



(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**

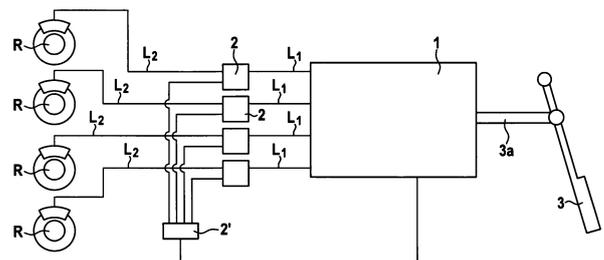
(72) Erfinder:  
**Overzier, Frank, 71116 Gärtringen, DE; Harter,  
Werner, 75428 Illingen, DE**

(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

1. 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.
2. 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

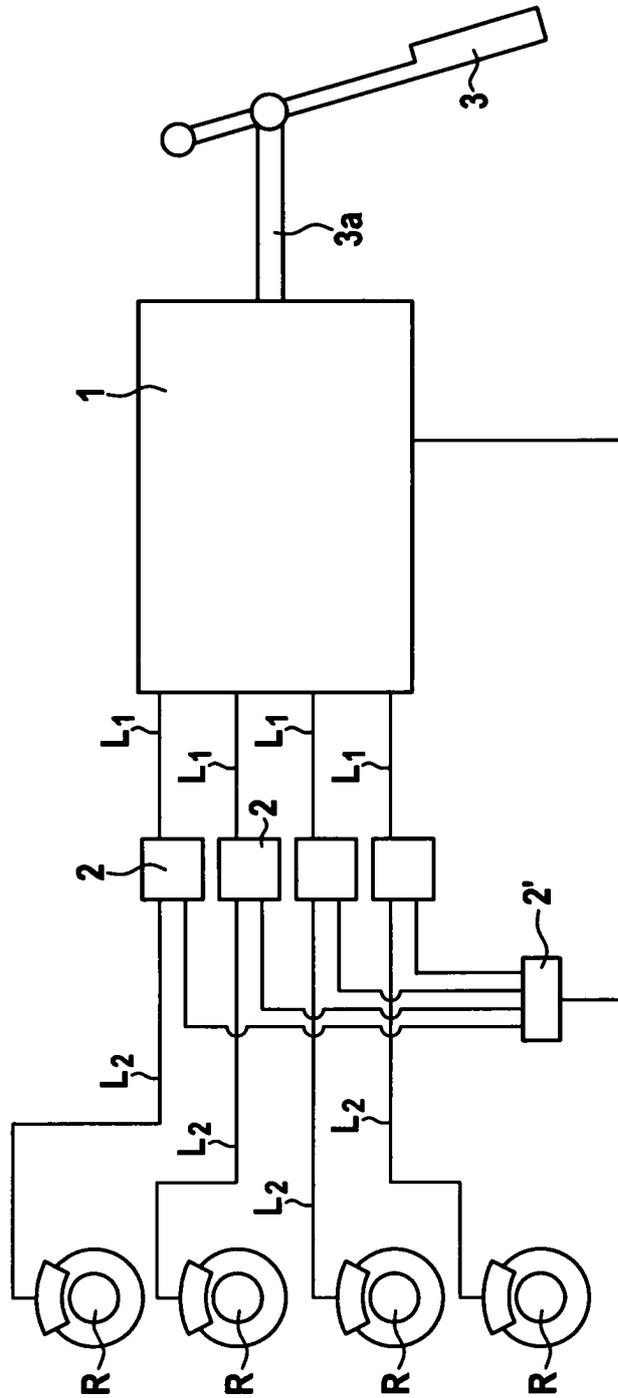


Fig. 1

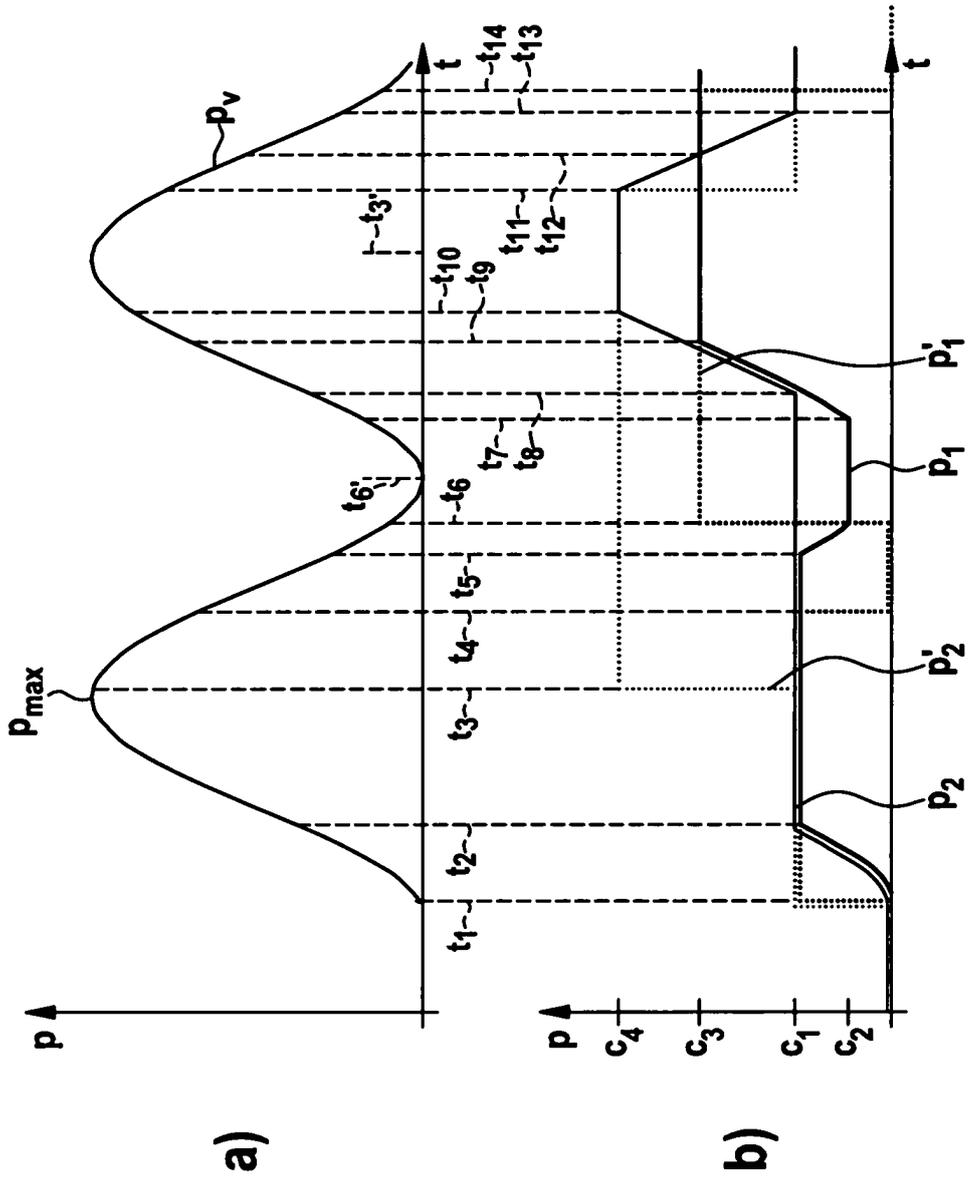


Fig. 2

