle oder durch direkte Modifikation von Ventilbefehlen erreicht werden. Die Modifikationen an Ventilbefehlen können die Form von entweder Ventilaktivierungszeiten oder Ventilöffnungen annehmen, typischerweise durch Modulieren des Ventilstroms geregelt/gesteuert. Folgende Modifikationen können in der Regelung **110** beachtet werden: den Grenzwert des maximalen vorhergesagten Hauptzylinder-Drucks abhängig vom gemessenen oder abgeschätzten Motor-Ansaugunterdruck modifizieren; das vorhergesagte Profil des Hauptzylinder-Drucks basierend auf Modellen menschlicher Anwendungscharakteristiken modifizieren; das vorhergesagte Profil des Hauptzylinder-Drucks basierend auf erwarteten Reaktionen des Bremssystems (z. B. Auslösen von Bremsassistentenfunktion) modifizieren.

[0028] Eine Modifikation des Grenzwertes des maximalen Hauptzylinder-Drucks, welche menschliche Anwendungscharakteristiken berücksichtigt, kann einen Grenzwert basierend auf jeder der folgenden Beziehungen anwenden: eine/-en durch Fahrer in kontrollierten Tests erreichbare/-en absolute/-en maximale/-en Pedalkraft//Hauptzylinder-Druck; durch typische Fahrer während realer oder simulierter Notbrems-Ereignisse erreichte Verteilungen von Pedal-

kräften/Hauptzylinderdrücken; durch typische Fahrer während gewöhnlicher Brems-Ereignisse erreichte Verteilungen von Pedalkräften/Hauptzylinderdrücken; Korrelation zwischen maximalen Pedalkräften/Hauptzylinderdrücken und verfügbaren ergonomischen Fahrerdaten, wie Sitzposition, einstellbare Pedalposition, Position teleskopischer/ausziehbarer Lenkräder; Neigungsposition des Lenkrads und Masse oder Größe des Fahrers; Korrelationen zwischen Daten zu maximalen Pedalkräften/Hauptzylinderdrücken und Brems-Anwendungsraten; Korrelationen zwischen Daten zu maximalen Pedalkräften/Hauptzylinderdrücken und dynamischen Fahrzeugzuständen, wie z. B. Neigung, laterale Beschleunigung und Lenkradwinkel; Korrelationen zwischen Daten zu maximalen Pedalkräften/Hauptzylinderdrücken und durch den Fahrer bereitgestellten persönlichen Informationen. Diese Beziehungen sind nur zu Beispielzwecken dargelegt und andere Beziehungen können existieren oder können entwickelt werden, abhängig von der verfügbaren Technologie.

[0029] Im Allgemeinen werden mit zunehmenden Normalkräften Befehle beeinflusst/voreingestellt, den Druck zu erhöhen, und mit abnehmenden Normalkräften werden die Befehle beeinflusst/voreingestellt, den Druck zu reduzieren. In ähnlicher Weise kann in allen Fällen die Anwendung der Modifikationen **110** basierend auf lateraler Beschleunigung, Giergeschwindigkeit, Fahrzeuggeschwindigkeit, kürzlicher ((kurz) vorausgehender) oder gegenwärtiger Aktivierung der Traktionsregelung, kürzlicher oder gegenwärtiger Aktivierung der Stabilitätsregelung, Variationen in Trägheitssignalen oder Raddrehzahlen aufgrund holpriger Straße oder Situationen dynamischen Fahrverhaltens, Bewegung des Lenkrades etc. modifiziert oder ausgesetzt/unterbrochen werden. All diese Informationen sind von typischerweise an einem Fahrzeug verfügbaren Systemen verfügbar und können durch das Antiblockier-Bremsregelungssystem abgerufen werden.

[0030] In einer Ausführungsform der Erfindung können die Befehle, den Bremsdruck zu erhöhen oder zu reduzieren **110**, gemäß einer durch das Modell vorhergesagten Variation von Normalkraft beeinflusst/voreingestellt sein. In dieser statischen Form der Regelung, gleichzeitig der einfachsten Form, sind die Modifikationen festgelegt und können nur unter wahrscheinlich/voraussichtlich signifikante Normalkraftvariation verursachenden Bedingungen aktiviert/aufgerufen werden. Die Modifikationen **110** können zeitlich geplant sein. Anwendung der Modifikationen **110** kann durch Raten der Bremspedalbewegung, des Hauptzylinderdrucks, oder der Änderung der longitudinalen Beschleunigung ausgelöst werden.

[0031] In einer anderen Ausführungsform können die Befehle, den Bremsdruck zu erhöhen oder zu re-

duzieren **110**, gemäß in dem Modell vorhergesagter Variation von Normalkraft dynamisch beeinflusst/voreingestellt sein. In dieser dynamischen Form werden Modifikationen **110** dynamisch berechnet und spiegeln den durch das Modell vorhergesagten Betrag an Normalkraftvariation wider. Zum Beispiel können eine Änderung des Basisdrucks oder eine Ventilaktivierungszeit basierend auf dem gegenwärtigen und kürzlich festgestellten Radverhalten berechnet werden. Die Druckänderung oder die Ventilaktivierungszeit würde gemäß einem Unterschied zwischen einer vorhergesagten Normalkraft und einer aktuellen Abschätzung der Normalkraft modifiziert werden.

[0032] In einem anderen Beispiel für ein dynamisches Modifizieren der Befehle wird eine vorgegebene/vorbestimmte bzw. Ziel-/Schwellen-Radbeschleunigung als ein Indikator zum Modifizieren des Bremsdrucks **110** gemäß der Erfindung herangezogen. Ein vorgegebener/vorbestimmter bzw. Vorgabe-/Schwellen-Druck kann basierend auf aus Änderungen von Normalkräften erwarteter Radbeschleunigung modifiziert werden. Die den Bremsdruck steuernden Ventile werden bezüglich der Druckvorgaben/Druckschwellenwerte bewertet, und die Druckvorgaben/Druckschwellenwerte werden bezüglich der Vorgabe-/Schwellen-Radbeschleunigung bewertet. Die Druckvorgaben/Druckschwellenwerte können dann modifiziert werden, um mindestens einen Teil der Änderung der Radbeschleunigung auszugleichen, welche infolge der Normalkraftvariation auftreten wird. Gemäß der Erfindung werden die modifizierten Druckvorgaben/Druckschwellenwerte als Befehle weitergeleitet, um den Bremsdruck zu modifizieren **110**.

[0033] In einem weiteren Beispiel kann ein Vorgabe-/Schwellen-Druck bestimmt werden. Der Vorgabe-/Schwellen-Druck kann basierend auf erwarteten Änderungen der Normalkräfte modifiziert werden, um die Verhältnismäßigkeit der/des Bremsdruckvorgaben/Bremsdruckschwellenwerte mit der Normalkraft zu verbessern. Die den Bremsdruck steuernden Befehle werden bezüglich der Druckvorgaben/Druckschwellenwerte bewertet, während die Druckvorgaben/Druckschwellenwerte bezüglich eines Maßes an Normalkraft bewertet werden. Die Druckvorgaben/Druckschwellenwerte werden modifiziert, um mindestens einen Teil der Änderung infolge der Normalkraftvariation auszugleichen. Die modifizierten Druckvorgaben/Druckschwellenwerte werden als Befehle weitergeleitet, um den Bremsdruck zu modifizieren **110**.

[0034] Die Erfindung ist insofern vorteilhaft, als dass Vorhersagen aktueller und antizipierter Reifennormalkräfte genutzt werden können, um Antiblockier-Bremsregelung zu modifizieren, dadurch die Leistungsfähigkeit der Antiblockier-Bremsregelung verbessernd. Ein anderer durch das Modellieren von

Normalkräften erzielter Vorteil ist, dass die Vorhersagen aus etlichen Werten und Signalen abgeleitet werden können, welche schon an am Fahrzeug vorhandenen Systemen verfügbar sind. Die Erfindung ermöglicht eine rasche/schnelle Entwicklung des Bremsmoments und bietet hohe Leistungsfähigkeit durch explizites Berücksichtigen der Variation der Reifen-Normalkraft und dabei entsprechendes Modifizieren der Antiblockier-Bremsregelstrategie. Brems-Leistungsfähigkeit, Bremsweg/Anhalteweg und Antiblockier-Bremsregelung werden alle durch die Regelstrategie gemäß der Erfindung verbessert.

[0035] In der vorstehenden Beschreibung wurde die Erfindung in Bezug auf spezifische Ausführungsformen beschrieben. Es können jedoch verschiedene Modifikationen und Änderungen gemacht werden, ohne vom Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen, wie er durch die Ansprüche definiert ist. Die Beschreibung und Figuren sind veranschaulichend, nicht einschränkend, und es ist beabsichtigt, dass Modifikationen im Umfang der vorliegenden Erfindung enthalten/eingeschlossen sind. Folglich sollte der Umfang der Erfindung durch die Ansprüche und ihre rechtlichen Entsprechungen/Äquivalente definiert sein und nicht nur durch die beschriebenen Beispiele.

[0036] Zum Beispiel können die in jedweden Verfahrensansprüchen aufgeführten Schritte in beliebiger Reihenfolge ausgeführt sein und sind nicht auf die spezielle in den Ansprüchen aufgeführte Reihenfolge eingeschränkt. Die Gleichungen können mit einem Filter implementiert sein, um die Auswirkungen von Signalrauschen zu minimieren. Zusätzlich können die in jedweden Vorrichtungsansprüchen aufgeführten Komponenten und/oder Elemente in einer Vielzahl von Permutationen zusammengesetzt oder anderweitig einsatzfähig/funktionsfähig angeordnet/konfiguriert sein, und sind daher nicht auf die spezielle in den Ansprüchen aufgeführte Konfiguration eingeschränkt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Regeln eines Antiblockier-Bremssystems an einem Fahrzeug, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

- Berechnen einer Vorhersage von Reifennormalkräften;
- Modifizieren eines auf eine Bremse aufgebrachten Bremsmoments basierend auf den vorhergesagten Reifennormalkräften.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Berechnens einer Vorhersage von Reifennormalkräften ferner aufweist:

- Ermitteln, ob das Fahrzeug momentan Antiblockier-Bremsregelung erfährt;
- Berechnen einer Abschätzung von Longitudi-

nal-Reifenkräften während Phasen der Antiblockier-Bremsregelung; und
 – Berechnen einer Vorhersage von Longitudinal-Reifenkräften bei Nichtvorhandensein von Phasen der Antiblockier-Bremsregelung.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der Schritt des Berechnens einer Vorhersage von Longitudinal-Reifenkräften das Berechnen einer Vorhersage von Longitudinal-Reifenkräften aus vorhergesagter Bremsanforderung und vorhergesagtem Bremsdruck umfasst.

4. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der Schritt des Berechnens einer Abschätzung von Longitudinal-Reifenkräften den Schritt des Berechnens einer Abschätzung von Longitudinal-Reifenkräften aus Abschätzungen aktueller Longitudinal-Reifenkräfte, Beurteilungen des Radverhaltens und Bremsdruck-Trends aufweist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die Bremsdruck-Trends typische Druck-Trends sind.

6. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die Bremsdruck-Trends erlernte Druck-Trends sind.

7. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der Schritt des Berechnens einer Vorhersage von Reifennormalkräften ferner den Schritt des Anwendens einer Annahme aufweist, dass eine Änderungsrate der Normal-Reifenkraft ansteigen wird bei einem Hauptzylinder-Druck unterhalb eines vorgegebenen Druck-Schwellenwertes.

8. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der Schritt des Berechnens einer Vorhersage von Reifennormalkräften ferner den Schritt des Anwendens einer Annahme aufweist, dass eine Änderungsrate der Normal-Reifenkraft abnehmen wird bei einem Hauptzylinder-Druck oberhalb eines vorgegebenen Druck-Schwellenwertes.

9. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der Schritt des Berechnens einer Vorhersage von Reifennormalkräften ferner den Schritt des Festlegens eines vorgegebenen maximalen vorhergesagten Hauptzylinder-Drucks aufweist.

10. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der Schritt des Berechnens einer Vorhersage von Reifennormalkräften ferner den Schritt des Nutzens von Informationen von mindestens einer einer Mehrzahl von Quellen aufweist, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus: gemessener radseitiger Bremsdruck, abgeschätzter radseitiger Bremsdruck; Fahrzeuggeometrie, longitudinale Beschleunigung, eine von einem Steueralgorithmus stammende Lage des Fahrzeugschwerpunkts, eine Fahrzeugmasse, ein Höhensensor der Aufhängung, eine Geometrie der Aufhän-

gung, Änderungen einer Aufhängungs-Steifigkeit, Reaktionskräfte durch die Wechselwirkung von Aufhängungskräften mit Bremsmomenten, Staffelungs-Abschätzungen, Drehmoment des Antriebsstranges, Ladung, Betriebszustand und Unterschiede in den linksseitigen und rechtsseitigen Reifennormalkräften aufgrund der Fahrzeugkonstruktion.

11. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Modifizierens eines Bremsmoments basierend auf den vorhergesagten Reifennormalkräften ferner das Modifizieren an einen Druckregler weitergeleiteter Druck-Befehle aufweist.

12. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Modifizierens eines Bremsmoments basierend auf den vorhergesagten Reifennormalkräften ferner das Modifizieren von Druckventil-Befehlen aufweist.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei der Schritt des Modifizierens von Druckventil-Befehlen ferner das Übermitteln von Ventil-Befehlen zum Einstellen von Ventilbetätigungszeiten aufweist.

14. Verfahren nach Anspruch 12, wobei der Schritt des Modifizierens von Druckventil-Befehlen ferner das Übermitteln von Ventil-Befehlen zum Einstellen von Ventilöffnungen aufweist.

15. Verfahren nach Anspruch 12, wobei der Schritt des Modifizierens von Druckventil-Befehlen ferner den Schritt des Modulierens eines Ventilstroms aufweist.

16. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Modifizierens eines Bremsmoments basierend auf den vorhergesagten Reifennormalkräften ferner folgende Schritte aufweist:
 – Definieren eines maximalen Hauptzylinder-Drucks; und
 – Modifizieren eines vorgegebenen Grenzwertes für den maximalen Hauptzylinder-Druck.

17. Verfahren nach Anspruch 16, wobei der Schritt des Modifizierens eines vorgegebenen Grenzwertes für den maximalen Hauptzylinder-Druck ferner den Schritt des Berücksichtigens eines gemessenen Ansaugunterdrucks aufweist.

18. Verfahren nach Anspruch 16, wobei der Schritt des Modifizierens eines vorgegebenen Grenzwertes für den maximalen Hauptzylinder-Druck ferner den Schritt des Berücksichtigens eines abgeschätzten Ansaugunterdrucks aufweist.

19. Verfahren nach Anspruch 16, wobei der Schritt des Modifizierens eines vorgegebenen Grenzwertes für den maximalen Hauptzylinder-Druck ferner den Schritt des Berücksichtigens von Modellen menschlicher Anwendungscharakteristiken aufweist.

20. Verfahren nach Anspruch 16, wobei der Schritt des Modifizierens eines vorgegebenen Grenzwertes für den maximalen Hauptzylinder-Druck ferner den Schritt des Berücksichtigens erwarteter Reaktionen des Bremssystems aufweist.

21. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Modifizierens eines Bremsmoments basierend auf den vorhergesagten Reifennormalkräften ferner aufweist:
 – Erhöhen des Bremsmoments als Reaktion auf ein Ansteigen der vorhergesagten Normalkräfte; und
 – Reduzieren des Bremsmoments als Reaktion auf eine Abnahme der vorhergesagten Normalkräfte.

22. Verfahren nach Anspruch 21, wobei der Schritt des Modifizierens eines Bremsmoments basierend auf den vorhergesagten Reifennormalkräften ferner den Schritt des Anwendens einer statischen Modifikation aufweist, welche beim Eintreten vorbestimmter Bedingungen aktiviert wird, wobei die vorbestimmten Bedingungen derart sind, dass eine vorgegebene Variation in den vorhergesagten Normalkräften identifiziert worden ist.

23. Verfahren nach Anspruch 21, wobei der Schritt des Modifizierens eines Bremsmoments basierend auf den vorhergesagten Reifennormalkräften ferner den Schritt des Anwendens einer dynamischen Modifikation aufweist, welche infolge irgendeiner in den vorhergesagten Normalkräften identifizierten Variation bestimmt wird.

24. Verfahren nach Anspruch 21, wobei der Schritt des Modifizierens eines Bremsmoments basierend auf den vorhergesagten Reifennormalkräften ferner den Schritt des Anwendens einer Modifikation des Bremsmoments basierend auf einer vorbestimmten Radbeschleunigung aufweist, wobei die vorbestimmte Radbeschleunigung infolge von Variationen der vorhergesagten Normalkräfte auftritt.

25. Verfahren nach Anspruch 21, wobei der Schritt des Modifizierens eines Bremsmoments basierend auf den vorhergesagten Reifennormalkräften ferner den Schritt des Anwendens einer Modifikation des Bremsmoments basierend auf einem vorbestimmten Bremsdruck aufweist, wobei der vorbestimmte Bremsdruck infolge von Variationen der vorhergesagten Normalkräfte auftritt.

26. Verfahren zum Regeln eines Antiblockier-Bremssystems für ein Fahrzeug mit einem Rad und einer Bremse zum Aufbringen von Bremsmoment auf das Rad als Reaktion auf den Eingang eines Anwender-Bremsbefehls, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:
 – Berechnen einer Vorhersage von Bremsbefehlen;
 – Berechnen einer Vorhersage von Longitudinal-Kräften basierend auf Bremsbefehl-Vorhersagen;

– Berechnen einer Vorhersage von Reifennormalkräften aus den vorhergesagten Longitudinalkräften;
 – Modifizieren eines auf die Bremse aufgetragenen Bremsmoments basierend auf den vorhergesagten Normalkräften.

27. Verfahren nach Anspruch 26, wobei der Schritt des Berechnens einer Vorhersage von Reifennormalkräften ferner den Schritt des Annehmens aufweist, dass eine Änderungsrate der Normal-Reifenkraft ansteigen wird bei Hauptzylinder-Drücken unterhalb eines vorgegebenen Druck-Schwellenwertes.

28. Verfahren nach Anspruch 26, wobei der Schritt des Berechnens einer Vorhersage von Reifennormalkräften ferner den Schritt des Annehmens aufweist, dass eine Änderungsrate der Normal-Reifenkraft abnehmen wird bei Hauptzylinder-Drücken oberhalb eines vorgegebenen Druck-Schwellenwertes.

29. Verfahren nach Anspruch 26, wobei der Schritt des Berechnens einer Vorhersage von Reifennormalkräften ferner den Schritt des Festlegens eines vorgegebenen maximalen vorhergesagten Hauptzylinder-Drucks aufweist.

30. Verfahren nach Anspruch 26, wobei der Schritt des Berechnens einer Vorhersage von Reifennormalkräften ferner den Schritt des Nutzens von Informationen von mindestens einer einer Mehrzahl von Quellen aufweist, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus: gemessener radseitiger Bremsdruck, abgeschätzter radseitiger Bremsdruck; Fahrzeuggeometrie, longitudinale Beschleunigung, eine von einem Steueralgorithmus stammende Lage des Fahrzeugschwerpunkts, eine Fahrzeugmasse, ein Höhensensor der Aufhängung, eine Geometrie der Aufhängung, Änderungen einer Aufhängungs-StEIFigkeit, Reaktionskräfte durch die Wechselwirkung von Aufhängungskräften mit Bremsmomenten, Grad-Abschätzungen, Drehmoment des Antriebsstranges, Ladung, Betriebszustand und Unterschiede in den linksseitigen und rechtsseitigen Reifennormalkräften aufgrund der Fahrzeugkonstruktion.

31. Verfahren nach Anspruch 26, wobei der Schritt des Modifizierens eines auf die Bremse aufgetragenen Bremsmoments basierend auf den vorhergesagten Reifennormalkräften ferner das Modifizieren an einen Druckregler weitergeleiteter Druck-Befehle aufweist.

32. Verfahren nach Anspruch 26, wobei der Schritt des Modifizierens eines auf die Bremse aufgetragenen Bremsmoments basierend auf den vorhergesagten Reifennormalkräften ferner das Modifizieren von Druckventil-Befehlen aufweist.

33. Verfahren nach Anspruch 32, wobei der

Schritt des Modifizierens von Druckventil-Befehlen ferner das Übermitteln von Ventil-Befehlen zum Einstellen von Ventilbetätigungszeiten aufweist.

34. Verfahren nach Anspruch 32, wobei der Schritt des Modifizierens von Druckventil-Befehlen ferner das Übermitteln von Ventil-Befehlen zum Einstellen von Ventilöffnungszeiten aufweist.

35. Verfahren nach Anspruch 32, wobei der Schritt des Modifizierens von Druckventil-Befehlen ferner den Schritt des Modulierens eines Ventilstroms aufweist.

36. Verfahren nach Anspruch 26, wobei der Schritt des Modifizierens eines auf die Bremse aufgetragenen Bremsmoments basierend auf den vorhergesagten Reifennormalkräften ferner folgende Schritte aufweist:

– Definieren eines maximalen Hauptzylinder-Drucks; und
 – Modifizieren eines vorgegebenen Grenzwertes für den maximalen Hauptzylinder-Druck.

37. Verfahren nach Anspruch 36, wobei der Schritt des Modifizierens eines vorgegebenen Grenzwertes für den maximalen Hauptzylinder-Druck ferner den Schritt des Berücksichtigens eines gemessenen Ansaugunterdrucks aufweist.

38. Verfahren nach Anspruch 36, wobei der Schritt des Modifizierens eines vorgegebenen Grenzwertes für den maximalen Hauptzylinder-Druck ferner den Schritt des Berücksichtigens eines abgeschätzten Ansaugunterdrucks aufweist.

39. Verfahren nach Anspruch 36, wobei der Schritt des Modifizierens eines vorgegebenen Grenzwertes für den maximalen Hauptzylinder-Druck ferner den Schritt des Berücksichtigens von Modellen menschlicher Anwendungscharakteristiken aufweist.

40. Verfahren nach Anspruch 36, wobei der Schritt des Modifizierens eines vorgegebenen Grenzwertes für den maximalen Hauptzylinder-Druck ferner den Schritt des Berücksichtigens erwarteter Reaktionen des Bremssystems aufweist.

41. Verfahren nach Anspruch 26, wobei der Schritt des Modifizierens eines auf die Bremse aufgetragenen Bremsmoments basierend auf den vorhergesagten Reifennormalkräften ferner aufweist:

– Erhöhen des Bremsmoments als Reaktion auf ein Ansteigen der vorhergesagten Normalkräfte; und
 – Reduzieren des Bremsmoments als Reaktion auf eine Abnahme der vorhergesagten Normalkräfte.

42. Verfahren nach Anspruch 41, wobei der Schritt des Modifizierens eines auf die Bremse aufgetragenen Bremsmoments basierend auf den vorher-

gesagten Reifennormalkräften ferner den Schritt des Anwendens einer statischen Modifikation aufweist, welche beim Eintreten vorbestimmter Bedingungen aktiviert wird, wobei die vorbestimmte Bedingung derart ist, dass eine vorgegebene Variation in den vorhergesagten Normalkräften identifiziert worden ist.

43. Verfahren nach Anspruch 41, wobei der Schritt des Modifizierens eines auf das Antiblockier-Bremssystem aufgebrachten Bremsmoments basierend auf den vorhergesagten Reifennormalkräften ferner den Schritt des Anwendens einer dynamischen Modifikation aufweist, welche infolge irgendeiner in den vorhergesagten Normalkräften identifizierten Variation bestimmt wird.

44. Verfahren nach Anspruch 41, wobei der Schritt des Modifizierens eines auf das Antiblockier-Bremssystem aufgebrachten Bremsmoments basierend auf den vorhergesagten Reifennormalkräften ferner den Schritt des Anwendens einer Modifikation des Bremsmoments basierend auf einer vorbestimmten Radbeschleunigung aufweist, wobei die vorbestimmte Radbeschleunigung infolge von Variationen der vorhergesagten Normalkräfte auftritt.

45. Verfahren nach Anspruch 41, wobei der Schritt des Modifizierens eines auf die Bremse aufgebrachten Bremsmoments basierend auf den vorhergesagten Reifennormalkräften ferner den Schritt des Anwendens einer Modifikation des Bremsmoments basierend auf einem vorbestimmten Bremsdruck aufweist, wobei der vorbestimmte Bremsdruck infolge von Variationen der vorhergesagten Normalkräfte auftritt.

46. Verfahren zum Regeln eines Antiblockier-Bremssystems für ein Fahrzeug mit einem Rad und einer Bremse zum Aufbringen von Bremsmoment auf das Rad als Reaktion auf den Eingang eines Anwender-Bremsbefehls, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

- Messen einer Fahrzeugbewegung;
- Messen von Radbewegung;
- Berechnen einer Abschätzung von Longitudinalkräften basierend auf gemessener Fahrzeugbewegung und Radbewegung;
- Berechnen einer Vorhersage von Normalkräften aus den abgeschätzten Longitudinalkräften; und
- Modifizieren eines auf die Bremse aufgebrachten Bremsmoments basierend auf den vorhergesagten Normalkräften.

47. Verfahren nach Anspruch 46, wobei der Schritt des Berechnens einer Abschätzung der Longitudinalkräfte ferner das Berücksichtigen bekannten Verhaltens eines Reglers in dem Antiblockier-Bremssystem aufweist.

48. Verfahren nach Anspruch 46, wobei der Schritt des Berechnens einer Vorhersage von Reifennormalkräften ferner den Schritt des Annehmens aufweist, dass eine Änderungsrate der Normal-Reifenkraft ansteigen wird bei Hauptzylinder-Drücken unterhalb eines vorgegebenen Druck-Schwellenwertes.

49. Verfahren nach Anspruch 46, wobei der Schritt des Berechnens einer Vorhersage von Reifennormalkräften ferner den Schritt des Annehmens aufweist, dass eine Änderungsrate der Normal-Reifenkraft abnehmen wird bei Hauptzylinder-Drücken oberhalb eines vorgegebenen Druck-Schwellenwertes.

50. Verfahren nach Anspruch 46, wobei der Schritt des Berechnens einer Vorhersage von Reifennormalkräften ferner den Schritt des Festlegens eines vorgegebenen maximalen vorhergesagten Hauptzylinder-Drucks aufweist.

51. Verfahren nach Anspruch 46, wobei der Schritt des Berechnens einer Vorhersage von Reifennormalkräften ferner den Schritt des Nutzens von Informationen von mindestens einer einer Mehrzahl von Quellen aufweist, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus: gemessener radseitiger Bremsdruck, abgeschätzter radseitiger Bremsdruck; Fahrzeuggeometrie, longitudinale Beschleunigung, eine von einem Steueralgorithmus stammende Lage des Fahrzeugschwerpunkts, eine Fahrzeugmasse, ein Höhensensor der Aufhängung, eine Geometrie der Aufhängung, Änderungen einer Aufhängungs-Steifigkeit, Reaktionskräfte durch die Wechselwirkung von Aufhängungskräften mit Bremsmomenten, Grad-Abschätzungen, Drehmoment des Antriebsstranges, Ladung, Betriebszustand und Unterschiede in den linksseitigen und rechtsseitigen Reifennormalkräften aufgrund der Fahrzeugkonstruktion.

52. Verfahren nach Anspruch 46, wobei der Schritt des Modifizierens eines Bremsmoments basierend auf den vorhergesagten Reifennormalkräften ferner das Modifizieren an einen Druckregler weitergeleiteter Druck-Befehle aufweist.

53. Verfahren nach Anspruch 46, wobei der Schritt des Modifizierens eines Bremsmoments basierend auf den vorhergesagten Reifennormalkräften ferner das Modifizieren von Druckventil-Befehlen aufweist.

54. Verfahren nach Anspruch 53, wobei der Schritt des Modifizierens von Druckventil-Befehlen ferner das Übermitteln von Ventil-Befehlen zum Einstellen von Ventilbetätigungszeiten aufweist.

55. Verfahren nach Anspruch 53, wobei der Schritt des Modifizierens von Druckventil-Befehlen ferner das Übermitteln von Ventil-Befehlen zum Ein-

stellen von Ventilöffnungen aufweist.

56. Verfahren nach Anspruch 53, wobei der Schritt des Modifizierens von Druckventil-Befehlen ferner den Schritt des Modulierens eines Ventilstroms aufweist.

57. Verfahren nach Anspruch 46, wobei der Schritt des Modifizierens eines Bremsmoments basierend auf den vorhergesagten Reifennormalkräften ferner folgende Schritte aufweist:

- Definieren eines maximalen Hauptzylinder-Drucks; und
- Modifizieren eines vorgegebenen Grenzwertes für den maximalen Hauptzylinder-Druck.

58. Verfahren nach Anspruch 57, wobei der Schritt des Modifizierens eines vorgegebenen Grenzwertes für den maximalen Hauptzylinder-Druck ferner den Schritt des Berücksichtigens eines gemessenen Ansaugunterdrucks aufweist.

59. Verfahren nach Anspruch 57, wobei der Schritt des Modifizierens eines vorgegebenen Grenzwertes für den maximalen Hauptzylinder-Druck ferner den Schritt des Berücksichtigens eines abgeschätzten Ansaugunterdrucks aufweist.

60. Verfahren nach Anspruch 57, wobei der Schritt des Modifizierens eines vorgegebenen Grenzwertes für den maximalen Hauptzylinder-Druck ferner den Schritt des Berücksichtigens von Modellen menschlicher Anwendungscharakteristiken aufweist.

61. Verfahren nach Anspruch 57, wobei der Schritt des Modifizierens eines vorgegebenen Grenzwertes für den maximalen Hauptzylinder-Druck ferner den Schritt des Berücksichtigens erwarteter Reaktionen des Bremssystems aufweist.

62. Verfahren nach Anspruch 46, wobei der Schritt des Modifizierens eines Bremsmoments basierend auf den vorhergesagten Reifennormalkräften ferner aufweist:

- Erhöhen des Bremsmoments als Reaktion auf ein Ansteigen der vorhergesagten Normalkräfte; und
- Reduzieren des Bremsmoments als Reaktion auf eine Abnahme der vorhergesagten Normalkräfte.

63. Verfahren nach Anspruch 62, wobei der Schritt des Modifizierens eines Bremsmoments basierend auf den vorhergesagten Reifennormalkräften ferner den Schritt des Anwendens einer unveränderlichen Modifikation aufweist, welche beim Eintreten vorbestimmter Bedingungen aktiviert wird, wobei die vorbestimmten Bedingungen derart sind, dass eine vorgegebene Variation in den vorhergesagten Normalkräften identifiziert worden ist.

64. Verfahren nach Anspruch 62, wobei der

Schritt des Modifizierens eines Bremsmoments basierend auf den vorhergesagten Reifennormalkräften ferner den Schritt des Anwendens einer dynamischen Modifikation aufweist, welche infolge irgendeiner in den vorhergesagten Normalkräften identifizierten Variation bestimmt wird.

65. Verfahren nach Anspruch 62, wobei der Schritt des Modifizierens eines Bremsmoments basierend auf den vorhergesagten Reifennormalkräften ferner den Schritt des Anwendens einer Modifikation des Bremsmoments basierend auf einer vorbestimmten Radbeschleunigung aufweist, wobei die vorbestimmte Radbeschleunigung infolge von Variationen der vorhergesagten Normalkräfte auftritt.

66. Verfahren nach Anspruch 62, wobei der Schritt des Modifizierens eines Bremsmoments basierend auf den vorhergesagten Reifennormalkräften ferner den Schritt des Anwendens einer Modifikation des Bremsmoments basierend auf einem vorbestimmten Bremsdruck aufweist, wobei der vorbestimmte Bremsdruck infolge von Variationen der vorhergesagten Normalkräfte auftritt.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

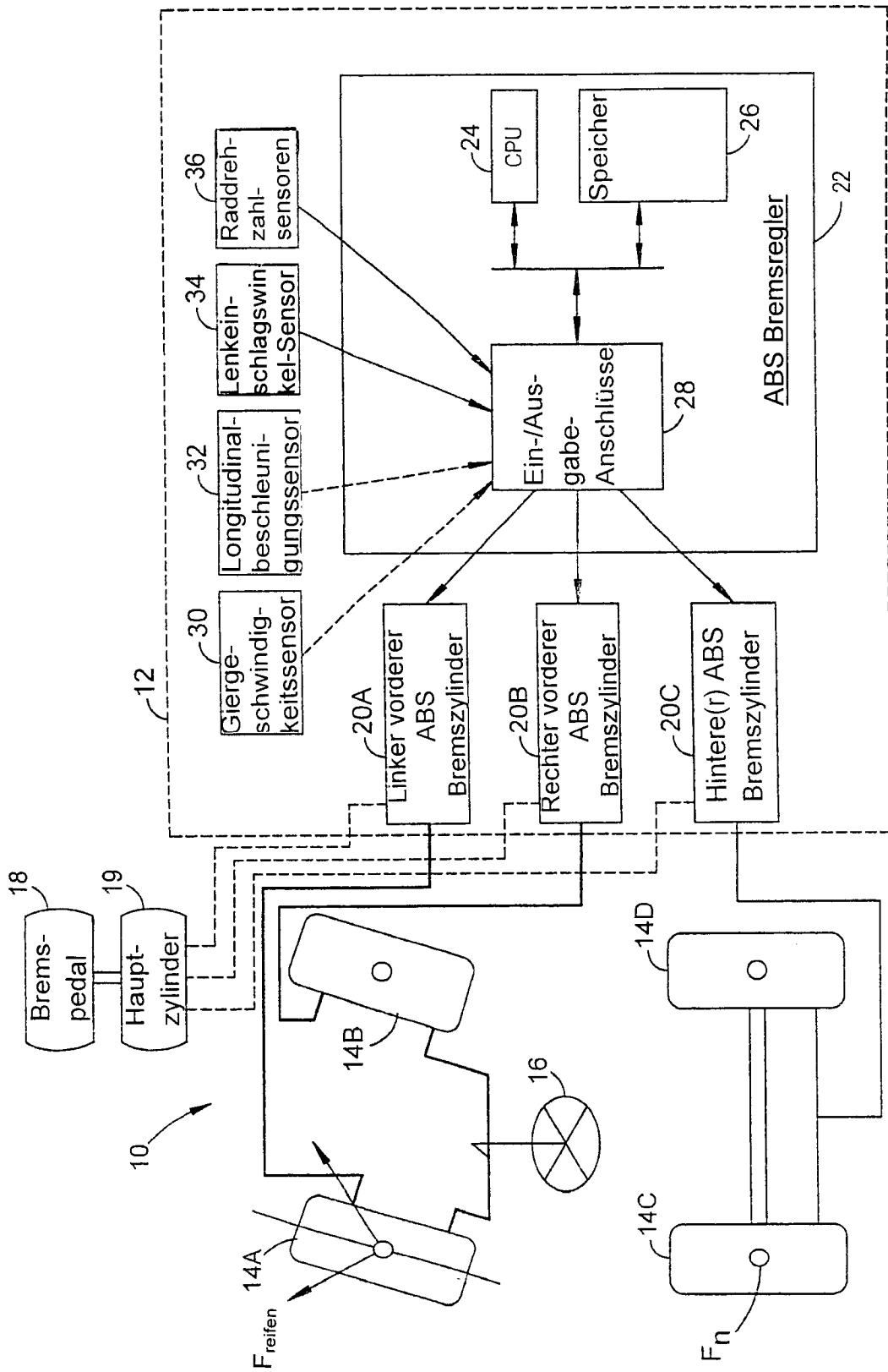


FIG. 1

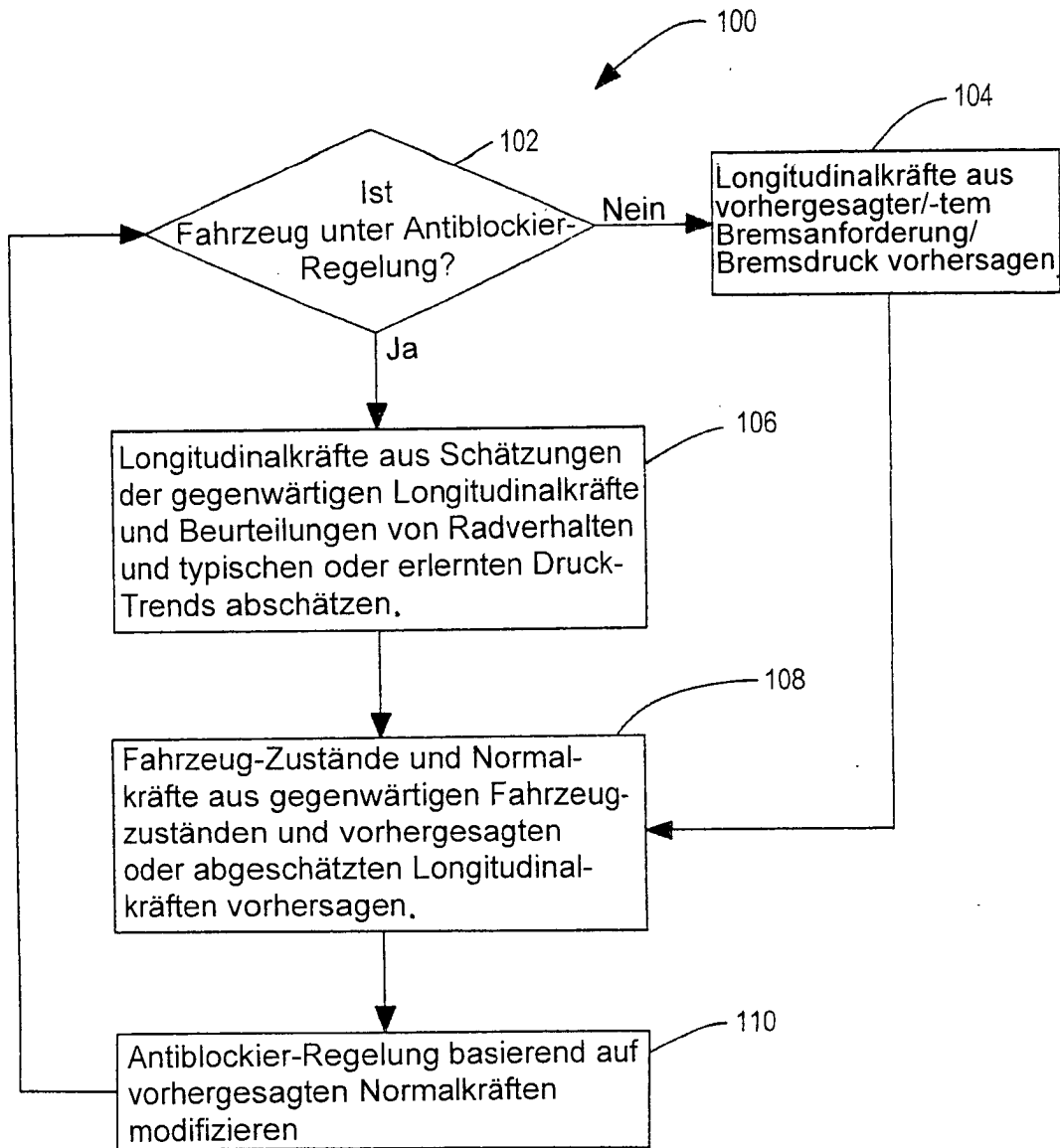


FIG. 2