



(10) **DE 10 2004 053 124 B4** 2015.11.05

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 053 124.2**  
(22) Anmeldetag: **03.11.2004**  
(43) Offenlegungstag: **07.07.2005**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **05.11.2015**

(51) Int Cl.: **F02D 1/02 (2006.01)**  
**F02D 41/38 (2006.01)**

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).

(30) Unionspriorität:  
**2003-374733**      **04.11.2003**      **JP**

(72) Erfinder:  
**Fukuda, Yushi, Kariya, Aichi, JP**

(73) Patentinhaber:  
**DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref., JP**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

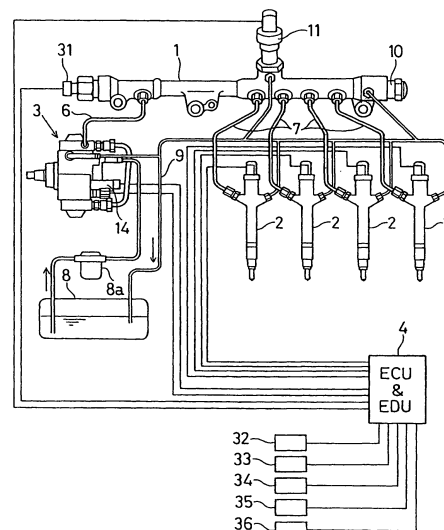
(74) Vertreter:  
**TBK, 80336 München, DE**

<b>DE</b>	<b>100 44 514</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>101 31 507</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2001 / 0 027 775</b>	<b>A1</b>
<b>JP</b>	<b>2001- 082 230</b>	<b>A</b>

(54) Bezeichnung: **Ventilöffnungsgradsteuerungssystem und Common-Rail-Kraftstoffeinspritzsystem**

(57) Hauptanspruch: Ventilöffnungsgradsteuerungssystem, das Folgendes aufweist:  
eine Fluidantriebseinrichtung (15) zum Ansaugen oder Pumpen von Fluid;  
ein Ventil (11, 14), das einen Öffnungsgrad eines Fluiddurchgangs (9, 21) einstellt, der das durch die Fluidantriebseinrichtung (15) angesaugte oder gepumpte Fluid leitet, wobei eine Maximaleinstelleistungsfähigkeit des Ventils (11, 14) größer als eine Maximalleistungsfähigkeit der Fluidantriebseinrichtung (15) ist;  
eine Steuerungsvorrichtung (4), die einen Öffnungsgrad des Ventils (11, 14) steuert;  
eine Durchflussratenänderungsmesseinrichtung (4) zum Messen eines Änderungsbetrags der Durchflussrate des Fluids, das durch den Fluiddurchgang (9, 21) geleitet wird, wobei:  
die Steuerungsvorrichtung (4) eine Lerneinrichtung (4) aufweist;  
wobei die Lerneinrichtung (4) einen Ventilsteuerungswert steuert, der dem Ventil (11, 14) zum Steuern des Öffnungsgrads des Ventils (11, 14) zugeführt wird;  
dadurch gekennzeichnet, dass die Lerneinrichtung (4) den Ventilsteuerungswert auf eine Art und Weise steuert, dass sie Folgendes erzielt:  
fortschreitendes Erhöhen des Öffnungsgrades des Ventils (11, 14) von einem ersten voreingestellten Wert, der kleiner als ein Grenzwert zur Realisierung einer Maximalleistungsfähigkeit ist, der die Maximalleistungsfähigkeit der Fluidantriebseinrichtung (15) realisiert;  
wobei zu dem Zeitpunkt des fortschreitenden Erhöhen des Öffnungsgrads des Ventils (11, 14) von dem ersten voreingestellten Wert, wenn der Änderungsbetrag der Durch-

flussrate des Fluids in dem Fluiddurchgang (9, 21), die durch die Durchflussratenänderungsmesseinrichtung (4) gemessen wird, gleich wie oder geringer als ein entsprechend vorbestimmter Wert wird, die Lerneinrichtung (4) den gegenwärtigen Ventilsteuerungswert, der gegenwärtig in dem Ventil (11, 14) zugeführt wird, als maximalen Steuerungswert erhält; oder  
fortschreitendes Verringern des Öffnungsgrades des Ventils (11, 14) von einem zweiten voreingestellten Wert, der größer als der Grenzwert zur Realisierung der Maximalleistungsfähigkeit ist, der die Maximalleistungsfähigkeit der Fluidantriebseinrichtung (15) realisiert; ...



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Ventilöffnungsgradsteuerungssystem und ein Common-Rail-Kraftstoffeinspritzsystem.

**[0002]** Ein Common-Rail-Kraftstoffeinspritzsystem steuert einen Leitungsdruck (einen Druck eines Kraftstoffs, der in einer Common-Rail bzw. einer gemeinsamen Leitung gesammelt wird) durch Steuern einer Ausstoßrate einer Hochdruckpumpe zum Begrenzen einer Verringerung des Leitungsdrucks, die durch eine Kraftstoffeinspritzung verursacht wird, oder zum Erhöhen des Leitungsdrucks gemäß einem Betriebszustand. Die Ausstoßrate der Hochdruckpumpe wird durch Einstellen oder Steuern einer Einlassrate des Kraftstoffs, der in eine Verdichtungskammer einer Hochdruckpumpe gesaugt wird, durch die Verwendung eines Einlassdosierventils gesteuert.

**[0003]** Genauer gesagt steuert das Common-Rail-Kraftstoffeinspritzsystem den Leitungsdruck durch Steuern der Ausstoßrate der Hochdruckpumpe durch eine Einstellung eines Grades der Öffnung des Einlassdosierventils durch eine Steuerungsvorrichtung.

**[0004]** Somit sollte die Ausstoßrate der Hochdruckpumpe relativ zu einem Dosierventilsteuerungswert (einem Antriebsstromwert zum Erzielen eines vorbestimmten Öffnungsgrads des Einlassdosierventils), der dem Einlassdosierventil zugeführt wird, mit einer vorbestimmten Pumpencharakteristik übereinstimmen.

**[0005]** Jedoch kann die Ist-Ausstoßrate des Kraftstoffs, der tatsächlich von der Hochdruckpumpe ausgestoßen wird, möglicher Weise relativ zu dem Dosierventilsteuerungswert aufgrund verschiedenartiger Faktoren variieren, wie zum Beispiel Herstellungsabweichungen und Alterungsabweichungen der massenproduzierten Einlassdosierventile und/oder Abweichungen der Temperaturcharakteristik von beispielsweise einer Kraftstoffviskosität oder einer Spulenanziehungskraft.

**[0006]** Zum Behandeln der vorstehend genannten Nachteile schlägt beispielsweise die japanische ungeprüfte Patentoffenlegung JP 2001-82230 A den folgenden Lernsteuerungsbetrieb vor. Wenn bei diesem Lernsteuerungsbetrieb eine vorbestimmte Lernbedingung erfüllt ist (wenn sich beispielsweise ein Verbrennungsmotor in einem Leerlaufzustand befindet), wird der Öffnungsgrad des Einlassdosierventils fortschreitend von einem festgelegten Wert erhöht, bei dem eine Null-Einlassrate des Einlassdosierventils garantiert wird. Zu dem Zeitpunkt des fortschreitenden Erhöehens des Öffnungsgrads des Einlassdosierventils von diesem Wert wird dann, wenn der Betrag der Änderung des Leitungsdrucks gleich wie oder größer als ein vorbestimmter Wert wird, der gegenwärtige

wärtige Dosierventilsteuerungswert, der gegenwärtig dem Einlassdosierventil zugeführt wird, als Einlassdosierventilsteuerungswert erhalten. Dann wird dieser Wert (der Einlassdosierventilsteuerungswert) als ein Dosierventilsteuerungswert gelernt, bei dem die Hochdruckpumpe den Einlass des Kraftstoffs beginnt. Auf diesem Weg werden Abweichungen in dem Bereich geringer Ausstoßrate der Hochdruckpumpe (dem geringen Öffnungsgrad des Einlassdosierventils) korrigiert.

**[0007]** Wenn ein Ventil mit einer variablen Öffnungsquerschnittsfläche, das seine Kraftstoffdurchgangsöffnungsquerschnittsfläche variiert, als ein Ventil verwendet wird (entsprechend dem Einlassdosierventil in dem vorstehend genannten Fall), ist eine genaue Steuerung der Durchgangsöffnungsquerschnittsfläche des Ventils zwischen einem geringen Grad der Öffnung und einem hohen Grad der Öffnung erforderlich. Wenn jedoch die vorstehend genannte in der japanischen ungeprüften Patentoffenlegung JP 2001-82230 A genannte Technik auf die Lernsteuerung des Ventils angewendet wird, kann die Abweichung des geringen Öffnungsgrads des Ventils korrigiert werden und kann die Abweichung des großen Öffnungsgrads des Ventils nicht korrigiert werden.

**[0008]** Wenn des Weiteren das Ventil mit der variablen Öffnungsquerschnittsfläche nicht als das vorstehend genannte Ventil verwendet wird, wenn nämlich ein Ventil, das den Öffnungsgrad des Ventils durch Einstellen einer Zeitdauer einer Öffnung (insbesondere einer vollständigen Öffnung) des Ventils einstellt, verwendet wird, ist die Abweichung nur in dem kleinen Öffnungsgrad des Ventils korrigierbar, während eine Korrektur der Abweichung in dem großen Öffnungsgrad des Ventils nicht gestattet ist.

**[0009]** Wenn beispielsweise das Ventil mit der variablen Öffnungsquerschnittsfläche, das die Durchgangsöffnungsquerschnittsfläche eines Fluiddurchgangs einstellt, der Fluid zu der Hochdruckpumpe leitet, als das Einlassdosierventil des Common-Rail-Kraftstoffeinspritzsystems verwendet wird, ist eine genaue Steuerung der Öffnungsquerschnittsfläche des Fluiddurchgangs zwischen dem kleinen Öffnungsgrad und dem großen Öffnungsgrad erforderlich. Jedoch ist mit der vorstehend genannten in der japanischen ungeprüften Patentoffenlegung JP 2001-82230 A genannten Technik beabsichtigt, die Abweichung des kleinen Öffnungsgrads des Einlassdosierventils zu korrigieren (eine kleine Ausstoßratenänderung der Hochdruckpumpe), und kann diese die Abweichung des großen Öffnungsgrads des Einlassdosierventils nicht korrigieren (ein großer Ausstoßratenbereich der Hochdruckpumpe).

**[0010]** Wenn des Weiteren das Ventil mit der variablen Öffnungsquerschnittsfläche nicht als Einlass-

dosierventil verwendet wird, wenn nämlich das Ventil, das den Öffnungsgrad des Ventils durch Einstellen der Zeitdauer der Öffnung (insbesondere der vollständigen Öffnung) des Ventils einstellt, als das Einlassdosierventil verwendet wird, ist die Abweichung nur in dem kleinen Öffnungsgrad korrigierbar und ist die Abweichung in dem großen Öffnungsgrad nicht korrigierbar.

**[0011]** Bei einigen Common-Rail-Kraftstoffeinspritzsystemen ist ein Druckverringerungsventil vorgesehen, das den Leitungsdruck durch Ablassen des in der Common-Rail gesammelten Kraftstoffs verringert.

**[0012]** Wenn eine vorbestimmte Bedingung zum raschen Verringern des Leitungsdrucks aufgrund einer Änderung des Betriebszustands erfüllt ist, wird ein erforderlicher Öffnungsgrad des Druckverringerungsventils, der dem zu verringernden erforderlichen Druck entspricht, durch die Steuerungsvorrichtung berechnet. Dann wird ein Druckverringerungsventilsteuerungswert, der dem erforderlichen Öffnungsgrad entspricht, dem Druckverringerungsventil zugeführt. Somit wird der Leitungsdruck rasch auf den Soll-Leitungsdruck durch das Druckverringerungsventil verringert.

**[0013]** Wenn beispielsweise das Ventil mit der variablen Öffnungsquerschnittsfläche, das die Durchgangsöffnungsquerschnittsfläche eines Ablaufdurchgangs einstellt, der in der Common-Rail gesammelten Kraftstoff ablässt, als das Druckverringerungsventil verwendet wird, ist eine genaue Steuerung der Öffnungsquerschnittsfläche des Ablaufdurchgangs zwischen dem kleinen Öffnungsgrad und dem großen Öffnungsgrad erforderlich. Wenn jedoch die vorstehend genannte in der ungeprüften Patentoffenlegung Nr. 2001-82230 genannte Technik bei dem Korrekturbetrieb des Druckverringerungsventils verwendet wird, kann die Abweichung in dem kleinen Öffnungsgrad des Druckverringerungsventils korrigiert werden und kann die Abweichung in dem großen Öffnungsgrad des Druckverringerungsventils nicht korrigiert werden.

**[0014]** Wenn des Weiteren das Ventil mit der variablen Öffnungsquerschnittsfläche nicht als das Druckverringerungsventil verwendet wird, wenn nämlich das Ventil, das den Grad der Öffnung des Ventils durch Einstellen der Zeitdauer der Öffnung (insbesondere der vollständigen Öffnung) des Ventils einstellt, als das Druckverringerungsventil verwendet wird, ist die Abweichung nur in dem kleinen Öffnungsgrad korrigierbar und ist die Abweichung in dem großen Öffnungsgrad nicht korrigierbar.

**[0015]** Ferner ist aus der DE 100 44 514 A1 ein Ventilöffnungsgradsteuerungssystem gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 und ein Common-Rail-Kraft-

stoffeinspritzsystem gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 3 bzw. dem Oberbegriff von Anspruch 9 bekannt. Weitere Kraftstoffeinspritzsysteme sind aus DE 101 31 507 A1 und US 2001/0027775 A1 bekannt.

**[0016]** Die vorliegende Erfindung ist auf die vorstehend genannten Nachteile gerichtet. Somit ist es eine erste Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Ventilöffnungsgradsteuerungssystem zu schaffen, das fähig ist, eine Abweichung in einem großen Öffnungsgrad eines Ventils zu korrigieren. Es ist eine zweite Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Common-Rail-Kraftstoffeinspritzsystem zu schaffen, das fähig ist, eine Abweichung in einem großen Öffnungsgrad eines Einlassdosierventils zu korrigieren (in einem großen Ausstoßratenbereich einer Hochdruckpumpe). Des Weiteren ist es eine dritte Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Common-Rail-Kraftstoffeinspritzsystem zu schaffen, das fähig ist, eine Abweichung in einem großen Öffnungsgrad eines Druckverringerungsventils zu korrigieren (in einem Bereich, in dem der Leitungsdruck rasch verringert wird).

**[0017]** Zum Lösen der Aufgaben der vorliegenden Erfindung ist ein Ventilöffnungsgradsteuerungssystem vorgesehen. Das Ventilöffnungsgradsteuerungssystem weist eine Fluidantriebseinrichtung, ein Ventil, eine Steuerungsvorrichtung und eine Durchflussratenänderungsmesseinrichtung auf. Die Fluidantriebseinrichtung ist zum Ansaugen oder Pumpen von Fluid vorgesehen. Das Ventil stellt einen Öffnungsgrad eines Fluiddurchgangs ein, der durch die Fluidantriebseinrichtung angesaugtes oder gepumptes Fluid leitet. Eine maximale Einstelleistungsfähigkeit des Ventils ist größer als eine maximale Leistungsfähigkeit der Fluidantriebseinrichtung. Die Steuerungsvorrichtung steuert einen Öffnungsgrad des Ventils. Die Durchflussratenänderungsmesseinrichtung ist zum Messen eines Änderungsbetrags der Durchflussrate des Fluids vorgesehen, das durch den Fluiddurchgang geleitet wird. Die Steuerungsvorrichtung weist eine Lerneinrichtung auf. Die Lerneinrichtung steuert einen Ventilsteuerungswert, der dem Ventil zum Steuern des Öffnungsgrads des Ventils zugeführt wird. Die Lerneinrichtung steuert den Ventilsteuerungswert auf eine Art und Weise, bei der ein fortschreitendes Erhöhen des Öffnungsgrads des Ventils von einem ersten voreingestellten Wert, der geringer als ein Grenzwert zum Realisieren einer Maximalleistungsfähigkeit ist, der die Maximalleistungsfähigkeit der Fluidantriebseinrichtung realisiert; oder ein fortschreitendes Verringern des Öffnungsgrads des Ventils von einem zweiten voreingestellten Wert, der größer als der Grenzwert zum Realisieren der Maximalleistungsfähigkeit ist, der die Maximalleistungsfähigkeit der Fluidantriebseinrichtung realisiert, erzielt wird. Zu dem Zeitpunkt des fortschreitenden Erhöhen des Öffnungsgrads des Ventils von dem ersten voreingestellten Wert erhält dann, wenn der

Änderungsbetrag der Durchflussrate des Fluids in dem Fluiddurchgang, die durch die Durchflussratenänderungsmesseinrichtung gemessen wird, gleich wie oder geringer als ein entsprechend vorbestimmter Wert wird, die Lerneinrichtung den gegenwärtigen Ventilsteuerungswert, der gegenwärtig dem Ventil zugeführt wird, als einen Maximalsteuerungswert. Zu dem Zeitpunkt des fortschreitenden Verringerns des Öffnungsgrads des Ventils von dem zweiten voreingestellten Wert erhält dann, wenn der Änderungsbetrag der Durchflussrate des Fluids in dem Fluiddurchgang, der durch die Durchflussratenänderungsmesseinrichtung gemessen wird, gleich wie oder größer als ein entsprechend vorbestimmter Wert wird, die Lerneinrichtung den gegenwärtigen Steuerungswert, der gegenwärtig dem Ventil zugeführt wird, als den Maximalsteuerungswert. Die Lerneinrichtung lernt, dass die Fluidantriebseinrichtung die Maximalleistungsfähigkeit bei dem Maximalsteuerungswert erreicht.

**[0018]** Zum Lösen der Aufgaben der vorliegenden Erfindung ist ebenso ein Common-Rail-Kraftstoffeinspritzsystem vorgesehen. Das Common-Rail-Kraftstoffeinspritzsystem weist eine Common-Rail beziehungsweise eine gemeinsame Leitung, einen Injektor, eine Druckpumpe, ein Einlassdosierventil, eine Steuerungsvorrichtung und eine Ausstoßratenmeseinrichtung auf. Die Common-Rail sammelt Hochdruckkraftstoff. Der Injektor spritzt den Hochdruckkraftstoff ein, der in der Common-Rail gesammelt wird. Die Hochdruckpumpe hat eine Verdichtungskammer, die Kraftstoff ansaugt und mit Druck beaufschlagt. Die Hochdruckpumpe fördert den druckbeaufschlagten Kraftstoff zu der Common-Rail. Das Einlassdosierventil stellt einen Öffnungsgrad eines Förderdurchgangs, der Kraftstoff zu der Hochdruckpumpe leitet, zum Einstellen einer Ausstoßrate der Hochdruckpumpe ein. Eine Maximalförderrate des Kraftstoffs, der von dem Einlassdosierventil zu der Hochdruckpumpe gefördert wird, ist größer als eine maximale Ausstoßrate der Hochdruckpumpe. Die Steuerungsvorrichtung steuert zumindest einen Öffnungsgrad des Einlassdosierventils. Die Ausstoßratenänderungsmesseinrichtung ist zum Messen eines Änderungsbetrages der Ausstoßrate der Hochdruckpumpe vorgesehen. Die Steuerungsvorrichtung weist eine Lerneinrichtung auf. Die Lerneinrichtung steuert einen Dosierventilsteuerungswert, der dem Einlassdosierventil zum Steuern des Öffnungsgrads des Einlassdosierventils zugeführt wird. Die Lerneinrichtung steuert den Dosierventilsteuerungswert auf eine Art und Weise, bei der sie den Öffnungsgrad des Einlassdosierventils von einem voreingestellten Wert fortschreitend erhöht, der kleiner als ein Grenzwert zum Realisieren der maximalen Ausstoßrate ist, die die maximale Ausstoßrate der Hochdruckpumpe realisiert. Zu dem Zeitpunkt des fortschreitenden Erhöhens des Öffnungsgrads des Einlassdosierventils erhält dann, wenn der Änderungsbe-

trag der Ausstoßrate der Hochdruckpumpe, der durch die Ausstoßratenänderungsmesseinrichtung gemessen wird, gleich wie oder geringer als ein vorbestimmter Wert wird, die Lerneinrichtung den gegenwärtigen Dosierventilsteuerungswert, der gegenwärtig dem Einlassdosierventil zugeführt wird, als maximalen Ausstoßratensteuerungswert. Die Lerneinrichtung lernt, dass die Hochdruckpumpe die maximale Ausstoßrate bei dem maximalen Ausstoßratensteuerungswert erreicht.

**[0019]** Zum Lösen der Aufgaben der vorliegenden Erfindung ist ebenso ein Common-Rail-Kraftstoffeinspritzsystem vorgesehen. Das Common-Rail-Kraftstoffeinspritzsystem hat eine Common-Rail beziehungsweise eine gemeinsame Leitung, einen Injektor, eine Hochdruckpumpe, ein Einlassdosierventil, ein Druckverringerungsventil, eine Steuerungsvorrichtung und eine Förderratenänderungsmesseinrichtung. Die Common-Rail sammelt Hochdruckkraftstoff. Der Injektor spritzt den Hochdruckkraftstoff ein, der in der Common-Rail gesammelt wird. Die Hochdruckpumpe hat eine Verdichtungskammer, die Kraftstoff ansaugt und mit Druck beaufschlagt. Die Hochdruckpumpe fördert den druckbeaufschlagten Kraftstoff zu der Common-Rail. Das Einlassdosierventil stellt einen Öffnungsgrad eines Förderdurchgangs ein, der den Kraftstoff zu der Hochdruckpumpe leitet. Das Druckverringerungsventil stellt einen Öffnungsgrad eines Ablaufdurchgangs ein, durch den der in der Common-Rail gesammelte Kraftstoff abgelassen wird. Eine maximale Ablassrate des Druckverringerungsventils zum Ablassen des in der Common-Rail gesammelten Kraftstoffs ist größer als eine maximale Förderrate des Kraftstoffs, der von der Hochdruckpumpe zu der Common-Rail befördert wird. Die Steuerungsvorrichtung steuert zumindest einen Öffnungsgrad des Einlassdosierventils und einen Öffnungsgrad des Druckverringerungsventils. Die Förderratenänderungsmesseinrichtung ist zum Messen eines Änderungsbetrags der Förderrate des Kraftstoffs vorgesehen, der von der Hochdruckpumpe zu der Common-Rail gefördert wird. Die Steuerungsvorrichtung weist eine Lerneinrichtung auf. Die Lerneinrichtung steuert einen Druckverringerungsventilsteuerungswert, der dem Druckverringerungsventil zum Steuern des Öffnungsgrads des Druckverringerungsventils zugeführt wird. Die Lerneinrichtung steuert den Druckverringerungsventilsteuerungswert auf eine Art und Weise, bei der sie den Öffnungsgrad des Druckverringerungsventils von einem voreingestellten Wert fortschreitend erhöht, der kleiner als ein Grenzwert zum Realisieren einer maximalen Förderrate ist, der die maximale Förderrate des Kraftstoffs realisiert, der von der Hochdruckpumpe zu der Common-Rail gefördert wird. Die Lerneinrichtung steuert ebenso einen Dosierventilsteuerungswert, der dem Einlassdosierventil zum Steuern des Öffnungsgrads des Einlassdosierventils zugeführt wird. Die Lerneinrichtung steuert den Dosierventil-

tilsteuerungswert auf eine Art und Weise, bei der sie einen konstanten Druck in der Common-Rail zu dem Zeitpunkt des Steuerns des Druckverringerungsventilststeuerungswerts beibehält. Zu dem Zeitpunkt des fortschreitenden Erhöhen des Öffnungsgrades des Druckverringerungsventils erhält dann, wenn der Änderungsbetrag der Förderrate des Kraftstoffs, der von der Hochdruckpumpe zu der Common-Rail gefördert wird, gleich wie oder kleiner als ein vorbestimmter Wert wird, die Lerneinrichtung dem gegenwärtigen Druckverringerungsventilststeuerungswert, der gegenwärtig den Druckverringerungsventil zugeführt wird, als einen maximalen Ablassratensteuerungswert. Die Lerneinrichtung lernt, dass das Druckverringerungsventil die maximale Ablassrate bei dem maximalen Ablassratensteuerungswert erreicht.

**[0020]** Die Erfindung wird gemeinsam mit zusätzlichen Merkmalen und deren Vorteile am besten aus der folgenden Beschreibung, den beigefügten Ansprüchen und der zugehörigen Zeichnungen verstanden, in denen:

**[0021]** Fig. 1 eine schematische beschreibende Ansicht eines Common-Rail-Kraftstoffeinspritzsystems gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist;

**[0022]** Fig. 2 eine vergrößerte schematische Querschnittsansicht einer Zufuhrpumpe des Common-Rail-Kraftstoffeinspritzsystems des ersten Ausführungsbeispiels;

**[0023]** Fig. 3 eine Grafik ist, die eine Beziehung zwischen einer Durchflussrate eines Druckverringerungsventils und einem Druckverringerungsventilststeuerungswert gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel zeigt;

**[0024]** Fig. 4 eine Grafik ist, die eine Beziehung zwischen einer Ausstoßrate der Zufuhrpumpe (insbesondere einer Menge des von der Zufuhrpumpe pro Umdrehung der Zufuhrpumpe ausgestoßenen Kraftstoffs) und einem Dosierventilststeuerungswert zum Beschreiben von Abweichungen einer Pumpencharakteristik zeigt;

**[0025]** Fig. 5 ein Zeitdiagramm ist, das eine Rückführregelung des Druckverringerungsventilststeuerungswerts durch Erhöhen des Dosierventilststeuerungswerts unter Verwendung eines normalerweise geschlossenen Einlassdosierventils gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel zeigt;

**[0026]** Fig. 6 ein Ablaufdiagramm zum Erhalten eines maximalen Ausstoßratensteuerungswerts gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel ist;

**[0027]** Fig. 7 ein Zeitdiagramm ist, das eine Rückführregelung eines Druckventilststeuerungswerts

durch Verringern eines Dosierventilststeuerungswerts durch Verringern eines Dosierventilststeuerungswerts unter Verwendung eines Einlassdosierventils der normalerweise geschlossenen Bauart gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel zeigt;

**[0028]** Fig. 8 ein Zeitdiagramm ist, das eine Rückführregelung eines Druckventilststeuerungswerts durch Erhöhen eines Dosierventilststeuerungswerts von einem maximalen Ausstoßratensteuerungswert unter Verwendung eines Einlassdosierventils einer normaler Weise geschlossenen Bauart gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel zeigt;

**[0029]** Fig. 9 ein Ablaufdiagramm zum Erhalten eines maximalen Ausstoßratensteuerungswerts gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel ist;

**[0030]** Fig. 10 ein Zeitdiagramm ist, das eine Rückführregelung eines Druckventilststeuerungswerts durch Verringern eines Dosierventilststeuerungswerts von einem Wert, der in der Nähe eines maximalen Ausstoßratensteuerungswerts liegt, unter Verwendung eines Dosierventils der normaler Weise geschlossenen Bauart gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel zeigt.

(Erstes Ausführungsbeispiel)

**[0031]** Ein erstes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird unter Bezugnahme auf die Fig. 1 bis Fig. 6 beschrieben.

**[0032]** Wie in Fig. 1 gezeigt ist, ist ein Common-Rail-Kraftstoffeinspritzsystem gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel ein System, das Kraftstoff in einen Vierzylinderverbrennungsmotor (beispielsweise einen Vierzylinder Dieselmotor) einspritzt und eine Common-Rail beziehungsweise gemeinsame Leitung 1, Injektoren 2, eine Zufuhrpumpe 3 und eine Steuerungsvorrichtung 4 hat. Die Steuerungsvorrichtung 4 hat eine ECU (Verbrennungsmotorsteuerungseinheit) und eine EDU (Antriebseinheit). Obwohl Fig. 1 eine einzige Steuerungsvorrichtung 4 darstellt, die integriert sowohl die ECU als auch die EDU aufweist, können die ECU und die EDU getrennt vorgesehen sein, wenn es gewünscht ist.

**[0033]** Die Common-Rail 1 ist ein Drucksammler, der Hochdruckkraftstoff sammelt, der den Injektoren 2 zuzuführen ist. Die Common-Rail 1 ist mit einem Auslass der Zufuhrpumpe 3 durch eine Pumpenrohrleitung (Hochdruckkraftstoffdurchgang) 6 verbunden und ist ebenso mit Injektorrohrleitungen 7 auf eine Art und Weise verbunden, die ein kontinuierliches Sammeln eines Leitungsdrucks, der einen Kraftstoffeinspritzdruck des Injektors 2 entspricht, in der Common-Rail 1 gestattet. Die Zufuhrpumpe 3 stößt Hochdruckkraftstoff zu der Common-Rail 1 durch ihren Auslass aus. Die Injektorrohrleitungen 7 führen den

Hochdruckkraftstoff von der Common-Rail **1** den Injektoren **2** zu.

**[0034]** Eine Abfuhrrohrleitung **9** führt Kraftstoff an der Common-Rail **1** zu einem Kraftstofftank **8** zurück und ein Druckbegrenzer **10** ist in der Abfuhrrohrleitung **9** eingebaut. Der Druckbegrenzer **10** ist ein Ablassventil, das sich öffnet, wenn der Kraftstoffdruck in der Common-Rail **1** einen oberen Grenzwert übersteigt, um den Kraftstoffdruck in der Common-Rail **1** gleich wie oder geringer als den Grenzwert zu halten.

**[0035]** Ein Druckverringerungsventil **11** ist an der Common-Rail **1** eingebaut. Das Druckverringerungsventil **11** stellt eine Durchgangsöffnungsquerschnittsfläche (einen Öffnungsgrad) eines Ablaufdurchgangs ein, der zwischen der Common-Rail **1** und der Abfuhrrohrleitung **9** zum Ablassen des in der Common-Rail **1** gesammelten Kraftstoffs in Verbindung steht.

**[0036]** Das Druckverringerungsventil **11** ist zum raschen Verringern des Leitungsdrucks durch die Abfuhrrohrleitung **9** vorgesehen. Die Steuerungsvorrichtung **4** stellt den Öffnungsgrad des Druckverringerungsventils **11** zum raschen Verringern des Leitungsdrucks auf ein Niveau ein, das dem Antriebszustand eines Fahrzeugs entspricht.

**[0037]** Das Druckverringerungsventil **11** ist eine Bauart mit variabler Öffnungsquerschnittsfläche, das einen Ventilabschnitt und einen Solenoid aufweist. Der Ventilabschnitt ändert den Öffnungsgrad (Durchgangsöffnungsquerschnittsfläche) in dem Ablaufdurchgang und der Solenoid stellt den Öffnungsgrad (Durchgangsöffnungsquerschnittsfläche) des Ventilabschnitts auf der Grundlage eines Druckverringerungsventilantriebsstromwerts (eines Druckverringerungsventilantriebsstromwerts) ein, der von der Steuerungsvorrichtung **4** zu dem Solenoid zugeführt wird. Das Druckverringerungsventil **11** ist eine normalerweise geschlossene Bauart, bei dem der Öffnungsgrad des Ventils null wird (insbesondere ein vollständig geschlossener Zustand), wenn der Solenoid entregt ist.

**[0038]** Eine maximale Ablaufrate des Druckverringerungsventils **11** zum Ablassen von in der Common-Rail **1** gesammeltem Kraftstoff ist größer als eine maximale Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15** (eine maximale Ausstoßrate der Zufuhrpumpe **3**, insbesondere eine maximale Menge des von der Zufuhrpumpe **3** pro Umdrehung der Zufuhrpumpe **3** ausgestoßenen Kraftstoffs). Wenn des Weiteren, wie in **Fig. 3** gezeigt ist, der Druckverringerungsventilsteuerungswert allmählich erhöht wird, wird die Durchflussrate (eine Ablaufrate) des Kraftstoffs durch das Druckverringerungsventil **11** proportional mit dem Druckverringerungsventilsteuerungswert erhöht.

**[0039]** Jeder Injektor **2** ist an einem entsprechenden von Zylindern des Verbrennungsmotors vorgesehen und spritzt Kraftstoff in den entsprechenden Zylinder ein. Der Injektor **2** ist mit einem stromabwärtigen Ende der entsprechenden Injektorrohrleitung **7** verbunden, die von der Common-Rail **1** abzweigt. Des Weiteren hat der Injektor **2** eine Kraftstoffeinspritzdüse und ein Solenoidventil. Die Kraftstoffeinspritzdüse spritzt Hochdruckkraftstoff, der in der Common-Rail **1** gesammelt wird, in den entsprechenden Zylinder ein. Das Solenoidventil führt eine Hubsteuerung einer Nadel durch, die in der Kraftstoffeinspritzdüse angeordnet ist. Aus dem Injektor **2** ausgelaufener Kraftstoff wird ebenso zu dem Kraftstofftank **8** durch die Abfuhrrohrleitung **9** zurückgeführt.

**[0040]** Die Zufuhrpumpe **3** wird genauer unter Bezugnahme auf **Fig. 2** beschrieben.

**[0041]** Die Zufuhrpumpe **3** ist zum Zuführen von Hochdruckkraftstoff zu der Common-Rail **1** vorgesehen. Die Zufuhrpumpe **3** hat eine Förderpumpe **12**, ein Regulatorventil **13**, ein Einlassdosierventil **14** und eine Hochdruckpumpe **15**. Es ist anzumerken, dass die Förderpumpe **12** um 90° von der in **Fig. 2** gezeigten tatsächlichen Position gedreht ist, um einen Aufbau der Förderpumpe **12** zu zeigen.

**[0042]** Die Förderpumpe **12** ist eine Niederdruckförderpumpe, die Kraftstoff aus dem Kraftstofftank **8** durch einen Kraftstofffilter **8a** ansaugt und den angesaugten Kraftstoff in Richtung auf die Hochdruckpumpe **15** ausstößt. Die Förderpumpe **12** ist eine Trochoidalpumpe, die durch eine Nockenwelle **16** gedreht wird. Wenn die Förderpumpe **12** betrieben wird, fördert die Förderpumpe **12** den Kraftstoff, der durch einen Kraftstoffeinlass **17** angesaugt wird, zu der Hochdruckpumpe **15** durch das Einlassdosierventil **14**.

**[0043]** Die Nockenwelle **16** ist eine Pumpenantriebswelle und wird durch eine Kurbelwelle des Verbrennungsmotors gedreht.

**[0044]** Das Regulatorventil **13** ist in einem Kraftstoffdurchgang **19** angeordnet, der zwischen einem Auslass und dem Einlass der Förderpumpe **12** verbindet. Wenn ein Ausstoßdruck der Förderpumpe **12** auf einen vorbestimmten Wert erhöht wird, wird das Regulatorventil **13** geöffnet, um zu verhindern, dass der Ausstoßdruck der Förderpumpe **12** den vorbestimmten Druck übersteigt.

**[0045]** Das Einlassdosierventil **14** ist in einem Förderdurchgang (ein Fluiddurchgang) **21** angeordnet, der den Kraftstoff von der Förderpumpe **12** zu der Hochdruckpumpe **15** leitet. Das Einlassdosierventil **14** stellt eine Einlassmenge des Kraftstoffs ein, der in eine entsprechende Verdichtungskammer (Kolben) **22** der Hochdruckpumpe **15** angesaugt wird, zum Ändern und Einstellen des Leitungsdrucks.

**[0046]** Das Einlassdosierventil **14** ist eine Bauart mit variabler Öffnungsquerschnittsfläche, das einen Ventilabschnitt **23** und einen linearen Solenoid **24** aufweist. Der Ventilabschnitt **23** ändert eine Durchgangsöffnungsquerschnittsfläche (einen Öffnungsgrad) in dem Förderdurchgang **21**, der den Kraftstoff von der Förderpumpe **12** zu der Hochdruckpumpe **15** leitet. Der lineare Solenoid **24** stellt den Öffnungsgrad (die Durchgangsöffnungsquerschnittsfläche) des Ventils **23** gemäß einem Einlassdosierventilsteuerungswert ein, der von der Steuerungsvorrichtung **4** zugeführt wird. Der Dosierventilsteuerungswert entspricht einem Einlassdosierventilantriebsstromwert, der dem Einlassdosierventil **14** zugeführt wird, um einen Sollöffnungsgrad des Einlassdosierventils **14** zu erzielen, der in der Steuerungsvorrichtung **4** auf der Grundlage des Betriebszustands berechnet wird. In dem ersten Ausführungsbeispiel ist das Einlassdosierventil **14** eine normaler Weise geschlossene Bauart, bei dem der Öffnungsgrad null wird (insbesondere ein vollständig geschlossener Zustand wird), wenn der lineare Solenoid **24** entregt ist.

**[0047]** Eine maximale Förderrate (Maximaleinstellleistungsfähigkeit des Einlassdosierventils **14**) des Kraftstoffs, der von dem Einlassdosierventil **14** zu der Hochdruckpumpe **15** gefördert wird, ist größer als die maximale Ausstoßrate (eine Maximalleistungsfähigkeit) der Hochdruckpumpe **15**. Wenn genauer gesagt der Dosierventilsteuerungswert zum Steuern des Einlassdosierventils **14** fortschreitend erhöht wird, erreicht die Auslassrate der Hochdruckpumpe **15** die maximale Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15** und wird diese darauf konstant (insbesondere zeigt sie keine weitere Änderung der Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15**).

**[0048]** Die Hochdruckpumpe **15** ist eine Kolbenpumpe, die den von dem Einlassdosierventil **14** zugeführten Kraftstoff verdichtet und dann diesen in die Common-Rail **1** fördert. Die Hochdruckpumpe **15** weist Kolben **25**, Einlassventile **26** und ein Zuführungsventil **27** auf. Der Kolben **25** wird durch die Nockenwelle **16** hin- und herbewegt. Das Einlassventil **26** führt den Kraftstoff der entsprechenden Verdichtungskammer **22** zu, die ein variables Volumen hat, das sich bei der Hin- und Herbewegung des Kolbens **25** ändert. Das Zuführungsventil **27** stößt Kraftstoff, der in der Verdichtungskammer **22** verdichtet wird, zu der Common-Rail **1** aus.

**[0049]** Ein Nockenring **29** ist an einem äußeren Umfangsabschnitt eines Exenternockens **28** der Nockenwelle **16** eingebaut. Der Kolben **25** wird gegen den Nockenring **29** durch eine Feder **30** vorgespannt. Wenn die Nockenwelle **16** gedreht wird, wird der Kolben **25** aufgrund der exzentrischen Bewegung des Nockenrings **29** hin- und herbewegt.

**[0050]** Wenn der Kolben **25** sich nach unten bewegt, um den Druck der Verdichtungskammer **22** zu verringern, wird das Zuführungsventil **27** geschlossen und wird das Einlassventil **26** geöffnet. Somit wird der Kraftstoff, der durch das Einlassdosierventil **14** dosiert wird, zu der Verdichtungskammer **22** zugeführt.

**[0051]** Wenn der Kolben **25** nach oben bewegt wird, um den Druck der Verdichtungskammer **22** zu erhöhen, wird das Einlassventil **26** geschlossen. Wenn dann der Druck des Kraftstoffs, der in der Verdichtungskammer **22** mit Druck beaufschlagt wird, den vorbestimmten Druck erreicht, wird das Zuführungsventil **27** geöffnet, so dass der Hochdruckkraftstoff, der in der Verdichtungskammer **23** mit Druck beaufschlagt ist, zu der Common-Rail **1** durch die Pumpenrohrleitung **6** zugeführt wird.

**[0052]** Die ECU die in der Steuerungsvorrichtung **4** vorgesehen ist, ist eine Computereinheit, die eine CPU zum Durchführen von Steuerungsbetrieben und Berechnungsbetrieben und eine Speichervorrichtung (einen Speicher, wie zum Beispiel einen ROM, einen Standby-RAM, einen EEPROM, einen RAM) zum Speichern von verschiedenen Programmen und Daten aufweist. Auf der Grundlage der zugeführten Sendesignale (Verbrennungsmotorparameter, die den Betriebszustand des Fahrzeugs, den Betriebszustand des Verbrennungsmotors und dergleichen anzeigen) führt die ECU verschiedenartige Berechnungsvorgänge durch (beispielsweise einen Berechnungsvorgang zum Berechnen einer Einspritzzeitabstimmung jedes Injektors **2**, einen Berechnungsvorgang zum Steuern eines Öffnungsgrads des Druckverringerungsventils **11**, einen Berechnungsvorgang zum Steuern eines Öffnungsgrads des Einlassdosierventils **14**).

**[0053]** Ein spezifischeres Beispiel eines Berechnungsvorgangs wird kurz beschrieben. Die ECU bestimmt eine Soll-Kraftstoff-Einspritzmenge jedes Zylinders, ein Einspritzmuster jedes Zylinders und eine Ventilöffnungszeitabstimmung des Injektors **2** zu dem Zeitpunkt jeder Kraftstoffeinspritzung auf der Grundlage des entsprechenden Programms, das in dem ROM gespeichert ist, und ebenso auf der Grundlage der Sensorsignale (dem Betriebszustand des Fahrzeugs), die in dem RAM gespeichert wurden.

**[0054]** Die EDU, die in der Steuerungsvorrichtung **4** vorgesehen ist, ist ein Antriebsschaltkreis, der einen Ventilöffnungssteuerungswert für das Solenoidventil des Injektors **2** auf der Grundlage eines Injektorventilöffnungssignals vorsieht, das von der ECU zugeführt wird. Wenn der Ventilöffnungssteuerungswert dem Solenoidventil des Injektors **2** zugeführt wird, wird Hochdruckkraftstoff von dem Injektor **2** in den entsprechenden Zylinder eingespritzt. Wenn der Ventilöffnungsstrom ausgeschaltet ist, wird die Kraftstoffeinspritzung von dem Injektor **2** angehalten.

**[0055]** Ein Leitungsdrucksensor **31**, ein Beschleunigersensor **32**, ein Verbrennungsmotordrehzahlsensor **33**, ein Kühlmitteltemperatursensor **34**, ein Einlasslufttemperatursensor **35** und andere Sensoren **36** dienen als Fahrzeugbetriebszustandsmessenrichtung zum Messen des Betriebszustands des Fahrzeugs und sind mit der ECU der Steuerungsvorrichtung **4** verbunden. Der Leitungsdrucksensor **31** misst den Leitungsdruck. Der Beschleunigersensor **32** misst einen Öffnungsgrad eines Beschleunigers (beispielsweise eine Pedalposition eines Beschleunigerpedals). Der Verbrennungsmotordrehzahlsensor **33** misst eine Verbrennungsmotordrehzahl des Verbrennungsmotors. Der Kühlmitteltemperatursensor **34** misst die Temperatur des Kühlmittels des Verbrennungsmotors. Der Einlasslufttemperatursensor **35** misst die Temperatur der Einlassluft, die in den Verbrennungsmotor gesaugt wird.

**[0056]** Als nächstes wird die Abweichungslernsteuerung (Lernsteuerung des Einlassdosierventils **14**, die eine Einlassrate des in die Hochdruckpumpe **15** gesaugten Kraftstoffs steuert) der Zufuhrpumpe **3** beschrieben.

**[0057]** Die Steuerungsvorrichtung **4** stellt den Öffnungsgrad des Einlassdosierventils **14** zum Steuern der Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15** und dadurch zum Steuern des Leitungsdrucks ein. Genauer gesagt berechnet die Steuerungsvorrichtung **4** einen Sollleitungsdruck, der den Betriebszustand des Fahrzeugs entspricht. Dann berechnet die Steuerungsvorrichtung **4** einen Soll-Öffnungsgrad des Einlassdosierventils **14**, der den Soll-Leitungsdruck erzielt. Darauf führt die Steuerungsvorrichtung **4** einen Dosierventilsteuerswert, der dem Soll-Öffnungsgrad des Einlassdosierventils **14** entspricht, zu dem Einlassdosierventil **14** zu.

**[0058]** Somit sollte die Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15** relativ zu einem gegebenen Einlassdosierventilsteuerswert, der von der Steuerungsvorrichtung **4** zu dem Einlassdosierventil **14** zugeführt wird, mit einer vorbestimmten Pumpencharakteristik übereinstimmen (insbesondere der vorbestimmten charakteristischen Linie, die die Beziehung zwischen der Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15** und dem Einlassdosierventilsteuerswert anzeigt, der dem Einlassdosierventil **14** zuzuführen ist). Jedoch kann die Ist-Ausstoßrate des Kraftstoffs, die tatsächlich von der Hochdruckpumpe **14** ausgestoßen wird, möglicherweise relativ zu dem Einlassdosierventilsteuerswert aufgrund von verschiedenen Faktoren variieren, wie zum Beispiel Herstellungsabweichungen und Alterungsabweichungen der massenproduzierten Einlassdosierventile **14** und/oder Abweichungen der Temperaturcharakteristik von beispielsweise einer Kraftstoffviskosität oder einer Spulenzanziehungskraft.

**[0059]** Zum Behandeln des vorstehend genannten Nachteils wurde der folgende Lernsteuerungsbetrieb vorgeschlagen. Zu dem Zeitpunkt des Betriebs des Verbrennungsmotors, wenn nämlich eine vorbestimmte Lernbedingung erfüllt ist, wenn beispielsweise der Verbrennungsmotor sich in einem Leerlaufzustand befindet, wird der Öffnungsgrad des Einlassdosierventils **14** fortschreitend von einem festgelegten Wert erhöht, bei dem eine Null-Einlassrate des Einlassdosierventils **14** garantiert wird. Zu dem Zeitpunkt des fortschreitenden Erhörens des Öffnungsgrads des Einlassdosierventils **14** von diesem Wert wird dann, wenn der Änderungsbetrag des Leitungsdrucks gleich wie oder größer als ein vorbestimmter Wert wird, der gegenwärtige Dosierventilsteuerswert, der gegenwärtig dem Einlassdosierventil **14** zugeführt wird, als Einlasseinleitungssteuerswert "a" erhalten (**Fig. 4**). Dann wird dieser Wert (der Einlasseinleitungssteuerswert "a") als ein Dosierventilsteuerswert gelernt, bei dem die Hochdruckpumpe **15** den Einlass des Kraftstoffs beginnt. Auf diesem Weg werden Abweichungen in dem kleinen Ausstoßratenbereich der Hochdruckpumpe **15** (kleiner Öffnungsgrad des Einlassdosierventils **14**) korrigiert.

**[0060]** Das Einlassdosierventil **14** ist das Ventil mit variabler Öffnungsquerschnittsfläche, das seine Kraftstoffdurchgangsöffnungsquerschnittsfläche variiert. Eine genaue Steuerung der Durchgangsöffnungsquerschnittsfläche des Einlassdosierventils **14** zwischen dem kleinen Öffnungsgrad und dem großen Öffnungsgrad ist erforderlich. Jedoch ist der vorstehend genannte Lernsteuerungsbetrieb zum Durchführen des Lernens und der Korrektur von nur dem kleinen Öffnungsgrad des Einlassdosierventils **14** gedacht (Bereich geringer Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15**). Somit können die vorstehend beschriebenen Abweichungen des großen Öffnungsgrads des Einlassdosierventils **14** (ein Bereich der hohen Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15**) nicht korrigiert werden.

**[0061]** Somit wird in der Steuerungsvorrichtung **4** des vorliegenden Ausführungsbeispiels ein Dosierventilsteuerswert (der Einlasseinleitungssteuerswert "a"), bei dem die Hochdruckpumpe **15** den Einlass des Kraftstoffs beginnt, unter Verwendung der vorstehend beschriebenen Technik berechnet. Ebenso wird in der Steuerungsvorrichtung **4** ein Maximalausstoßratensteuerswert "b" (**Fig. 4**), der ein Dosierventilsteuerswert ist, bei dem die Hochdruckpumpe **15** ihre Maximalausstoßrate erreicht (die maximale Leistungsfähigkeit), gemäß einer Technik der vorliegenden Erfindung berechnet. Dann wird in der Steuerungsvorrichtung **4** die Pumpencharakteristik der Hochdruckpumpe **15** auf der Grundlage des Einlasseinleitungssteuerswerts "a" und des Maximalausstoßratensteuerswerts "b" berechnet. Hier ist die Pumpencharakte-



ristik eine Charakteristik, die zwischen "a" und "b" in **Fig. 4** verbindet, genauer gesagt die charakteristische Linie, die die Beziehung zwischen der Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15** und dem Einlassdosierventilsteuerungswert, der dem Einlassdosierventil **14** zuzuführen ist, in einem Bereich zwischen "a" und "b" in **Fig. 4** andeutet. Darauf wird in der Steuerungsvorrichtung **4** der Dosierventilsteuerungswert der dem Einlassdosierventil **14** zuzuführen ist, auf der Grundlage der berechneten Pumpencharakteristik und ebenso des berechneten Öffnungsgrads des Einlassdosierventils **14** berechnet, der auf der Grundlage des Betriebszustands des Fahrzeugs berechnet wird. Nun wird der Weg, auf dem der maximale Ausstoßratensteuerungswert "b" erhalten wird, genauer beschrieben.

**[0062]** Wenn zu dem Zeitpunkt des Betriebs des Verbrennungsmotors die vorbestimmte Lernbedingung erfüllt ist (wenn beispielsweise die Verbrennungsmotordrehzahl beispielsweise in dem Leerlaufzustand stabil ist und der Druck der Common-Rail **1** konstant ist), steuert die Steuerungsvorrichtung **4** den Dosierventilsteuerungswert, der dem Einlassdosierventil **14** zuzuführen ist, auf die folgende Art und Weise. Der Öffnungsgrad des Einlassdosierventils **14** wird nämlich fortschreitend von dem voreingestellten Wert (ein erster voreingestellter Wert) erhöht, der kleiner als ein Grenzwert zum Realisieren der maximalen Ausstoßrate ist (ein Grenzwert zum Realisieren einer Maximalleistungsfähigkeit). Hier ist der Grenzwert zum Realisieren der maximalen Ausstoßrate als ein Grenzwert zum Realisieren der maximalen Ausstoßrate (der Maximalleistungsfähigkeit) der Hochdruckpumpe **15** definiert. Wenn genauer gesagt der Öffnungsgrad des Einlassdosierventils **14** gleich wie oder größer als der Grenzwert zum Realisieren der maximalen Ausstoßrate ist, wird die Maximalausstoßrate der Hochdruckpumpe **15** erzielt. Zu dem Zeitpunkt des Erhöhens des Öffnungsgrads des Einlassdosierventils **14** wird dann, wenn der Änderungsbetrag der Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15** gleich wie oder geringer als ein entsprechend vorbestimmter Wert wird, der gegenwärtige Dosierventilsteuerungswert, der gegenwärtig von der Steuerungsvorrichtung **4** zu dem Einlassdosierventil **14** zugeführt wird, als der maximale Ausstoßratensteuerungswert (ein maximaler Steuerungswert) "b" erhalten.

**[0063]** Dann wird die Pumpencharakteristik der Hochdruckpumpe **15** auf der Grundlage des maximalen Ausstoßratensteuerungswerts "b" und des Einlasseinleitungssteuerungswerts "a" erhalten, der unter Verwendung der vorstehend beschriebenen Technik erhalten wird. Auf der Grundlage dieser Pumpencharakteristik wird der Dosierventilsteuerungswert, der dem Einlassdosierventil **14** zuzuführen ist, gesteuert oder eingestellt.

**[0064]** In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird eine Ausstoßratenänderungsmesseinrichtung (oder eine Durchflussratenänderungsmesseinrichtung) zum Messen des Änderungsbetrags der Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15** durch eine in **Fig. 5** gezeigte entsprechende Rückführregelung realisiert. In der Rückführregelung, die durch eine durchgezogene Linie A in **Fig. 5** gezeigt ist, wird ein Dosierventilsteuerungswert fortschreitend erhöht, um den Öffnungsgrad des Einlassdosierventils **14** fortschreitend zu erhöhen, so dass die Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15** ebenso fortschreitend erhöht wird. Während dieses Betriebs erhöht die Steuerungsvorrichtung **4** fortschreitend den Druckverringerungsventilsteuerungswert wie durch eine durchgezogene Linie B in **Fig. 5** angedeutet ist, um den Öffnungsgrad des Druckverringerungsventils **11** fortschreitend zu erhöhen und dadurch einen konstanten Druck in der Common-Rail **1** beizubehalten. Wenn die maximale Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15** erreicht ist, steigt der Druck der Common-Rail **1** nicht weiter an, so dass der Öffnungsgrad (der Druckverringerungsventilsteuerungswert in der Rückführregelung) des Druckverringerungsventils **11** nicht weitergehend geändert wird oder nur um einen geringen Betrag geändert wird. Wenn auf der Grundlage dieser Tatsache der Änderungsbetrag des Druckverringerungsventilsteuerungswerts gleich wie oder geringer als ein vorbestimmter Wert wird, misst, insbesondere bestimmt die Steuerungsvorrichtung **4**, dass die Hochdruckpumpe **15** die maximale Ausstoßrate erreicht hat.

**[0065]** In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird der Änderungsbetrag der Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15** auf der Grundlage des Änderungsbetrags des Druckverringerungsventilsteuerungswerts bestimmt. Alternativ kann der Änderungsbetrag der Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15** auf der Grundlage des Änderungsbetrags des Leitungsdrucks bestimmt werden, der durch den Leitungsdrucksensor **31** gemessen wird.

**[0066]** In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel, wie in **Fig. 5** gezeigt wird, wird zu dem Zeitpunkt des fortschreitenden Erhöhens des Öffnungsgrades des Einlassdosierventils **14** bei dem Lernbetrieb der Öffnungsgrad des Einlassdosierventils **14** um einen vorbestimmten Betrag erhöht und konstant gehalten, bis der Änderungsbetrag der Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15** ein entsprechender Wert wird, der den erhöhten Öffnungsgrad des Einlassdosierventils **14** entspricht. Darauf wird der Öffnungsgrad des Einlassdosierventils **14** um den vorbestimmten Betrag erneut erhöht und wird der vorstehend genannte Vorgang wiederholt. Somit wird der Öffnungsgrad des Einlassdosierventils **14** fortschreitend auf eine gestufte Art und Weise erhöht. Wenn der Änderungsbetrag der Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15** (der Änderungsbetrag des Druckverringerungsbetragventilsteuerungswerts) gleich wie oder geringer

als der vorbestimmte Wert wird, wird bestimmt, dass die Hochdruckpumpe **15** die maximale Ausstoßrate erreicht hat.

**[0067]** Der Steuerungsbetrieb zum Erhalten des maximalen Ausstoßratensteuerungswerts "b" wird nun unter Bezugnahme auf ein Ablaufdiagramm von Fig. 6 beschrieben.

**[0068]** Wenn zu dem Zeitpunkt des Betriebs des Verbrennungsmotors die vorbestimmte Lernbedingung zum Einleiten des Lernbetriebs zum Erhalten des maximalen Ausstoßratensteuerungswerts "b" erfüllt ist (zum Starten des Ablaufdiagramms), schreitet die Steuerung zu dem Schritt S1 weiter. Bei dem Schritt S1 wird ein Steuerungsgegenstand zum Aufrecht erhalten des Leitungsdrucks auf dem vorbestimmten Wert, der für den gegenwärtigen Betriebszustand geeignet ist, von dem Einlassdosierventil **14** zu dem Druckverringerungsventil **11** geändert. Während des normalen Betriebs wird nämlich zum Aufrecht erhalten des Leitungsdrucks auf den vorbestimmten Wert, der für den gegenwärtigen Betriebszustand geeignet ist, der Öffnungsgrad des Einlassdosierventils **14** derart rückführgeregelt, dass der gemessene Leitungsdruck, der durch den Leitungsdrucksensor **31** gemessen wird, mit dem Soll-Leitungsdruck übereinstimmt, der dem Fahrzeugbetriebszustand entspricht. Wenn die Lernbedingung zum Einleiten des Lernbetriebs erfüllt ist, wird der Öffnungsgrad des Druckverringerungsventils **11** rückführgeregelt, um den Druck der Common-Rail **1** auf dem vorbestimmten Wert aufrecht zu erhalten.

**[0069]** Als nächstes wird bei dem Schritt S2 der Dosierventilsteuerungswert um einen vorbestimmten Betrag erhöht, um den Öffnungsgrad des Einlassdosierventils **14** um einen vorbestimmten Betrag von dem ausgeschalteten Zustand des Einlassdosierventils **14** zu erhöhen, so dass die Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15** um einen vorbestimmten Betrag erhöht wird.

**[0070]** Als nächstes wird bei dem Schritt S3 bestimmt, ob eine Druckabweichung zwischen dem berechneten Soll-Leitungsdruck und dem Ist-Leitungsdruck, der durch den Leitungsdrucksensor **31** gemessen wird, Null geworden ist, insbesondere nicht existiert (oder in einen vorbestimmten Druckabweichungsbereich gefallen ist).

**[0071]** Wenn bestimmt wird, dass die Druckabweichung zwischen dem berechneten Soll-Leitungsdruck und dem Ist-Leitungsdruck Null geworden ist (oder in den vorbestimmten Druckabweichungsbereich gefallen ist), nämlich bei dem Schritt S3, schreitet die Steuerung zu dem Schritt S4 weiter. Bei dem Schritt S4 wird bestimmt, ob ein absoluter Wert einer Differenz zwischen dem gegenwärtigen Druckverringerungsventilsteuerungswert und dem vorhergehend

gespeicherten Druckverringerungsventilsteuerungswert gleich wie oder geringer als ein vorbestimmter Wert ist. Es wird nämlich bestimmt, ob eine Änderung des Steuerungswerts des Druckverringerungsventils **11** vorhanden ist.

**[0072]** Wenn die Antwort auf die Anfrage bei dem Schritt S4 "NEIN" ist, wenn insbesondere die Änderung des Steuerungswertes des Druckverringerungsventils **11** vorhanden ist, schreitet die Steuerung zu dem Schritt S5 weiter. Bei dem Schritt S5 werden der gegenwärtige Dosierventilsteuerungswert und der gegenwärtige Druckverringerungsventilsteuerungswert gespeichert und kehrt die Steuerung zu dem Schritt S2 zurück, um die vorstehenden Schritte zu wiederholen.

**[0073]** Wenn dagegen die Antwort auf die Anfrage bei dem Schritt S4 "JA" ist, wenn insbesondere die Änderung des Steuerungswertes des Druckverringerungsventils **11** nicht mehr vorhanden ist, wird bestimmt, dass die Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15** ihre maximale Ausstoßrate erreicht hat, so dass der maximale Ausstoßratensteuerungswert "b" erreicht wurde. Dann wird bei dem Schritt S6 bestimmt, ob der gespeicherte Dosierventilsteuerungswert innerhalb eines vorbestimmten Steuerungsbereichs liegt (vorhergehend bestimmt der Abweichungsbereich). Wenn die Antwort auf die Anfrage bei dem Schritt S6 "NEIN" ist, wird ein Speicherbetrieb zum Speichern des maximalen Ausstoßratensteuerungswerts "b" angehalten oder wird ein Schutzprozess innerhalb des Abweichungsbereichs durchgeführt oder kehrt die Steuerung zu dem Schritt S2 zurück, um ein erneutes Lernen des maximalen Ausstoßratensteuerungswerts "b" durchzuführen.

**[0074]** Wenn die Antwort auf die Frage bei dem Schritt S6 "JA" ist, wird der maximale Ausstoßratensteuerungswert "b", der zu dem Zeitpunkt des Erreichens der maximalen Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15** erhalten wird, bei dem Schritt S7 gespeichert. Daher endet der Lernprozess.

**[0075]** Als nächstes werden die Vorteile des ersten Ausführungsbeispiels beschrieben.

**[0076]** Wenn bei dem Common-Rail-Kraftstoffinspritzsystem des vorliegenden Ausführungsbeispiels, wie vorstehend beschrieben ist, die Lernbedingung zum Erhalten des maximalen Ausstoßratensteuerungswerts "b" erfüllt ist, wird der Dosierventilsteuerungswert fortschreitend, um den Öffnungsgrad des Einlassdosierventils **14** fortschreitend zu erhöhen, und wird der Druckverringerungsventilsteuerungswert rückführgeregelt, um dem konstanten Druck der Common-Rail **1** zu halten. Wenn zu diesem Zeitpunkt die Hochdruckpumpe **15** ihre maximale Ausstoßrate erreicht, wird der Änderungsbeitrag des Druckverringerungsventilsteuerungswerts

ein konstanter Wert. Wenn der Änderungsbetrag des Druckverringerungsventilsteuerungswerts gleich wie oder geringer als der vorbestimmte Wert wird, erhält die Steuerungsvorrichtung **4** den gegenwärtigen Dosierventilsteuerungswert als den maximalen Ausstoßratensteuerungswert "b".

**[0077]** Ebenso erhält unter Verwendung der vorstehend beschriebenen Technik das Common-Rail-Kraftstoffeinspritzsystem des vorliegenden Ausführungsbeispiels den Einlasseinleitungssteuerungswert "a", der der Dosierventilsteuerungswert zu dem Zeitpunkt des Startens des Einlasses des Kraftstoffs durch die Hochdruckpumpe **15** ist.

**[0078]** Dann wird auf der Grundlage des Einlasseinleitungssteuerungswerts "a" und des maximalen Ausstoßratensteuerungswerts "b" die Pumpencharakteristik (die Charakteristik, die zwischen "a" und "b" eine Verbindung herstellt) der Hochdruckpumpe **15** erhalten.

**[0079]** Die Steuerungsvorrichtung **4** erhält den Dosierventilsteuerungswert, der dem Einlassdosierventil **14** zuzuführen ist, auf der Grundlage der Pumpencharakteristik (der Charakteristik, die eine Verbindung zwischen "a" und "b" in **Fig. 4** herstellt) und des berechneten Öffnungsgrads des Einlassdosierventils **14**, der auf der Grundlage des Fahrzeugbetriebszustands berechnet wird.

**[0080]** Durch den vorstehend beschriebenen Lernsteuerungsbetrieb kann die Abweichung (die Abweichung zwischen dem Dosierventilsteuerungswert und der Ausstoßrate der Zuführrate **3**) in einem breiten Bereich von Öffnungsgraden des Einlassdosierventils **14** beschränkt werden.

(Zweites Ausführungsbeispiel)

**[0081]** Ein zweites Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird unter Bezugnahme auf **Fig. 7** beschrieben.

**[0082]** In dem ersten Ausführungsbeispiel wird das Ventil der normaler Weise geschlossenen Bauart, das beim Anhalten der Energiezufuhr zu dem Ventil vollständig geschlossen wird, als das Einlassdosierventil **14** verwendet. Dagegen wird in dem zweiten Ausführungsbeispiel ein Ventil der normaler Weise offenen Bauart, das beim Anhalten der Energiezufuhr zu dem Ventil vollständig geöffnet wird, als das Einlassdosierventil **14** verwendet.

**[0083]** Das Einlassdosierventil **14** der normalen offenen Bauart, ist vollständig geschlossen, wenn ein großer elektrischer Strom an das Einlassdosierventil **14** angelegt wird. Somit wird zu dem Zeitpunkt des fortschreitenden Erhöhens des Öffnungsgrads des Einlassdosierventils **14** der Dosierventilsteuerungs-

wert fortschreitend verringert, wie durch eine gestrichelte Linie A in **Fig.** zeigt.

**[0084]** In dem zweiten Ausführungsbeispiel wird die Ausstoßratenänderungsmesseinrichtung zum Messen des Änderungsbetrags der Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15** durch eine in **Fig. 7** gezeigte entsprechende Rückführregelung realisiert. Bei der Rückführregelung, wie durch die gestrichelte Linie A in **Fig. 7** angedeutet ist, wird der Dosierventilsteuerungswert fortschreitend Verringert, um den Öffnungsgrad des Einlassdosierventils **14** fortschreitend zu erhöhen, so dass die Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15** fortschreitend erhöht wird. Während dieses Vorgangs erhöht die Steuerungsvorrichtung **4** fortschreitend den Druckverringerungsventilsteuerungswert, wie durch eine durchgezogene Linie B in **Fig. 7** angedeutet ist, um den Öffnungsgrad des Druckverringerungsventils **11** fortschreitend zu erhöhen und dadurch einen konstanten Druck in der Common-Rail **1** aufrecht zu erhalten. Wenn die maximale Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15** erreicht wird, erhöht sich der Druck der Common-Rail **1** nicht weiter, so dass der Öffnungsgrad (der Druckverringerungsventilsteuerungswert in der Rückführregelung) des Druckverringerungsventils **14** nicht weitergehend geändert wird oder nur um einen geringen Betrag geändert wird. Wenn auf der Grundlage dieser Tatsache der Änderungsbetrag des Öffnungsgrads des Druckverringerungsventils **11** (der Änderungsbetrag des Druckverringerungsventilsteuerungswert) gleich wie oder geringer als ein vorbestimmter Wert wird, misst, insbesondere bestimmt die Steuerungsvorrichtung **4**, dass die Hochdruckpumpe **15** die maximale Ausstoßrate erreicht hat.

(Drittes Ausführungsbeispiel)

**[0085]** Ein drittes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird unter Bezugnahme auf die **Fig. 8** und **Fig. 9** beschrieben.

**[0086]** In dem ersten Ausführungsbeispiel (dem Ausführungsbeispiel in dem das Einlassdosierventil **14** der normaler Weise geschlossenen Bauart verwendet wird) wird zu dem Zeitpunkt, in dem der maximale Ausstoßratensteuerungswert "b" erhalten wird, der Dosierventilsteuerungswert fortschreitend von dem Zustand erhöht, bei dem die Energiezufuhr zu dem Einlassdosierventil **14** ausgeschaltet wird. Wenn dagegen im dritten Ausführungsbeispiel die Lernbedingung zum Erhalten des maximalen Ausstoßratensteuerungswerts "b" erfüllt ist, wird der Öffnungsgrad des Einlassdosierventils **14** fortschreitend von einem voreingestellten Wert erhöht, der kleiner als der Grenzwert zum Realisieren der maximalen Ausstoßrate ist und in der Nähe desselben liegt, der als der Grenzwert zum Realisieren der maximalen Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15** definiert ist.

**[0087]** Genauer gesagt, wird, wie durch eine durchgezogene Linie A in **Fig. 8** angedeutet ist, direkt nach der Einleitung des Lernbetriebs ein vorbestimmter Dosierventilsteuerungswert, der Nah an dem Grenzwert zum Realisieren der maximalen Ausstoßrate zum Realisieren der maximalen Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15** liegt, dem Einlassdosierventil **14** zugeführt, und wird daher der Dosierventilsteuerungswert fortschreitend auf eine gestufte Art und Weise erhöht. Hier wird der maximale Ausstoßratensteuerungswert "b" auf der Grundlage des Änderungsbetrags des Druckverringerungsventilsteuerungswerts erhalten, der durch eine durchgezogene Linie B in **Fig. 8** angedeutet ist.

**[0088]** Der Steuerungsbetrieb des dritten Ausführungsbeispiels wird unter Bezugnahme auf **Fig. 9** beschrieben.

**[0089]** Wenn zu dem Zeitpunkt des Betriebs des Verbrennungsmotors die vorbestimmte Lernbedingung zum Einleiten des Lernbetriebs zum Erhalten des maximalen Ausstoßratensteuerungswerts "b" erfüllt ist (Starten des Ablaufdiagramms), schreitet die Steuerung zu dem Schritt S1 weiter. Bei dem Schritt S1 wird ähnlich wie bei dem Schritt S1 des ersten Ausführungsbeispiels ein Steuerungsgegenstand zum Aufrechterhalten des Ladungsdrucks auf dem vorbestimmten Wert, der für den gegenwärtigen Betriebszustand geeignet ist, von dem Einlassdosierventil **14** auf das Druckverringerungsventil **11** geändert.

**[0090]** Als nächstes wird bei dem Schritt S11 der voreingestellte Dosierventilsteuerungswert, der kleiner als der Grenzwert zum Realisieren der maximalen Ausstoßrate ist und in der Nähe von diesem liegt, der die maximale Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15** realisiert, dem Einlassdosierventil **14** zugeführt. Und dann wird ein Druckverringerungsventilsteuerungswert, der geringfügig kleiner als der Druckverringerungsventilsteuerungswert ist, der zum Halten des vorbestimmten Drucks der Common-Rail **1** auf über dem voreingestellten Dosierventilsteuerungswert erforderlich ist, dem Druckverringerungsventil zugeführt.

**[0091]** Als nächstes wird bei dem Schritt S12 bestimmt, ob eine Druckabweichung zwischen dem berechneten Sollleitungsdruck und dem Ist-Leitungsdruck null geworden ist, insbesondere nicht existiert (oder in einem vorbestimmten Druckabweichungsbereich gefallen ist), schreitet die Steuerung zu dem Schritt S2 weiter, der unter Bezugnahme auf das erste Ausführungsbeispiel bestimmt ist, und schreitet darauf zu den gleichen Schritten wie denen des ersten Ausführungsbeispiels weiter. Somit werden die Details dieser Schritte zur Vereinfachung nicht beschrieben.

**[0092]** Wie vorstehend beschrieben ist, wird der Öffnungsgrad des Einlassdosierventils **14** fortschreitend von dem voreingestellten Dosierventilsteuerungswert erhöht, der nahe an dem Grenzwert zum Realisieren der maximalen Ausstoßrate liegt, der die maximale Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15** realisiert. Somit wird die maximale Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15** innerhalb einer kurzen Zeitdauer bei der Einleitung des Lernprozesses erreicht. Somit kann die Gesamtzeit, die zum Durchführen des Lernprozesses erforderlich ist, minimiert werden.

**[0093]** Des Weiteren wird in dem ersten bis dritten Ausführungsbeispiel des Öffnungsgrad des Einlassdosierventils **14** fortschreitend auf die stufige Art und Weise bei den vorbestimmten Intervallen erhöht. Derartige Intervalle haben einen großen Einfluss auf die Genauigkeit (Genauigkeit der Ventilposition) zur Bestimmung des maximalen Ausstoßratensteuerungswerts "b". Somit ist es wünschenswert, die Intervalle zum Erhöhen der Genauigkeit des maximalen Ausstoßratensteuerungswerts "b" zu verringern oder zu minimieren. Jedoch ergibt die Minimierung der Intervalle normalerweise eine Verlängerung des Lernbetriebs.

**[0094]** Wenn daher die Intervalle minimiert werden und das dritte Ausführungsbeispiel eingesetzt wird, ist es möglich, die Genauigkeit zum Bestimmen des maximalen Ausstoßratenerzeugungspunkts der Hochdruckpumpe **15** zu erhöhen, während die Zeit minimiert wird, die zum Durchführen des Lernbetriebs erforderlich ist.

(Viertes Ausführungsbeispiel)

**[0095]** Ein viertes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird unter Bezugnahme auf **Fig. 10** beschrieben.

**[0096]** In dem dritten Ausführungsbeispiel wird das Einlassdosierventil **15** der normalerweise geschlossenen Bauart kleiner. Des Weiteren wird in dem dritten Ausführungsbeispiel, wenn die Lernbedingung zum Halten des maximalen Ausstoßratensteuerungswerts (b) erfüllt ist, der Dosierventilsteuerungswert fortschreitend von dem voreingenommenen Wert erhöht, der geringer als der Grenzwert zur Realisierung der maximalen Ausstoßrate ist und in der Nähe von diesem liegt, der als der Grenzwert zum Realisieren der maximalen Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15** definiert ist.

**[0097]** Dagegen wird in dem vierten Ausführungsbeispiel das Einlassdosierventil **14** der normalerweise offenen Bauart verwendet. Wenn die Lernbedingung zum Erhalten des maximalen Ausstoßratensteuerungswerts "b" erfüllt ist, wird der voreingestellte Dosierventilsteuerungswert, der nahe an dem Grenzwert zur Realisierung der maximalen Ausstoßrate

liegt und höher als dieser ist, der als der Grenzwert zum Realisieren der maximalen Ausstoßrate der Hochdruckpumpe **15** definiert ist, dem Einlassdosierventil **15** zugeführt, wie durch eine durchgezogene Linie A in **Fig. 10** angedeutet ist. Dann wird der Dosierventilsteuerungswert fortschreitend verringert und wird ein maximaler Ausstoßratensteuerungswert "b" auf der Grundlage des Änderungsbetrags des Druckverringerungsventilsteuerungswerts erhalten, der durch eine durchgezogene Linie B in **Fig. 10** angedeutet ist.

(Fünftes Ausführungsbeispiel)

**[0098]** Ein fünftes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird beschrieben.

**[0099]** In dem ersten bis vierten Ausführungsbeispiel wird der maximale Ausstoßratensteuerungswert "b" erhalten und wird der Dosierventilsteuerungswert, der dem Einlassdosierventil **14** zuzuführen ist, durch den Lernbetrieb korrigiert.

**[0100]** Dagegen weist in dem fünften Ausführungsbeispiel die Steuerungsvorrichtung **4** eine Lerneinrichtung zum Korrigieren einer Abweichung des Druckverringerungsventilsteuerungswerts und eine Abweichung der Ablafrate des Druckverringerungsventils **11** auf.

**[0101]** Die Lerneinrichtung steuert den Druckverringerungssteuerungswert auf die folgende Art und Weise. Der Öffnungsgrad des Druckverringerungsventils **11** wird nämlich fortschreitend von einem voreingestellten Wert erhöht, der kleiner als ein Grenzwert zur Realisierung einer maximalen Förderrate ist, der die maximale Förderrate des Kraftstoffs realisiert, der von der Hochdruckpumpe **15** zu der Common-Rail **1** gefördert wird, und wird der Dosierventilsteuerungswert gesteuert, um einen konstanten Druck der Common-Rail **1** zu dem Zeitpunkt der Steuerung des Druckverringerungsventilsteuerungswerts aufrecht zu erhalten. Zu dem Zeitpunkt der Erhöhung des Öffnungsgrads des Druckverringerungsventils **11** wird dann, wenn der Änderungsbetrag der Förderrate des Kraftstoffs, der von der Hochdruckpumpe **15** zu der Common-Rail **1** gefördert wird und durch eine Förderratenänderungsmesseinrichtung gemessen wird, gleich wie oder geringer als ein vorbestimmter Wert wird, ein gegenwärtiger Druckverringerungsventilsteuerungswert, der gegenwärtig von der Steuerungsvorrichtung **4** zu dem Druckverringerungsventil **11** zugeführt wird, als maximaler Ablafratensteuerungswert erhalten. Somit lernt die Lerneinrichtung der Steuerungsvorrichtung **4**, dass die maximale Ablafrate durch das Druckverringerungsventil **11** bei dem vorstehend erhaltenen maximalen Ablafratensteuerungswert erzielt wird.

**[0102]** Der Änderungsbetrag der Förderrate des Kraftstoffs, von der Hochdruckpumpe **15** zu der Common-Rail **1** gefördert wird, wird auf der Grundlage von zumindest entweder dem Änderungsbetrag des Leitungsdrucks, der durch den Leitungsdrucksensor **130** gemessen wird, oder des Änderungsbetrags des Dosierventilsteuerungswerts bestimmt.

**[0103]** Wenn, wie vorstehend diskutiert ist, die Lerneinrichtung der Steuerungsvorrichtung **4** lernt, dass die maximale Ablafrate durch das Druckverringerungsventil **11** bei dem vorstehend erhaltenen maximalen Ablafratensteuerungswert erzielt wird, ist es möglich, eine Abweichung in zumindest dem großen Öffnungsgrad des Druckverringerungsventils **11** zu begrenzen (eine Abweichung zwischen dem Druckverringerungsventilsteuerungswert und der Ablafrate).

**[0104]** Des Weiteren kann auf Grund der Tatsache, dass die maximale Ablafrate des Verringerungsventils **11** bei dem maximalen Ablafratensteuerungswert erzielt wird, eine Ablafratencharakteristik relativ zu dem Öffnungsgrad (Druckverringerungsventilsteuerungswert) des Druckverringerungsventils **11** alternativ erhalten wird. Dann kann der Druckverringerungsventilsteuerungswert auf der Grundlage der neu erhaltenen Ablafratencharakteristik erhalten werden. Auf diesem Weg können die Abweichungen in den breiten Bereich der Öffnungsgrade des Druckverringerungsventils **11** begrenzt werden.

**[0105]** Die vorstehend genannten Ausführungsbeispiele können wie folgt weitergehend abgewandelt werden.

**[0106]** In den vorstehend genannten Ausführungsbeispielen wird nämlich der Dosierventilsteuerungswert (der Einlasseinleitungssteuerungswert "a"), bei dem die Hochdruckpumpe **15** den Einlass des Kraftstoff beginnt, erhalten und wie ebenso der Dosierventilsteuerungswert (der maximale Ausstoßratensteuerungswert "b"), bei dem die Hochdruckpumpe **15** ihre maximale Ausstoßrate erreicht, ebenso erhalten.

**[0107]** Dann wird die Pumpencharakteristik (Charakteristik zwischen "a" und "b" in Figur) der Hochdruckpumpe **15** zur Grundlage des Einlasseinleitungssteuerungswertes "a" und des maximalen Ausstoßratensteuerungswert "b" erhalten. Alternativ kann nur der Dosierventilsteuerungswert (der maximale Ausstoßratensteuerungswert) "b", bei dem die Hochdruckpumpe **15** ihre maximale Ausstoßrate erreicht, erhalten werden. Dann kann die Pumpencharakteristik allein auf der Grundlage des maximalen Ausstoßratensteuerungswert "b" erhalten werden.

**[0108]** Beispielsweise kann nämlich ein imaginärer Punkt  $\alpha$ , der in **Fig. 4** gezeigt ist, erhalten werden und kann die Pumpencharakteristik durch Verbinden des

imaginären Punkts  $\alpha$  und des maximalen Ausstoßratensteuerungswerts "b" erhalten werden.

**[0109]** In den vorstehend genannten Ausführungsbeispielen sind das Einlassdosierventil **14** und das Druckverringerungsventil **11** die Bauart mit variabler Öffnungsquerschnittspumpe. Alternativ kann der Öffnungsgrad des Ventils **14, 11** durch Einstellen einer Zeitdauer der Öffnung des Ventils **14, 11** eingestellt werden.

**[0110]** In den vorstehend genannten Ausführungsbeispielen wird die Hochdruckpumpe **15** als beispielhafte Fluidantriebseinrichtung zum Ansaugen oder Pumpen von Fluid verwendet und wird das Einlassventil **14** sowie das Druckverringerungsventil **14** als exemplarische Ventile verwendet. Das Lernen und die Korrektur der Abweichungen bei dem Einlassdosierventil **14** und dem Druckverringerungsventil **11** werden auf der Grundlage des Dosierventilsteuerungswerts oder des Druckverringerungsventilsteuerungswerts durchgeführt, die zum Zeitpunkt des Erreichens der maximalen Rate (Maximalleistungsfähigkeit) der Fluidantriebseinrichtung erhalten werden. Jedoch ist die Fluidantriebseinrichtung nicht durch die Hochdruckpumpe **15** beschränkt und kann jede andere geeignete Einrichtung, die eine Bewegung von Fluid durch das Ventil verursachen.

**[0111]** In dem ersten Ausführungsbeispiel steuert die Lerneinrichtung den Ventilsteuerungswert auf eine Art und Weise, die eine fortschreitende Erhöhung des Öffnungsgradventils **14** von dem ersten voreingestellten Wert erzielt, der kleiner als der Grenzwert zur Realisierung der maximalen Leistungsfähigkeit ist, der die maximale Leistungsfähigkeit der Hochdruckpumpe **15** realisiert. Zu dem Zeitpunkt der fortschreitenden Erhöhung des Eröffnungsgrades des Ventils **14** von dem ersten voreingestellten Wert erhält dann, wenn der Änderungsbetrag der Durchflussrate des Fluids in dem Fluiddurchgang **21**, die durch die Durchflussratenänderung der Messeinrichtung gemessen wird, gleich wie oder geringer als der entsprechend vorbestimmte Wert wird, die Lerneinrichtung den gegenwärtigen Ventilsteuerungswert, der gegenwärtig dem Ventil **14** zugeführt wird, als den maximalen Steuerungswert. Dann lernt die Lerneinrichtung **4**, dass die Hochdruckpumpe **15** die Maximalleistungsfähigkeit bei dem maximalen Steuerungswert erreicht. Alternativ kann die Lerneinrichtung den Ventilsteuerungswert auf eine Art und Weise steuern, die das Verringern des Öffnungsgrads des Ventils **14** von einem zweiten voreingestellten Wert fortschreitend erreicht, der größer als der Grenzwert zum Realisieren der Maximalleistungsfähigkeit ist, der die Maximalleistungsfähigkeit der Hochdruckpumpe **15** realisiert. Zu dem Zeitpunkt der fortschreitenden Verringerung des Öffnungsgrads des Ventils **14** von dem voreingestellten Wert erhält, wenn der Änderungsbe-

trag der Durchflussrate des Fluiddurchgangs **21**, die durch die Durchflussratenänderungseinrichtung gemessen wird, gleich wie oder größer als ein entsprechend vorbestimmter Wert wird, die Lerneinrichtung den gegenwärtigen Ventilsteuerungswert, gegenwärtig dem Ventil **14** zugeführt wird, als den maximalen Steuerungswert. Dann kann die Lerneinrichtung lernen, dass die Hochdruckpumpe **15** die Maximalleistungsfähigkeit bei dem maximalen Steuerungswert erreicht.

**[0112]** Zusätzliche Vorteile und Abwandlungen werden dem Fachmann offensichtlich sein. Die Erfindung ist daher in ihrer allgemeinen Bedeutung nicht auf die spezifischen Details, die repräsentative Vorrichtung und darstellende Beispiele beschränkt, die gezeigt und beschrieben sind.

**[0113]** Somit führt dann, wenn die Lernbedingung erfüllt ist, die Steuerungsvorrichtung **4** eine Rückführregelung durch. Bei der Rückführregelung wird ein Dosierventilsteuerungswert fortschreitend erhöht, um einen Öffnungsgrad eines Einlassdosierventils **14** fortschreitend zu erhöhen, und wird ein Druck einer Common-Rail **1** konstant gehalten. Wenn der Änderungsbetrag eines Druckverringerungsventilsteuerungswerts gleich wie oder geringer als ein vorbestimmter Wert wird, wird ein gegenwärtiger Dosierventilsteuerungswert, der gegenwärtig dem Einlassdosierventil **14** zugeführt wird, als ein maximaler Ausstoßratensteuerungswert erhalten. Ebenso wird ein Einlasseinleitungssteuerungswert, bei dem eine Hochdruckpumpe **15** den Einlass von Kraftstoff beginnt, erhalten. Dann wird auf der Grundlage dieser Werte eine Pumpencharakteristik erhalten. Darauf erhält die Steuerungsvorrichtung **4** einen Dosierventilsteuerungswert auf der Grundlage eines berechneten Öffnungsgrads des Einlassdosierventils **14** und der Pumpencharakteristik.

## Patentansprüche

1. Ventilöffnungsgradsteuerungssystem, das Folgendes aufweist:
  - eine Fluidantriebseinrichtung (**15**) zum Ansaugen oder Pumpen von Fluid;
  - ein Ventil (**11, 14**), das einen Öffnungsgrad eines Fluiddurchgangs (**9, 21**) einstellt, der das durch die Fluidantriebseinrichtung (**15**) angesaugte oder gepumpte Fluid leitet, wobei eine Maximaleinstelleistungsfähigkeit des Ventils (**11, 14**) größer als eine Maximalleistungsfähigkeit der Fluidantriebseinrichtung (**15**) ist;
  - eine Steuerungsvorrichtung (**4**), die einen Öffnungsgrad des Ventils (**11, 14**) steuert;
  - eine Durchflussratenänderungsmesseinrichtung (**4**) zum Messen eines Änderungsbetrags der Durchflussrate des Fluids, das durch den Fluiddurchgang (**9, 21**) geleitet wird, wobei:

die Steuerungsvorrichtung (4) eine Lerneinrichtung (4) aufweist;

wobei die Lerneinrichtung (4) einen Ventilsteuerungswert steuert, der dem Ventil (11, 14) zum Steuern des Öffnungsgrads des Ventils (11, 14) zugeführt wird;

**dadurch gekennzeichnet**, dass die Lerneinrichtung (4) den Ventilsteuerungswert auf eine Art und Weise steuert, dass sie Folgendes erzielt:

fortschreitendes Erhöhen des Öffnungsgrads des Ventils (11, 14) von einem ersten voreingestellten Wert, der kleiner als ein Grenzwert zur Realisierung einer Maximalleistungsfähigkeit ist, der die Maximalleistungsfähigkeit der Fluidantriebseinrichtung (15) realisiert;

wobei zu dem Zeitpunkt des fortschreitenden Erhöhen des Öffnungsgrads des Ventils (11, 14) von dem ersten voreingestellten Wert, wenn der Änderungsbetrag der Durchflussrate des Fluids in dem Fluiddurchgang (9, 21), die durch die Durchflussratenänderungsmesseinrichtung (4) gemessen wird, gleich wie oder geringer als ein entsprechend vorbestimmter Wert wird, die Lerneinrichtung (4) den gegenwärtigen Ventilsteuerungswert, der gegenwärtig in dem Ventil (11, 14) zugeführt wird, als maximalen Steuerungswert erhält; oder

fortschreitendes Verringern des Öffnungsgrads des Ventils (11, 14) von einem zweiten voreingestellten Wert, der größer als der Grenzwert zur Realisierung der Maximalleistungsfähigkeit ist, der die Maximalleistungsfähigkeit der Fluidantriebseinrichtung (15) realisiert;

wobei zu dem Zeitpunkt des fortschreitenden Verringerns des Öffnungsgrads des Ventils (11, 14) von dem zweiten voreingestellten Wert, wenn der Änderungsbetrag der Durchflussrate des Fluids in dem Fluiddurchgangs (9, 21), die durch die Durchflussratenänderungsmesseinrichtung (4) gemessen wird, gleich wie oder größer als ein entsprechender vorbestimmter Wert wird, die Lerneinrichtung (4) den gegenwärtigen Ventilsteuerungswert, der gegenwärtig dem Ventil (11, 14) zugeführt wird, als maximalen Steuerungswert erhält und

wobei die Lerneinrichtung (4) lernt, dass die Fluidantriebseinrichtung (15) die Maximalleistungsfähigkeit bei dem maximalen Steuerungswert erreicht.

2. Common-Rail-Kraftstoffeinspritzsystem, das Folgendes aufweist:

eine Common-Rail (1), die einen Hochdruckkraftstoff sammelt;

einen Injektor (2), der den Hochdruckkraftstoff einspritzt, der in der Common-Rail (1) gesammelt ist;

eine Hochdruckpumpe (15), die eine Verdichtungskammer (22) aufweist, die Kraftstoff ansaugt und mit Druck beaufschlagt, wobei die Hochdruckpumpe (15) den druckbeaufschlagten Kraftstoff zu der Common-Rail (1) fördert;

ein Einlassdosierventil (14), das einen Öffnungsgrad eines Förderdurchgangs (21) einstellt, der Kraftstoff

zu der Hochdruckpumpe (15) leitet, um eine Ausstoßrate der Hochdruckpumpe (15) einzustellen, wobei eine maximale Förderrate des Kraftstoffs, der von dem Einlassdosierventil (14) zu der Hochdruckpumpe (15) gefördert wird, größer als eine maximale Ausstoßrate der Hochdruckpumpe (15) ist;

eine Steuerungsvorrichtung (4), die zumindest einen Öffnungsgrad des Einlassdosierventils (14) steuert; und

eine Ausstoßratenänderungsmesseinrichtung (4) zum Messen eines Änderungsbetrags der Ausstoßrate der Hochdruckpumpe (15), wobei:

die Steuerungsvorrichtung (4) eine Lerneinrichtung (4) hat;

wobei die Lerneinrichtung (4) einen Dosierventilsteuerungswert steuert, der dem Einlassdosierventil (14) zugeführt wird, um den Öffnungsgrad des Einlassdosierventils (14) zu steuern;

wobei die Lerneinrichtung (4) dadurch gekennzeichnet ist, dass sie den Dosierventilsteuerungswert auf eine Art und Weise steuert, dass sich der Öffnungsgrad des Einlassdosierventils (14) von einem voreingestellten Wert fortschreitend erhöht, der kleiner als ein Grenzwert zur Realisierung einer maximalen Ausstoßrate ist, der die maximale Ausstoßrate der Hochdruckpumpe (15) realisiert;

wobei zu dem Zeitpunkt des fortschreitenden Erhöhen des Öffnungsgrads des Einlassdosierventils (14), wenn der Änderungsbetrag der Ausstoßrate der Hochdruckpumpe (15), die durch die Ausstoßratenänderungsmesseinrichtung (4) gemessen wird, gleich wie oder geringer als ein vorbestimmter Wert wird, die Lerneinrichtung (4) den gegenwärtigen Dosierventilsteuerungswert, der gegenwärtig dem Einlassdosierventil (14) zugeführt wird, als einen maximalen Ausstoßratensteuerungswert (b) erhält; und wobei die Lerneinrichtung (4) lernt, dass die Hochdruckpumpe (15) die maximale Ausstoßrate bei dem maximalen Ausstoßratensteuerungswert (b) erreicht.

3. Common-Rail-Kraftstoffeinspritzsystem gemäß Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass:

die Lerneinrichtung (4) eine Pumpencharakteristik der Hochdruckpumpe (15) erhält, die das Erzielen der maximalen Ausstoßrate der Hochdruckpumpe (15) bei dem maximalen Ausstoßratensteuerungswert (b) verursacht; und

wobei die Lerneinrichtung (4) den Dosierventilsteuerungswert, der dem Einlassdosierventil (14) zugeführt wird, auf der Grundlage der Pumpencharakteristik bestimmt.

4. Common-Rail-Kraftstoffeinspritzsystem gemäß Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass:

die Lerneinrichtung (4) den Dosierventilsteuerungswert, der dem Einlassdosierventil (14) zugeführt wird, steuert, um den Öffnungsgrad des Einlassdosierventils (14) von einem feststehenden Wert fortschreitend zu erhöhen, der eine Null-Einlassrate des Einlassdosierventils (14) garantiert;

wobei zu dem Zeitpunkt der Erhöhung des Öffnungsgrads des Einlassdosierventils (14) von dem Wert, der die Null-Einlassrate des Einlassdosierventils (14) garantiert, wenn ein Änderungsbetrag eines Drucks der Common-Rail (1) gleich wie oder größer als ein vorbestimmter Wert wird, die Lerneinrichtung (4) den gegenwärtigen Dosierventilsteuerswert, der gegenwärtig dem Einlassdosierventil (14) zugeführt wird, als einen Einlasseinleitungssteuerungswert (a) erhält;

wobei die Lerneinrichtung (4) die Pumpencharakteristik (14) der Hochdruckpumpe (15) erhält, die die Erzielung der maximalen Ausstoßrate der Hochdruckpumpe (15) bei dem maximalen Ausstoßratensteuerungswert verursacht und die ebenso die Einleitung des Einlasses des Kraftstoffs durch die Hochdruckpumpe (15) bei dem Einlasseinleitungssteuerungswert verursacht; und

wobei die Lerneinrichtung (4) den Dosierventilsteuerswert, der dem Einlassdosierventil (14) zugeführt wird, auf der Grundlage der Pumpencharakteristik bestimmt.

5. Common-Rail-Kraftstoffeinspritzsystem gemäß einem der Ansprüche 2 bis 4, des Weiteren gekennzeichnet durch:

einen Leitungsdrucksensor (31), der den Druck des Kraftstoffs misst, der in der Common-Rail (1) gesammelt ist, und

ein Druckverringerungsventil (11), das einen Öffnungsgrad eines Ablaufdurchgangs (9) einstellt, durch den in der Common-Rail (1) gesammelter Kraftstoff abgelassen wird, wobei:

die Steuerungsvorrichtung (4) ebenso einen Öffnungsgrad des Druckverringerungsventils (11) steuert;

wobei die Ausstoßratenänderungsmesseinrichtung (4) den Änderungsbetrag der Ausstoßrate der Hochdruckpumpe (15) auf der Grundlage von zumindest einem von dem folgenden misst:

eines Änderungsbetrags des durch den Leitungsdrucksensor (31) gemessenen Drucks; und

eines Druckverringerungsventilsteuerswerts, der von der Steuerungsvorrichtung (4) zu dem Druckverringerungsventil (11) zugeführt wird, um einen konstanten Druck in der Common-Rail (1) durch das Druckverringerungsventil (11) aufrecht zu erhalten.

6. Common-Rail-Kraftstoffeinspritzsystem gemäß Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass:

die Lerneinrichtung (4) den Öffnungsgrad des Einlassdosierventils (14) um einen vorbestimmten Betrag erhöht; und

wenn der Änderungsbetrag der Ausstoßrate der Hochdruckpumpe (15) auf einen Wert erhöht ist, der dem erhöhten Öffnungsgrad des Einlassdosierventils (14) entspricht, die Lerneinrichtung (4) die Erhöhung des Öffnungsgrads des Einlassdosierventils (14) um den vorbestimmten Betrag wiederholt, um einen Zeitpunkt zu messen, bei dem der Änderungsbetrag der

Ausstoßrate der Hochdruckpumpe (15) gleich wie oder geringer als ein vorbestimmter Wert wird.

7. Common-Rail-Kraftstoffeinspritzsystem gemäß der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenn eine vorbestimmte Lernbedingung erfüllt ist, die Lerneinrichtung (4) den Öffnungsgrad des Einlassdosierventils (14) von dem voreingestellten Wert fortschreitend erhöht, der kleiner als der Grenzwert zur Realisierung der maximalen Ausstoßrate ist und in der Nähe von diesem liegt, der die maximale Ausstoßrate der Hochdruckpumpe (15) realisiert.

8. Common-Rail-Kraftstoffeinspritzsystem gemäß einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Einlassdosierventil (14) eine Bauart mit variabler Öffnungsquerschnittsfläche ist, das eine Durchgangsöffnungsquerschnittsfläche in dem Förderdurchgang (21) einstellt, der den Kraftstoff zu der Hochdruckpumpe (15) leitet.

9. Common-Rail-Kraftstoffeinspritzsystem, das Folgendes aufweist:

eine Common-Rail (1), die Hochdruckkraftstoff sammelt;

einen Injektor (2), der den Hochdruckkraftstoff einspritzt, der in der Common-Rail (1) gesammelt ist;

eine Hochdruckpumpe (15), die eine Verdichtungskammer (22) aufweist, die Kraftstoff ansaugt, und mit Druck beaufschlagt, wobei die Hochdruckpumpe (15) den mit Druck beaufschlagten Kraftstoff zu der Common-Rail (1) fördert;

ein Einlassdosierventil (14), das einen Öffnungsgrad eines Förderdurchgangs (21) einstellt, der Kraftstoff zu der Hochdruckpumpe (15) leitet;

ein Druckverringerungsventil (11), das einen Öffnungsgrad eines Ablaufdurchgangs (9) einstellt, durch den in der Common-Rail (1) gesammelter Kraftstoff abgelassen wird, wobei eine maximale Ablaufrate des Druckverringerungsventils (11) zum Ablassen des Kraftstoffs, der in der Common-Rail (1) gesammelt ist, größer als eine maximale Förderrate des Kraftstoffs ist, der von der Hochdruckpumpe (15) zu der Common-Rail (1) gefördert wird;

eine Steuerungsvorrichtung (4), die zumindest einen Öffnungsgrad des Einlassdosierventils (14) und einen Öffnungsgrad des Druckverringerungsventils (11) steuert; und

eine Förderratenänderungsmesseinrichtung (4) zum Messen eines Änderungsbetrags der Förderrate des Kraftstoffs, der von der Hochdruckpumpe (15) zu der Common-Rail (1) gefördert wird, wobei:

die Steuerungsvorrichtung (4) eine Lerneinrichtung (4) aufweist;

wobei die Lerneinrichtung (4) einen Druckverringerungsventilsteuerswert steuert, der dem Druckverringerungsventil (11) zugeführt wird, um den Öffnungsgrad des Druckverringerungsventils (11) zu steuern, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lerneinrichtung (4) den Druckverringerungsventilsteu-



rungswert auf eine Art und Weise steuert, dass sich der Öffnungsgrad des Druckverringerungsventils (11) von einem voreingestellten Wert fortschreitend erhöht, der geringer als ein Grenzwert zur Realisierung einer maximalen Förderrate ist, der die maximale Förderrate des Kraftstoffs realisiert, der von der Hochdruckpumpe (15) zu der Common-Rail (1) gefördert wird;

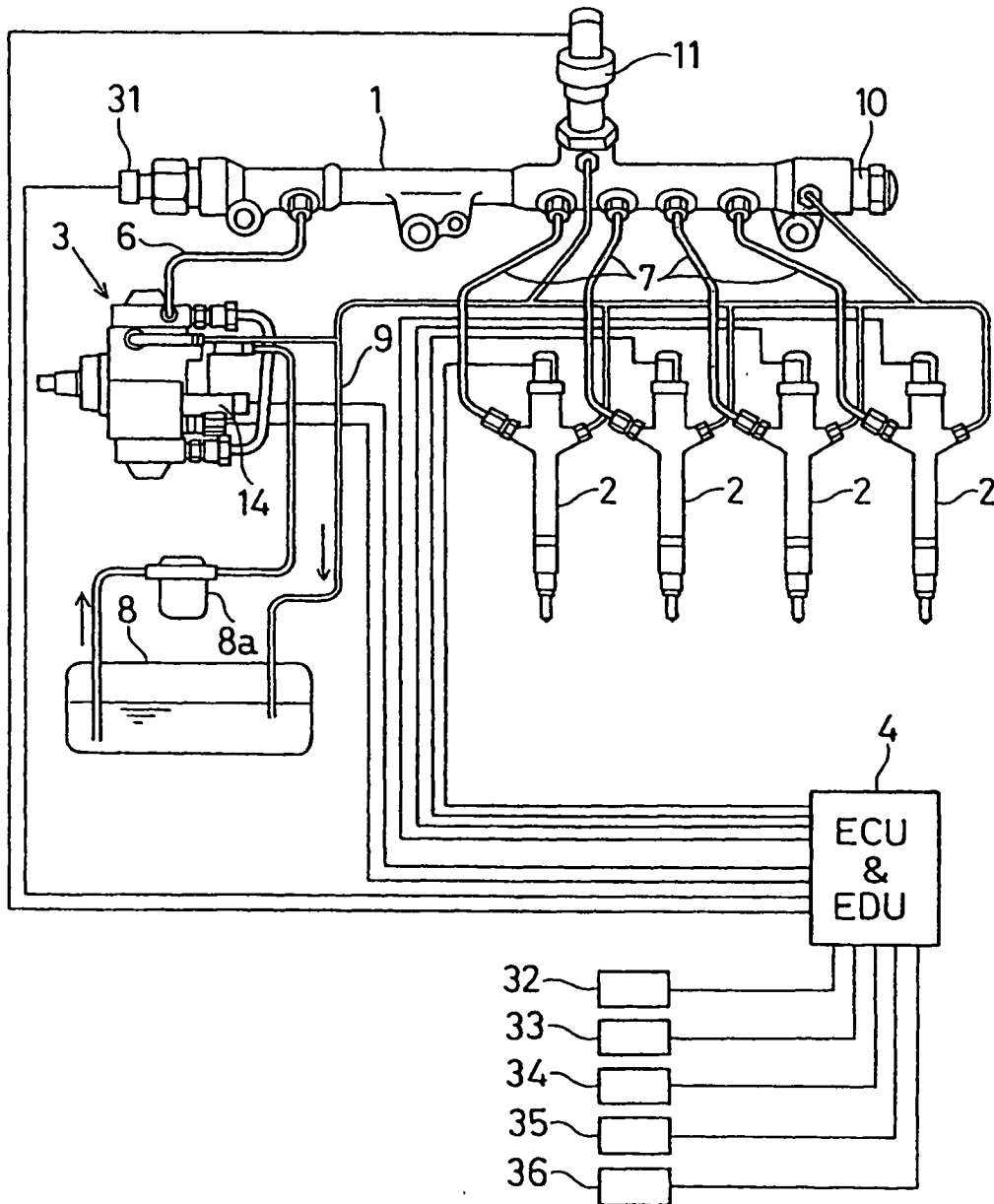
wobei die Lerneinrichtung (4) ebenso einen Dosierventilsteuerungswert steuert, der dem Einlassdosierventil (14) zugeführt wird, um den Öffnungsgrad des Einlassdosierventils (14) zu steuern, wobei die Lerneinrichtung (4) den Dosierventilsteuerungswert auf eine Art und Weise steuert, dass sie einen konstanten Druck in der Common-Rail (1) zu dem Zeitpunkt des Steuerns des Druckverringerungsventilsteuerungswerts aufrecht erhält;

wobei zu dem Zeitpunkt des fortschreitenden Erhöehens des Öffnungsgrads des Druckverringerungsventils (11), wenn der Änderungsbetrag der Förderrate des Kraftstoffs, der von der Hochdruckpumpe (15) zu der Common-Rail (1) gefördert wird, gleich wie oder geringer als ein vorbestimmter Wert wird, die Lerneinrichtung (4) den gegenwärtigen Druckverringerungsventilsteuerungswert, der gegenwärtig dem Druckverringerungsventil (11) zugeführt wird, als einen Maximalablaufratensteuerungswert erhält; und wobei die Lerneinrichtung (4) lernt, dass das Druckverringerungsventil (11) die maximale Ablaufrate bei dem Maximalablaufratensteuerungswert erreicht.

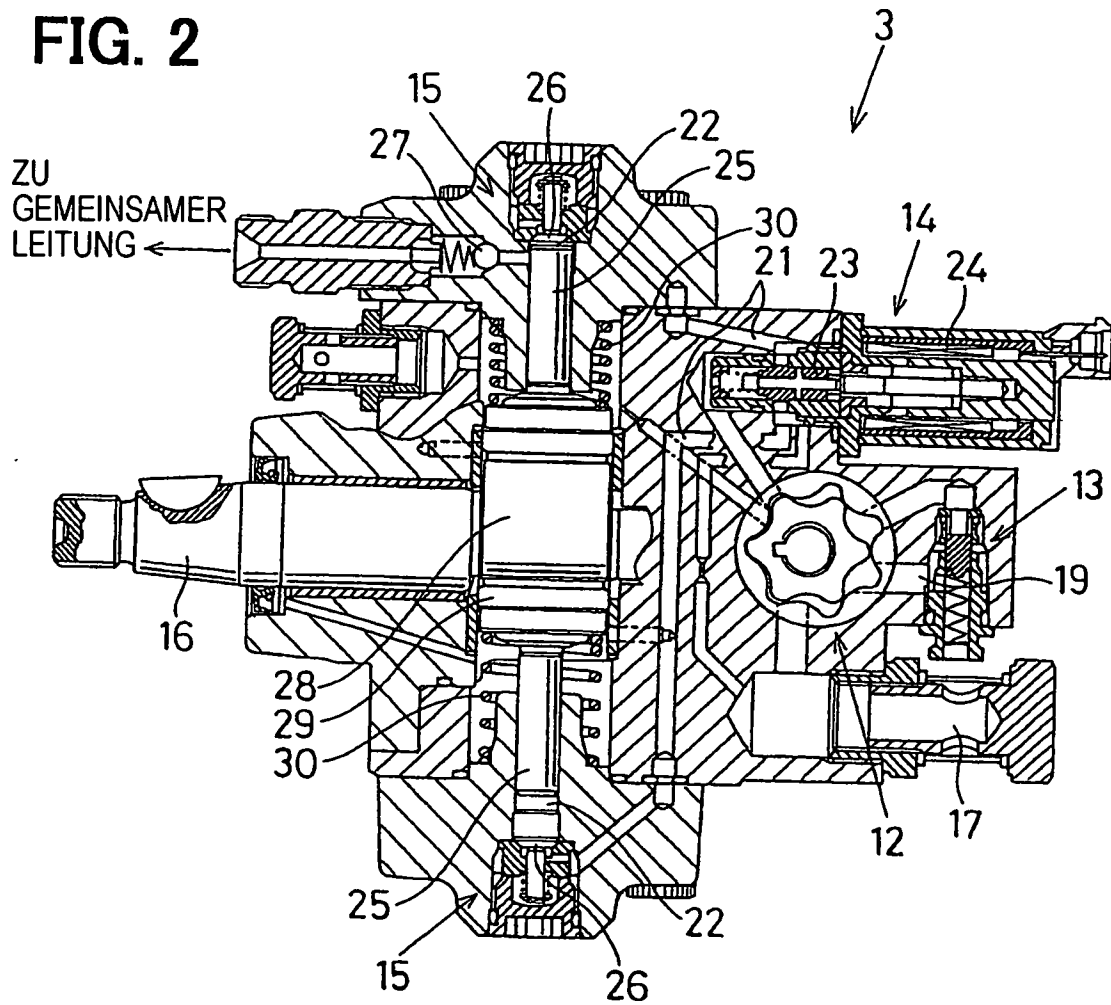
Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

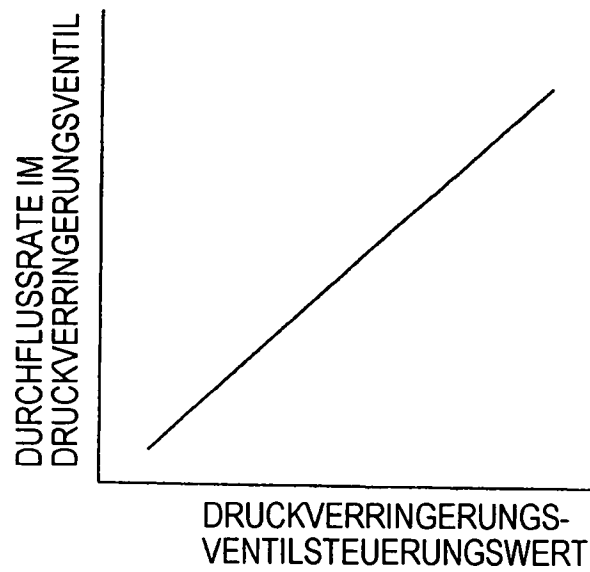
FIG. 1



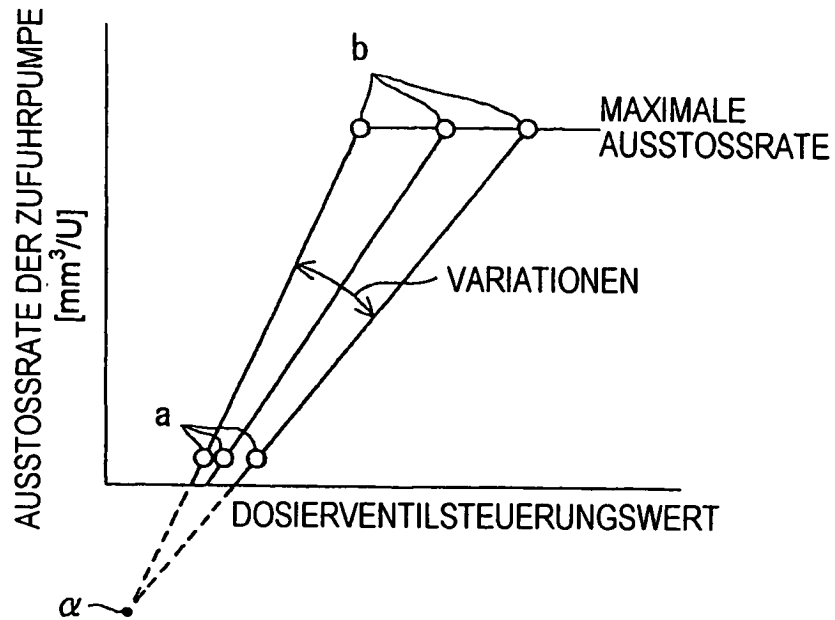
**FIG. 2**



**FIG. 3**



**FIG. 4**



**FIG. 5**

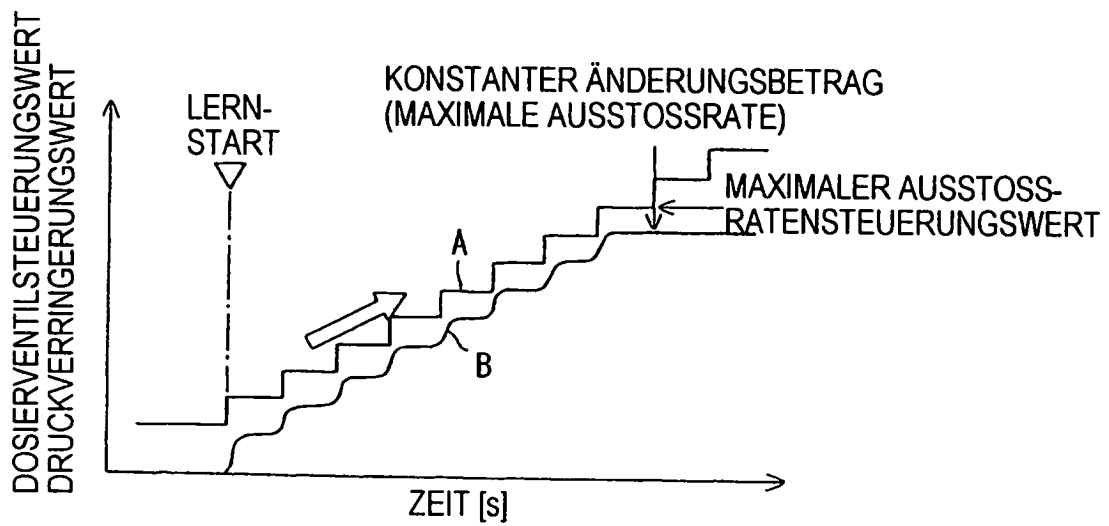
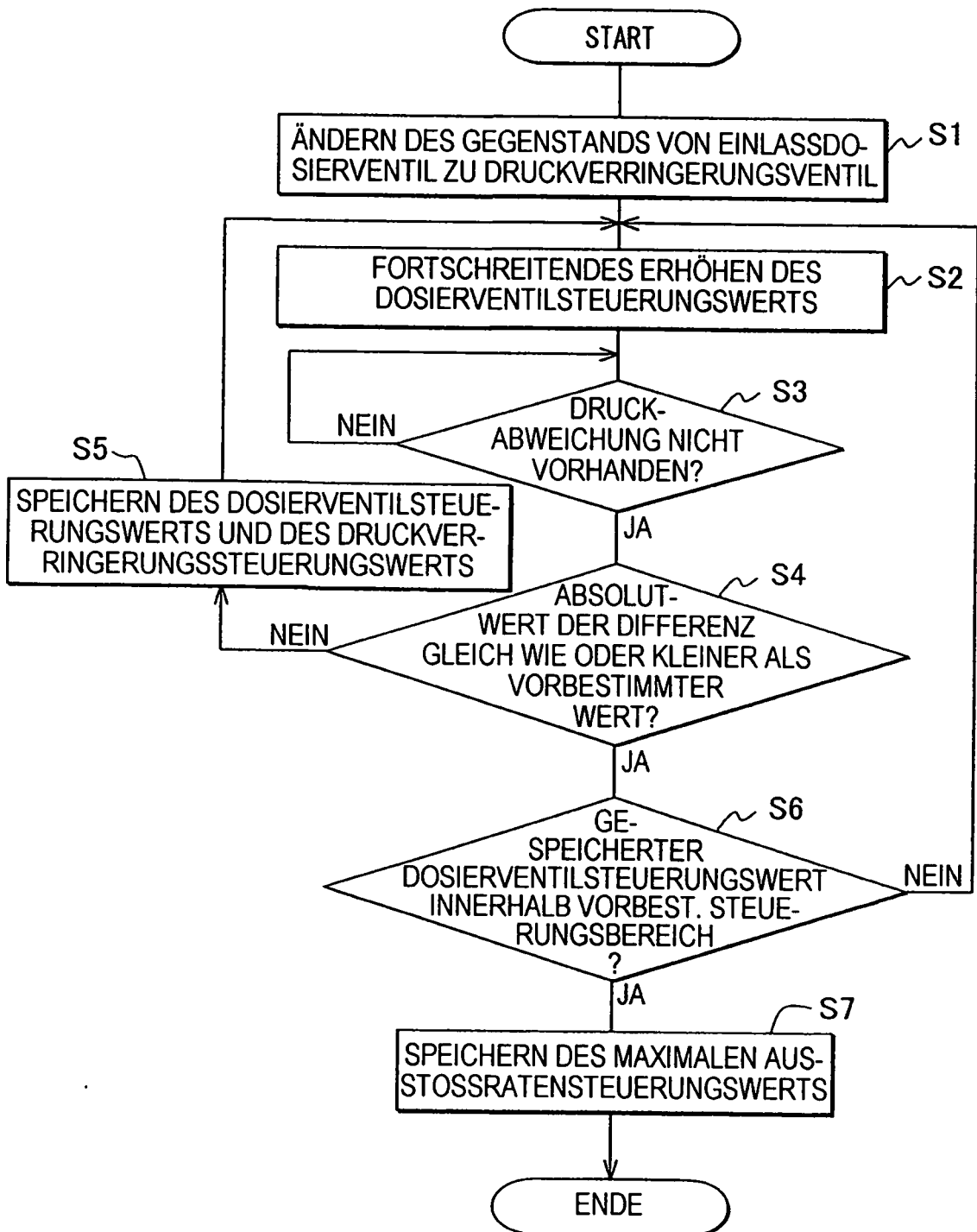
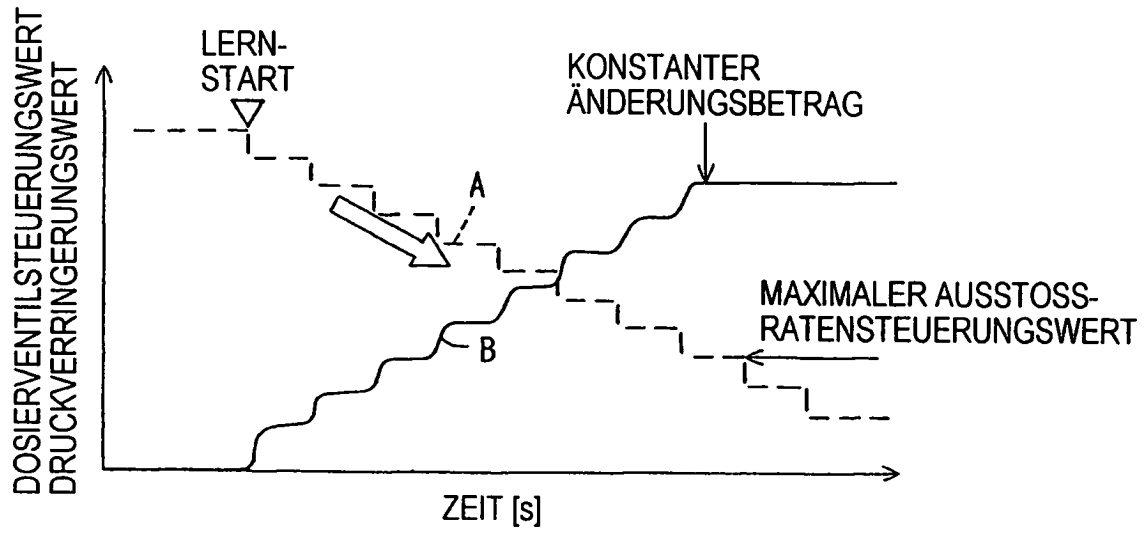


FIG. 6



**FIG. 7**



**FIG. 8**

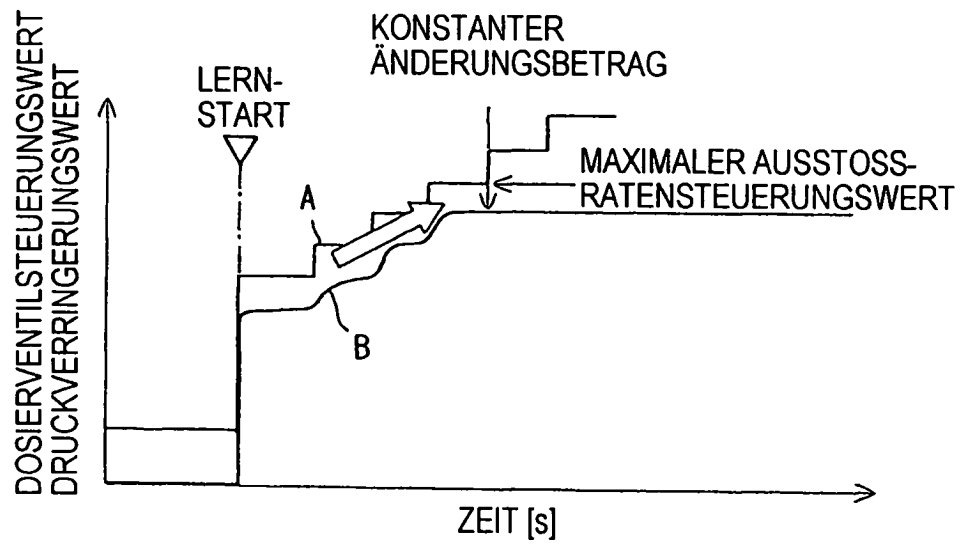


FIG. 9

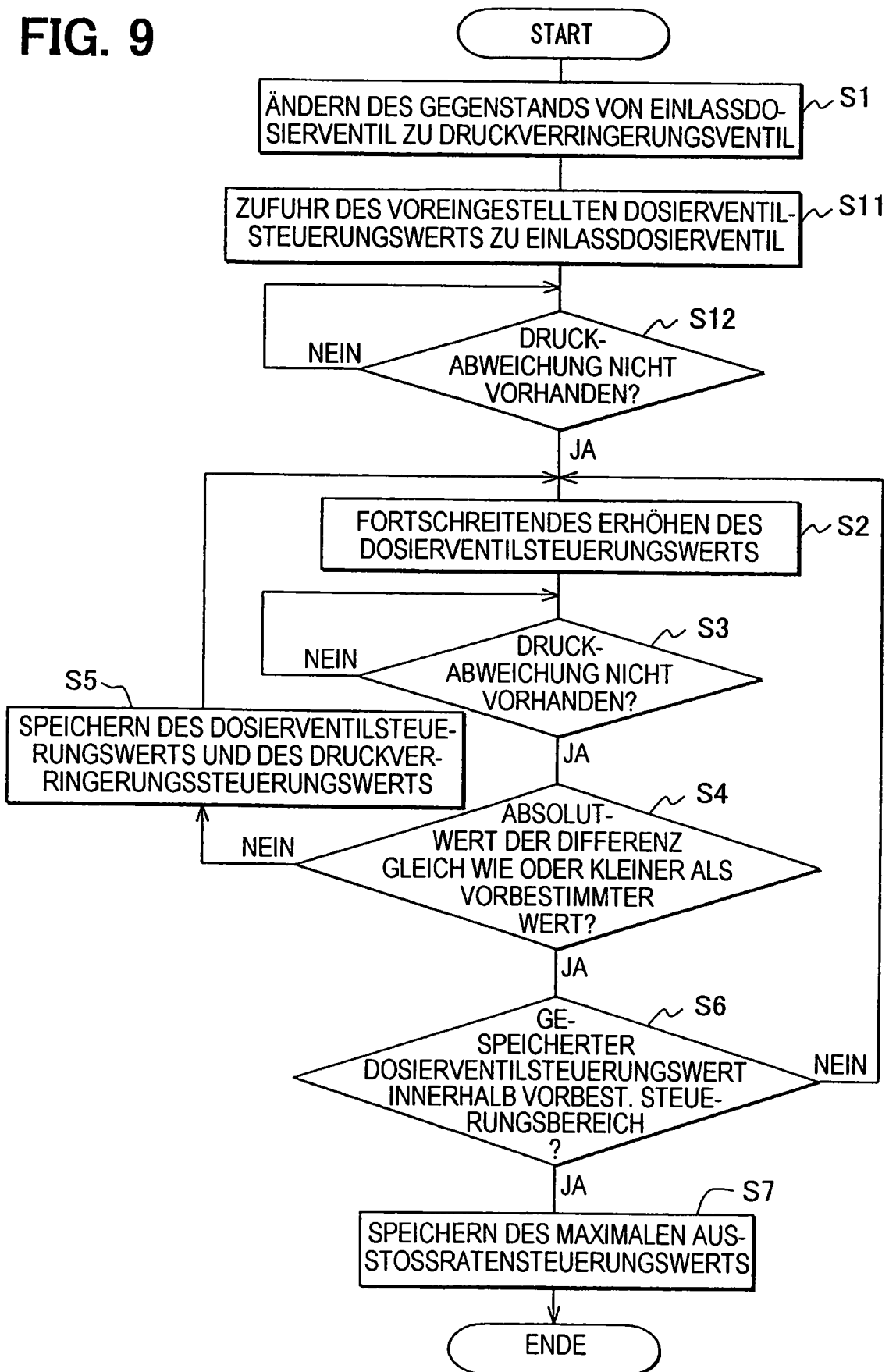


FIG. 10

