



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 038 709.6**
(22) Anmeldetag: **30.07.2010**
(43) Offenlegungstag: **02.02.2012**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **05.10.2023**

(51) Int Cl.: **B60T 13/66** (2006.01)
B60T 8/32 (2006.01)
B60W 10/188 (2012.01)

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

(73) Patentinhaber:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

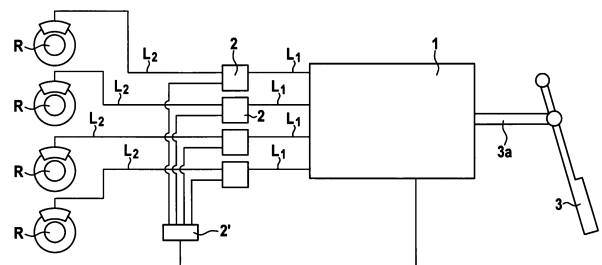
(72) Erfinder:
**Overzier, Frank, 71116 Gärtringen, DE; Harter,
Werner, 75428 Illingen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	196 35 693	A1
DE	199 62 649	A1
DE	10 2005 055 751	A1
DE	10 2006 055 831	A1
WO	2006/ 066 993	A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Steuerung eines Bremssystems sowie Bremssystem**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Steuerung eines Bremssystems für ein Kraftfahrzeug umfassend die Schritte
Vorgeben eines Soll-Bremsdrucks (p'_1, p'_2);
Bereitstellen eines Ist-Bremsdruckes (p_1, p_2) anhand des Soll-Bremsdrucks (p'_1, p'_2) an zumindest einen Radbremszylinder (R) mittels eines Druckmodulators (1) durch:
Bereitstellen zumindest eines zeitlich kontinuierlich und periodisch variierenden Primärdrucks (p_v) an mindestens einem Ausgang des Druckmodulators (1), wobei der Primärdruck (p_v) in jeder Periode zwischen den Werten Null und einem Maximalwert (p_{max}) variiert;
und wobei der Ist-Bremsdruck (p_1, p_2) anhand des Soll-Bremsdrucks (p'_1, p'_2) an zumindest einen Radbremszylinder (R) mittels des zeitlich kontinuierlich und periodisch variierenden Primärdrucks (p_v) bereitgestellt wird, indem der Ist-Bremsdruck (p_1, p_2) in dem mindestens einem Radbremszylinder (R) erhöht wird durch Öffnen des mindestens einen Ventils (2) nur, wenn der Primärdruck (p_v) größer als der Ist-Bremsdruck (p_1, p_2) im entsprechenden Radbremszylinder (R) ist, und, indem der Ist-Bremsdruck (p_1, p_2) in dem mindestens einem Radbremszylinder (R) erniedrigt wird durch Öffnen des mindestens einen Ventils (2) nur, wenn der Ist-Bremsdruck (p_1, p_2) im entsprechenden Radbremszylinder (R) höher als der Primärdruck (p_v) ist.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung eines Bremssystems für ein Kraftfahrzeug sowie ein entsprechendes Bremssystem.

[0002] In Kraftfahrzeugen werden heutzutage Bremssysteme eingesetzt, die eine Bremskraftverstärkung umfassen, das heißt eine Pedalkraft wird in ein entsprechendes verstärktes Bremsmoment beim Abbremsen des Kraftfahrzeugs umgesetzt. Ebenso verfügen diese über eine Bremskraftregelung mittels offener oder geschlossener Regel- und Steuerkreise. Für eine Übertragung der Pedalkraft durch einen Fahrer des Kraftfahrzeugs mittels eines Pedals an die jeweiligen Radbremszylinder werden im PKW-Bereich üblicherweise Hydraulikleitungen eingesetzt.

[0003] Aus der DE 10 2005 055 751 A1 ist eine Bremsanlage mit einer Betätigungseinrichtung bekannt geworden. Die Bremsanlage umfasst einen motorisch betriebenen zentralen Hydraulikzylinder, der sequentiell einen jeweils durch eine Betätigung des Bremspedals vorgegebenen Bremsdruck am Radbremszylinder einstellt. Für einen Druckaufbau bzw. -abbau ist ein entsprechendes Magnetventil zwischen Radbremszylinder und zentralem Hydraulikzylinder angeordnet. Der zentrale Hydraulikzylinder sowie dessen Motor werden dabei nur dann betrieben, wenn eine Druckerhöhung oder Drucker-niedrigung an dem jeweiligen Radbremszylinder erfolgen soll. Dies bedingt eine hohe Dynamik des Motors für den zentralen Hydraulikzylinder. Ebenso ist ein derartiger Betrieb des Motors kostenintensiv und verursacht ebenfalls laute Geräusche.

[0004] In der WO 2006/ 066 993 A1 ist ein Drucksystem mit wenigstens zwei Druckkreisen beschrieben, wobei jeder der beiden Druckkreise jeweils eine Pumpe aufweist. Auch das in der DE 199 62 649 A1 offenbarte Bremsregelsystem umfasst zwei Bremskreise mit je einer Pumpe.

[0005] Ausgehend vom Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zu Grunde, eine Lebensdauer eines Bremssystems für ein Kraftfahrzeug zu verlängern.

Offenbarung der Erfindung

[0006] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zur Steuerung eines Bremssystems für ein Kraftfahrzeug gemäß dem Anspruch 1 und durch das Bremssystem für ein Kraftfahrzeug des Anspruchs 7 gelöst.

[0007] Unter Bereitstellen zumindest eines zeitlich kontinuierlich, insbesondere periodisch, variierenden Primärdrucks ist in der Beschreibung, insbesondere in den Ansprüchen, vorzugsweise zu verstehen, dass zumindest teilweise der zeitliche Verlauf des Primärdruckes vorgegeben wird.

Vorteile der Erfindung

[0008] Das in Anspruch 1 definierte Verfahren und das in Anspruch 7 definierte Bremssystem weisen die Vorteile auf, dass durch die kontinuierliche und periodische Variation des Primärdrucks ein kontinuierlicher Betrieb von Mitteln zur Bereitstellung des Primärdrucks, beispielsweise einem Hauptbremszylinder ermöglicht wird. Es wird daher nur ein einziger Antrieb, zum Beispiel ein Elektromotor, für die Variation letztlich des Bremsdruckes im Bremszylinder benötigt. Außerdem werden keine Rückförderpumpen benötigt, was die Kosten für die Herstellung des Bremssystems erheblich reduziert. Gleichzeitig werden auch wegen des kontinuierlichen Betriebs laute Geräusche, beispielsweise beim Druckaufbau oder Druckabbau vermieden. Schließlich wird eine Lebensdauer des Bremssystems damit ebenfalls erhöht, da ein gleichmäßigerer Betrieb der Mittel zur Bereitstellung eines Bremsdruckes ermöglicht wird.

[0009] Um eine noch höhere Lebensdauer zu ermöglichen, kann die Variation des Bremsdruckes nicht nur in kontinuierlicher respektive stetiger Form, sondern auch mittels einer im mathematischen Sinne glatten Form der Variation, also anhand einer glatten Kurve für den Verlauf des Bremsdruckes erfolgen.

[0010] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird der Primärdruck in Abhängigkeit der Art der Stellmittel verstärkt und/oder zeitlich moduliert. Der Vorteil hierbei ist, dass in Abhängigkeit der Stellmittel der vorgegebene Primärdruck verstärkt wird, beispielsweise wenn ein mechanisches Stellmittel in Form eines Bremspedals durch einen Fahrer betätigt wird und/oder beispielsweise bei automatischen Stellmitteln, insbesondere in Form eines elektronischen Stabilitätsprogramms, bei dem dann der vorgegebene Bremsdruck am Bremszylinder anhand des zeitlich kontinuierlich, insbesondere periodisch, variierenden Primärdrucks bereitgestellt wird.

[0011] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist der zeitlich kontinuierliche und periodisch, variierende Primärdruck einen Verlauf in Form eines Sinus, eines Dreiecks, eines Sägezahns und/oder einer Exponentialfunktion auf. Der Vorteil hierbei ist, dass die Flexibilität des Verfahrens wesentlich erhöht wird, da verschiedene unterschiedliche Verläufe des zeitlich variierenden Primärdrucks ganz oder auch abschnittsweise möglich

sind. Auf einfache Weise kann damit das Bereitstellen des vorgegebenen Bremsdrucks an äußere Bedingungen oder gewünschte Eigenschaften angepasst werden.

[0012] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung werden zwei zeitlich kontinuierlich und periodisch, variierende Primärdrücke mit gegenphasigem Verlauf zueinander bereitgestellt. Der Vorteil hierbei ist, dass zu jedem Zeitpunkt eine Anpassung des vorgegebenen Bremsdrucks möglich ist, also insbesondere eine positive und negative Änderung des vorgegebenen Bremsdruckes im Bremszylinder jederzeit möglich ist, da gleichzeitig ansteigende und absteigende Flanken zur Druckanpassung im Bremszylinder gemacht werden können.

[0013] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung erfolgt eine Erhöhung des Ist-Bremsdrucks am Bremszylinder während eines Anstiegs des zeitlich kontinuierlich variierenden Primärdrucks und/oder eine Erniedrigung des Ist-Bremsdrucks am Bremszylinder während eines Abfalls des zeitlich kontinuierlich variierenden Primärdrucks. Der Vorteil hierbei ist, dass auf diese Weise eine Erhöhung bzw. Erniedrigung des Ist-Bremsdrucks auf einfache und zuverlässige Weise erfolgt.

[0014] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung erfolgt eine Erhöhung des Ist-Bremsdruckes am Bremszylinder während eines Abfalls des zeitlich variierenden Primärdruckes und/oder eine Erniedrigung des Ist-Bremsdrucks am Bremszylinder während eines Anstiegs des zeitlich kontinuierlich variierenden Primärdrucks. Der Vorteil hierbei ist, dass damit auch zusätzlich eine Änderung des Bremsdruckes am Bremszylinder bei entgegengesetzten Änderungen des Primärdruckes erfolgen kann. Auf diese Weise wird die Flexibilität des Verfahrens weiter erhöht, gleichzeitig ist eine schnellere Anpassung des Bremsdruckes am Bremszylinder möglich.

[0015] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung des Bremssystems sind die Mittel zur Bereitstellung des Primärdrucks zusätzlich zur Verstärkung des Bremsdruckes ausgebildet. Der Vorteil hierbei ist, dass somit ein separater Bremskraftverstärker entfallen kann, und so das Bremssystem insgesamt kostengünstiger ausgeführt werden kann.

[0016] Das Bremssystem, insbesondere die Steuermittel und/oder die Mittel zum Bereitstellen des Primärdruckes können Ventile umfassen. Damit kann auf einfache und kostengünstige Weise der vorgegebene Bremsdruck bereitgestellt bzw. geregelt werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0017] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

[0018] Es zeigen

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Bremssystems gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2a, b Druckverläufe eines Verfahrens gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3a, b Druckverläufe eines Verfahrens gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen

[0019] **Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung eines Bremssystems gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. In **Fig. 1** bezeichnet Bezugszeichen 1 einen Druckmodulator 1 zum Vorgeben eines Soll-Bremsdruckes für einen Radbremszylinder R mittels eines Pedals 3, welches über eine Pedalstange 3a in Wirkverbindung mit dem Druckmodulator 1 steht. Weiterhin ist der Druckmodulator 1 über Leitungen L_1 mit Ventilen 2 verbunden, die wiederum über Leitungen L_2 jeweils mit einem Radbremszylinder R für dessen Betätigung verbunden sind. Entsprechend dem zeitlich kontinuierlich variierenden Druck im Druckmodulator 1 werden die Ventile 2 durch Steuermittel 2', die einerseits mit dem Druckmodulator 1, andererseits mit den Ventilen 2 für deren Steuerung verbunden sind, geöffnet oder geschlossen, um den durch das Pedal 3 vorgegebenen Soll-Bremsdruck an den jeweiligen Radbremszylindern R bereitzustellen (Ist-Bremsdruck).

[0020] **Fig. 2** zeigt Verläufe eines Verfahrens gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0021] In **Fig. 2a** ist ein Verlauf des Primärdruckes p_V gezeigt, dessen zeitlicher Verlauf Sinusform aufweist. In **Fig. 2a** ist in dem dort gezeigten p-t-Diagramm folgender Druckverlauf des Primärdruckes p_V gezeigt. Zu einem Zeitpunkt t_1 ist dieser Null und steigt dann im weiteren Verlauf bis zum Zeitpunkt t_3 auf einen Maximalwert p_{max} an und fällt dann wieder bis auf Null ab zum Zeitpunkt t_6 , steigt anschließend wieder an auf den Maximalwert p_{max} zum Zeitpunkt t_3 , und fällt dann wiederum bis auf Null ab. Der Verlauf des Primärdruckes p_V variiert dabei zwischen den Werten Null und dem Maximalwert p_{max} .

[0022] In **Fig. 2a** sind somit zwei volle Perioden des sinusförmigen Verlaufs des zeitlich kontinuierlich variierenden Primärdruckes p_V gezeigt. Weiterhin

sind Zeitpunkte t_1 - t_{14} gezeigt, die zu entsprechenden Zeitpunkten von Druckverläufen p_1 , p'_1 , p_2 , p'_2 gemäß **Fig. 2b** korrespondieren. In **Fig. 2b** bezeichnet Bezugszeichen p_1 einen Verlauf eines Ist-Bremsdruckes an einem Radbremszylinder eines linken Vorderrades, Bezugszeichen p_2 entspricht dem Ist-Bremsdruckverlauf eines Radbremszylinders eines rechten Vorderrades. Die korrespondierenden unterbrochen gezeichneten Druckverläufe p'_1 und p'_2 entspricht dem an dem jeweiligen Vorderrad einzustellenden Druck, also dem Soll-Bremsdruck der beispielsweise mittels des Bremspedals 3 (siehe **Fig. 1**) vorgegeben wird.

[0023] In der gesamten Beschreibung, insbesondere in den Ansprüchen, wird also als Ist-Bremsdruck der gegenwärtige Bremsdruck am jeweiligen Bremszylinder, insbesondere Radbremszylinder R bezeichnet, als Soll-Bremsdruck der am jeweiligen Bremszylinder, insbesondere Radbremszylinder R einzustellende Bremsdruck.

[0024] Zur Veranschaulichung des Verfahrens gemäß der ersten Ausführungsform wird dieses nun anhand der **Fig. 2a** und **Fig. 2b** und der Zeitpunkte t_1 - t_{14} beschrieben.

[0025] Der Verlauf des Ist-Bremsdruckes p_1 am rechten Vorderrad ist wie folgt: Für einen Zeitpunkt $t < t_1$ ist $p_1 = 0$, zwischen den Zeitpunkten t_1 und t_2 steigt der Ist-Bremsdruck p_1 entsprechend dem Verlauf des Primärdruckes p_V gemäß **Fig. 2a** an. Zwischen den Zeitpunkten t_2 bis t_5 ist der Ist-Bremsdruck p_1 konstant mit einem Wert c_1 . Zwischen den Zeitpunkten t_5 und t_6 nimmt der Ist-Bremsdruck p_1 gemäß dem Abfall des Primärdruckes p_V der **Fig. 2a** ab. Zwischen den Zeitpunkten t_6 und t_7 ist der Ist-Bremsdruck p_1 konstant mit einem Wert $c_2 < c_1$. Zum Zeitpunkt t_7 steigt der Ist-Bremsdruck p_1 gemäß korrespondierenden Anstieg des Primärdruckes p_V der **Fig. 2a** bis zum Zeitpunkt t_9 an. Anschließend ist der Ist-Bremsdruck p_1 wiederum konstant mit einem Wert $c_3 > c_1 > c_2$ ungleich Null bis zum Zeitpunkt t_{14} .

[0026] Der Ist-Bremsdruck p_2 des Bremszylinders R des linken Vorderrades ist dabei wie folgt: Vor dem Zeitpunkt t_1 und ab dem Zeitpunkt t_1 bis zum Zeitpunkt t_5 entspricht der Verlauf des Ist-Bremsdruckes p_2 dem des Ist-Bremsdruckes p_1 . Zum Zeitpunkt t_5 bleibt der Ist-Bremsdruck p_2 bis zum Zeitpunkt t_6 konstant mit dem Wert c_1 im Gegensatz zu dem Ist-Bremsdruck p_1 des Radbremszylinders des rechten Vorderrades. Zwischen dem Zeitpunkt t_8 und t_9 entspricht der Druckverlauf des Ist-Bremsdruckes p_2 dem des Ist-Bremsdruckes p_1 . Zum Zeitpunkt t_9 jedoch, im Gegensatz zum Verlauf des Ist-Bremsdruckes p_1 des Radbremszylinders des rechten Vorderrades, steigt der Ist-Bremsdruck p_2 bis zum Zeitpunkt t_{10} weiter an. Zwischen den Zeitpunkten t_{10} und t_{11} ist

der Druckverlauf p_2 konstant mit einem Wert c_4 der größer ist als der entsprechende konstante Wert c_3 des Ist-Bremsdruckes p_1 . Zum Zeitpunkt t_{11} fällt der Ist-Bremsdruck p_2 bis zum Zeitpunkt t_{13} ab und unterschreitet dabei zum Zeitpunkt t_{12} den Ist-Bremsdruck p_1 . Nach dem Zeitpunkt t_{13} bis zum Zeitpunkt t_{14} ist der Druckverlauf des Ist-Bremsdruckes p_2 konstant mit dem Wert C_1 .

[0027] Der am rechten Vorderrad einzustellende Bremsdruck also der Soll-Bremsdruck p'_1 weist den folgenden Verlauf auf: Bis zum Zeitpunkt t_1 ist der Soll-Bremsdruck p'_1 Null. Zum Zeitpunkt t_1 wird ein konstanter Druck c_1 ungleich Null bis zum Zeitpunkt t_4 vorgegeben. Zum Zeitpunkt t_4 ist der Soll-Bremsdruck p'_1 wieder Null bis zum Zeitpunkt t_6 . Zum Zeitpunkt t_6 wird ein zweiter konstanter Soll-Bremsdruck p'_1 mit Wert $c_3 > c_1$ vorgegeben, bis zum Zeitpunkt t_{14} . Ab dem Zeitpunkt t_{14} wird wieder ein Soll-Bremsdruck p'_1 gleich Null vorgegeben.

[0028] Der korrespondierende Druckverlauf des am Radbremszylinder R des linken Vorderrades vorgegebenen Bremsdruckes p'_2 ist dabei wie folgt: Bis zum Zeitpunkt t_3 entspricht der Verlauf des Soll-Bremsdruckes p'_2 dem Verlauf des Soll-Bremsdruckes p'_1 . Zum Zeitpunkt t_3 steigt der Soll-Bremsdruck p'_2 auf den Wert c_4 an. Dieser Wert c_4 wird vom Zeitpunkt t_3 bis zum Zeitpunkt t'' konstant als Soll-Bremsdruck p'_2 vorgegeben. Zum Zeitpunkt t_{11} fällt der Soll-Bremsdruck p'_2 wieder auf den Wert c_1 ab und bleibt bis zum Zeitpunkt t_{14} konstant.

[0029] Wie oben ausgeführt, wird beispielsweise durch ein elektronisches Stabilitätsprogramm zum Zeitpunkt t_1 ein bestimmter Soll-Bremsdruck p'_1 am Radbremszylinder R des rechten Vorderrades vorgegeben. Um diesen Soll-Bremsdruck p'_1 einzustellen, wird nun zum Zeitpunkt t_1 das entsprechende Ventil 2 zwischen Druckmodulator 1 und entsprechendem Radbremszylinder R geöffnet. Aufgrund des ansteigenden Verlaufs zwischen dem Zeitpunkt t_1 und t_2 des Primärdruckes p_V wird nun der Ist-Bremsdruck entsprechend dem Verlauf p_1 gemäß **Fig. 2b** aufgebaut. Zum Zeitpunkt t_2 , also wenn der Soll-Bremsdruck p'_1 dem Ist-Bremsdruck p_1 entspricht, wird das entsprechende Ventil 2 wieder geschlossen und es ist $p_1 = p'_1$. Der Druckmodulator 1 stellt jedoch weiter einen zeitlich kontinuierlich variierenden Primärdruck p_V gemäß **Fig. 2a** im weiteren zeitlichen Verlauf zur Verfügung. Aufgrund des jetzt geschlossenen Ventils 2 wird der entsprechende Radbremszylinder R nicht mit dem weiter ansteigenden Primärdruck p_V beaufschlagt.

[0030] Zum Zeitpunkt t_4 soll nun entsprechend dem Verlauf des Soll-Bremsdruckes p'_1 gemäß **Fig. 2b** der Ist-Bremsdruck auf Null reduziert werden. Der Primärdruck p_V des Druckmodulators 1 ist zum Zeitpunkt t_4 zwar abfallend, jedoch erreicht sein Wert erst

zum Zeitpunkt t_5 den Ist-Bremsdruck p_1 am Radbremszylinder R des rechten Vorderrades. Dementsprechend ist zwischen den Zeitpunkten t_4 und t_5 keine Druckreduzierung möglich, weil der Primärdruck p_V größer ist als der Ist-Bremsdruck p_1 . Zum Zeitpunkt t_5 , also wenn der Ist-Bremsdruck p_1 dem Primärdruck p_V entspricht, wird das Ventil geöffnet und Ist-Bremsdruck p_1 fällt entsprechend dem Primärdruck p_V des Druckmodulators 1 ab. Zum Zeitpunkt t_6 wird ein Soll-Bremsdruck p'_1 mit Wert c_3 am Radbremszylinder R vorgegeben. Zum Zeitpunkt t_6 ist jedoch der Primärdruck p_V auch abfallend, das heißt, würde nun ein entsprechendes Ventil 2 geöffnet, würde der Ist-Bremsdruck p_1 im entsprechenden Radbremszylinder R weiter fallen. Aus diesem Grund wird zum Zeitpunkt t_6 das entsprechende Ventil 2 geschlossen, so dass der Ist-Bremsdruck p_1 am rechten Radbremszylinder R nicht weiter abfällt. Zum Zeitpunkt t_7 ist der Primärdruck p_V wieder angestiegen auf den Wert c_2 . Das entsprechende Ventil 2 wird geöffnet bis zum Zeitpunkt t_9 , bei dem der Soll-Bremsdruck p'_1 dem Ist-Bremsdruck p_1 mit Wert c_3 entspricht. Anschließend wird das Ventil 2 geschlossen, das heißt $p'_1 = p_1 = c_3$. Der Primärdruck p_V des Druckmodulators 1 steigt weiter an.

[0031] Bis zum Zeitpunkt t_3 entspricht der Verlauf des Ist-Bremsdruckes p_2 jeweils dem entsprechenden Ist-Bremsdruckverlauf p_1 und der Druckverlauf p'_2 dem Druckverlauf p'_1 . Wird nun am linken Radbremszylinder R zum Zeitpunkt t_3 ein Soll-Bremsdruck $p'_2 = c_4$ eingestellt, kann dieser erst zum Zeitpunkt t_6 durch Öffnen des entsprechenden Ventils 2 damit beaufschlagt werden. Zum Zeitpunkt t_8 ist der Verlauf des Primärdruckes p_V ansteigend und weist den Ist-Bremsdruck des linken Radbremszylinders p_2 auf. Zum Zeitpunkt t_{10} wird das entsprechende Ventil 2 zum Radbremszylinder R des linken Vorderrades wieder geschlossen und der Soll-Bremsdruck p'_2 entspricht dem Ist-Bremsdruck p_2 . Der Primärdruck p_V steigt noch bis zum Zeitpunkt t_3 , mit $t_{10} < t_3 < t_{11}$ gemäß Fig. 2a an. Wird nun der Soll-Bremsdruck p'_2 auf den Wert c_1 verringert, wird zum Zeitpunkt t_{11} das entsprechende Ventil 2 geöffnet und der Ist-Bremsdruck p_2 verringert sich entsprechend dem absteigenden Verlauf des Primärdruckes p_V gemäß Fig. 2a. Erreicht der Primärdruck p_V gemäß Fig. 2a zum Zeitpunkt t_{13} den gewünschten Wert c_1 , wird das entsprechende Ventil 2 zum Radbremszylinder R des linken Rades wieder geschlossen und der Ist-Bremsdruck p_2 im linken Radbremszylinder bleibt konstant, wohingegen der Primärdruck p_V noch weiter abfällt.

[0032] Insgesamt basiert also die Druckanpassung in den jeweiligen Radbremszylindern R auf folgendem Prinzip: Soll der Bremsdruck an einem Radbremszylinder R erhöht werden, wird eine ansteigende Flanke des Verlaufs des Primärdruckes p_V des Druckmodulators 1 genutzt, indem ein entspre-

chendes Ventil 2 zwischen Druckmodulator 1 und entsprechendem Radbremszylinder R geöffnet wird. Ist der gewünschte Bremsdruck am Radbremszylinder R erreicht, wird das Ventil 2 geschlossen. Soll eine Druckreduzierung, also ein Nachlassen des Bremsdruckes am Radbremszylinder R, vorgenommen werden, wird hierzu die entsprechend abfallende Flanke des Primärdruckes p_V des Druckmodulators 1 genutzt, indem dann wiederum ein entsprechendes Ventil 2 zwischen Druckmodulator 1 und Radbremszylinder R geöffnet wird. Dabei findet die entsprechende Druckerhöhung bzw. Drucker-niedrigung nur statt bzw. das Ventil 2 ist nur dann geöffnet, wenn bei einer gewünschten Erhöhung des Druckes im Radbremszylinder der Primärdruck des Druckmodulators 1 größer ist als der Druck im entsprechenden Radbremszylinder R und bei einer gewünschten Erniedrigung der Druck im Radbremszylinder höher ist als der Primärdruck p_V des Druckmodulators 1.

[0033] Fig. 3 zeigt Druckverläufe eines Verfahrens gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. In Fig. 3a ist der Verlauf des Primärdruckes p_V identisch zum Verlauf des entsprechenden Primärdruckes p_V gemäß Fig. 2a zu den Zeitpunkten t_1 - t_{14} , t_3 und t_6 . Ebenso ist der Maximalwert des Primärdruckes p_{max} in den Fig. 2a und Fig. 3a identisch.

[0034] Nachfolgend werden nun die Verläufe des Ist-Bremsdruckes p_1 , p_2 am linken bzw. rechten Vorderrad sowie die Verläufe der vorgegebenen Bremsdrücke p'_1 , p'_2 beschrieben.

[0035] Der Verlauf des Ist-Bremsdruckes p_1 gemäß Fig. 3b entspricht dabei bis zum Zeitpunkt t_{14} der Fig. 3b dem Verlauf des Ist-Bremsdruckes p_1 gemäß Fig. 2b. Im Unterschied zu dem Verlauf des Ist-Bremsdruckes p_1 der Fig. 2b fällt der Druck zum Zeitpunkt t_{14} bis auf Null zu einem Zeitpunkt $t > t_{14}$ ab. Der Verlauf des Soll-Bremsdruckes p'_1 gemäß Fig. 3b entspricht dementsprechend dem Verlauf des Soll-Bremsdruckes p'_1 gemäß Fig. 2b. Ebenso entspricht der Verlauf des Soll-Bremsdruckes p'_2 gemäß Fig. 3b dem entsprechenden Verlauf des Soll-Bremsdruckes p'_2 gemäß Fig. 2b.

[0036] Im Unterschied zum Verfahren gemäß den Fig. 2a, Fig. 2b werden nun auch absteigende Flanken des Primärdruckes p_V zur Druckerhöhung des Druckes im Radbremszylinder R genutzt, ebenso wie aufsteigende Flanken des Primärdruckes p_V zur Druckerniedrigung im Radbremszylinder R genutzt werden. Zum Zeitpunkt t_3 wird eine positive Druckänderung des vorgegebenen Druckes am linken Vorderrad p_2 vorgenommen, d. h. der Soll-Bremsdruck p'_2 nimmt einen Wert $c_4 > c_1$ an. Zum Zeitpunkt t_3 ist der Primärdruck p_V des Druckmodulators 1 jedoch abfallend. Das entsprechende Ventil 2 wird nun trotz-

dem geöffnet, da der Primärdruck p_v größer ist als der Ist-Bremsdruck p_2 im Radbremszylinder R des linken Vorderrades. Dementsprechend steigt zwischen den Zeitpunkten t_3 und t_4 der Ist-Bremsdruck p_2 im entsprechenden Radbremszylinder R trotz abfallender Flanke des Primärdruckes p_v an. Zum Zeitpunkt t_4 ist der Ist-Bremsdruck p_2 im Radbremszylinder R im Wesentlichen gleich groß wie der Primärdruck p_v des Druckmodulators 1. Dementsprechend wird nun das Ventil 2 geschlossen, um einen Druckabfall im Radbremszylinder R aufgrund des weiter abfallenden Primärdruckes p_v zu vermeiden. Da der Primärdruck p_v bis zum Zeitpunkt t_6 fällt, wird das Ventil 2 geschlossen gehalten und der Ist-Bremsdruck p_2 am linken Radbremszylinder R bleibt konstant. Da allerdings der Primärdruck p_v zum Zeitpunkt t_4 bereits unter den Soll-Bremsdruck p'_2 mit dem Wert c_4 gefallen war, ist der Wert c'_4 Ist-Bremsdruck p_2 des Radbremszylinders R zwar größer als der Wert c_1 jedoch kleiner als der Soll-Bremsdruck mit dem Wert c_4 . Ab dem Zeitpunkt t_6 steigt der Primärdruck p_v gemäß **Fig. 3a** zwar wiederum an, jedoch ist erst zum Zeitpunkt t_{9a} der Primärdruck p_v größer als der Ist-Bremsdruck p_2 mit dem Wert c'_4 im linken Radbremszylinder R. Dementsprechend wird nun das Ventil 2 geöffnet, so dass aufgrund der ansteigenden Flanke des Primärdruckes p_v der Ist-Bremsdruck p_2 im linken Radbremszylinder ansteigt, bis der Wert des Ist-Bremsdruckes p_2 dem Soll-Bremsdruck p'_2 mit dem Wert c_4 entspricht. Anschließend wird das Ventil 2 zum Zeitpunkt t_{10} geschlossen. Der Primärdruck p_v steigt weiter bis zu einem Maximalwert zum Zeitpunkt t_3 an und fällt dann im weiteren Verlauf wieder ab. Der weitere Verlauf des Ist- bzw. Soll-Bremsdruckes p_2 bzw. p'_2 entspricht ab dem Zeitpunkt t_{11} wiederum dem Verlauf von p_2 bzw. p'_2 gemäß **Fig. 2b**.

[0037] Die Druckanpassung gemäß dem Verfahren der **Fig. 3a**, **Fig. 3b** basiert also auf dem Prinzip, dass zusätzlich absteigende und/oder aufsteigende Flanken des Primärdruckes p_v für eine Druckerhöhung/-erniedrigung des Ist-Bremsdruckes p_1 , p_2 im Radbremszylinder R genutzt werden.

[0038] Weiterhin ist es möglich, anhand der Zeitdauer der Öffnung eines entsprechenden Ventils 2 die Bereitstellung des Ist-Bremsdruckes an einem Radbremszylinder R zu variieren.

[0039] Daneben ist es ebenfalls möglich, den Druckmodulator 1 mit jeweils zwei Ausgängen für jeweils einen Radbremszylinder R zur Verfügung zu stellen. Der Druckmodulator 1 ist dann so ausgebildet, dass an den Ausgängen unterschiedlich variierende Druckverläufe p_v^1 und p_v^2 zur Verfügung gestellt werden, die insbesondere gegenphasig oder gegenläufig zueinander sind: Beispielsweise kann an einem Ausgang des Druckmodulators 1 ein Primärdruck p_v^1 in Sinusform und an dem zweiten Ausgang

ein zweiter Primärdruck p_v^2 in Kosinusform bereitgestellt werden. Damit ist es möglich, zu jedem Zeitpunkt Druck im entsprechenden Radbremszylinder R auf- oder abzubauen. Hierzu ist es erforderlich, zwei Leitungen mit zwei Ventilen für den Radbremszylinder R zur Verfügung zu stellen, die mit den entsprechenden Ausgängen verbunden sind.

[0040] Zusammenfassend weist die vorliegende Erfindung die Vorteile auf, dass der Bremsdruck an einzelnen Radbremszylindern nicht sequentiell geregelt werden muss, sondern jeder Radbremszylinder kann zu einem beliebigen Zeitpunkt auf den von dem Druckmodulator 1 zur Verfügung gestellten Primärdruck p_v zur Variation des Bremsdruckes im Radbremszylinder zurückgreifen. Damit ist es möglich, mehrere Radbremsdrücke gleichzeitig zu variieren. Selbstverständlich können im Rahmen der Erfindung entsprechende Steuergeräte Pumpen und Drucksensoren vorgesehen sein.

[0041] Obwohl die vorliegende Erfindung vorstehend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist sie nicht darauf beschränkt, sondern auf vielfältige Weise modifizierbar.

Patentansprüche

- Verfahren zur Steuerung eines Bremssystems für ein Kraftfahrzeug umfassend die Schritte Vorgeben eines Soll-Bremsdrucks (p'_1 , p'_2); Bereitstellen eines Ist-Bremsdruckes (p_1 , p_2) anhand des Soll-Bremsdrucks (p'_1 , p'_2) an zumindest einen Radbremszylinder (R) mittels eines Druckmodulators (1) durch: Bereitstellen zumindest eines zeitlich kontinuierlich und periodisch variierenden Primärdruckes (p_v) an mindestens einem Ausgang des Druckmodulators (1), wobei der Primärdruck (p_v) in jeder Periode zwischen den Werten Null und einem Maximalwert (p_{max}) variiert; und wobei der Ist-Bremsdruck (p_1 , p_2) anhand des Soll-Bremsdrucks (p'_1 , p'_2) an zumindest einen Radbremszylinder (R) mittels des zeitlich kontinuierlich und periodisch variierenden Primärdruckes (p_v) bereitgestellt wird, indem der Ist-Bremsdruck (p_1 , p_2) in dem mindestens einem Radbremszylinder (R) erhöht wird durch Öffnen des mindestens einen Ventils (2) nur, wenn der Primärdruck (p_v) größer als der Ist-Bremsdruck (p_1 , p_2) im entsprechenden Radbremszylinder (R) ist, und, indem der Ist-Bremsdruck (p_1 , p_2) in dem mindestens einem Radbremszylinder (R) erniedrigt wird durch Öffnen des mindestens einen Ventils (2) nur, wenn der Ist-Bremsdruck (p_1 , p_2) im entsprechenden Radbremszylinder (R) höher als der Primärdruck (p_v) ist.
- Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei der Primärdruck (p_v) in Abhängigkeit der Art der Stellmittel (3, 3a) verstärkt und/oder zeitlich moduliert wird.

3. Verfahren gemäß zumindest Anspruch 1, wobei der zeitlich kontinuierlich und periodisch variierende Primärdruck (p_v) einen Verlauf in Form eines Sinus, eines Dreiecks, eines Sägezahns und/oder einer Exponentialfunktion aufweist.

4. Verfahren gemäß zumindest Anspruch 1, wobei zwei zeitlich kontinuierlich variierende Primärdrücke (p_v) mit gegenphasigem Verlauf zueinander bereitgestellt werden.

5. Verfahren gemäß zumindest Anspruch 1, wobei eine Erhöhung des Ist-Bremsdrucks (p_1, p_2) am Radbremszylinder (R) während eines Anstiegs des zeitlich kontinuierlich variierenden Primärdruckes (p_v) erfolgt und/oder eine Erniedrigung des Ist-Bremsdrucks (p_1, p_2) am Radbremszylinder (R) während eines Abfalls des zeitlich kontinuierlich variierenden Primärdruckes (p_v) erfolgt.

6. Verfahren gemäß zumindest Anspruch 1, wobei eine Erhöhung des Ist-Bremsdrucks (p_1, p_2) am Radbremszylinder (R) während eines Abfalls des zeitlich kontinuierlich variierenden Primärdruckes (p_v) erfolgt und/oder eine Erniedrigung des Ist-Bremsdrucks (p_1, p_2) am Radbremszylinder (R) während eines Anstiegs des zeitlich kontinuierlich variierenden Primärdruckes (p_v) erfolgt.

7. Bremssystem (S) für ein Kraftfahrzeug umfassend

Stellmittel (3, 3a) zur Vorgabe eines Soll-Bremsdrucks (p'_1, p'_2), an zumindest einen Radbremszylinder (R);

Mitteln (1, L_1, L_2) umfassend einen Druckmodulator (1) zur Bereitstellung eines Primärdruckes (p_v), wobei der Druckmodulator (1) über Leitungen (L_1, L_2) umfassend mindestens ein Ventil (2) des zumindest einen Radbremszylinders (R) mit dem zumindest einen Radbremszylinder (R) hydraulisch verbunden ist; sowie

einem Steuermittel (2') zur Steuerung eines Ist-Bremsdrucks (p_1, p_2) im Radbremszylinder (R) entsprechend dem Soll-Bremsdruck (p'_1, p'_2) anhand der Stellmittel (3, 3a);

wobei die Mittel (1, L_1, L_2) zur Bereitstellung des Primärdruckes derart ausgebildet sind, dass mittels des Druckmodulators (1) ein zeitlich kontinuierlich und periodisch variierender Primärdruck (p_v), welcher in jeder Periode zwischen den Werten Null und einem Maximalwert (p_{max}) variiert, an mindestens einem Ausgang des Druckmodulators bereitstellbar ist; und

und wobei mittels einer zeitlich kontinuierlichen und periodischen Variation des Primärdruckes (p_v) über die Zeit der Ist-Bremsdruck (p_1, p_2) anhand des durch Stellmittel (3, 3a) vorgegebenen Soll-Bremsdruckes an den zumindest einen Radbremszylinder (R) bereitstellbar ist, indem der Ist-Bremsdruck (p_1, p_2) in dem mindestens einem Radbremszylinder (R)

erhöht wird durch Öffnen mindestens eines Ventils (2) nur, wenn der Primärdruck (p_v) größer als der Ist-Bremsdruck (p_1, p_2) im entsprechenden Radbremszylinder (R) ist, und, indem der Ist-Bremsdruck (p_1, p_2) in dem mindestens einem Radbremszylinder (R) erniedrigt wird durch Öffnen des mindestens einen Ventils (2) nur, wenn der Ist-Bremsdruck (p_1, p_2) im entsprechenden Radbremszylinder (R) höher als der Primärdruck (p_v) ist.

8. Bremssystem gemäß Anspruch 7, wobei die Mittel (1, L_1, L_2) zur Bereitstellung des Primärdruckes (p_v) zusätzlich zur Verstärkung des Primärdruckes (p_v) ausgebildet sind.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

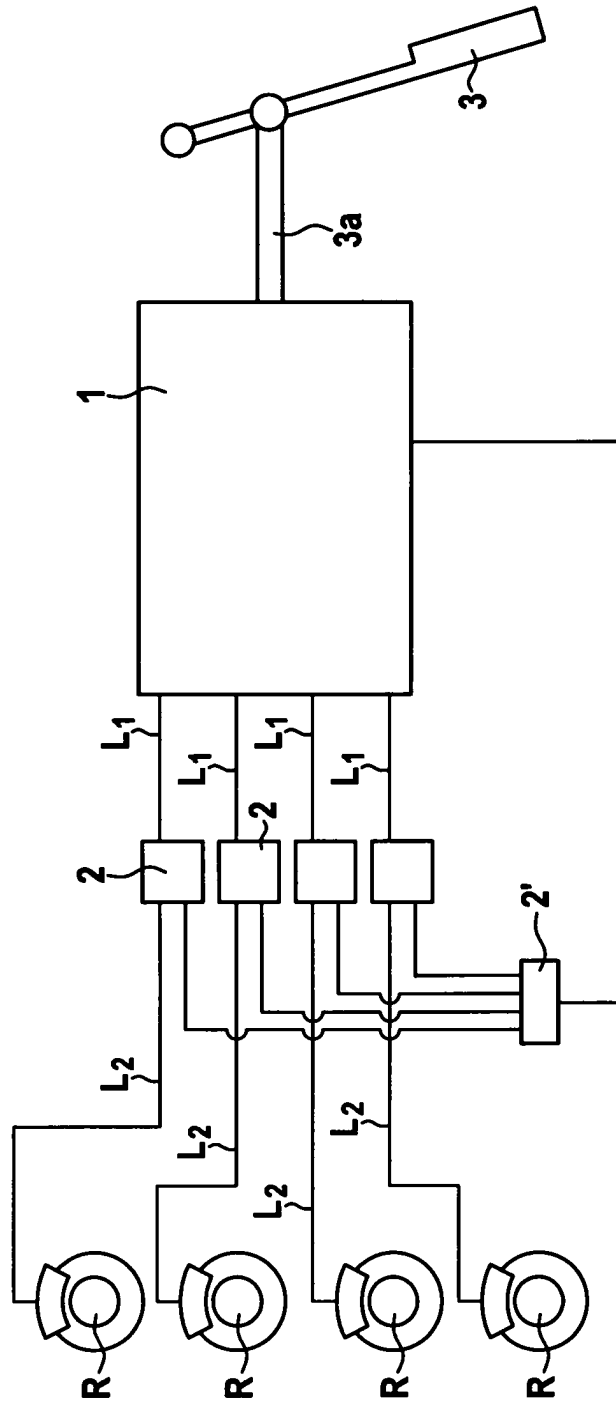


Fig. 1

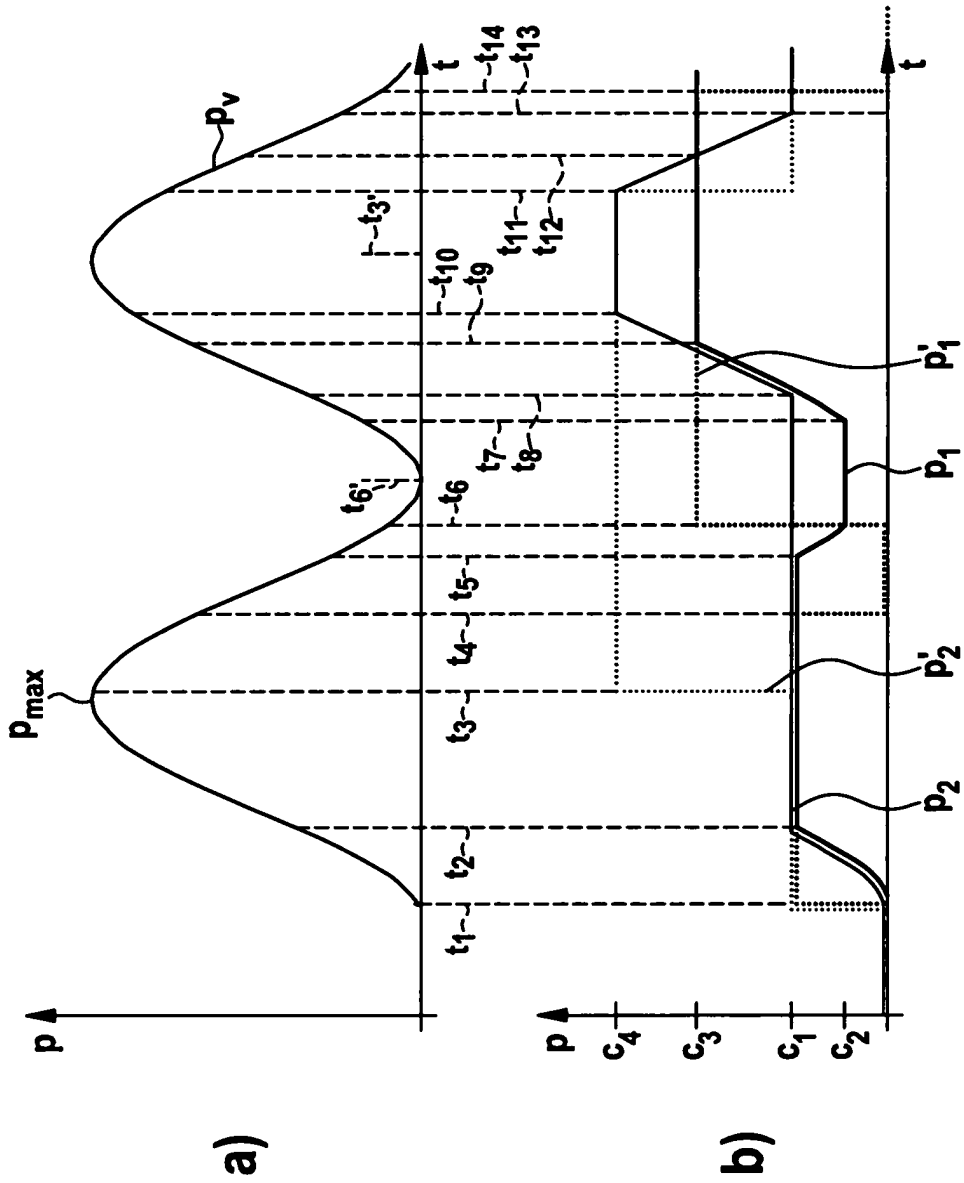


Fig. 2

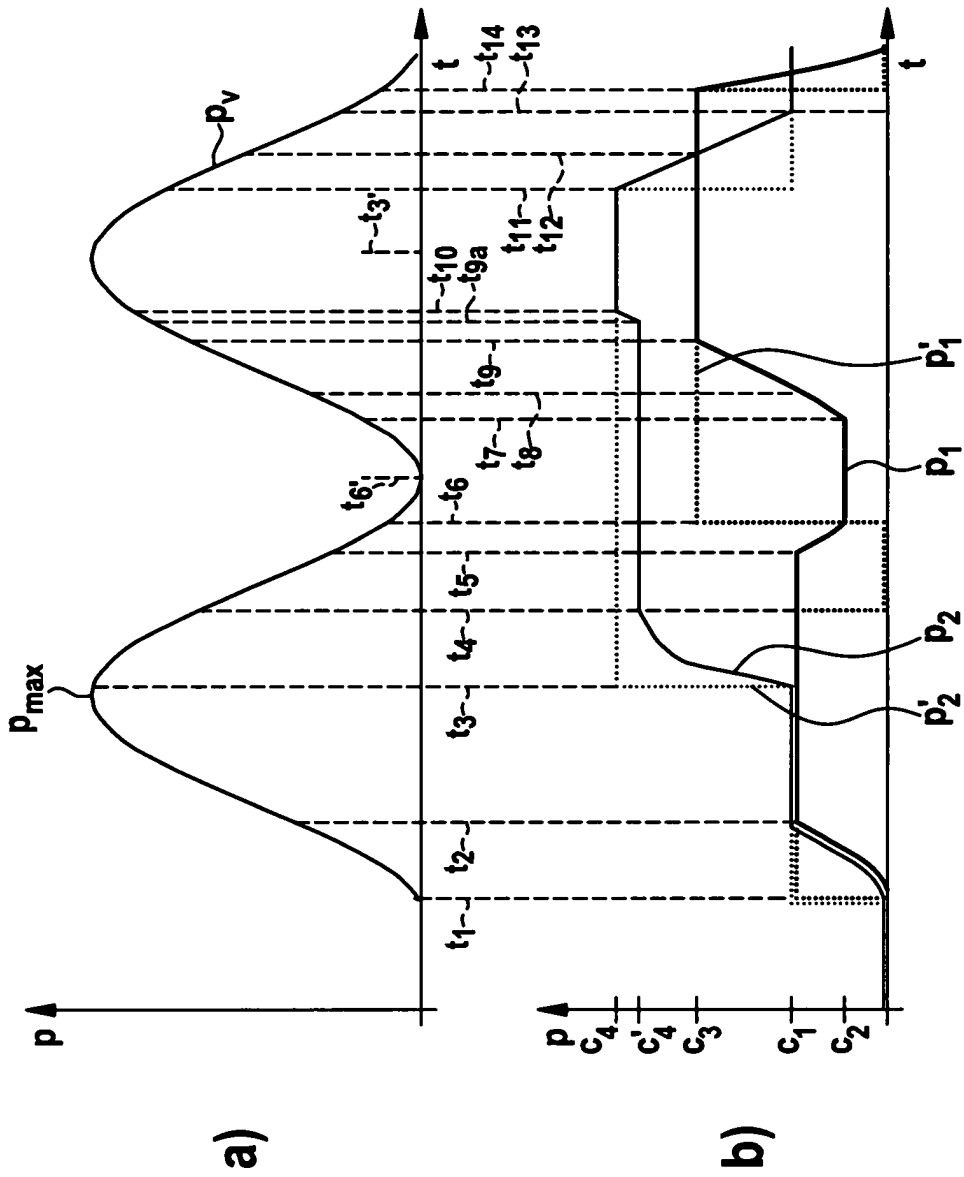


Fig. 3