(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 44 38 222 B4** 2008.02.14

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **P 44 38 222.7**
(22) Anmeldetag: **26.10.1994**
(43) Offenlegungstag: **02.05.1996**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **14.02.2008**

(51) Int Cl.[8]: ***B60T 8/30*** (2006.01)
B60T 8/1766 (2006.01)

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

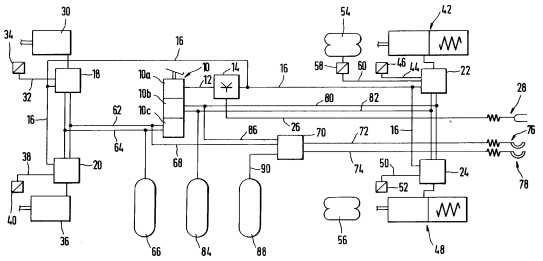
(73) Patentinhaber:
Knorr-Bremse Systeme für Nutzfahrzeuge GmbH, 80809 München, DE

(72) Erfinder:
Stumpe, Werner, Dipl.-Ing., 70374 Stuttgart, DE; Schlichenmaier, Andreas, Dipl.-Ing. (FH), 74374 Zaberfeld, DE; Schwendemann, Bernhard, Dipl.-Phys. Dr., 73614 Schorndorf, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 36 38 866 C2
DE 35 27 455 C2
DE 41 24 496 A1
DE 34 16 979 A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung bzw. Regelung der Bremsanlage eines Fahrzeugs**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Steuerung oder Regelung der Bremsanlage eines Fahrzeugs,
– mit einem fahrerbetätigten, den Bremswunsch des Fahrers wiedergebenden Bremswertgeber,
– mit wenigstens einer Messeinrichtung, die an wenigstens einem Rad oder an wenigstens einer Achse Lastzustände repräsentierende Lastsignale erfasst,
– mit einer elektronischen Steuereinheit, in der für verschiedene Lastzustände jeweils vorgegebene Zuordnung des Bremswunsches zu Steuersignalen, mit denen Radbremsen angesteuert werden, abgelegt sind,
dadurch gekennzeichnet, dass
– die vorgegebenen Zuordnungen am Bandende im Rahmen einer End-Off-Line-Programmierung der Steuereinheit vorgegeben werden, und dass
– bei der Bremsung im Betrieb die Steuersignale zur Ansteuerung der Radbremsen für den jeweils aktuellen Fahrerbremswunsch und Lastzustand durch Interpolation aus den vorgegebenen Zuordnungen gewonnen werden.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung bzw. Regelung der Bremsanlage eines Fahrzeugs, wobei die Bremsanlage elektronisch steuerbar-/regelbar ist, vorzugsweise eine elektropneumatische, elektrohydraulische oder elektrische Bremsanlage darstellt.

[0002] Bei derartigen Bremsanlagen ist es zur Verbesserung des Bremsvorgangs wünschenswert, bei der Steuerung bzw. Regelung der Bremsanlage die während der Bremsung auftretende Achslastverlagerung zu berücksichtigen. Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Lösungen zur Berücksichtigung der Achslastverlagerung beim Bremsvorgang bei der Steuerung bzw. Regelung der Bremsanlage bekannt. Diesen bekannten Lösungen ist gemeinsam, daß eine hohe Rechenleistung während des Bremsvorgangs und aufwendige Berechnungsvorgänge mit hohem Rechenaufwand erforderlich sind. Dabei ergibt sich zum Teil zusätzlich ein unbefriedigendes Einschwingverhalten bzw. Bremsverhalten. Dies zeigt sich beispielsweise an der aus der DE 34 16 979 A1 bekannten Lösung. Dort wird eine elektronische Bremskraftregelung vorgeschlagen, bei welcher das Fahrzeuggewicht mit Hilfe der Bremsdrücke und der Verzögerung errechnet und damit eine neue Bremsdruckverteilung bestimmt wird. Zur Bestimmung der Bremsdruckverteilung ist also eine Kopplung von Bremsdruck, Verzögerung und korrigiertem Bremsdruck herzustellen, die sowohl einen hohen Rechen- als auch einen hohen Zeitaufwand für das Einschwingen des Systems erfordert.

[0003] Aus der gattungsbildenden DE 36 38 866 C2 ist ein Bremssystem bekannt, bei der eine Steuerung über die Beschaltung von Steuerventilen die hydraulisch betätigten Bremszylinder an den Rädern der Vorder- und Hinterachse steuert. Dabei wird von der Steuerung mittels eines Drucksensors die auf das Bremspedal ausgeübte Betätigungskraft erfasst. Darüber hinaus ist an die Steuerung ein Vorderradlastsensor, der eine auf die Vorderräder wirkende Last erfasst, und ein Hinterradsensor, der eine auf die Hinterräder ausgeübte Last erfasst, angeschlossen. Die Steuerung steuert die an den Vorder- und Hinterrädern wirkenden Bremskräfte in Abhängigkeit von den erfassten Lastverhältnissen des Fahrzeugs in Form von in einem Speicher abgespeicherten Steuermustern.

[0004] Aus der DE 41 24 496 A1 ist eine Bremsanlage eines Kraftfahrzeugs bekannt, bei der dem Bremskraftanteil der Hinterachse über ein gespeichertes Kennfeld in Abhängigkeit von jeweiligen Bedingungen ein Bremskraftanteil an der Vorderachse zugeordnet wird. Hierbei wird zweckmäßigerweise die Auswahl des gültigen Kennfeldes durch eine Verknüpfung mit beispielsweise der Beladung gesteuert.

[0005] Aus der DE 35 27 455 C2 ist ein Verfahren bekannt, bei der eine Steuerung des Ansprechdruckes eines Drucksteuerventils, das zwischen Hauptbremszylinder und mindestens einem Hinterradbremszylinder eines hydraulischen Kraftfahrzeug-Bremssystems angeordnet ist und das den vom Hauptzylinder eingeleiteten Bremsdruck unterhalb des Ansprechdrucks ungemindert, darüber in einem festen Verhältnis gemindert dem (den) Hinterradbremszylinder(n) zugeleitet wird, stattfindet. Zur lastabhängigen Steuerung des beschriebenen Verfahrens werden die Vorderachslast bzw. die Hinterachslast erfasst und eine Kennlinie für den vorzugebenden Ansprechdruck aus mehreren Kennlinien ausgewählt.

[0006] Es ist demgegenüber die Aufgabe der Erfindung, Maßnahmen zur lastabhängigen Steuerung bzw. Regelung einer Bremsanlage anzugeben, durch welche eine genauere Berücksichtigung der jeweils aktuellen Lastzustände erfolgt.

[0007] Dies wird durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche erreicht.

Vorteile der Erfindung

[0008] Durch die erfindungsgemäße Vorgehensweise wird der Rechenaufwand zur lastabhängigen Bestimmung der Bremsdrücke an den einzelnen Rädern während des Bremsvorgangs reduziert. Dadurch wird die Funktionsweise der Bremsanlage deutlich verbessert, da während des Bremsvorgangs eine Vielzahl von Kanälen bearbeitet werden können. Insbesondere wird durch die erfindungsgemäße Vorgehensweise eine schnelle, vielkanalige, insbesondere radindividuelle Bremsdruckregelung ermöglicht.

[0009] Besonders vorteilhaft dabei ist, dass preiswerte Rechnersysteme eingesetzt werden können.

[0010] Besonders vorteilhaft ist, dass die lastabhängige Berechnung der einzelnen Bremsdrücke in vorgegebenen Grenzen an die aktuellen Betriebsbedingungen des Fahrzeugs und der Bremsanlage adaptiert werden kann. Dabei ergibt sich als Vorteil bei einer Überschreitung von Toleranzgrenzen die Möglichkeit einer Fehleranzeige.

[0011] Durch die erfindungsgemäße Vorgehensweise wird der oder die Rechner im elektronischen Steuergerät der Bremsanlage nur mit den Daten belastet, die sich während des Betriebs des Fahrzeugs ändern.

[0012] Weitere Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen

sowie aus den abhängigen Ansprüchen.

Zeichnung

[0013] Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen näher erläutert. Dabei zeigt Fig. 1 ein schematisches Bild einer elektrisch geregelten bzw. gesteuerten Bremsanlage. In den Fig. 2, Fig. 3, 4, Fig. 5 und Fig. 6 werden charakteristische Kennlinienverläufe der Bremsanlage dargestellt, die in Fig. 7 anhand eines dreidimensionalen Bildes zusammengefaßt sind. Fig. 8 zeigt ein Flußdiagramm zur Bestimmung der Bremsdruckverteilung, während in Fig. 9 ein Flußdiagramm skizziert ist, welches die Adaption der vorbestimmten Bremsdruckverteilung während des Bremsvorgangs skizziert.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen

[0014] Fig. 1 zeigt ein Schaltbild einer bevorzugten elektrisch steuerbaren Bremsanlage. Die dargestellte Bremsanlage ist vom elektrisch-pneumatischen Typ. Ein vom Fahrer betätigbares Betriebsbremsventil **10** weist einen elektrischen **10a** sowie zwei pneumatische Teile **10b** und **10c** zur Erfassung des Fahrerwunsches auf. Über eine elektrische Leitung **12** ist der elektrische Teil **10a** mit einem elektronischen Steuergerät **14** verbunden. Das Steuergerät **14** ist über ein Kommunikationssystem **16** mit Druckregelmodulen **18**, **20**, **22** und **24** verbunden, die jeweils mit den Radbremszylindern des Fahrzeugs verknüpft sind. Ferner ist dem Steuergerät **14** eine Leitung **26** zugeführt, welche das Steuergerät **14** mit einer Steckverbindung **28** zu einem Anhänger verbindet. Den Druckregelmodulen sind jeweils Eingangsleitungen zugeführt, die sie mit Sensoren zur Erfassung von Drehzahl, Verschleiß oder Temperatur verbinden. So ist das dem Radbremszylinder **30** zugeordnete Druckregelmodul **18** über die Leitung **32** mit dem Sensor **34**, das dem Radbremszylinder **36** zugeordnete Druckregelmodul **20** über die Leitung **38** mit dem Sensor **40**, das dem Radbremszylinder **42** zugeordnete Druckregelmodul **22** über die Leitung **44** mit dem Sensor **46** und das dem Radbremszylinder **48** zugeordnete Druckregelmodul **24** über die Leitung **50** mit dem Sensor **52** verbunden. Ferner sind in Fig. 1 beispielhaft zwei Luftfederbälge **54** und **56** dargestellt, wobei der Luftfederbalg **54** mit einem Sensor **58** zur Druckerfassung und damit zur Achslasterfassung verbunden ist, dessen Ausgangsleitung **60** zum Druckregelmodul **22** geführt ist.

[0015] Die Sensoren zur Erfassung des Bremsdruckes sind in den Druckregelmodulen integriert. Ihre Meßwerte können über das Kommunikationssystem an die Steuereinheit übermittelt werden.

[0016] Der pneumatische Teil der Bremsanlage umfaßt zwei Bremskreise, wobei vorzugsweise Vorder- und Hinterachse getrennt sind. Ein erster Bremskreis umfaßt den pneumatischen Teil **10c** des Betriebsbremsventils **10**, welcher über eine pneumatische Bremssignal- und eine Vorratsleitung **62** bzw. **64** mit den Druckregelmodulen **18** und **20** verbunden ist. Der Vorratsleitung **64** ist ein Druckvorratsbehälter **66** zugeordnet. Ferner führt eine Bremssignalleitung **68** von der Leitung **62** auf das Anhängersteuerventil **70**, von dem aus eine Bremssignalleitung **72** und eine Vorratsleitung **74** zu den Kupplungsköpfen **76** und **78** zum Anschluß an eine Anhängerbremsanlage führen. Der zweite Bremskreis umfaßt den pneumatischen Teil **10b** des Betriebsbremsventils **10**, welcher über die Bremssignalleitungen **80** und die Vorratsleitung **82** mit den Druckregelmodulen **22** und **24** verknüpft ist. Der Vorratsleitung **82** ist der Vorratsbehälter **84** zugeordnet. Ferner ist von der Leitung **80** eine Bremsssignalleitung **86** zum Anhängersteuerventil **70** geführt. Ein weiterer Vorratsbehälter **88** ist über die Leitung **90** mit dem Anhängersteuerventil **70** zur Druckversorgung der Anhängerbremsanlage verbunden. Die Teile für die Luftbeschaffung (Luftkompressor, Druckregler, Schutzventil) sind hier nicht dargestellt.

[0017] Die in Fig. 1 beschriebene Bremsanlage ist elektrisch Steuer- bzw. regelbar. Dazu erfaßt das Steuergerät **14** auf der Basis des vom elektrischen Teil **10a** des Betriebsbremsventils **10** ermittelten und über die Leitung **12** übermittelten Betätigungsgrades bzw. der Betätigungskraft den Fahrerbremswunsch. Dieser Fahrerbremswunsch wird auf der Basis von vorbestimmten Beziehungen in Sollwerte für die Bremsensteuerung umgewandelt. Im bevorzugten Ausführungsbeispiel werden auf der Basis des Fahrerbremswunsch aus einem Führungswert Drucksollwerte für die einzelnen Radbremsen auf der Basis vorbestimmter Kennlinien ermittelt. Diese werden über das Kommunikationssystem **16** an die einzelnen Druckregelmodule übergeben. Die Druckregelmodule regeln im Rahmen eines Druckregelkreises den Druck in den Radbremszylindern ein. Zu diesem Zweck wird der Istdruck durch die den Radbremszylindern zugeordneten Drucksensoren im Druckregelmodul erfaßt. Zur Berücksichtigung der Achslast und ihrer Veränderung ist im Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 der Achslastsensor **58** vorgesehen. Dieser wird vom Druckregelmodul **22** erfaßt und über das Kommunikationssystem wie ggf. auch die Druckwerte an das elektronische Steuergerät **14** übermittelt. Dort wird aus dem an einem Luftfederbalg des Fahrzeugs erfaßten Achslast durch programmierte Kennlinien auf die Achslasten der anderen Räder geschlossen und die Zuordnung der Führungsgröße zum Drucksollwert entsprechend verändert. Zur Steuerung einer elektrisch steuerbaren bzw. regelbaren Bremsanlage eines Anhängers wird entsprechend die Führungsgröße über die Leitung **26** und die Steckverbindung **28** an die Anhängerbremsanlage übertragen. In Notfällen kann das Fahrzeug

über die pneumatischen Bremskreise abhängig von der Bremspedalbetätigung gebremst werden.

[0018] Die nachfolgend beschriebene Vorgehensweise findet nicht nur bei dem in Fig. 1 dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispiel einer Bremsanlage Anwendung, sondern in weiteren elektrisch bzw. elektronischen Bremsanlagen sowohl elektrisch pneumatischer als auch elektrisch hydraulischer oder rein elektrischer Natur wie sie aus dem Stand der Technik bekannt sind.

[0019] Ferner ist im bevorzugten Ausführungsbeispiel nur ein Achslastsensor an einem Luftfederbalg dargestellt. Die erfindungsgemäße Vorgehensweise kann in vorteilhafter Weise auch bei Bremsanlagen Anwendung finden, bei denen die Achslasten der anderen Bälge einer Achse sensiert werden. Auch sind Achslastmessungen an blattgefederten Achsen bekannt. Außerdem ist in einem vorteilhaften weiteren Ausführungsbeispiel die Achslasterfassung nicht nur auf die Hinterachse von Zugfahrzeugen beschränkt, sondern kann auch für die Vorder- und/oder Nachlaufachsen ermttelt werden. Ebenso kann in Anhängerfahrzeugen die Achslast an den einzelnen Rädern, Achsen oder an allen Achsen ermittelt werden. Die entsprechenden Verfahren zur direkten und indirekten Achslastmessung sind dem Fachmann bekannt.

[0020] Im Rahmen des Steuergerätes **14** ist nicht nur die im bevorzugten Ausführungsbeispiel vorgesehene Druckvorgabe bzw. Druckregelung realisiert, die elektronische Bremsanlage umfaßt dabei auch Programmteile zur Erfassung des Anlegedrucks der Radbremsen, des Bremsbelagverscheiß, des Kraftschlusses zwischen Rad und Straße, der Bremstemperatur sowie der Abbremsung auf der Basis der Raddrehzahlen. Dabei kann der geschilderten Bremsdruckregelung eine Verzögerungsregelung des Fahrzeugs, eine Koppelkraftregelung, eine Bremsmomenten- oder Bremskraftregelung überlagert sein. Ferner wird die Bremsensteuerung mit Blick auf den Anlegedrucks der Radbremsen, den Bremsbelagverscheiß, den Kraftschluß zwischen Rad und Straße, die Bremsentemperatur, etc. modifiziert. Dies ist im folgenden nicht dargestellt.

[0021] Grundgedanke der erfindungsgemäßen Vorgehensweise zur Berücksichtigung der Achslasten beim Bremsvorgang ist, daß aus der räumlichen Zuordnung von Bremswunsch, Rad- oder Achslast und Bremsdruck durch eine Aufteilung der Rechenschritte eine optimierte Auslastung des Rechners während der nicht gebremsten Phase und während des Bremsvorgangs erreicht wird. Dabei reduziert sich die erforderliche Rechenleistung während des Bremsvorgangs. Kernpunkt der erfindungsgemäßen Vorgehensweise ist, daß am Bandende der Fahrzeugproduktion die für das vorliegende Fahrzeug charakteristischen Druckverläufe, die alle wesentlichen statischen und dynamischen Funktionszusammenhänge umfassen, in das elektronische Steuergerät geladen werden. Die dabei verwendete Bremsregelstrategie ist nicht von Bedeutung. Es wird dann im laufenden Betrieb in der nicht gebremsten Phase die aktuell erforderliche Bremsdruckverteilung aus den Achs- bzw. Radlastsignalen ermittelt und daraus während der Bremsung auf der Basis der gespeicherten charakteristischen Druckverläufe die einzuregelnden Bremsdrücke bestimmt. Zusätzlich dazu wird in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel die vorgegebenen charakteristischen Kennlinien in der Grenze von vorgegebenen Toleranzbereichen den aktuellen Veränderungen angepaßt, adaptiert.

[0022] Bei derartigen komplexen Steuersystemen sind im Steuergerät **14** vorbestimmte Kennlinien und Kennfelder abgelegt, die im Rahmen der beschriebenen End-of-Line-Programmierung am Bandende der Fahrzeugproduktion in das zentrale elektronische Steuergerät eingespielt werden bzw. in einem in das Steuergerät **14** eingebrachten Speicherbaustein enthalten sind. Gemäß der erfindungsgemäßen Vorgehensweise werden im Rahmen dieser End-of-Line-Programmierung für definierte Lastzustände Basisbremsdruckkennlinien in das elektronische Steuergerät eingegeben, die die Abhängigkeit des Bremsdruckes vom aktuellen Lastzustand im nicht gebremsten Betrieb und dem Fahrerbremswunsch beschreiben.

[0023] In einer bevorzugten Ausführung werden dabei Basisbremsdruckkennlinien für die verschiedenen Achsen des Fahrzeugs für zwei definierte Lastzustände, den Lastzustand mit leerem und den Lastzustand mit voll beladenem Fahrzeug übernommen. In anderen vorteilhaften Ausführungsbeispielen können auch mehr als zwei solcher Basisbremsdruckkennlinien, beispielsweise bei halber Beladung, etc., vorgesehen sein. Zur Bestimmung des tatsächlichen einzusteuernden Bremsdrucks wird zwischen diesen vorgegebenen Kennlinien interpoliert.

[0024] In den Fig. 2 bis Fig. 7 sind derartige Kennlinien für ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel skizziert.

[0025] Fig. 2 zeigt dabei die Zuordnung der Bremspedalbetätigung β (Stellung oder Betätigungsdruck des Bremspedals) zu einem Führungswert US, welcher ohne Berücksichtigung der Lastabhängigkeit den Bremswunsch des Fahrers darstellt. Dabei wird ein Führungswert US erst dann ausgegeben, wenn das Bremspedal bis zum Wert β0 betätigt wurde.

[0026] In Fig. 3 ist der Zusammenhang zwischen den Lastmeßwerten (Lastwert UL), die von dem wenigstens einen Achslastsensor **58** erfaßt werden, und dem Lastzustand LZ dargestellt, wie er sich für eine

angenommen Achskonstruktion ergibt. Dabei sind zwei charakteristische Lastzustände, LZ1 für das leere Fahrzeug und LZ2 für das vollbeladene Fahrzeug, eingezeichnet. Dieser Lastzustand wird bei einer achsweisen Druckvorgabe für eine Achse, bei einer radindividuellen Druckvorgabe für jedes Rad bestimmt.

[0027] Für diese charakteristischen Lastzustände werden die erforderlichen Bremsdruckverläufe vorgegeben. Sie sind beispielhaft in **Fig.** 4 für zwei Achsen eines Fahrzeugs für die beiden Lastzustände **1** und **2** dargestellt. Dabei zeigt Fig. 4a für eine erste Achse die Abhängigkeit des einzustellenden Bremszylinderdrucks PBZ1 vom Führungswert US für den Lastzustand LZ1 (strichlierte Linie) und für den Lastzustand LZ2 (durchgezogene Kennlinie). In Fig. 4b ist das Entsprechende für die Abhängigkeit des Bremszylinderdrucks PBZ2 der Achse **2** vom Führungswert US dargestellt. Diese Basisbremsdruckkennlinien werden aus den gesetzlichen Vorgaben zur Bremsdruckverteilung und zur Abbremsungszuordnung gemäß der EG-Richtlinie 71/320/EWG bestimmt bzw. errechnet. Dazu sind Fahrzeugdaten für die Lastverteilung (Schwerpunktlage), die Fahrzeugmassen, der gewünschte Verzögerungsverlauf sowie die Daten der Bremsanlage und der Reifen heranzuziehen. Die Wahl der Basis der Basisbremsdruckkennlinien ist im Rahmen der gesetzlichen Anforderungen beliebig vorgebbar. Dabei können auch der Anlegedruck der Radbremsen, der Bremsverschleiß, der Kraftschluß zwischen Rad und Straße, die Abbremsung und die Bremsentemperatur eine Rolle spielen. Wesentlich ist, daß in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel die Basisbremsdruckkennlinie für wenigstens zwei definierte Lastzustände, vorzugsweise für leer und für voll beladen, bestimmt werden. Die Fig. 4a und b zeigen beispielhaft jeweils zwei Basisbremskennlinien, welche sich in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel als geeignet erwiesen haben. Dabei ist zu beachten, daß in diesem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Bremszylinderdruck für eine Achse vorgegeben wird. In anderen vorteilhaften Ausführungsbeispielen kann der Bremszylinderdruck für die einzelne Radbremse vorgegeben werden. Bei einem zweiachsigen Fahrzeug würden so vier Diagramme für die Basisbremsdruckkennlinien gemäß den Fig. 4a und b vorgesehen sein. Ferner kann bei einem mit mehr als zwei Achsen versehenen Fahrzeug Basisbremsdruckkennlinien achsen- oder radspezifisch vorgegeben werden.

[0028] Die Interpolation zwischen den Basisbremsdruckkennlinien abhängig vom ermittelten Lastzustand ist durch die strichpunktierten Linien skizziert, die den Verlauf der Kennlinienpunkte bei einer Änderung des Lastzustandes zeigen. Die Interpolation zwischen den zwei vorgegebenen Basisbremsdruckkennlinienwerten ist dabei vorzugsweise linear.

[0029] Fig. 5 zeigt für das bevorzugte Ausführungsbeispiel gemäß den Fig. 4a und Fig. 4b den Zusammenhang zwischen Bremszylinderdruck der Achse **1** und dem Bremszylinderdruck der Achse **2** für die beiden Lastzustände LZ1 (durchgezogene Linie) und LZ2 (strichlierte Kennlinie). Dieser Bremsdruckverlauf hat sich in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel als geeignet erwiesen und berücksichtigt sowohl die geänderten Fahrzeugmassen als auch die Lage im gesetzlich vorgeschriebenen Abbremsungsband. In einem ersten Bereich (Bereich vom Ursprung bis zum ersten Punkt) ist eine Zuordnung bis zum Anlegen der Reibungsbremsen vorgesehen. Im zweiten Bereich (zwischen erstem und zweitem Punkt) bleibt die Bremskraftverteilung zwischen der ersten und der zweiten Achse konstant, wobei die geänderten Fahrzeugmassen berücksichtigt sind. Im dritten Bereich (zwischen dem zweiten und dem dritten Punkt) wird die Druckverteilung auf eine gleiche Kraftschlußbeanspruchung an den gebremsten Rädern angepaßt, die sich im vierten Bereich fortsetzt. Im anschließend dargestellten fünften Bereich (zwischen viertem und fünftem Punkt) wird der Bremsdruck bis zur optimalen Verzögerung verteilt unter Berücksichtigung von Stabilitätskriterien bei der Bremsung.

[0030] Die charakteristischen Knickpunkte der Basiskennlinien werden über die End-Off-Line-Programmierung eingegeben. Zwischenwerte ermittelt die Steuerelektronik mit bekannten Interpolationsverfahren.

[0031] Für einen beliebigen Lastzustand LZX ergibt sich der in Fig. 6 gezeigte Zusammenhang zwischen dem Führungswert US und dem Bremszylinderdruck PBZ für die erste Achse (**1**) und die zweite Achse (**2**).

[0032] Eine Zusammenfassung der dargestellten Kennlinien ist in Bild 7 als dreidimensionales Kennfeld dargestellt. In Abhängigkeit vom Lastzustand LZ, der auf der Basis der gemessenen Rad- bzw. Achslast(en) UL gemäß der liegenden Kennlinie bestimmt wird, und des Führungswertes US, der auf der Basis der Bremspedalbetätigung β mittels der im Vordergrund liegenden Kennlinie ermittelt wird, ergibt sich als dritte Dimension der Bremszylinderdruck PBZ für eine Achse bzw. ein Rad. Dabei sind im bevorzugten Ausführungsbeispiel die Basiskennlinien für den Lastzustand **1** und **2** fest vorgegeben, während die Kennlinie für den Lastzustand X interpoliert ist. In anderen vorteilhaften Ausführungsbeispielen können mehrere Bremsdruckkennlinien vorgegeben werden und so die Genauigkeit der achslastabhängigen Bremsdruckverteilung verbessert werden. Der einzustellende Bremsdruck wird durch Interpolation auf der Basis der Kennlinienwerte der LZ1- und LZ2-Kennlinie für den aktuellen Wert US für den aktuellen Lastzustand LZX berechnet.

[0033] Die Durchführung der erfindungsgemäßen Vorgehensweise ist in Fig. 8 anhand eines Flußdiagramms für eine Achse bzw. eine Radbremse dargestellt, welches ein Rechnerprogramm skizziert, das in dem wenigstens einen Mikroprozessor der elektronischen Steuereinheit abläuft.

[0034] Nach Start des Programmteils beim Starten des Fahrzeugs und Initialisierung der Bremsanlage wird in einem ersten Schritt **100** die Rad- bzw. Achslasten bzw. die Radlast oder die Achslast gemessen. Im Schritt **102** werden die Meßwerte durch die vorgegebene Zuordnung den Rädern bzw. Achsen zugeordnet. Beispielsweise wird bei einem Achslastsensor, der der Vorderachse und einer der Hinterachse zugeordnet ist der Meßwert des Vorderachsensensors dieser Achse zugeordnet, während der Meßwert des Sensors einer Hinterachse den Hinterachsen zugeordnet wird. Daraufhin wird für die betreffenden Achsen entsprechend der gespeicherten Kennlinie der Lastzustand bestimmt (Schritt **104**). Im darauffolgenden Schritt **106** wird mit dem bestimmten aktuellen Lastzustand LZ die aktuelle Bremsdruckkennlinie aus den Basiskennlinien durch Inter- oder Extrapolation bestimmt und gespeichert. Nach Schritt **106** liegt demnach im ungebremsten Betrieb eine den aktuellen Betriebsbedingungen entsprechende lastabhängige Bremsdruckzuordnung vor. Im darauffolgenden Abfrageschritt **108** wird überprüft, ob das Bremspedal betätigt ist. Ist dies nicht der Fall, wird der Programmteil mit Schritt **100** wiederholt. Ist das Bremspedal betätigt, das heißt ein Bremsvorgang eingeleitet, wird in vorteilhafter Weise im Schritt **110** anhand der vorbestimmten Kennlinie der Führungswert US aus der Bremspedalbetätigung β bestimmt, dann wird im darauffolgenden Schritt **112** der Bremszylinderdruck für die Achsen oder Radbremsen aus der gespeicherten lastabhängigen Druckkennlinie entsprechend dem Führungswert US ausgelesen und im Schritt **114** ggf. die Bremsdruckregelung durchgeführt. Daraufhin wird im Schritt **116** überprüft, ob der Bremsvorgang beendet ist, das heißt, das Bremspedal losgelassen worden ist. Ist dies nicht der Fall, wird der Programmteil mit Schritt **110** wiederholt, im anderen Fall wird der Programmteil mit Schritt **100** wiederholt.

[0035] Es ist also festzustellen, daß die Schritte **100** bis **108** sich im Stillstand und in der ungebremsten Fahrt wiederholen. Dabei sind die elektrischen Lastsignalwerte üblicherweise gefiltert. Ferner kann in einer anderen Ausbildung durch eine weitere Dämpfung und Aufteilung in statische und dynamische Last eine weitere Verbesserung der Bremsdruckregelung vorgenommen werden. Dabei wird ein dynamischer Lastzustand bestimmt, welcher aus den nicht oder nur wenig gefilterten Meßwerten abgeleitet wird, während ein statischer Lastzustand aus den stark gefilterten oder gedämpften Lastmeßwerten des Schrittes **106** der Fig. 8 abgeleitet wird. Durch entsprechende Kennlinien wird der statische – und die dynamische Lastverteilung bei der Bremsddruckregelung in ausgewählten Zyklen durch Rücksprung nach Schritt **114** (vor **116**) zum Schritt **100** entsprechend der Fig. 8 bestimmt.

[0036] Die Auswahl der statischen Bremsdruckkennlinien erfolgt demnach bei ungebremster Fahrt. Während des Bremsvorgangs kann aufgrund der ausgewählten Bremsdruckzuordnung sehr schnell der in den Radbremszylinder aktuell einzuregelnde Druck bestimmt werden. Der Rechner ist also während des Bremsvorgangs entlastet, da er nur fest vorgegebene Zuordnungen berücksichtigen muß. Nur in wenigen Zyklen ist die dynamische Lastermittlung (zur Kontrolle oder Adaption) unverbindlich möglich.

[0037] Zur weiteren Verbesserung werden die vorbestimmten Bremsdruckkennlinien adaptiert. Dadurch werden Änderungen im Laufe des Betriebs des Fahrzeugs berücksichtigt. Grundgedanke der Adaption der Basisbremskennlinien ist, daß durch Vergleich der Soll- und Istwerte der gewünschten Funktionszustände beispielsweise des Anlegedrucks der Bremsen, den Bremsbelagsverschleiß, des Kraftschluß, der Abbremsung der Bremsentemperatur, der Koppelkräfte, der Abstimmung mit der Schnittstelle Zugfahrzeug/Anhänger, usw., eine mangelhafte Übereinstimmung festgestellt wird und die aktuellen Kennlinienpunkte zur Herstellung der Soll- und Istwertgleichheit adaptiert werden. Dabei ist in vorteilhafter Weise ein Fenster vorgegeben, welches obere und untere Grenzwerte der Kennlinienpunkte umfaßt. Wird die erforderliche Korrektur größer als die durch die Toleranzgrenzen zugelassene, kann eine Fehlermeldung oder eine Warnung an den Fahrer erfolgen.

[0038] In Fig. 9 ist die Vorgehensweise zur Adaption anhand eines Flußdiagramms am Beispiel der Abbremsung für eine Achse bzw. eine Radbremse dargestellt.

[0039] Nach Start des Programmteils bei Bremsbetätigung wird in einem ersten Schritt **200** der Lastzustand LZ, die Führungsgröße US und die Abbremsung A, welche durch Differenzierung der Raddrehzahlen oder der Fahrgeschwindigkeit bestimmt wird, eingelesen. Daraufhin wird im Schritt **202** aus einer vorbestimmten Kennlinie die Sollabbremsung ASoll auf der Basis des Führungswertes US bestimmt. Im darauffolgenden Abfrageschritt **204** wird überprüft, ob die Istabbremsung der Sollabbremsung entspricht. Ist dies der Fall, wird der Programmteil beendet, da keine Korrektur notwendig ist. Ist dies nicht der Fall, wird der aktuelle Kennlinienpunkt für den Bremszylinderdruck PBZ auf der Basis des Lastzustandes LZ und der Führungsgröße US korrigiert. Dies kann wie anhand Schritt **206** dargestellt, durch Adition bzw. Subtraktion eines festen Wertes Δ oder durch Addition und Subtraktion einer von der Abwei-

chung zwischen Ist- und Sollwert der Abbremsung abgeleiteten Werts Δ erfolgen. Daraufhin werden im Schritt **208** die Grenzwerte des Bremszylinderdrucks PBZGrenz abhängig von Lastzustand und Führungsgröße bestimmt und im darauffolgenden Abfrageschritt **210** überprüft, ob der korrigierte Bremszylinderdruckwert PBZ kleiner bzw. größer als der obere bzw. untere Grenzwert ist. Ist dies der Fall, wird der Programmteil beendet, ist dies nicht der Fall, wird gemäß Schritt **212** ein Fehler festgestellt und ggf. eine Warnung an den Fahrer ausgegeben. Danach wird der Programmteil beendet.

[0040] Neben der dargestellten Realisierung auf der Basis eines Vergleichs zwischen Soll- und Istabbremsung kann in anderen vorteilhaften Ausführungsbeispielen die oben erwähnten Soll- und Istwerte der anderen Parameter herangezogen werden und so das Basisbremsdruckkennlinienfeld auf einen gleichzeitigen Beginn der Bremswirkung an allen Radbremsen, auf einen gleichmäßigen Bremsbelagverschleiß, auf einen vorgegebenen Sollkraftschluß an den abgebremsten Rädern, auf einen Sollwert der Bremsentemperatur oder der Koppelkräfte angepaßt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung oder Regelung der Bremsanlage eines Fahrzeugs,
– mit einem fahrerbetätigten, den Bremswunsch des Fahrers wiedergebenden Bremswertgeber,
– mit wenigstens einer Messeinrichtung, die an wenigstens einem Rad oder an wenigstens einer Achse Lastzustände repräsentierende Lastsignale erfasst,
– mit einer elektronischen Steuereinheit, in der für verschiedene Lastzustände jeweils vorgegebene Zuordnung des Bremswunsches zu Steuersignalen, mit denen Radbremsen angesteuert werden, abgelegt sind,
dadurch gekennzeichnet, dass
– die vorgegebenen Zuordnungen am Bandende im Rahmen einer End-Off-Line-Programmierung der Steuereinheit vorgegeben werden, und dass
– bei der Bremsung im Betrieb die Steuersignale zur Ansteuerung der Radbremsen für den jeweils aktuellen Fahrerbremswunsch und Lastzustand durch Interpolation aus den vorgegebenen Zuordnungen gewonnen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens zwei Zuordnungen für wenigstens zwei Lastzustände vorgegeben sind.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Lastzustände das leere und das vollbeladene Fahrzeug sind.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die vorgegebene Zuordnung nach Maßgabe von Betriebsgrößen des Fahrzeugs oder der Bremsanlage veränderbar sind.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrektur der vorgegebenen Zuordnung aus dem Vergleich der Soll- und Istwerte dieser Betriebsgrößen erfolgt.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuersignale Signale sind, die den einzustellenden Bremsdruck an der Radbremse oder den Radbremsen repräsentieren.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Anspruche dadurch gekennzeichnet, dass für jede Radbremse, Gruppen von Radbremsen oder für die Bremsen jeder Achse Zuordnungen vorgegeben sind, wobei jeweils die nach Maßgabe der an diesen Radbremsen oder Achsen ermittelten Lasten die für den Bremsvorgang anzuwendenden Zuordnungen bestimmt werden.

8. Vorrichtung zur Steuerung oder Regelung der Bremsanlage eines Fahrzeugs,
– mit einem fahrerbetätigten, den Bremswunsch des Fahrers wiedergebenden Bremswertgeber,
– mit wenigstens einer Messeinrichtung, die an wenigstens einem Rad oder an wenigstens einer Achse Lastzustände repräsentierende Lastsignale erfasst,
– mit einer elektronischen Steuereinheit, in der für verschiedene Lastzustände jeweils vorgegebene Zuordnung des Bremswunsches zu Steuersignalen, mit denen Radbremsen angesteuert werden, abgelegt sind,
dadurch gekennzeichnet, dass
– die vorgegebenen Zuordnungen am Bandende im Rahmen einer End-Off-Line-Programmierung der Steuereinheit vorgegeben werden, und dass
– bei der Bremsung im Betrieb die Steuersignale zur Ansteuerung der Radbremsen für den jeweils aktuellen Fahrerbremswunsch und Lastzustand durch Interpolation aus den vorgegebenen Zuordnungen gewonnen werden.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

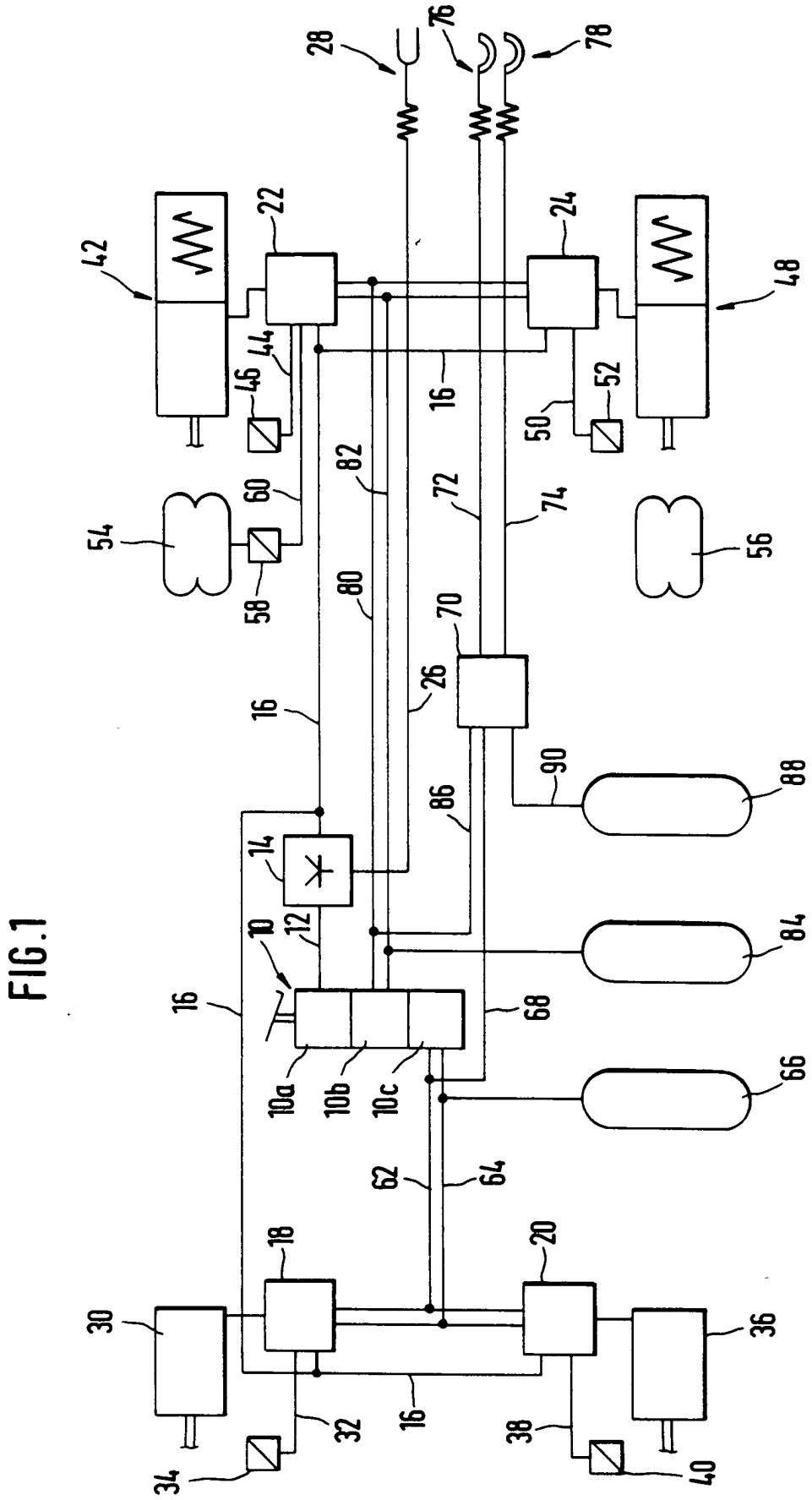


FIG.1

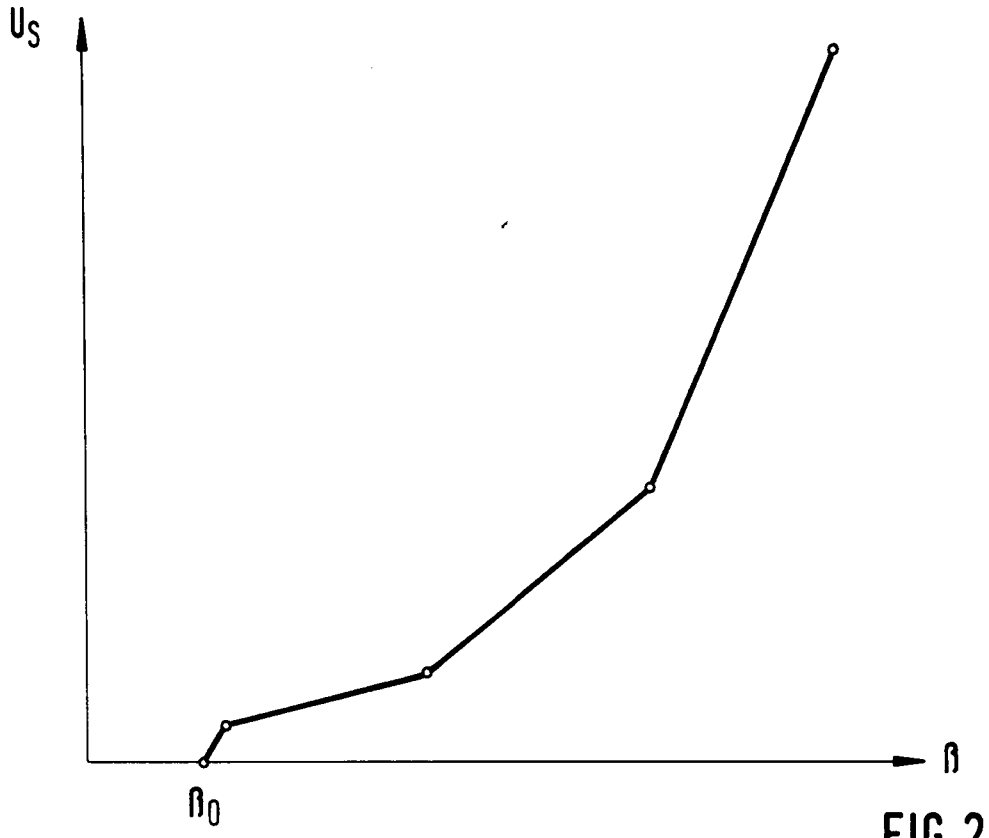


FIG.2

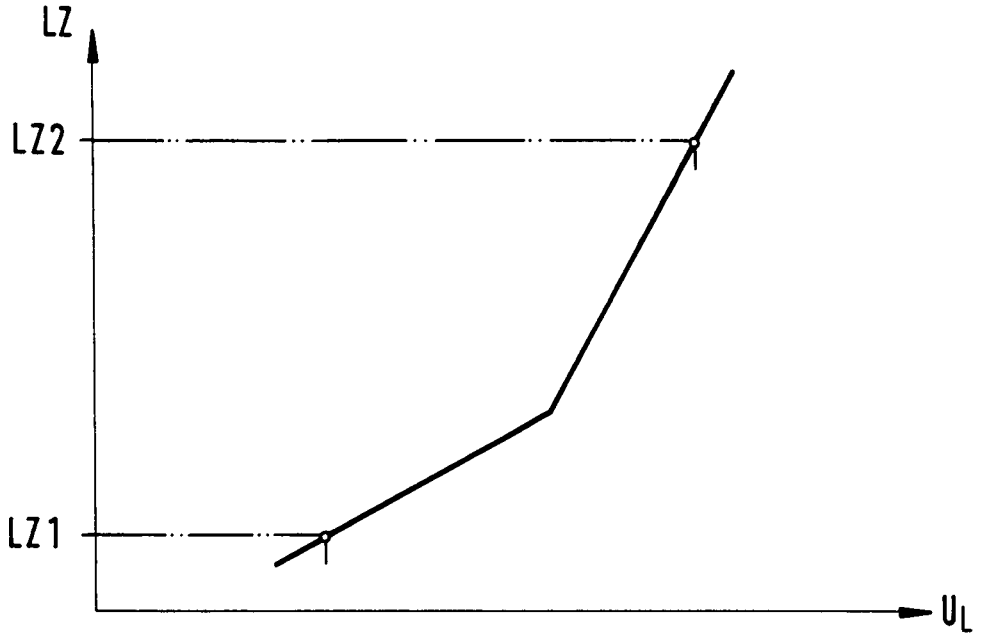


FIG.3

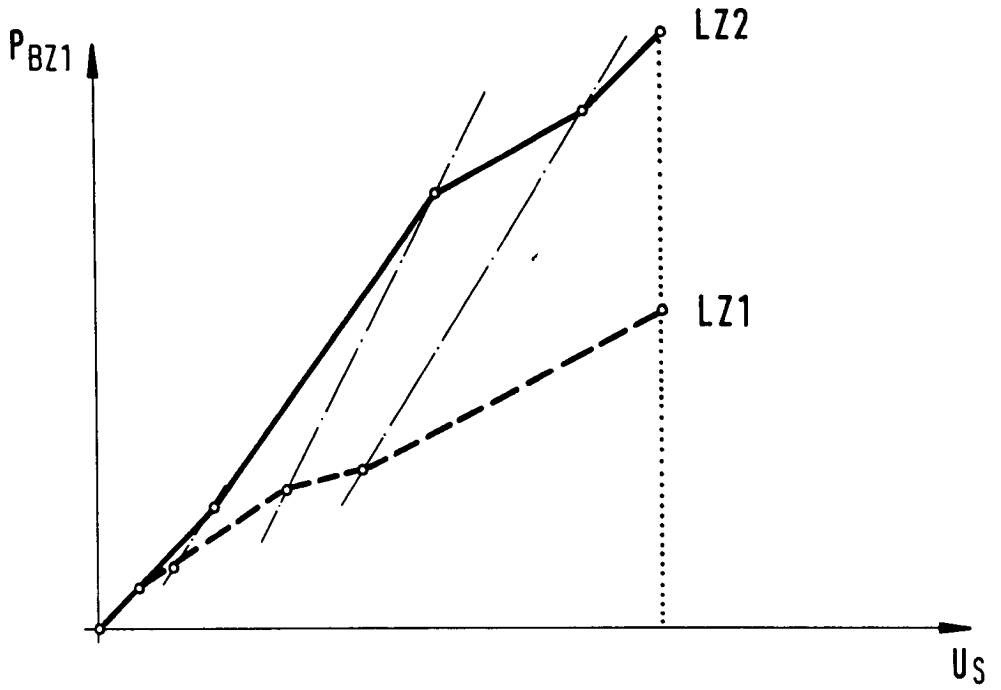


FIG. 4a

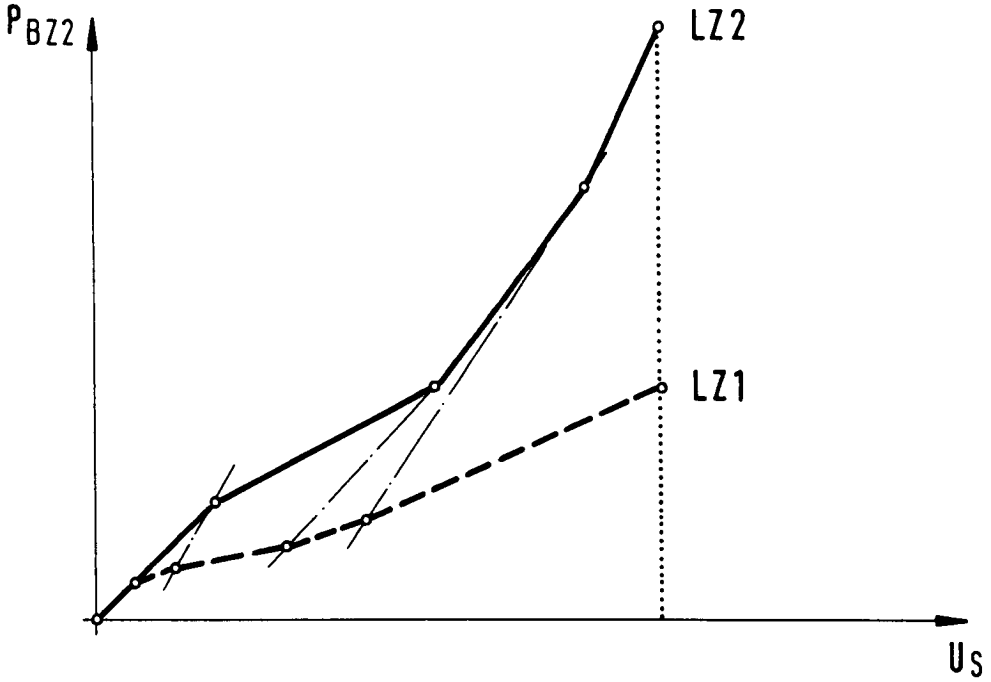


FIG. 4b

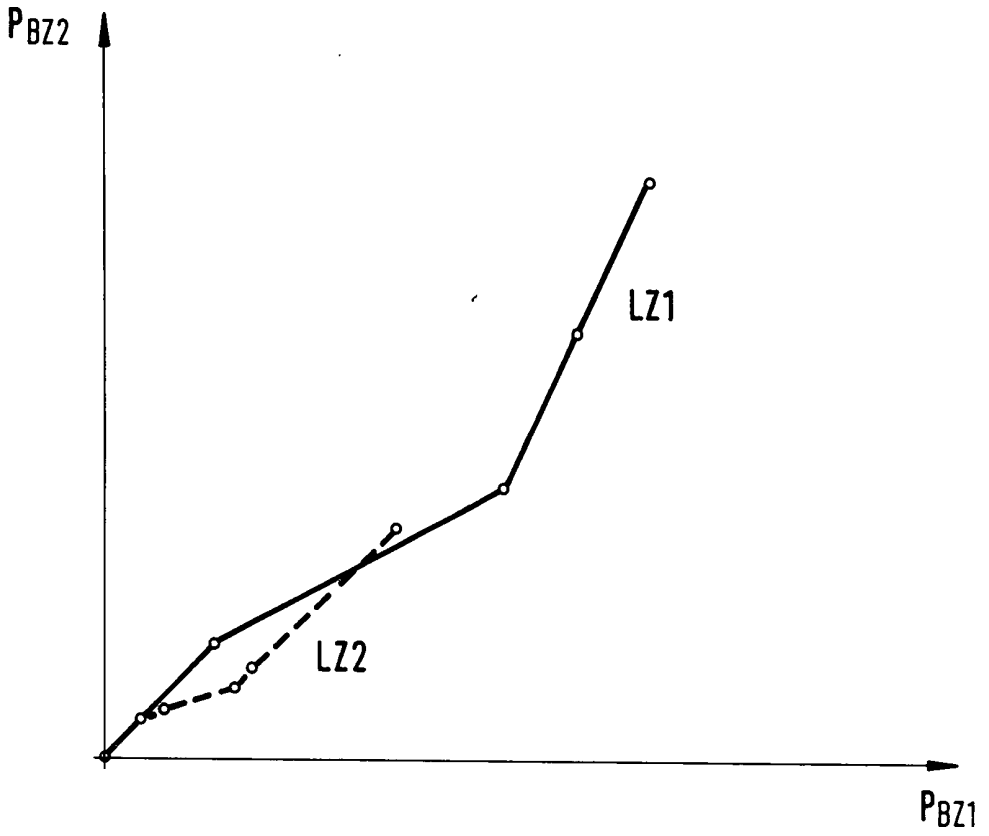


FIG.5

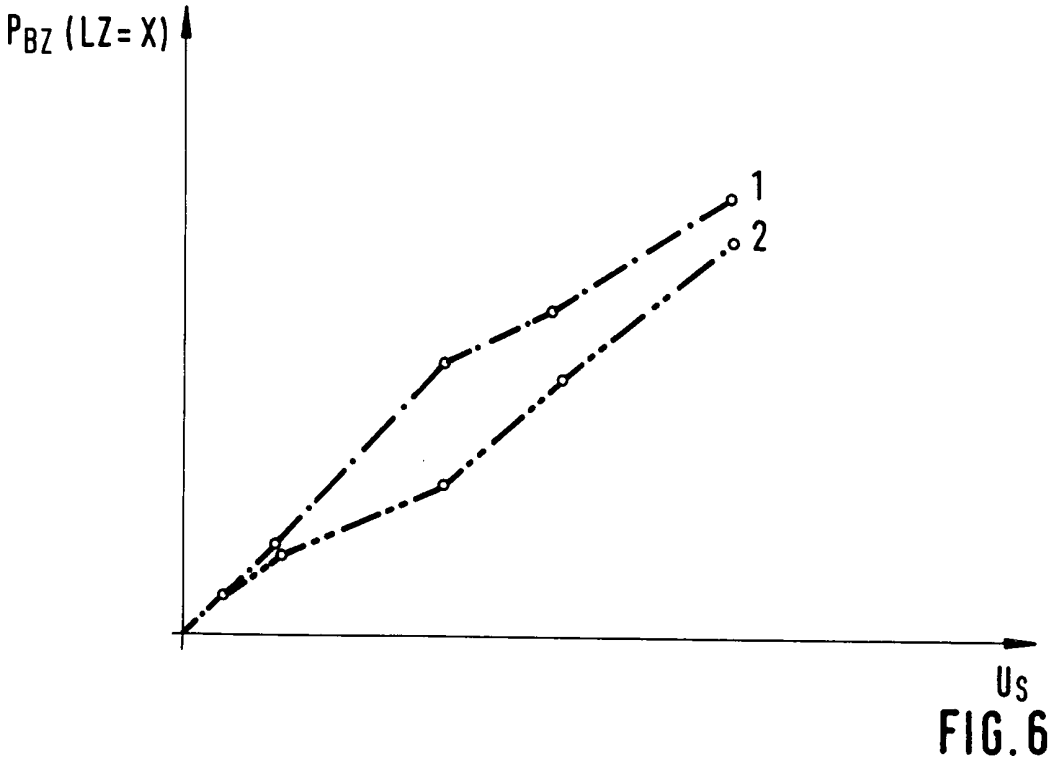


FIG.6

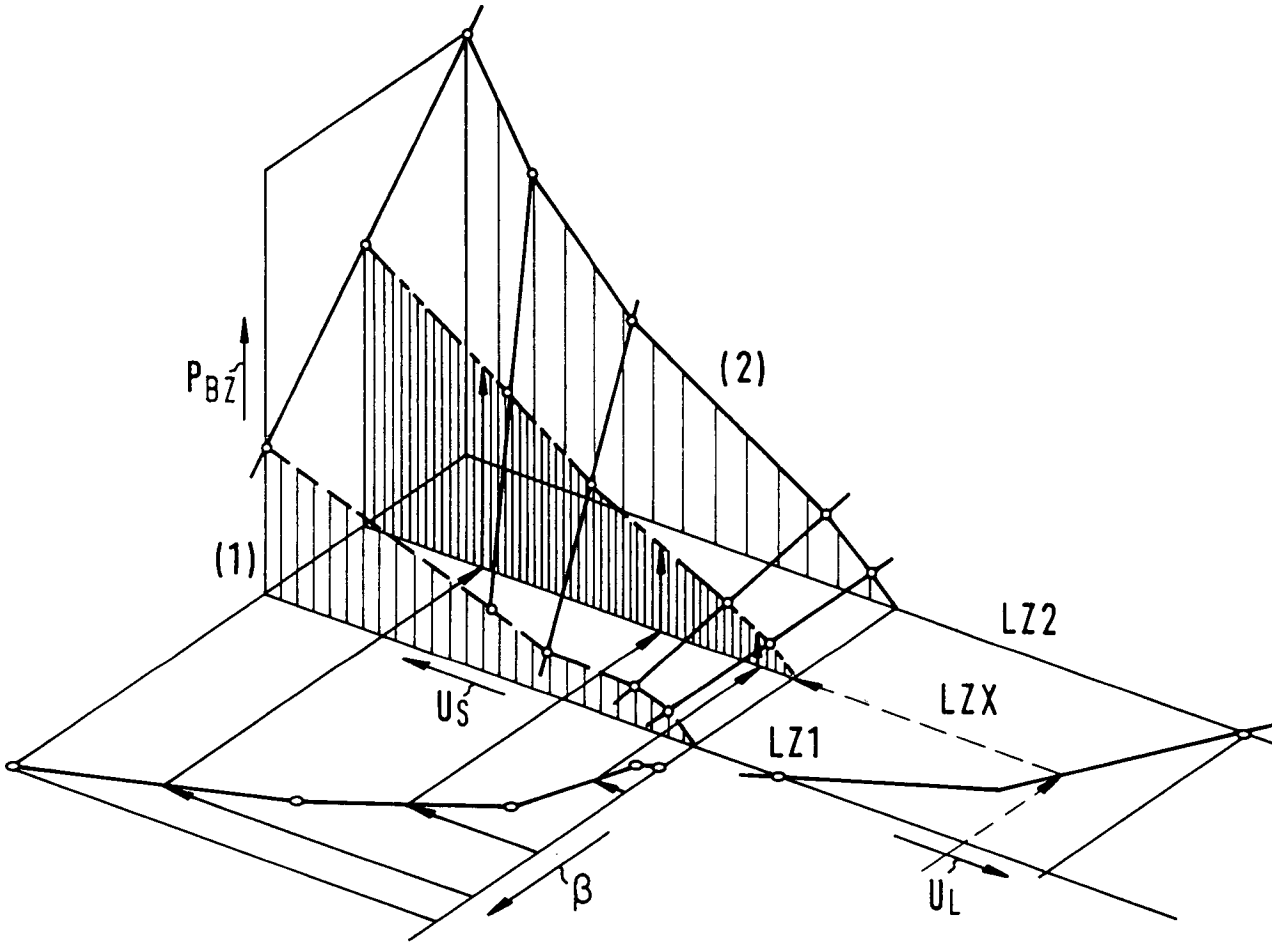


FIG. 7

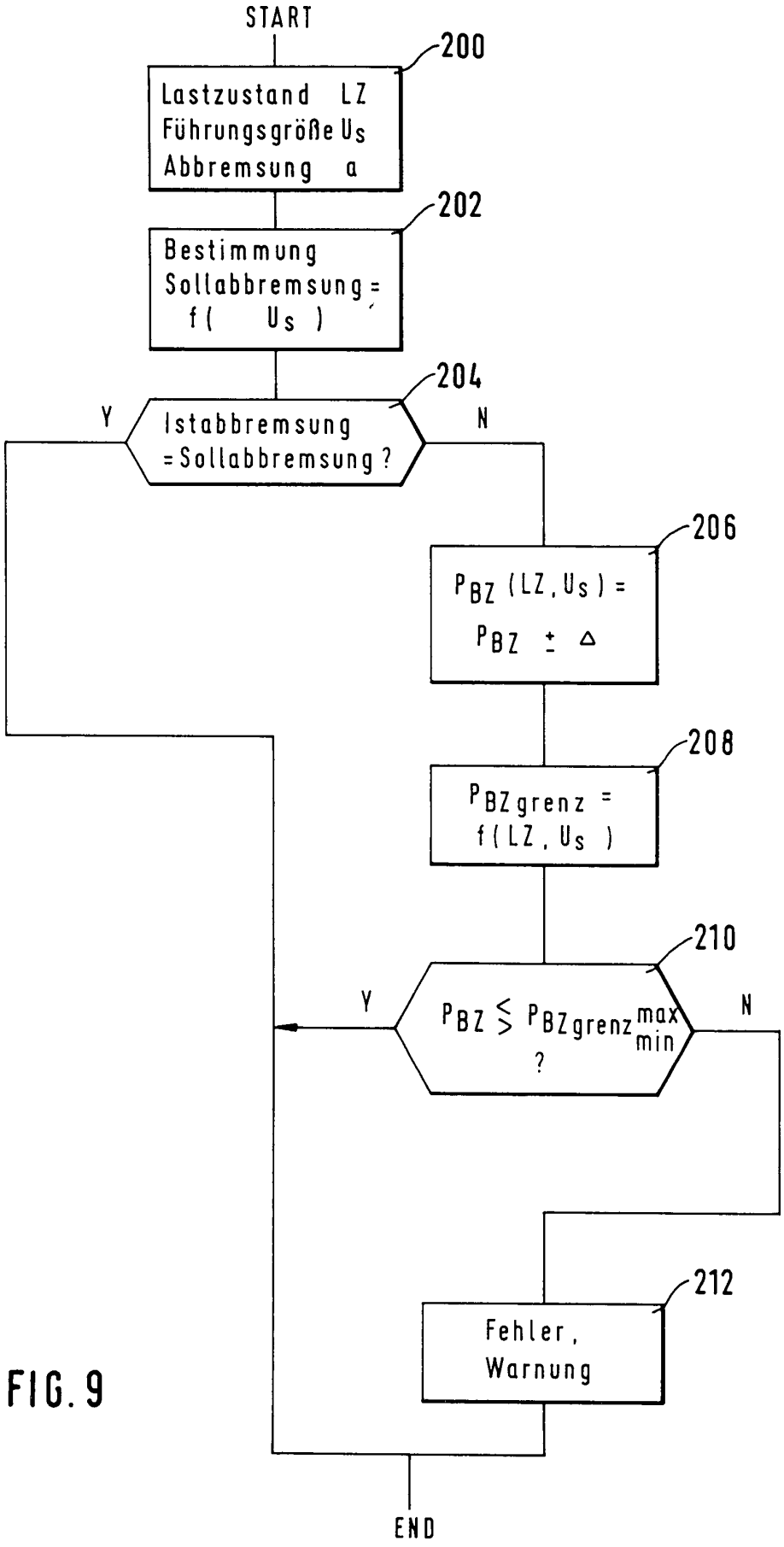

START
200
Lastzustand LZ
Führungsgröße Us
Abbremsung a
202
Bestimmung
Sollabbremsung =
f(Us)
204
Y
Istabbremsung
= Sollabbremsung ?
N
206
PBZ (LZ, Us) =
PBZ ± Δ
208
PBZgrenz =
f(LZ, Us)
210
Y
PBZ ≤ PBZgrenz max/min
?
N
212
Fehler,
Warnung
END

FIG. 9

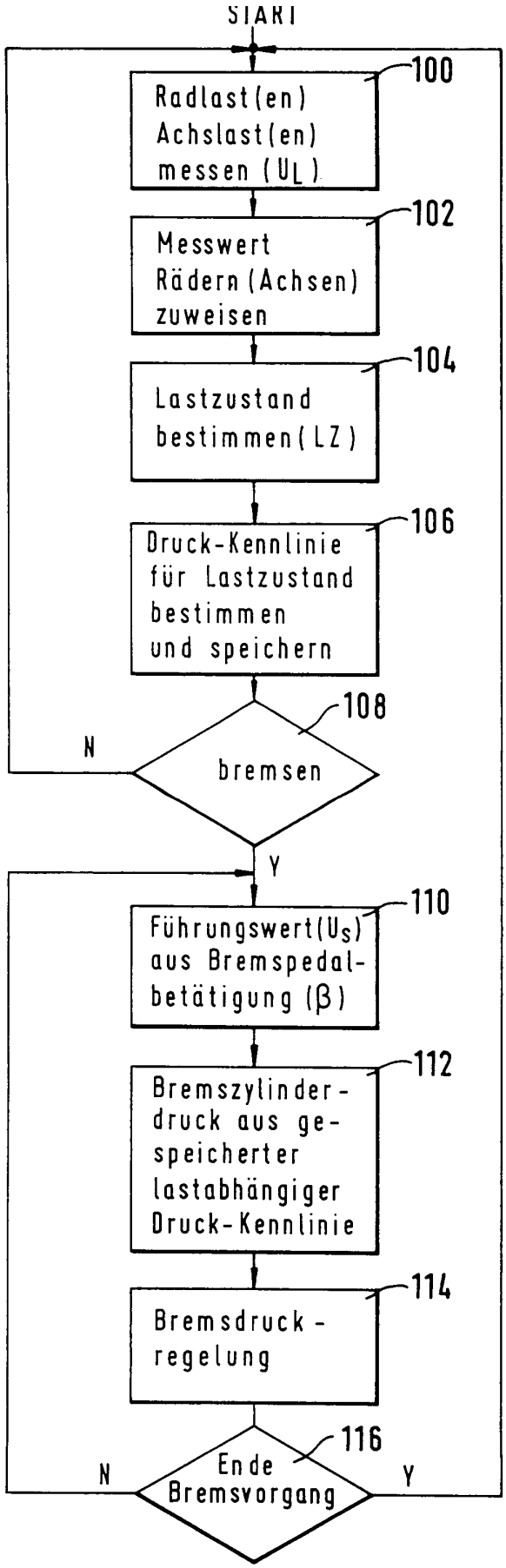

START
100
Radlast(en) Achslast(en) messen (U_L)
102
Messwert Rädern (Achsen) zuweisen
104
Lastzustand bestimmen (LZ)
106
Druck-Kennlinie für Lastzustand bestimmen und speichern
108
bremsen
N
Y
110
Führungswert(U_S) aus Bremspedal-betätigung (β)
112
Bremszylinder-druck aus ge-speicherter lastabhängiger Druck-Kennlinie
114
Bremsdruck-regelung
116
Ende Bremsvorgang
N
Y

FIG. 8