



(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **196 53 230.2**

(51) Int Cl.: **B60T 8/26 (2006.01)**

(22) Anmelddatag: **20.12.1996**

**B60T 8/32 (2006.01)**

(43) Offenlegungstag: **25.06.1998**

**B60T 8/50 (2006.01)**

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **15.03.2012**

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. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

**Robert Bosch GmbH, 70469, Stuttgart, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE	<b>31 38 647</b>	A1
DE	<b>41 12 388</b>	A1
DE	<b>41 41 354</b>	A1
DE	<b>42 36 047</b>	A1
DE	<b>195 10 746</b>	A1
DE	<b>195 11 152</b>	A1
DE	<b>196 20 037</b>	A1
US	<b>5 281 012</b>	A
EP	<b>0 509 237</b>	B1

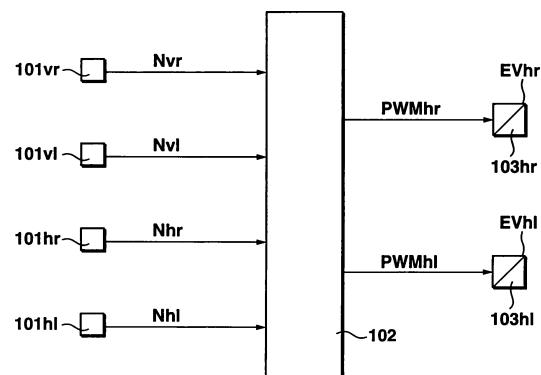
(72) Erfinder:

**Zechmann, Juergen, 74081, Heilbronn, DE;**  
**Diehle, Stefan, 70825, Korntal-Münchingen, DE**

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

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Steuerung der Bremsanlage eines Kraftfahrzeugs, wobei zur Verteilung der Bremswirkung zwischen wenigstens einem Vorder- und einem Hinterrad wenigstens der Bremsdruck ( $P_{HA}$ ) in den Radbremsen eines Hinterrades derart beeinflusst wird, dass eine Differenz ( $\Delta P$ ) zwischen dem Bremsdruck des Vorder- und des Hinterrades eingestellt wird, und wobei bei Vorliegen einer vorgebbaren Bedingung die eingestellte Differenz zwischen dem Bremsdruck des Vorder- und des Hinterrades verringert wird, dadurch gekennzeichnet, dass

- das Vorliegen der vorgebbaren Bedingung wenigstens abhängig von einer erfassten, die Fahrzeuggeschwindigkeit repräsentierenden Größe ( $V_1$ ) ermittelt wird
- die Angleichung des Bremsdrucks zu einem Zeitpunkt ( $T_3$ ) begonnen wird, der abhängig ist von der Fahrzeuggeschwindigkeit ( $V_1$ ), und
- die eingestellte Differenz ( $\Delta P$ , Verläufe A, B) kontinuierlich verringert wird.



**Beschreibung****Stand der Technik**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung der Bremsanlage eines Fahrzeugs gemäß den Oberbegriffen der unabhängigen Patentansprüche.

**[0002]** Aus der DE,A1,195 10 746 ist die Steuerung der Bremsanlage eines Kraftfahrzeugs bekannt, wobei zur Verteilung der Bremswirkung zwischen wenigstens einem Vorder- und einem Hinterrad wenigstens der Bremsdruck in den Radbremsen eines Hinterrades derart beeinflusst wird, dass eine Differenz zwischen dem Bremsdruck des Vorder- und des Hinterrades eingestellt wird. Eine Verringerung der so eingestellten Differenz erfolgt nur durch eine vom Fahrer des Fahrzeugs bewirkte Absenkung des Vorderradbremssdrucks. Bei einem solchen System kann es zu einer übermäßigen thermischen Belastung des Ventils beziehungsweise der Ventile kommen, mittels dem beziehungsweise mittels der die Differenz der Bremsdrücke eingestellt wird. Darüber hinaus kann es vorkommen, dass der Fahrer des Fahrzeugs das Fahrzeug außer Betrieb setzt (Unterbrechen der Strom-/Spannungszufuhr durch Ausschalten der Zündung) während er die Bremse noch betätigt. In diesem Fall führt die eingestellte Druckdifferenz bei Ausschalten der Zündung zu einem für den Fahrer unangenehmen "Durchfallen" des Bremspedals, was bedeutet, dass die am Bremspedal vom Fahrer wahrgenommene Gegenkraft durch den plötzlichen Druckangleich merklich geringer wird.

**[0003]** Zur elektronischen Bremskraftverteilung soll auch auf die EP,B1,0 509 237 (US 5,281,012) verwiesen werden.

**[0004]** Aus der nicht vorveröffentlichten DE-Anmeldung mit dem Aktenzeichen DE 196 20 037.7 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ansteuerung eines Magnetventils zur Steuerung eines Bremsdrucks bekannt. Das Ventil umfasst eine Spule und einen beweglichen Anker, wobei zur Bewegung des Ankers die Spule mit Strom und/oder Spannung beaufschlagt wird. Die Beaufschlagung erfolgt dabei getaktet mit einem vorgebbaren Tastverhältnis, wodurch das Magnetventil durch ein entsprechendes getaktetes Ansteuern als Schaltventil betreibbar ist. Hierdurch kann ein kontinuierlicher Verlauf der Bremsdrucks erreicht werden.

**[0005]** Aus der DE 31 38 647 A1, der DE 41 41 354 A1 und DE 42 36 047 A1 ist es bekannt, durch stufenlose Modulation des Bremsdrucks Schaltventile pulsweitenmoduliert mit hoher Frequenz anzusteuern. Dadurch lässt sich ein ruckfreies kontinuierliches Verstellen von Druckregel-

ventilen hydraulischer Fahrzeugbremsanlagen erreichen.

**[0006]** Aus der den Oberbegriff der unabhängig formulierten Ansprüche bildenden DE,A1,195 11 152 ist ein System zur Einstellung einer Bremskraftverteilung zwischen den Vorder- und den Hinterrädern bekannt. Insbesondere ist dort für den Notfallbetrieb vorgesehen, dass durch eine Steuereinheit wenigstens an den Hinterradbremsen Druck aufgebaut und abgebaut wird, indem durch abwechslungsweisen Druckaufbau und Druckabbau an den Hinterradbremsen ein Sättigungsdruckwert eingestellt wird, welcher sich unterhalb des vom Fahrer vorgegebenen Vordrucks befindet. Zum Schutz der Komponenten vor thermischer Überlastung bei lang anstehendem Bremswunsch wird nach Ablauf einer vorgegebenen maximalen Zeit eine Druckaufbaupulsreihe ausgegeben, welche den Hinterradbremssdruck rampenförmig an den vom Fahrer vorgegebenen Vordruck heranführt. Durch die Druckaufbaupulsreihe sind im allgemeinen am Bremspedal komfortmindernde Pulsationen für den Fahrer des Fahrzeugs spürbar. Darüber hinaus sollte sichergestellt sein, dass die fahrsicherheitssteigernde Differenz zwischen dem Bremsdruck den Vorder- und den Hinterrädern nur dann verringert wird, wenn ausgeschlossen werden kann, dass diese Verringerung nicht zu fahrkritischen Situationen führt.

**[0007]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine komfortable und sichere Bremswirkungsverteilung zu gewährleisten.

**[0008]** Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst.

**Vorteile der Erfindung**

**[0009]** Wie erwähnt geht die Erfindung aus von einem System zur Steuerung der Bremsanlage eines Kraftfahrzeugs, bei dem zur Verteilung der Bremswirkung zwischen wenigstens einem Vorder- und einem Hinterrad wenigstens der Bremsdruck in den Radbremsen eines Hinterrades beeinflusst wird. Diese Beeinflussung geschieht derart, dass eine Differenz zwischen dem Bremsdruck des Vorder- und des Hinterrades eingestellt wird. Bei Vorliegen einer vorgebbaren Bedingung wird die eingestellte Differenz zwischen dem Bremsdruck des Vorder- und des Hinterrades verringert.

**[0010]** Der Kern der Erfindung besteht nun darin, dass das Vorliegen der vorgebbaren Bedingung wenigstens abhängig von einer erfassten, die Fahrzeuggeschwindigkeit repräsentierenden Größe geschieht und die eingestellte Differenz kontinuierlich verringert wird. Durch die Erfindung wird der Zeitpunkt, an dem eine Angleichung der Druckniveaus zwischen den Hinter- und den Vorderradbremsen gefahrlos stattfinden kann, sicher ermittelt, da

der Zeitpunkt, zu dem die fahrsicherheitssteigernde Bremskraftverteilung nicht mehr benötigt wird, eng mit der Fahrzeuglängsgeschwindigkeit zusammenhängt. Darüber hinaus wird durch den erfindungsgemäß kontinuierlich stattfindenden Druckangleich die obenerwähnte für den Fahrer spürbare Rückwirkung am Bremspedal komfortsteigernd vermindert beziehungsweise vermieden.

**[0011]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Verringerung der eingestellten Differenz dadurch geschieht, dass der Bremsdruck des Hinterrades kontinuierlich dem Bremsdruck des Vorderrades angenähert wird. Der Bremsdruck an den Vorderrädern entspricht im allgemeinen dem durch den Fahrer mittels des Bremspedals und des Hauptbremszylinders eingestellten Vordruck.

**[0012]** Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die vorgebbare Bedingung, bei deren Eintritt der erfindungsgemäße Druckangleich stattfindet, dann vorliegt, wenn die erfasste, die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit repräsentierende Größe einen vorgebbaren Schwellwert unterschreitet. Dies hat den Grund, dass die fahrsicherheitssteigernde Bremskraftverteilung bei niedrigen Fahrzeuggeschwindigkeiten gefahrlos vermindert beziehungsweise kontinuierlich abgestellt werden kann.

**[0013]** Die kontinuierliche Verringerung der eingestellten Differenz kann dadurch geschehen, dass wenigstens ein den Bremsdruck in dem Hinterrad steuerndes elektromagnetisches Ventil pulsweitenmoduliert angesteuert wird. Insbesondere ist vorgesehen, dass es sich bei diesen Ventilen um die Einlaßventile handelt, mittels der bei den an sich bekannten Antiblockier-, Antriebsschlupf- oder Fahrdynamikregelungssystemen der Bremsdruck in die Hinterradbremse eingespeist wird. Besonders vorteilhaft ist es dabei, dass die Ansteuerung dieser Ventile pulsweitenmoduliert erfolgt. Da diese Ventile im allgemeinen stromlos offen sind, wird zur Begrenzung des Hinterradbremssdrucks das Schließen der Einlaßventile durch das Ansteuern der Ventile mit einem entsprechenden Strom bewirkt. Die zum erfindungsgemäßen Druckangleich notwendige pulsweitenmodulierte Ansteuerung geschieht dabei derart, dass der Strom in dem elektromagnetischen Ventil in vorgebarer Weise kontinuierlich abfällt.

**[0014]** Weitere Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen sowie aus den abhängigen Patentansprüchen.

#### Zeichnung

**[0015]** Die [Fig. 1](#) zeigt ein Übersichtsblockschatzbild, während die [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) Abläufe darstellen. Die [Fig. 4](#) macht die Erfindung anhand von

Druck- und Geschwindigkeitsverläufen deutlich. Die [Fig. 5](#) bis [Fig. 8](#) zeigen die pulsweitenmodulierte Ansteuerung eines Ventils wie sie aus der nicht vorveröffentlichten DE-Anmeldung mit dem Aktenzeichen DE 196 20 037.7 bekannt ist.

#### Beschreibung von Ausführungsbeispielen

**[0016]** Anhand der folgenden Ausführungsformen wird die Erfindung beispielhaft näher beschrieben.

**[0017]** Die [Fig. 1](#) zeigt ein Übersichtsblockschatzbild mit den wesentlichen Komponenten einer elektronischen Bremskraftverteilung bei einem vierrädrigen Fahrzeug. Der Steuereinheit **102** werden die Signale der Raddrehzahlsensoren **101ij** zugeführt. Der Index i gibt dabei die Zugehörigkeit zur hinteren oder vorderen Achse und der Index j die Zugehörigkeit zur rechten oder linken Fahrzeugseite an. Abhängig von den erfassten Raddrehzahlen wird in an sich bekannter Weise (siehe EP,B1,0 509 237/US 5,281,012 oder DE,A1,195 10 746) der Zeitpunkt T1 ([Fig. 4](#)) bestimmt, an dem nach einem Bremsvorgang zum Zeitpunkt T0 ([Fig. 4](#)) der Hinterradbremssdruck  $P_{HA}$  nicht mehr dem Vorderradbremssdruck folgt. Dies geschieht durch eine Ansteuerung der Einlaßventile **103hr** und **103hl** der Hinterradbremsen. Diese Einlaßventile sind bei Fahrzeugen mit einem an sich bekannten Antiblockier-, Antriebschlupf- oder Fahrdynamikregelungssystem zur Unterbrechung der Bremsdruckeinspeisung an den Rädern vorgesehen. Diese Ventile sind im allgemeinen im stromlosen Zustand geöffnet. Soll also zum Zeitpunkt T1 ([Fig. 4](#)) eine Begrenzung des Hinterradbremssdrucks erzielt werden, so werden die Einlaßventile **103ij** mit einem entsprechend dimensionierten Strom (Ansteuersignal  $PWM_{ij}$ ) beaufschlagt.

**[0018]** Die [Fig. 2](#) zeigt schematisch den Ablauf der elektronischen Bremskraftverteilung wie er beispielsweise aus der erwähnten DE,A1,195 10 746 oder EP,B1,0 509 237 (US 5,281,012) bekannt ist. Nach dem Startschritt **201** werden im Schritt **202** die Drehzahlsignale  $N_{ij}$  eingelesen. Im Schritt **203** wird aus diesen Signalen  $N_{ij}$  in bekannter Weise eine die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit repräsentierende Größe  $V_1$  gebildet. Hieraus können die Schlupfwerte  $\lambda_v$  und  $\lambda_h$  für den Radschlupf an den Vorder- und den Hinterrädern abgeleitet werden. Abhängig von den Schlupfwerten (oder direkt abhängig von den Radgeschwindigkeiten  $N_{ij}$ ) wird im Schritt **204** in bekannter Weise bestimmt, ob eine Bremsdruckbegrenzung an den Hinterrädern eingeleitet werden soll. Ist dies nicht der Fall, so wird im Schritt **205** das Signal  $EBV_{off}$  gebildet. Soll jedoch eine Druckbegrenzung stattfinden, so wird nach einer entsprechenden Ansteuerung der Einlaßventile **103ij** (Schritt **206**) im Schritt **207** das Signal  $EBV_{on}$  gebildet. Nach dem Endschritt **208** wird der in der [Fig. 2](#) gezeigte Ablauf erneut durchlaufen.

**[0019]** Neben dem in der [Fig. 2](#) dargestellten Ablauf wird der in der [Fig. 3](#) skizzierte Ablauf durchlaufen. Nach dem Startschritt **301** wird im Schritt **302** der im Schritt **203** ([Fig. 2](#)) gebildete, die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit repräsentierende Wert  $V_1$  eingelesen. Im Schritt **303** wird dieser Geschwindigkeitswert  $V_1$  mit einem Schwellwert SW, der beispielsweise im Bereich von 3 km/h liegen kann, verglichen. Überschreitet die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_1$  den Schwellwert SW, so wird direkt zum Endschritt **306** übergegangen.

**[0020]** Unterschreitet jedoch die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_1$  den Schwellwert SW, so wird im Schritt **304** abgefragt, ob das Signal EBV momentan den Wert EBV<sub>on</sub> aufweist (Schritt **207**). Der Wert EBV<sub>on</sub> bedeutet dabei, dass momentan eine Druckbegrenzung stattfindet und somit eine Bremsdruckdifferenz zwischen den Hinter- und Vorderrädern vorliegt. In diesem Fall wird von dem Schritt **304** zu den Schritt **305** übergegangen. Im Schritt **305** wird der an den (zu diesem Zeitpunkt T3 geschlossenen) Magnetventilen **103ij** anliegende Ventilstrom Iv gemäß einer vorgebaren zeitlichen Funktion kontinuierlich abgesenkt. Zu den Ventilen **103ij** und deren pulsweitenmodulierten Ansteuerung PWM<sub>ij</sub> soll anhand der noch zu beschreibenden [Fig. 5](#) bis [Fig. 8](#) eingegangen werden.

**[0021]** Wird im Schritt **304** festgestellt, dass keine Bremsdruckbegrenzung vorliegt, so wird direkt zum Endschritt **306** übergegangen. Nach dem Endschritt **306** wird der in der [Fig. 3](#) gezeigte Ablauf erneut durchlaufen.

**[0022]** Die [Fig. 4](#) zeigt das zeitliche Verhalten beziehungsweise die zeitliche Korrelation der Fahrzeuglängsgeschwindigkeit (Signalwert  $V_1$ ), des Vordrucks  $P_{vor}$  und des Hinterachsbremsdrucks  $P_{HA}$ . Der Vordruck  $P_{vor}$  wird dabei in bekannter Weise durch den Fahrer über das Bremspedal mittels des Hauptbremszylinders vorgegeben und entspricht dem Vorderradbremssdruck.

**[0023]** Zum Zeitpunkt T0 betätigt der Fahrer das Bremspedal, wodurch zunächst in gleicher Weise Bremsdruck in die Vorder- und Hinterräder eingespeist wird. Zum Zeitpunkt T1 wird eine Druckbegrenzung an den Hinterradbremsen eingeleitet (Schritt **204** in [Fig. 2](#)), so dass der Bremsdruck  $P_{vor}$  an den Vorderrädern weiter steigt, während der Bremsdruck  $P_{HA}$  der Hinterräder einem Sättigungswert einnimmt. Die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_1$  nimmt während des Bremsvorgangs ab.

**[0024]** Wie in der [Fig. 4](#) zu sehen ist, herrscht am Ende eines Bremsvorgangs mit einer Bremsdruckbegrenzung ein Druckunterschied  $\Delta P$ , der sich aus der beträchtlichen Differenz zwischen den Bremsdrücken  $P_{vor}$  und  $P_{HA}$  ergibt ( $\Delta P = |P_{vor} - P_{HAL}|$ ). Diese Differenz sollte nicht zu lange aufrechterhalten werden,

insbesondere dann nicht, wenn die Aufrechterhaltung dieser Differenz keine fahrsicherheitssteigernde Wirkung mehr hat. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn der Fahrer nach dem Bremsvorgang beispielsweise vor einer Ampel steht (z. B. Ampelstop am Berg). Hierbei hält der Fahrer das Bremspedal noch niedergedrückt, obwohl das Fahrzeug steht. Durch ein zu langes Aufrechterhalten der Differenz  $\Delta P$  kann es zu einer übermäßigen thermischen Belastung des Einlaßventils **102ij** kommen. Aber selbst wenn die Magnetventile **103ij**, beispielsweise durch eine pulsweitenmodulierte Ansteuerung, derart ausgelegt sind, dass sie die Differenz  $\Delta P$  längere Zeit aufrechterhalten können, macht es technisch keinen Sinn, eine Funktion wie die elektronische Bremskraftverteilung länger aufrechtzuerhalten als sie erforderlich ist.

**[0025]** Weiterhin kann ein zu langes Halten der Differenz  $\Delta P$  zu folgendem Verhalten führen: Der Fahrer, der das Fahrzeug nach einem Bremsvorgang mit noch betätigtem Bremspedal abstellt (Zündung aus), spürt ein unangenehmes und überraschendes Nachgeben des Bremspedals, wenn die Einlaßventile durch die abgestellte Strom- bzw. Spannungszufuhr den Druckausgleich mehr oder weniger abrupt einleiten.

**[0026]** Aus diesen Gründen wird, wie in der [Fig. 4](#) zu sehen ist, am Ende des Bremsvorgangs ein Druckangleich eingeleitet.

**[0027]** Wie in der eingangs erwähnten DE,A1,195 11 152 beschrieben kann zum Schutz der Komponenten vor thermischer Überlastung bei lang anstehendem Bremswunsch nach Ablauf einer vorgegebenen maximalen Zeit eine Druckaufbaupulsreihe ausgegeben werden. Dies ist in der [Fig. 4](#) beginnend mit dem Zeitpunkt T2 mit dem Verlauf A dargestellt. Wie schon eingangs erwähnt sind durch die Druckaufbaupulsreihe im allgemeinen am Bremspedal komfortmindernde Pulsationen für den Fahrer des Fahrzeugs spürbar. Darüber hinaus sollte sicher gestellt sein, dass die fahrsicherheitssteigernde Differenz zwischen dem Bremsdruck den Vorder- und den Hinterrädern nur dann verringert wird, wenn ausgeschlossen werden kann, dass diese Verringerung nicht zu fahrkritischen Situationen führt.

**[0028]** Die Angleichung des Bremsdrucks wird erfahrungsgemäß zum Zeitpunkt T3 begonnen, wobei dieser Zeitpunkt dadurch vorgegeben wird, dass die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $V_1$  einen niedrigen Schwellwert SW (z. B. 3 km/h) unterschreitet (Schritt **303** in der [Fig. 3](#)). Die im Schritt **304** abgefragte Bedingung, dass eine Bremsdruckbegrenzung (EBV<sub>on</sub>) und damit eine abzubauende Differenz  $\Delta P$  vorliegt, ist zu dem Zeitpunkt T3 gegeben.

**[0029]** Zum Zeitpunkt T3 wird nun erfindungsgemäß nicht durch eine Druckaufbaupulsreihe (Verlauf A) oder gar durch ein schlagartiges Öffnen der Ventile **103ij** der Druckausgleich bewirkt, sondern es werden die Ventile **103ij** derart angesteuert, dass der Angleich langsam und kontinuierlich (stufenlos) abläuft (Verläufe B oder C). Wie ein solcher kontinuierlicher Verlauf mit einer pulsweitenmodulierten Ventilansteuerung zu realisieren ist soll im folgenden kurz beschrieben werden, wobei diese Beschreibung im wesentlichen auf die nicht nicht vorveröffentlichte DE-Anmeldung mit dem Aktenzeichen DE 196 20 037.7 zurückgeht.

**[0030]** In [Fig. 5](#) sind die wesentlichen Elemente der pulsweitenmodulierten Ansteuerung dargestellt. Der Verbraucher **103ij'** steht mit seinem ersten Anschluß mit der Versorgungsspannung Ubat in Verbindung. Sein zweiter Anschluß steht mit einem Schaltmittel **110** in Kontakt. Das Schaltmittel **110** verbindet den zweiten Anschluß des Verbrauchers über ein Widerstandsmittel **120** mit Masse.

**[0031]** Der Verbraucher **103ij**, das Schaltmittel **110** und das Strommeßmittel **120** sind in Reihe geschaltet. Die Reihenfolge der Bauelemente ist in [Fig. 5](#) beispielhaft dargestellt. Die Bauelemente können auch in anderer Reihenfolge geschaltet werden. Bei dem Verbraucher **103ij'** handelt es sich um die Spulen der in der [Fig. 1](#) gezeigten Magnetventile **103ij**. Das Schaltmittel **110** ist vorzugsweise als Transistor, insbesondere als Feldeffekttransistor realisiert.

**[0032]** Des weiteren ist eine Steuereinheit **130** vorgesehen, die verschiedene Signale von Sensoren **101ij** (siehe [Fig. 1](#)) zugeführt bekommt, wobei die Steuereinheit **130** ein Teil der Einheit **102** ([Fig. 1](#)) ist. Ferner werden die Potentiale an den Eingängen des Verbrauchers **103ij'** und des Strommeßmittels **120** der Steuereinheit **130** zugeleitet. Die Steuereinheit **130** beaufschlagt das Schaltmittel **110** mit Ansteuersignalen.

**[0033]** Ausgehend von den erfassten Signalen der Drehzahlsensoren **101ij** berechnet die Steuereinheit **130** Ansteuersignale zur Beaufschlagung des Schaltmittels **110**. Dabei wird die Spannung U am Verbraucher **103ij'** und/oder der Strom I, der durch den Verbraucher **103ij'** fließt, erfasst und ausgewertet. Der Strom I wird ausgehend von dem Spannungsabfall an dem Widerstandsmittel **120** bestimmt.

**[0034]** In [Fig. 6](#) ist das Ansteuersignal, mit dem das Schaltmittel **110** beaufschlagt wird, über der Zeit aufgetragen. Es erfolgt eine getaktete Ansteuerung. Dies bedeutet, das Signal geht mit einer vorgebbaren festen Frequenz von seinem niederen auf seinen hohen Pegel über, was zur Folge hat, dass das Schaltmittel **110** schließt und den Stromfluß freigibt. Nach einer vorgebbaren Zeit geht das Signal von sei-

nem hohen auf seinen niederen Pegel zurück, was zur Folge hat, dass das Schaltmittel **110** öffnet. Vorzugsweise erfolgt das Einschalten mit einer solchen Frequenz, dass die verwendeten Ventile **103ij** dieser Frequenz nicht mehr folgen können. Die Ventile **103ij** reagieren daher auf das mittlere Ansteuersignal. Beispielsweise werden für die Frequenz Werte zwischen 1 und 2 Kilohertz gewählt. Das Verhältnis zwischen der Zeitspanne, in der das Signal einen hohen Pegel annimmt, und der Zeitspanne, in der das Signal einen niederen Pegel annimmt, wird als Tastverhältnis TV bezeichnet. Ausgehend von dem Tastverhältnis TV und der Versorgungsspannung Ubat ergibt sich die effektive Spannung Ueff beziehungsweise der effektive Strom Iv. Um den Einfluß der Versorgungsspannung auf die Spannung Ueff zu kompensieren wird bei der Vorgabe des Tastverhältnisses wenigstens die Versorgungsspannung Ubat berücksichtigt.

**[0035]** In [Fig. 7](#) sind die Kräfteverhältnisse im Magnetventil anhand einer Prinzipskizze dargestellt. Mit **300** ist ein Anker bezeichnet, auf den die Magnetkraft FM wirkt. Mit **310** ist ein Ventilsitz bezeichnet. Mit **320** ist eine Ventilnadel bezeichnet. Eine Feder **330** beaufschlagt den Anker mit einer Federkraft FF. Eine Hydraulikkraft FH beaufschlagt die Ventilnadel **320** und wirkt parallel zur Federkraft FF. Die Hydraulikkraft beruht auf dem Druckunterschied zwischen dem Hinterradbremssdruck P<sub>HA</sub> und dem Vorderrad- bzw. Vordruck P<sub>vor</sub>. In der [Fig. 7](#) beaufschlagt der Druck P<sub>vor</sub> die Ventilnadel von unten und der Druck P<sub>HA</sub> von oben. Die Magnetkraft FM wirkt entgegen der Federkraft FF und der Hydraulikkraft FH.

**[0036]** Befindet sich das Schaltmittel **110** in seiner geöffneten Stellung, so fließt kein Strom und die Magnetkraft nimmt den Wert Null an. In diesem Fall befindet sich das Magnetventil in seiner geöffneten Stellung, das heißt, die Ventilnadel **320** ist vom Ventilsitz **310** abgehoben und die Hydraulikflüssigkeit strömt durch den Zwischenraum zwischen Ventilsitz **310** und Magnetventilnadel **320**.

**[0037]** Wird die Spule mit einer ausreichenden Spannung beaufschlagt, so wird die Magnetkraft FM größer als die Summe aus Federkraft und Hydraulikkraft. Dies bewirkt, dass die Feder **330** zusammengedrückt wird, die Ventilnadel **320** auf dem Ventilsitz **310** aufschlägt und die Verbindung unterbricht, wodurch der Hinterradbremssdruck P<sub>HA</sub> von dem Vordruck P<sub>vor</sub> entkoppelt wird.

**[0038]** Um zu erreichen, dass mit einem solchen Ventil ein langsamer und kontinuierlicher Druckausgleich stattfindet, wird wie folgt vorgegangen: Durch Pulsweitenmodulation des Ansteuersignals PWM<sub>ij</sub> ([Fig. 1](#), Schritt **305** in [Fig. 3](#)), das heißt durch Variation des Tastverhältnisses TV wird die effektive Ventilspannung Ueff und damit auch der effektive Ventilstrom Iv langsam und nach einer vorgebbaren

zeitlichen Verlauf, beispielsweise rampenförmig, zu Null verringert. Damit wird die Magnetkraft FM ebenfalls entsprechend verringert.

**[0039]** Dies hat zur Folge, dass der Druck gegen den das Ventil in seiner geschlossenen Stellung verbleiben kann, langsam absinkt. Das heißt, das Ventil beginnt zu öffnen.

**[0040]** Im Kräftegleichgewicht stehen die öffnende Hydraulikkraft FH, die Federkraft FF und die schließende Magnetkraft FM im Gleichgewicht. Damit ist die Geschwindigkeit des Druckabbaus einstellbar. In [Fig. 8](#) ist über der Zeit t die effektive Spannung Ueff, der effektive Strom Iv bzw. das Tastverhältnis TV und der Druck Pvor über der Zeit t aufgetragen.

**[0041]** Zum Öffnen des Magnetventils wird das Tastverhältnis von einem Ausgangswert, der erforderlich ist, um das Magnetventil in seinem geschlossenen Zustand zu halten, mit einer vorgebbaren Funktion (z. B. rampenförmig) über der Zeit t auf Null zurückgenommen. Dies hat zur Folge, dass die effektiv am Magnetventil anliegende Spannung Ueff beziehungsweise der Strom Iv ebenfalls über der Zeit entsprechend (z. B. rampenförmig) abnimmt. Entsprechendes gilt für den Druck Pvor, bei dem das Magnetventil noch in seiner geschlossenen Stellung bleibt. Erreicht dieser Druck den tatsächlich herrschenden Wert des Vordrucks, so hebt die Ventilnadel langsam ab und gibt den Fluß der Hydraulikflüssigkeit langsam frei. Durch weitere Verringerung des Tastverhältnisses hebt die Ventilnadel **320** weiter ab und vergrößert den wirksamen Öffnungsquerschnitt.

**[0042]** Bei der erfindungsgemäßen pulsweitenmodulierten Ansteuerung wird die effektive Spannung Ueff beziehungsweise der Strom Iv über der Zeit derart variiert, dass sich der Ventilanker **300** und damit die Ventilnadel **320** langsam in Bewegung setzt. Hierzu wird vorzugsweise das Tastverhältnis vorgebbar, z. B. rampenförmig, verändert, das heißt, es fällt von seinem Ausgangswert linear über der Zeit auf Null ab. Anstelle des Tastverhältnisses können auch andere Größe, die einen Einfluß auf die Spannung Ueff besitzen, rampenförmig über der Zeit abgesenkt werden. Durch die langsame Bewegung ergibt sich keine schlagartige Freigabe der Hydraulikflüssigkeit, sondern es kommt zu einem langsamen und kontinuierlichen Überdrücken des Ventils **103ij** und damit zu einer langsamen und kontinuierlichen Abnahme der Druckdifferenz  $\Delta P$ .

**[0043]** Der Zeitpunkt T3B oder T3C ([Fig. 4](#)), zu dem der Druckgleich tatsächlich einsetzt, und die Geschwindigkeit des Druckgleichs ist abhängig von dem vom Fahrer durch die Betätigung des Bremspedals eingestellten Vordrucks Pvor und abhängig von der Geschwindigkeit, mit der Spulenstrom Iv beziehungsweise die Spulenspannung Ueff abgesenkt

wird. Der Strom- bzw. Spannungsverlauf muß dabei nicht gradlinig verlaufen und kann aber das Tastverhältnis TV an das Ventilverhalten appliziert beziehungsweise angepaßt werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung der Bremsanlage eines Kraftfahrzeugs, wobei zur Verteilung der Bremswirkung zwischen wenigstens einem Vorder- und einem Hinterrad wenigstens der Bremsdruck ( $P_{HA}$ ) in den Radbremsen eines Hinterrades derart beeinflußt wird, dass eine Differenz ( $\Delta P$ ) zwischen dem Bremsdruck des Vorder- und des Hinterrades eingestellt wird, und wobei bei Vorliegen einer vorgebbaren Bedingung die eingestellte Differenz zwischen dem Bremsdruck des Vorder- und des Hinterrades verringert wird, dadurch gekennzeichnet, dass

- das Vorliegen der vorgebbaren Bedingung wenigstens abhängig von einer erfassten, die Fahrzeulgängsgeschwindigkeit repräsentierenden Größe ( $V_1$ ) ermittelt wird
- die Angleichung des Bremsdrucks zu einem Zeitpunkt (T3) begonnen wird, der abhängig ist von der Fahrzeulgängsgeschwindigkeit ( $V_1$ ), und
- die eingestellte Differenz ( $\Delta P$ , Verläufe A, B) kontinuierlich verringert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verringerung der eingestellten Differenz dadurch geschieht, dass der Bremsdruck ( $P_{HA}$ ) des Hinterrades kontinuierlich dem Bremsdruck des Vorderrades ( $P_{vor}$ ) angenähert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die vorgebbare Bedingung dann vorliegt, wenn die erfasste, die Fahrzeulgängsgeschwindigkeit repräsentierende Größe ( $V_1$ ) einen vorgebbaren Schwellwert (SW) unterschreitet.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die kontinuierliche Verringerung der eingestellten Differenz dadurch geschieht, dass wenigstens ein den Bremsdruck in dem Hinterrad steuerndes elektromagnetisches Ventil (**103ij**) pulsweitenmoduliert angesteuert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die pulsweitenmodulierte Ansteuerung ( $PWM_{ij}$ ) derart geschieht, dass der Strom ( $I_{ij}$ ) in dem elektromagnetischen Ventil (**103ij**) in vorgebbarer Weise kontinuierlich abfällt.

6. Vorrichtung zur Steuerung der Bremsanlage eines Kraftfahrzeugs, wobei zur Verteilung der Bremswirkung zwischen wenigstens einem Vorder- und einem Hinterrad wenigstens der Bremsdruck ( $P_{HA}$ ) in den Radbremsen eines Hinterrades derart beeinflußt wird, dass eine Differenz ( $\Delta P$ ) zwischen dem Bremsdruck des Vorder- und des Hinterrades eingestellt

wird, und wobei bei Vorliegen einer vorgebbaren Bedingung die eingestellte Differenz zwischen dem Bremsdruck des Vorder- und des Hinterrades verringert wird, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (**102, 103ij**) vorgesehen sind, mittels der

- das Vorliegen der vorgebbaren Bedingung wenigstens abhängig von einer erfassten, die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit repräsentierenden Größe ( $V_1$ ) ermittelt wird,
- die Angleichung des Bremsdrucks zu einem Zeitpunkt ( $T_3$ ) begonnen wird, der abhängig ist von der Fahrzeuglängsgeschwindigkeit ( $V_1$ ), und
- die eingestellte Differenz ( $\Delta P$ , Verläufe A, B) kontinuierlich verringert wird.

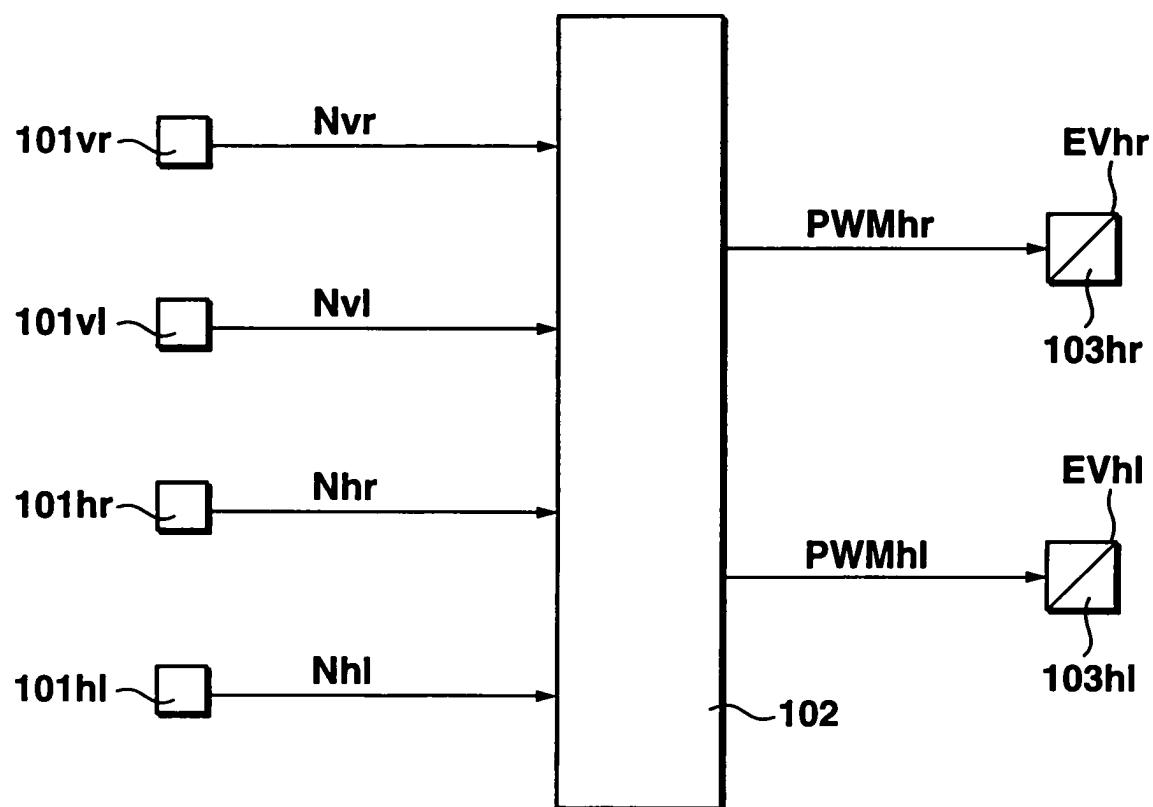
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (**102, 103ij**) derart ausgestaltet sind, dass die Verringerung der eingestellten Differenz ( $\Delta P$ ) dadurch geschieht, dass der Bremsdruck ( $P_{HA}$ ) des Hinterrades kontinuierlich dem Bremsdruck ( $P_{vor}$ ) des Vorderrades angenähert wird.

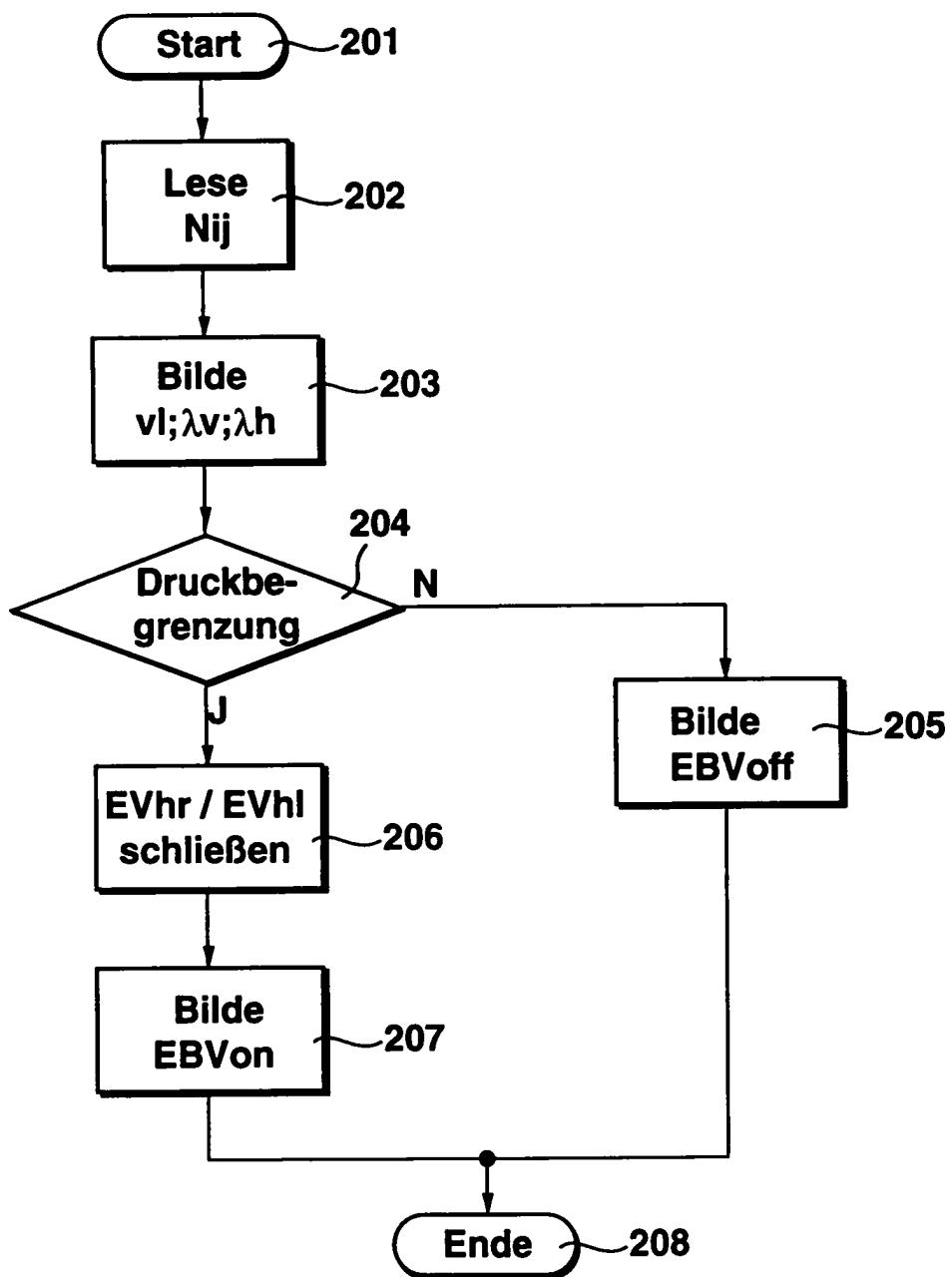
8. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (**102, 103ij**) derart ausgestaltet sind, dass die vorgebbare Bedingung dann vorliegt, wenn die erfasste, die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit repräsentierende Größe ( $V_1$ ) einen vorgebaren Schwellwert (SW) unterschreitet.

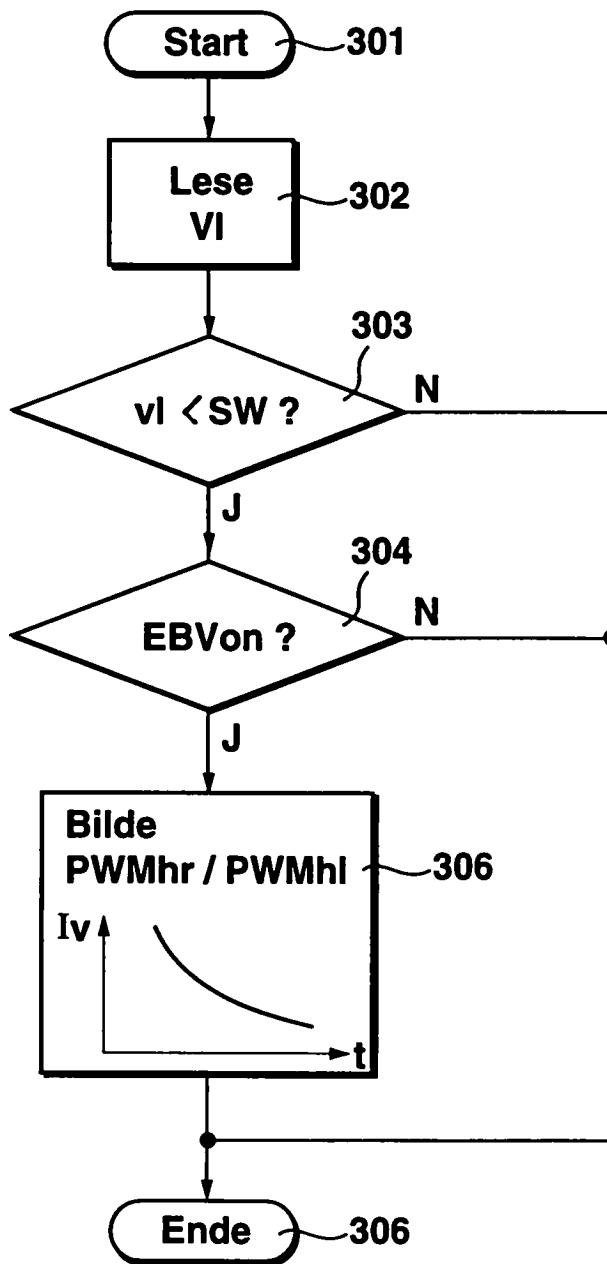
9. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein den Bremsdruck in dem Hinterrad steuerndes elektromagnetisches Ventil (**103ij**) vorgesehen ist und Ansteuermittel (**102**) vorgesehen sind, mittels der das Ventil pulsweitenmoduliert angesteuert wird.

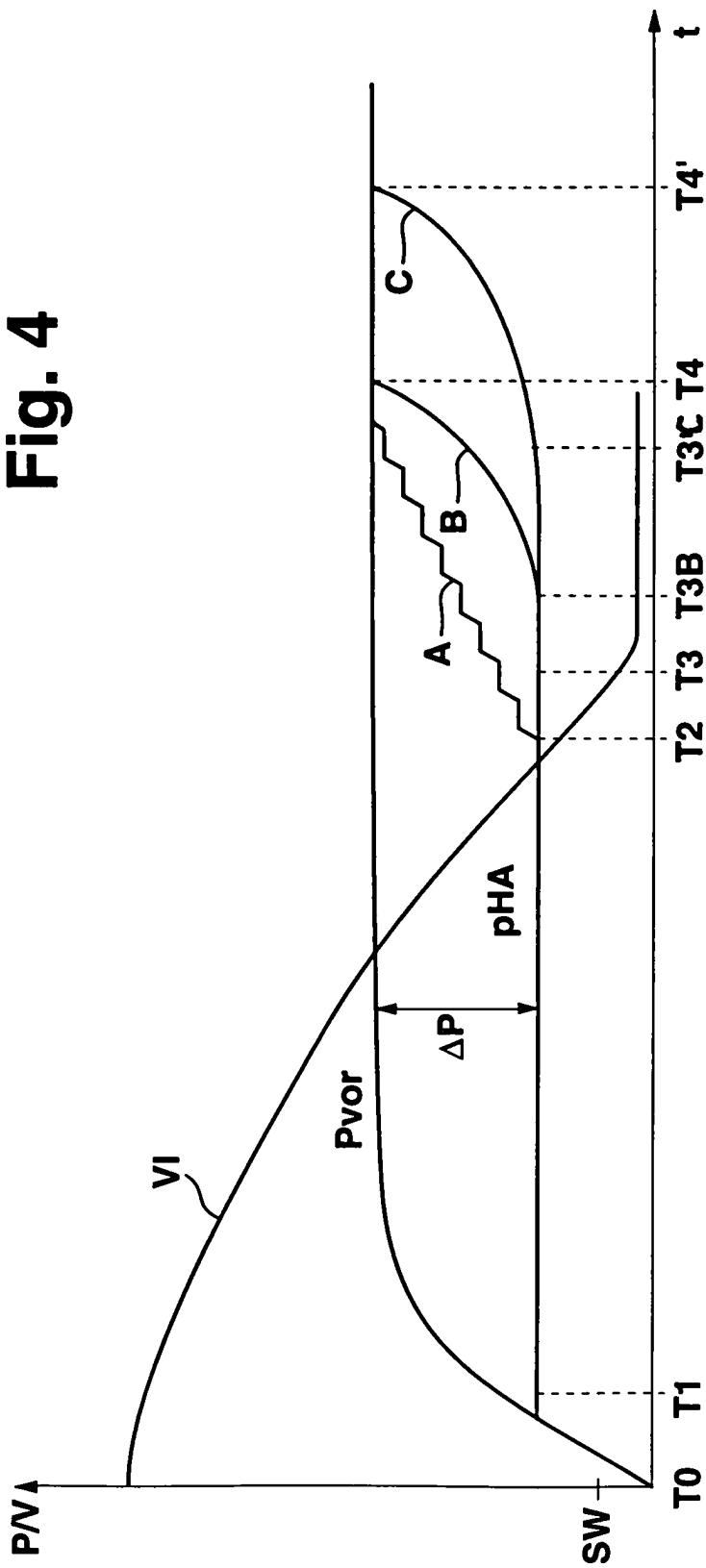
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Ansteuermittel (**102**) derart ausgestaltet sind, dass die pulsweitenmodulierte Ansteuerung ( $PWM_{ij}$ ) derart geschieht, dass der Strom ( $I_{ij}$ ) in dem elektromagnetischen Ventil (**103ij**) in vorgebbarer Weise kontinuierlich abfällt.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

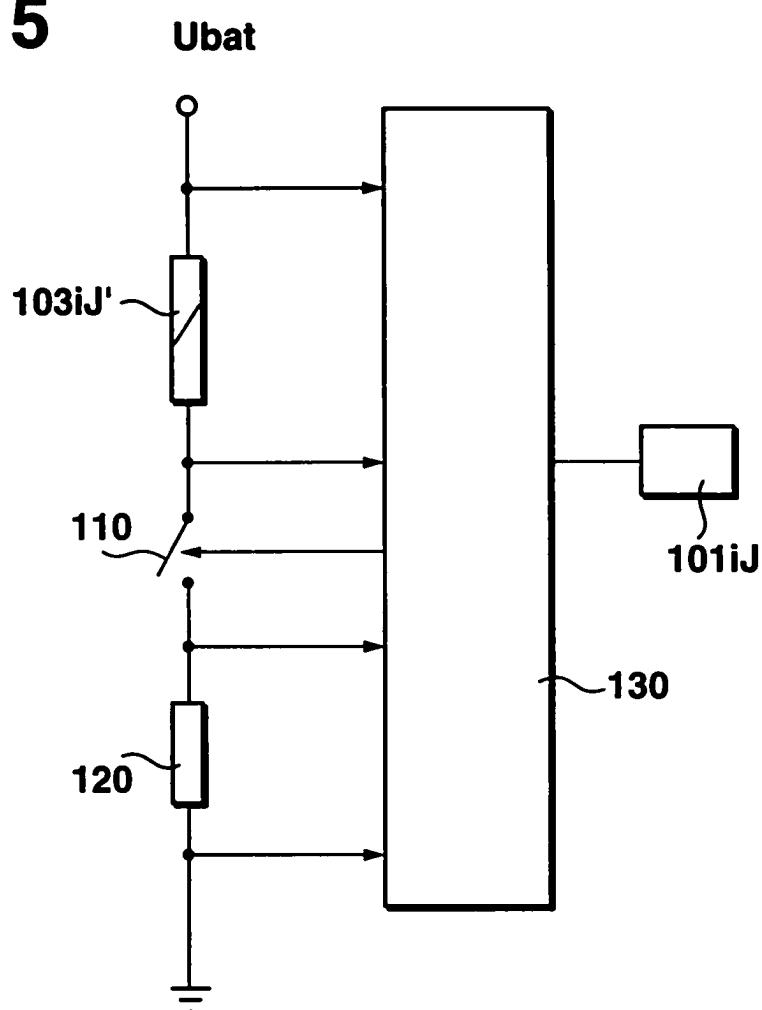
**Fig. 1**

**Fig. 2**

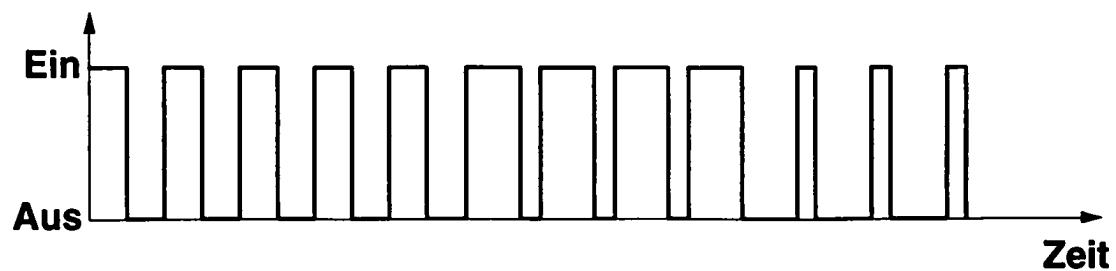
**Fig. 3**

**Fig. 4**

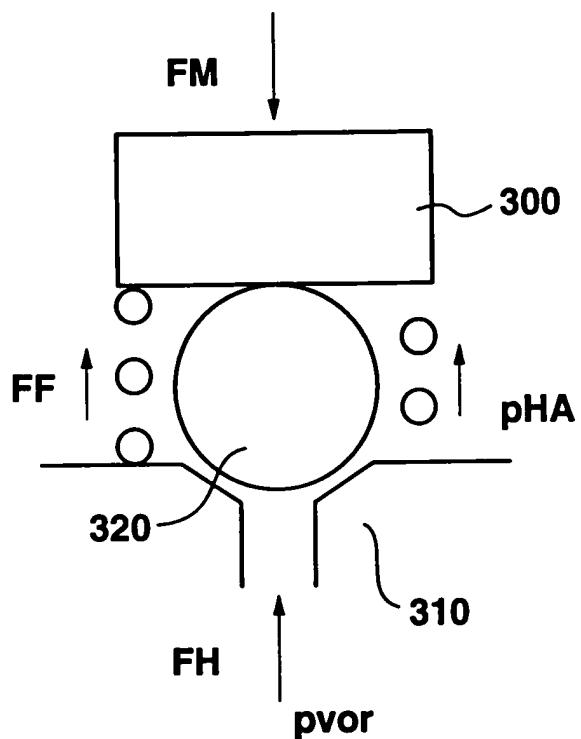
**Fig. 5**



**Fig. 6**



**Fig. 7**



**Fig. 8**

