



(10) **DE 11 2012 000 534 B4** 2018.12.20

(12) **Patentschrift**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2012 000 534.1**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2012/000091**  
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2012/098833**  
(86) PCT-Anmeldetag: **10.01.2012**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **26.07.2012**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **24.10.2013**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **20.12.2018**

(51) Int Cl.: **F02B 27/04 (2006.01)**  
**F01N 3/10 (2006.01)**  
**F01N 13/10 (2010.01)**

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:  
**2011-009758**                      **20.01.2011**    **JP**

(73) Patentinhaber:  
**Mazda Motor Corporation, Hiroshima, JP**

(74) Vertreter:  
**Lorenz Seidler Gossel Rechtsanwälte**  
**Patentanwälte Partnerschaft mbB, 80538**  
**München, DE**

(72) Erfinder:  
**Matsumoto, Takamasa, Hiroshima, JP; Fujii,**  
**Mikihito, Hiroshima, JP**

(56) Ermittelte Stand der Technik:  
**siehe Folgeseiten**

(54) Bezeichnung: **Einlass- und Auslasssystem für einen Mehrzylindermotor**

(57) Hauptanspruch: Einlass- und Auslasssystem (100) für einen Mehrzylindermotor (1) mit mehreren Zylindern (12), die jeweils mit einem Einlasskanal (17), einem Auslasskanal (18), einem Einlassventil (19), das den Einlasskanal (17) öffnen und schließen kann, und einem Auslassventil (20), das den Auslasskanal (18) öffnen und schließen kann, versehen sind, wobei das Einlass- und Auslasssystem (100) umfasst:

mehrere unabhängige Abgasleitungen (52), die jeweils mit dem Auslasskanal (18) in einem jeweiligen der mehreren Zylinder (12) oder mit Auslasskanälen (52) in zwei oder mehr der mehreren Zylinder (12), deren Auspuffakte in Bezug zueinander nicht aufeinanderfolgend sind, verbunden sind;

ein Sammelrohr (56), das mit stromabwärts befindlichen Enden der mehreren unabhängigen Abgasleitungen (52) verbunden ist, um ein Sammeln von Abgas, das durch die mehreren unabhängigen Abgasleitungen (52) strömt, zu ermöglichen;

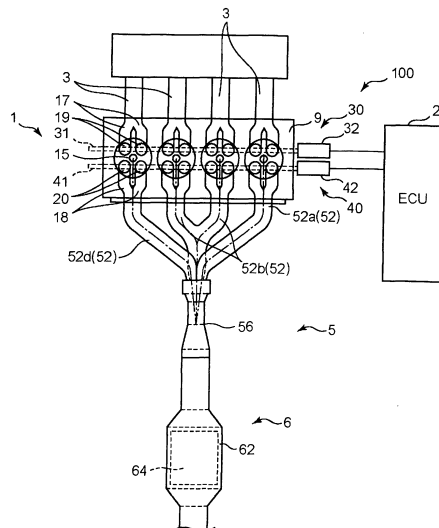
einen Abschnitt (62b) vergrößerten Volumens, der bezüglich des Sammelrohrs (56) stromabwärts vorgesehen ist; und

Ventiltreiber (30, 40), die das Einlassventil (19) und das Auslassventil (20) in jedem der mehreren Zylinder (12) antreiben können, wobei:

unter den mehreren unabhängigen Abgasleitungen (52) mindestens zwei, die mit jeweiligen von zwei der mehre-

ren Zylinder (12) verbunden sind, deren Auspuffakte in Bezug zueinander aufeinanderfolgend sind, mit dem Sammelrohr (56) an zueinander benachbarten Positionen verbunden sind; und

der Abschnitt (62b) vergrößerten ...



(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>DE</b>	<b>39 26 921</b>	<b>A1</b>
<b>AT</b>	<b>501 797</b>	<b>B1</b>
<b>JP</b>	<b>2009- 097 335</b>	<b>A</b>

**Heinz Grohe: Otto- und Dieselmotoren. 8.  
Auflage. Würzburg : VOGEL Buchverlag, 1987.  
Seite 129. - ISBN 3-8023-0052-1**

**Beschreibung**

## Zusammenfassung der Erfindung

## Technisches Gebiet

## Technisches Problem

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Einlass- und Auslasssystem für einen Mehrzylindermotor, das in einem Kraftfahrzeug oder dergleichen vorzusehen ist.

**[0007]** Im Gebiet der Motoren für Kraftfahrzeuge usw. besteht nach wie vor ein starker Bedarf, die Motorausgangsleistung zu verbessern, speziell die Motorausgangsleistung mit einer einfachen Konfiguration weiter zu steigern.

## Technischer Hintergrund

**[0002]** Bisher wurden im Gebiet der Motoren für Kraftfahrzeuge usw. Entwicklungen bei einem Einlass- und Auslasssystem zum Steigern von Motorausgangsleistung vorangetrieben.

**[0008]** Im Hinblick auf die vorstehenden Umstände besteht eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, ein Mehrzylindermotor-Einlass- und Auslasssystem vorzusehen, das die Motorausgangsleistung mit einer einfachen Konfiguration steigern kann.

**[0003]** Zum Beispiel offenbart die folgende Patentschrift (PTL) 1 ein Einlass- und Auslasssystem mit einem Turbolader, wobei das System umfasst: mehrere unabhängige Abgasleitungen, die mit jeweiligen Zylindern in einer voneinander unabhängigen Weise verbunden sind, einen Sammelabschnitt, der stromaufwärts des Turboladers vorgesehen ist und an dem die unabhängigen Abgasleitungen zusammengeführt werden, und ein Ventil, das in dem Sammelabschnitt vorgesehen ist und eine Querschnittfläche jeder der unabhängigen Abgasleitungen ändern kann. Wenn in diesem System die Querschnittflächen der unabhängigen Abgasleitungen von dem Ventil reduziert werden, wird Abgas eines bestimmten Zylinders, der sich in einem Auspufftakt befindet, von einer zugeordneten der unabhängigen Abgasleitungen in den Sammelabschnitt bei relativ hoher Geschwindigkeit ausgestoßen, so dass eine so genannte „Ejektorwirkung“ erwartet werden kann, bei der ein um den ausgestoßenen Gasstrom erzeugter Unterdruck an den verbleibenden unabhängigen Abgasleitungen angelegt wird. Bei Ausüben der Ejektorwirkung wird Abgas in den verbleibenden unabhängigen Abgasleitungen hin zu einer Stromabwärtsrichtung gesaugt, so dass es möglich wird, eine dem Turbolader zuzuführende Gasmenge zu steigern und dadurch die Motorausgangsleistung zu verbessern.

## Lösung des Problems

**[0009]** Um die vorstehende Aufgabe zu verwirklichen, sieht die vorliegende Erfindung ein Einlass- und Auslasssystem für einen Mehrzylindermotor mit mehreren Zylindern vor, die jeweils mit einem Einlasskanal, einem Auslasskanal, einem Einlassventil, das den Einlasskanal öffnen und schließen kann, und einem Auslassventil, das den Auslasskanal öffnen und schließen kann, versehen sind. Das Einlass- und Auslasssystem umfasst: mehrere unabhängige Abgasleitungen, die jeweils mit dem Auslasskanal in einem jeweiligen der mehreren Zylinder oder den Auslasskanälen in zwei oder mehr der mehreren Zylinder, deren Auspufftakte in Bezug zueinander nicht aufeinanderfolgend sind, verbunden sind; ein Sammelrohr, das mit stromabwärts befindlichen Enden der mehreren unabhängigen Abgasleitungen verbunden ist, um ein Sammeln von Abgas, das durch die mehreren unabhängigen Abgasleitungen strömt, zu ermöglichen; einen Abschnitt vergrößerten Volumens, der bezüglich des Sammelrohrs stromabwärts vorgesehen ist; und Ventiltreiber, die das Einlassventil und das Auslassventil in jedem der mehreren Zylinder antreiben können. Unter den mehreren unabhängigen Abgasleitungen sind mindestens zwei, die mit jeweiligen von zwei der mehreren Zylinder verbunden sind, deren Auspufftakte in Bezug zueinander aufeinanderfolgend sind, mit dem Sammelrohr an zueinander benachbarten Positionen verbunden. Die Ventiltreiber dienen dazu, um zumindest in einem Bereich niedriger Motordrehzahl, in dem die Motordrehzahl kleiner oder gleich einer voreingestellten Bezugsmotordrehzahl ist, das Einlassventil und das Auslassventil in jedem der mehreren Zylinder so anzutreiben, dass ein Ventilöffnungszeitraum des Einlassventils und ein Ventilöffnungszeitraum des Auslassventils in jedem der mehreren Zylinder einander einen vorbestimmten Überlagerungszeitraum lang überlagern, und das Auslassventil in einem bestimmten der mehreren Zylinder während des Überlagerungszeitraums in einem vorhergehenden der verbleibenden Zylinder, dessen Auspufftakt dem des bestimmten Zylinders unmittelbar vorhergeht, zu öffnen beginnt. Je-

## Liste der Anführungen

## Patentliteratur

**[0006]** [PTL 1] JP 2009-97335A

des von mindestens einem stromaufwärts befindlichen Abschnitt des Sammelrohrs und mindestens einem stromabwärts befindlichen Abschnitt jeder der mehreren unabhängigen Abgasleitungen ist so ausgebildet, dass eine Querschnittfläche davon hin zu einer Stromabwärtsrichtung allmählich abnimmt. Der Abschnitt vergrößerten Volumens ist so ausgebildet, dass eine Querschnittfläche desselben verglichen mit einer Leitung, die bezüglich des Abschnitts vergrößerten Volumens stromaufwärts ist, vergrößert ist, um eine Überdruckwelle von Abgas hervorzurufen, die den Abschnitt vergrößerten Volumens nach Ablassen aus jedem der mehreren Zylinder erreicht, um zurückgeworfen und zu einer Unterdruckwelle umgewandelt zu werden. Eine Länge zwischen einem stromaufwärts befindlichen Ende des Sammelrohrs und einem stromaufwärts befindlichen Ende des Abschnitts vergrößerten Volumens ist bei einem Maß festgelegt, das ermöglicht, dass eine Unterdruckwelle, die durch ein Phänomen erzeugt wird, dass eine von einem bestimmten der mehreren Zylinder ausgestoßene Überdruckwelle von Abgas durch den Abschnitt vergrößerten Volumens bei mindestens einer vorbestimmten Motordrehzahl zurückgeworfen wird, die kleiner oder gleich der voreingestellten Bezugsmotordrehzahl ist, den Auslasskanal in einem vorherigen der verbleibenden Zylinder, dessen Auspufftakt dem des bestimmten Zylinders vorhergeht, während des Überlagerungszeitraums in dem vorherigen Zylinder erreicht.

#### Figurenliste

**Fig. 1** ist ein schematisches Diagramm, das ein Motorsystem mit einem Mehrzylindermotor-Einlass- und Auslasssystem nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht.

**Fig. 2** ist eine unvollständige vergrößerte Ansicht des Motorsystems von **Fig. 1**.

**Fig. 3** ist eine schematische Seitenansicht des Motorsystems von **Fig. 2**.

**Fig. 4** ist eine Schnittansicht entlang der Linie IV-IV von **Fig. 2**.

**Fig. 5** ist eine Schnittansicht entlang der Linie V-V von **Fig. 3**.

**Fig. 6** ist eine erläuternde grafische Darstellung, die Ventilsteuerzeiten eines Einlassventils und eines Auslassventils veranschaulicht.

**Fig. 7** ist ein schematisches Diagramm, das eine Druckverteilung in einer unabhängigen Abgasleitung und einem Sammelrohr veranschaulicht.

**Fig. 8** ist eine grafische Darstellung, die eine Druckänderung in einem Auslasskanal veranschaulicht.

**Fig. 9** ist ein schematisches Diagramm, das ein Motorsystem zum Vergleich mit dem Mehrzylindermotorsystem gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht.

**Fig. 10** ist eine erläuternde grafische Darstellung, die Ventilöffnungs- und Ventilschließsteuerzeiten von Einlass- und Auslassventilen in der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht.

**Fig. 11** ist eine erläuternde grafische Darstellung, die Wirkungen der vorliegenden Erfindung veranschaulicht.

#### Beschreibung von Ausführungsformen

**[0010]** Unter Bezug auf die Zeichnungen wird ein Mehrzylindermotor-Auslasssystem nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

**[0011]** **Fig. 1** ist ein schematisches Diagramm, das ein Motorsystem **100** mit dem Mehrzylindermotor-Einlass- und Auslasssystem veranschaulicht. **Fig. 2** ist eine unvollständige vergrößerte Ansicht des Motorsystems von **Fig. 1**, und **Fig. 3** ist eine schematische Seitenansicht des Motorsystems von **Fig. 2**. Das Motorsystem **100** umfasst: einen Motorkörper **1** mit einem Zylinderkopf **9** und einem Zylinderblock (auf die Darstellung wird verzichtet); ein ECU **2** für die Motorsteuerung; mehrere Einlassrohre **3**, die mit dem Motorkörper **1** verbunden sind; einen Abgaskrümmmer **5**, der mit dem Motorkörper **1** verbunden ist; und eine katalytische Vorrichtung **6**, die mit dem Abgaskrümmmer **5** verbunden ist.

**[0012]** Der Zylinderkopf **9** und der Zylinderblock sind innen mit mehreren Zylindern **12** (siehe **Fig. 2**) ausgebildet, in welche jeweils ein Kolben passgenau eingesetzt ist. In dieser Ausführungsform ist der Motorkörper **1** ein Vierzylinder-Reihenmotor, bei dem vier Zylinder **12** in dem Zylinderkopf **9** und dem Zylinderblock so ausgebildet sind, dass sie in Reihe Seite an Seite angeordnet sind. Im Einzelnen sind ein erster Zylinder **12a**, ein zweiter Zylinder **12b**, ein dritter Zylinder **12c** und ein vierter Zylinder **12d** in dieser Reihenfolge von der rechten Seite in **Fig. 2** ausgebildet. Der Zylinderkopf **9** ist mit vier Zündkerzen **15** versehen, die jeweils einem jeweiligen von vier Brennräumen, die über den jeweiligen Kolben ausgebildet sind, ausgesetzt sind.

**[0013]** Der Motorkörper **1** ist ein Motor mit vier Zyklen. Im Einzelnen werden wie in **Fig. 6** gezeigt Zündungen von den Zündkerzen **15** in dem ersten bis vierten Zylinder **12a** bis **12b** bei Steuerzeiten durchgeführt, die nacheinander um 180 Grad CA (Kurbelwinkel) verschoben sind, so dass ein Ansaugtakt, ein Verdichtungstakt, ein Arbeitstakt und ein Auspufftakt bei Steuerzeiten ausgeführt werden, die um 180

Grad CA in Folge verschoben sind. In dieser Ausführungsform wird Zünden in der folgenden Reihenfolge durchgeführt: der erste Zylinder **12a**, der dritte Zylinder **12c**, der vierte Zylinder **12d**, der zweite Zylinder **12b**. Daher wird der Auspufftakt zum Beispiel auch in der folgenden Reihenfolge ausgeführt: der erste Zylinder **12a**, der dritte Zylinder **12c**, der vierte Zylinder **12d**, der zweite Zylinder **12b**.

**[0014]** Jeder der Zylinder **12** hat zwei Einlasskanäle **17** und zwei Auslasskanäle **18**, die jeweils in einem oberen Abschnitt davon vorgesehen sind und hin zum Brennraum geöffnet sind. Jeder der Einlasskanäle **17** ist ausgelegt, um Ansaugluft in den Zylinder **12** einzuleiten. Jeder der Auslasskanäle **18** ist ausgelegt, um Abgas von dem Zylinder **12** auszustößen. Jeder der Zylinder **12** ist versehen mit zwei Einlassventilen **19**, die jeweils ausgelegt sind, um einen jeweiligen der Einlasskanäle **17** zu öffnen und zu schließen, um zu ermöglichen, dass der Einlasskanal **17** mit einem Inneren des Zylinders **12** fluidisch verbunden oder davon isoliert ist, sowie mit zwei Auslassventilen **20**, die jeweils ausgelegt sind, um einen jeweiligen der Auslasskanäle **18** zu öffnen und zu schließen, um zu ermöglichen, dass der Auslasskanal **18** mit dem Inneren des Zylinders **12** fluidisch verbunden oder davon isoliert ist. Jedes der Einlassventile **19** ist gemäß Antreiben durch einen Einlassventil-Antriebsmechanismus (ein Ventiltreiber) **30** betreibbar, um einen jeweiligen der Einlasskanäle **17** bei einer vorbestimmten Steuerzeit zu öffnen und zu schließen. Ferner ist jedes der Auslassventile **20** gemäß Antreiben durch einen Auslassventil-Antriebsmechanismus (einen Ventiltreiber) **40** betreibbar, um einen jeweiligen der Auslasskanäle **18** bei einer vorbestimmten Steuerzeit zu öffnen und zu schließen.

**[0015]** Der Einlassventil-Antriebsmechanismus **30** umfasst eine Einlassnockenwelle **31** zum treibenden Schieben des Einlassventils **19** in periodischer Weise und eine Einlass-VVT-Vorrichtung **32** (VVT = variable Ventilsteuerzeitsteuerung) zum Ändern der Ventilsteuerzeit des Einlassventils **19**.

**[0016]** Die Einlassnockenwelle **31** ist durch einen Antriebskraft-Getriebemechanismus, wie etwa einen allgemein bekannten Ketten- und Kettenradmechanismus, mit einer Kurbelwelle gekoppelt und ist ausgelegt, um zusammen mit der Drehung der Kurbelwelle gedreht zu werden, um das Einlassventil **19** treibend zu öffnen und zu schließen.

**[0017]** Die Einlass-VVT-Vorrichtung **32** ist ausgelegt, um eine Phasendifferenz zwischen der Einlassnockenwelle **31** und einer vorgegebenen Abtriebswelle zu ändern, die in koaxialer Beziehung zu der Einlassnockenwelle **31** angeordnet ist und direkt von der Kurbelwelle angetrieben wird, und um dadurch eine Phasendifferenz zwischen der Einlassnockenwelle **31** und der Kurbelwelle zu ändern, um die Ventil-

steuerzeit des Einlassventils **19** zu ändern. Zum Beispiel umfasst eine spezifische Konfiguration der Einlass-VVT-Vorrichtung **32** einen hydraulisch betätigten Mechanismus, der ausgelegt ist, um die Phasendifferenz durch Anpassen einer Druckdifferenz zwischen jeweiligen von mehreren umlaufend angeordneten Flüssigkeitskammern, die zwischen der Abtriebswelle und der Einlassnockenwelle **31** angeordnet sind, zu ändern, sowie einen magnetisch betätigten Mechanismus, der ausgelegt ist, um die Phasendifferenz durch Anlegen von elektrischer Leistung an einem Solenoid, das zwischen der Abtriebswelle und der Einlassnockenwelle **31** vorgesehen ist, zu ändern. Die Einlass-VVT-Vorrichtung **32** ist betreibbar, um die Phasendifferenz gemäß einer Sollventilsteuerzeit des Einlassventils **19**, die von dem ECU **2** berechnet wird, variabel einzustellen.

**[0018]** Der Auslassventil-Antriebsmechanismus **40** weist einen ähnlichen Aufbau wie der Einlassventil-Antriebsmechanismus **30** auf. Im Einzelnen umfasst der Auslassventil-Antriebsmechanismus **40** eine Auslassnockenwelle **41**, die mit der Kurbelwelle gekoppelt ist, um das Auslassventil **20** in periodischer Weise antreibend zu schieben, sowie eine Auslass-VVT-Vorrichtung **42** zum Ändern einer Phasendifferenz zwischen der Auslassnockenwelle **41** und der Kurbelwelle, um die Ventilsteuerzeit des Auslassventils **20** zu ändern. Die Auslass-VVT-Vorrichtung **42** ist betreibbar, um die Phasendifferenz gemäß einer Sollventilsteuerzeit des Auslassventils **20**, die von dem ECU **2** berechnet wird, variabel einzustellen. Dann wird die Auslassnockenwelle **41** gedreht, während die eingestellte Phasendifferenz gehalten wird, um das Auslassventil **20** bei der Sollventilsteuerzeit treibend zu öffnen und zu schließen.

**[0019]** In dieser Ausführungsform ist sowohl die Einlass-VVT-Vorrichtung **32** als auch die Auslass-VVT-Vorrichtung **42** ausgelegt, um eine Ventilöffnungssteuerzeit (Ventilöffnungsstartsteuerzeit) und eine Ventilschließsteuerzeit (Ventilschließendsteuerzeit) eines jeweiligen von Einlassventil **19** und Auslassventil **20** zu ändern, während ein Ventilöffnungszeitraum (ein Kurbelwinkelbereich während eines Zeitraums vom Start einer Ventilöffnungsbewegung bis zum Ende einer Ventilschließbewegung) eines jeweiligen von Einlassventil **19** und Auslassventil **20** gehalten wird.

**[0020]** Die Einlassrohre **3** sind mit den jeweiligen Einlasskanälen **17** der Zylinder **12** verbunden. Im Einzelnen ist das Einlassrohr **3** in einer Anzahl von vier, entsprechend dem Element von Zylindern, vorgesehen, wobei jedes der vier Einlassrohre **3** mit den zwei Einlasskanälen **17** verbunden ist, die in einem jeweiligen der Zylinder **12** vorgesehen sind.

**[0021]** Der Abgaskrümmers **5** umfasst drei unabhängige Abgasleitungen **52**, die voneinander unabhäng-

gig sind, und ein Sammelrohr **56**, das üblicherweise stromabwärts der unabhängigen Abgasleitungen **52** vorgesehen ist.

**[0022]** Die unabhängigen Abgasleitungen **52** sind mit den jeweiligen Auslasskanälen **18** der Zylinder **12** verbunden. Von den drei unabhängigen Abgasleitungen **52** ist im Einzelnen eine unabhängige Abgasleitung **52a** mit den zwei Auslasskanälen **18** des ersten Zylinders **12a** verbunden, und eine unabhängige Abgasleitung **52d** ist mit den zwei Auslasskanälen **18** des vierten Zylinders **12d** verbunden. Bei dem zweiten und dritten Zylinder **12b**, **12c**, deren Auspufftake nicht aneinander grenzen (d.h. deren Auspufftake nicht aufeinander folgend sind), wird dagegen Abgas nicht gleichzeitig aus diesen Zylindern **12b**, **12c** abgelassen. Im Hinblick auf eine bauliche Vereinfachung ist somit eine unabhängige Abgasleitung **52b** mit den vier Auslasskanälen **18** des zweiten und dritten Zylinders **12b**, **12c** verbunden. Im Einzelnen ist die unabhängige Abgasleitung **52b**, die mit dem Auslasskanälen **18** des zweiten und dritten Zylinders **12b**, **12c** verbunden ist, in zwei Leitungen an einer stromaufwärts befindlichen Seite davon unterteilt, wobei die zwei Auslasskanäle **10** des zweiten Zylinders **12b** mit einer der geteilten Leitungen verbunden sind und die zwei Auslasskanäle **10** des dritten Zylinders **12c** mit der anderen geteilten Leitung verbunden sind.

**[0023]** Die unabhängigen Abgasleitungen **52** (**52a**, **52b**, **52d**) sind mit den Zylindern **12** (**12a** bis **12d**) in der vorstehenden Weise verbunden, so dass von dem zweiten Zylinder **12b** oder dem dritten Zylinder **12c** abgelassenes Abgas, von dem ersten Zylinder **12a** abgelassenes Abgas und von dem vierten Zylinder **12d** abgelassenes Abgas durch die unabhängigen Abgasleitungen **52** voneinander unabhängig (ohne einander zu stören) in einer Stromabwärtsrichtung abgelassen wird.

**[0024]** Die unabhängige Abgasleitung **52b**, die dem zweiten Zylinder **12b** und dem dritten Zylinder **12c** entspricht, weist einen linearen Abschnitt, der sich an einer Stelle mitten zwischen den Zylindern **12b**, **12c**, d.h. an einer Stelle gegenüber einem in etwa mittleren Bereich des Motorkörpers **1**, befindet, linear erstreckt, und einen gegabelten Abschnitt, der sich von einem stromaufwärts befindlichen Ende des linearen Abschnitts hin zu den Auslasskanälen **18** der Zylinder **12b**, **12c** gegabelt erstreckt, auf. Jede der unabhängigen Abgasleitungen **52a**, **52d**, die den jeweiligen des ersten und zweiten Zylinders **12a**, **12d** entspricht, verläuft dagegen gebogen hin zu einem stromabwärts befindlichen Endabschnitt der unabhängigen Abgasleitung **52b**, die dem zweiten Zylinder **12b** und dem dritten Zylinder **12c** entspricht.

**[0025]** Das Sammelrohr **56** ist mit einer stromabwärts befindlichen Seite der unabhängigen Abgasleitungen **52** verbunden, so dass durch die unabhängigen

Abgasleitungen **52** tretendes Abgas von dem Sammelrohr **56** gesammelt wird.

**[0026]** Wie in **Fig. 2** und **Fig. 3** veranschaulicht ist, umfasst das Sammelrohr **56** einen Gaseinlassabschnitt **56a**, einen verschmälerten Abschnitt **56b**, einen geraden Abschnitt **56c**, einen Diffusorabschnitt **56d** und einen Verbindungsendabschnitt **56e**, die in dieser Reihenfolge von einem stromaufwärts befindlichen Ende davon vorliegen. Die drei unabhängigen Abgasleitungen **52** sind mit dem Gaseinlassabschnitt **56a** an einer Stelle verbunden, an der jeweilige stromabwärts befindliche Enden der unabhängigen Abgasleitungen **52** benachbart zueinander positioniert sind.

**[0027]** Die unabhängigen Abgasleitungen **52** und das Sammelrohr **56** sind so ausgelegt, dass bei Ausstoßen von Abgas, das durch eine der unabhängigen Abgasleitungen **52** strömt, in das Sammelrohr **56** bei hoher Geschwindigkeit Abgas in einer benachbarten der verbleibenden unabhängigen Abgasleitungen **52** und den Auslasskanälen **18**, die damit fluidverbunden sind, durch das Wirken eines um den ausgestoßenen Gasstrom erzeugten Unterdrucks, d.h. durch eine Ejektorwirkung, in die Stromabwärtsrichtung gesaugt wird.

**[0028]** Spezifische Konfigurationen der unabhängigen Abgasleitungen **52** und des Sammelrohrs **56** werden nachstehend beschrieben.

**[0029]** Ein stromabwärts befindlicher Abschnitt jeder der unabhängigen Abgasleitungen **52** weist eine Form mit einer Querschnittfläche (einer Fläche eines Schnitts, der entlang einer Richtung senkrecht zu einer Richtung von Abgasstrom geschnitten ist) auf, die hin zu der Stromabwärtsrichtung allmählich abnimmt, um ein Ausstoßen von Abgas aus der unabhängigen Abgasleitung **52** in das Sammelrohr **56** bei hoher Geschwindigkeit zu ermöglichen. In dieser Ausführungsform weist, wie in **Fig. 4** veranschaulicht, der größte Teil jeder der unabhängigen Abgasleitungen **52** einschließlich eines stromaufwärts befindlichen Abschnitts davon einen im Allgemeinen ovalen Querschnitt auf (die Zwei-Punkt-Strichlinie in **Fig. 4**). Ferner ist der stromabwärts befindliche Abschnitt jeder der unabhängigen Abgasleitungen **52** so ausgebildet, dass eine Querschnittfläche desselben hin zur Stromabwärtsrichtung allmählich abnimmt, und das stromabwärts befindliche Ende des stromabwärts befindlichen Abschnitts weist im Querschnitt eine Sektorform mit einer Fläche von etwa 1/3 einer ovalen Querschnittfläche des stromaufwärts befindlichen Abschnitts auf. Die drei unabhängigen Abgasleitungen **52** sind so zusammengeführt, dass die stromabwärts befindlichen Enden, die jeweils eine Sektorform aufweisen, insgesamt einen im Allgemeinen kreisförmigen Querschnitt bilden, und sind mit dem Sammelrohr **56** verbunden.

**[0030]** Wenn in dieser Verbindung eine Innenumfangsfläche des Gaseinlassabschnitts **56a**, die sich an dem stromaufwärts befindlichen Ende des Sammelrohrs **56** befindet, im Wesentlichen in der gleichen Querschnittform wie die (in **Fig. 4** durch die durchgehende Linie angedeutete Kreisform) einer Anordnung der stromabwärts befindlichen Enden der unabhängigen Abgasleitungen **52** ausgebildet ist, neigt Abgas, das in den Gaseinlassabschnitt **56a** strömt, dazu, an einer Innenwand des Gaseinlassabschnitts **56a** anzuhaften, was eine Reduzierung der Geschwindigkeit des Abgases bewirkt. Um zu verhindern, dass aus unabhängigen Abgasleitungen **52** ausgestoßenes Abgas an der Innenwand des Gaseinlassabschnitts **56a** anhaftet, was ein Reduzieren der Geschwindigkeit des Abgases bewirkt, ist daher bei dem Motorsystem **100** die Innenumfangsfläche des Gaseinlassabschnitts **56a** des Sammelrohrs **56** mit einem radialen Maß (einem Maß in einer Richtung senkrecht zu der Abgasströmungsrichtung) ausgebildet, das größer als das einer Querschnittform der Anordnung der stromabwärts befindlichen Enden der unabhängigen Abgasleitungen **52** ist. Im Einzelnen ist in dieser Ausführungsform der Gaseinlassabschnitt **56a** zu einer kreisförmigen Zylinderform mit einem relativ großen Durchmesser ausgebildet. Wie im Einzelnen in **Fig. 2** und **Fig. 5** gezeigt ist, ist die Innenumfangsfläche des Gaseinlassabschnitts **56a** in solcher Weise zu einer Kreisform mit einem relativ großen Innendurchmesser ausgebildet, dass sie sich bezüglich einer im Querschnitt kreisförmigen Innenumfangsfläche der Anordnung der stromabwärts befindlichen Enden der unabhängigen Abgasleitungen **52** radial auswärts befindet. Wenn zum Beispiel ein Innendurchmesser eines kreisförmigen Zylinders, der aus der Anordnung der stromabwärts befindlichen Enden der unabhängigen Abgasleitungen besteht, 40 mm beträgt, kann ein Innendurchmesser des Gaseinlassabschnitts **56a** bei 60 mm festgelegt werden.

**[0031]** Der verschmälerte Abschnitt **56b** des Sammelrohrs **56** weist eine Form mit einer Querschnittfläche auf, die hin zu der Stromabwärtsrichtung allmählich abnimmt, um Abgas von dem Gaseinlassabschnitt **56a** in der Stromabwärtsrichtung strömen zu lassen, während eine hohe Geschwindigkeit beibehalten wird. In dieser Ausführungsform weist der verschmälerte Abschnitt **56b** eine kreisförmige Stumpfkegelform mit einem Innendurchmesser auf, der hin zur Stromabwärtsrichtung allmählich abnimmt.

**[0032]** Der gerade Abschnitt **56c**, der stromabwärts des verschmälerten Abschnitts **56b** vorgesehen ist, ist ein kreisförmiges, zylindrisches Element, das durchgehend zu einem stromabwärts befindlichen Ende des verschmälerten Abschnitts **56b** ist. Der gerade Abschnitt **56c** erstreckt sich in der Stromabwärtsrichtung, während er seine Querschnittfläche konstant hält.

**[0033]** Wie vorstehend weist jeder von dem stromabwärts befindlichen Abschnitt der unabhängigen Abgasleitung **52** und einem stromaufwärts befindlichen Abschnitt (in dieser Ausführungsform der Gaseinlassabschnitt **56a** und der verschmälerte Abschnitt **56b**) des Sammelrohrs **56** eine Form mit einer Querschnittfläche auf, die hin zur Stromabwärtsrichtung allmählich abnimmt. Somit wird aus der unabhängigen Abgasleitung **52** abgelassenes Abgas bei hoher Geschwindigkeit in den geraden Abschnitt **56c** ausgestoßen und um die ausgestoßene Abgasströmung wird ein starker Unterdruck erzeugt.

**[0034]** Unter der Annahme, dass **a** (siehe **Fig. 3**) ein Durchmesser eines perfekten Kreises mit der gleichen Fläche wie die Querschnittfläche des stromabwärts befindlichen Endes der unabhängigen Abgasleitung **52** ist und **D** (siehe **Fig. 3**) ein Durchmesser eines perfekten Kreises mit der gleichen Fläche wie die Querschnittfläche des stromabwärts befindlichen Endes des verschmälerten Abschnitts **56b** (die gleich der Querschnittfläche des geraden Abschnitts **56c** ist) ist, wird in dieser Verbindung verifiziert, dass, wenn  $a/D$  bei 0,5 oder mehr festgelegt wird, das Abgas bei einer ausreichend hohen Geschwindigkeit zum Vorsehen einer hohen Ejektorwirkung in den geraden Abschnitt **56c** strömt. Daher sind in dieser Ausführungsform die Querschnitte der unabhängigen Abgasleitung **52** und anderer in jeweiligen Formen ausgebildet, die die folgende Beziehung erfüllen:  $a/D \geq 0,5$  ( $a/D$  ist nicht kleiner als 0,5).

**[0035]** Ferner weist der Diffusorabschnitt **56d** des Sammelrohrs **56** eine Form mit einer Querschnittfläche auf, die hin zur Stromabwärtsrichtung allmählich zunimmt, um ein Erhöhen der Abgasströmungsgeschwindigkeit in einer Leitung zwischen dem stromabwärts befindlichen Ende der unabhängigen Abgasleitung **52** und dem geraden Abschnitt **56c** zu ermöglichen, um beruhend auf der Zunahme der Abgasströmungsgeschwindigkeit einen verringerten Abgasdruck wieder herzustellen. In dieser Ausführungsform weist der Diffusorabschnitt **56d** eine kreisförmige Stumpfkegelform mit einem Innendurchmesser auf, der hin zur Stromabwärtsrichtung allmählich zunimmt.

**[0036]** Der Verbindungsendabschnitt **56e**, der stromabwärts des Diffusorabschnitts **56d** vorgesehen ist, ist ein mit der katalytischen Vorrichtung **6** verbundener Abschnitt. Der Verbindungsendabschnitt **56e** ist zu einer kreisförmigen Zylinderform mit einer konstanten Querschnittfläche ausgebildet. Ein stromabwärts befindliches Ende des Verbindungsendabschnitts **56e** ist mit einem nachstehend erwähnten Gehäuse **62** der katalytischen Vorrichtung **6** verbunden, so dass durch den Verbindungsendabschnitt **56e** tretendes Abgas in das nachstehend erwähnte Gehäuse **62** strömt.

**[0037]** Fig. 7 veranschaulicht ein Ergebnis, das durch Prüfen einer Druckverteilung in der unabhängigen Abgasleitung 52 und dem Sammelrohr 56 erhalten wird, die sich ergibt, wenn das Abgas von einem bestimmten der Zylinder 12, der mit der unabhängigen Abgasleitung 52 verbunden ist, abgelassen wird. Die in Fig. 7 gezeigte Druckverteilung wurde zu einer Steuerzeit kurz nach Start des Öffnens des Auslassventils 20 in dem bestimmten Zylinder 12 und wenn das Hochdruck- und Hochgeschwindigkeitsabgas (so genanntes „Abblasegas“) von dem bestimmten Zylinder 12 durch die unabhängige Abgasleitung 52 in das Sammelrohr 56 abgelassen wird, gemessen. Wie in Fig. 7 gezeigt wird ein Abgasdruck in einer Leitung zwischen dem stromabwärts befindlichen Abschnitt der unabhängigen Abgasleitung 52 und einer Nähe eines stromaufwärts befindlichen Endes des geraden Abschnitts 56c allmählich gesenkt, und in dem stromaufwärts befindlichen Abschnitt (dem Gaseinlassabschnitt 56a und dem verschmälerten Abschnitt 56b) des Sammelrohrs 56 wird der Abgasdruck bezüglich dem in dem stromaufwärts befindlichen Abschnitt der unabhängigen Abgasleitung 52 ausreichend gesenkt. Dies erzeugt die Ejektorwirkung des Ermöglichens, dass Abgas einer benachbarten der verbleibenden unabhängigen Abgasleitungen 52 in die Stromabwärtsrichtung gesaugt wird. Dann wird der Abgasdruck in einer Leitung stromabwärts bezüglich des verschmälerten Abschnitts 56b des Sammelrohrs 56 allmählich erhöht, und nach Treten des Abgases durch den geraden Abschnitt 56c und den Diffusorabschnitt 56 wird der Abgasdruck auf einen ausreichend hohen Wert zurückgeführt.

**[0038]** Die katalytische Vorrichtung 6 ist ausgelegt, um aus dem Motorkörper 1 abgelassenes Abgas zu reinigen. Wie in Fig. 3 gezeigt umfasst die katalytische Vorrichtung 6 einen Katalysatorkörper 64, der aus einem Dreiwegekatalysator oder dergleichen besteht, und ein Gehäuse 62, das den Katalysatorkörper 64 aufnimmt.

**[0039]** Das Gehäuse 62 weist einen Einleitabschnitt 62a, der mit dem Verbindungsendabschnitt 56e des Sammelrohrs 56 verbunden ist, einen Katalysatoraufnahmeabschnitt 62c, der sich stromabwärts des Einleitabschnitts 62a befindet und darin den Katalysatorkörper 64 aufnimmt, und einen Abschnitt 62b vergrößerten Volumens, der zwischen den Einleitabschnitt 62a und den Katalysatoraufnahmeabschnitt 62c gesetzt ist, auf.

**[0040]** Der Einleitabschnitt 62a ist zu einer kreisförmigen Zylinderform mit einem Durchmesser, der in etwa gleich dem des Verbindungsendabschnitts 56e ist, ausgebildet. Der Katalysatorkörper 64 ist ein kreisförmiges zylindrisches Element mit einem Durchmesser, der größer als der des Sammelrohrs 56 ist, um eine ausreichende katalytische Leistung sicherzustellen. Demgemäß ist der Katalysatorauf-

nahmeabschnitt 62c in einer kreisförmigen zylindrischen Form mit einem Durchmesser, der größer als der des Einleitabschnitts 62a ist, ausgebildet. Wenn zum Beispiel der Durchmesser des Einleitabschnitts 62a bei etwa 60 mm liegt, kann der Durchmesser des Katalysatoraufnahmeabschnitts 62c bei etwa 100 mm festgelegt werden. Der Abschnitt 62b vergrößerten Volumens, der zwischen dem Einleitabschnitt 62a und dem Katalysatoraufnahmeabschnitt 62c vorgesehen ist, weist eine kreisförmige Stumpfkegelform mit einem Innendurchmesser auf, der von dem Einleitabschnitt 62a zu dem Katalysatoraufnahmeabschnitt 62c allmählich zunimmt, um ein gleichmäßiges Strömen von Abgas von dem Einleitabschnitt 62a in den Katalysatoraufnahmeabschnitt 62c dadurch zu ermöglichen.

**[0041]** Wie vorstehend ist ein Raum, der ein relativ großes Volumen aufweist, d.h. eine vergrößerte Querschnittfläche verglichen mit einer Leitung stromaufwärts des Abschnitts 62b vergrößerten Volumens (in dieser Ausführungsform der Einleitabschnitt 62a des Gehäuses 62), in dem Abschnitt 62b vergrößerten Volumens ausgebildet. Daher wird eine Druckwelle eines Abgases, die von dem Verbindungsendabschnitt 56e des Sammelrohrs 56 in den Abschnitt 62b vergrößerten Volumens durch den Einleitabschnitt 62a des Gehäuses 62 strömt, von dem Abschnitt 62b vergrößerten Volumens umgekehrt und zurückgeworfen.

**[0042]** Kurz nach Öffnen des Auslassventils 20 in einem bestimmten der Zylinder 12 wird im Einzelnen Abgas schnell abgelassen, so dass in dem Auslasskanal 18 ein hoher Überdruck erzeugt wird, und eine auf dem Überdruck beruhende Überdruckwelle wird hin zur Abwärtsrichtung bei Schallgeschwindigkeit ausgebreitet. Somit ist eine Druckwelle, die zunächst den Abschnitt 62b vergrößerten Volumens kurz nach dem Öffnen des Auslassventils 20 erreicht, eine Überdruckwelle. Dann wird die Überdruckwelle zu einer Unterdruckwelle umgekehrt und zurückgeworfen, und die umgekehrte Unterdruckwelle wird bei Schallgeschwindigkeit hin zu einer Stromaufwärtsrichtung ausgebreitet.

**[0043]** Indessen strömt das Abgas selbst, das von dem Auslasskanal 18 abgelassen wird, kontinuierlich in der Stromabwärtsrichtung, um durch die unabhängige Abgasleitung 52, das Sammelrohr 56, den Einleitabschnitt 62a und den Abschnitt 62b vergrößerten Volumens in dieser Reihenfolge zu treten. Wie vorstehend erwähnt wird die Strömungsgeschwindigkeit des Hochdruck- und Hochgeschwindigkeitsabgases, das aus dem Auslasskanal 18 abgelassen wird, während des Verlaufs des Tretens durch den stromabwärts befindlichen Abschnitt der unabhängigen Abgasleitung 52 und den stromaufwärts befindlichen Abschnitt (den Gaseinlassabschnitt 56a und den verschmälerten Abschnitt 56b) des Sammelrohrs 56, die



jeweils eine Querschnittfläche aufweisen, die hin zur Stromabwärtsrichtung allmählich abnimmt, allmählich gesteigert (demgemäß wird der Abgasdruck allmählich gesenkt). Dann wird der Abgasdruck durch hindurchtreten lassen des Abgases durch den Diffusorabschnitt **56d** des Sammelrohrs **56** wiederhergestellt. Der Abgasdruck wird durch hindurchtreten lassen des Abgases durch den Verbindungsabschnitt **56e** des Sammelrohrs **56** und den Einleitabschnitt **62a** des Gehäuses **62** weiter wiederhergestellt, und dann strömt das Abgas in den Abschnitt **62b** vergrößerten Volumens.

**[0044]** Fig. 8 veranschaulicht ein Ergebnis, das durch Messen eines Innendrucks des Auslasskanals **18** in einem bestimmten der Zylinder **12** erhalten wird, um eine Erzeugung einer Unterdruckwelle durch Umkehr und Zurückwerfen in dem Abschnitt **62b** vergrößerten Volumens und Ankommen der Unterdruckwelle an dem Auslasskanal **18** zusammen mit einer Hubkurve, d.h. einem Ventilhub, des Auslassventils **20** zu detektieren. Die Druckwellenform  $P_1$ , die in Fig. 8 durch die durchgehende Linie angedeutet ist, ist ein auf dem Motorsystem **100** beruhendes Messergebnis. Die Druckwellenform  $P_2$ , die durch die Strichlinie in Fig. 8 angedeutet ist, ist ein Ergebnis, das durch Prüfen des Innendrucks des Auslasskanals **18** in einem System erhalten wird, in dem ein Abschnitt mit einem vergrößerten Volumen (entsprechend dem Abschnitt **62a** vergrößerten Volumens in dieser Ausführungsform) bezüglich des Sammelrohrs **56** nicht stromabwärts vorgesehen ist, d.h. eine sich bezüglich des Sammelrohrs **56** stromabwärts befindende Leitung besteht aus einem kreisförmigen zylindrischen Rohr **160** mit einem Durchmesser gleich dem des Verbindungsabschnitts **56e** des Sammelrohrs **56**, wie in Fig. 9 gezeigt ist (das in Fig. 9 gezeigte Motorsystem wird hierin nachstehend als „Vergleichssystem“ bezeichnet). Ferner zeigen der oberste Graph und der zweitniedrigste Graph in Fig. 8 Änderungen des Innendrucks des Auslasskanals **18** in zwei Zylindern, deren Auspufftakte jeweils aufeinander folgend sind. In der folgenden Beschreibung wird unter der Annahme, dass eine vorliegende Zeit eine Steuerzeit kurz nach einem Kurbelwinkel =  $CA_1$  ist, ein Zylinder, in dem das Auslassventil **20** geöffnet ist, als „Auspufftaktzylinder“ bezeichnet, und ein Zylinder, dessen Auspufftakt unmittelbar vor dem des Auspufftaktzylinders erfolgt, wird als „Ansaugtaktzylinder“ bezeichnet. In Fig. 8 wurde zum Beseitigen eines Einflusses eines in dem Auslasskanal **18** durch die Ejektorwirkung zu erzeugenden Unterdrucks, um nur eine Unterdruckwelle zu detektieren, die durch Umkehr und Zurückwerfen in dem Abschnitt **62b** vergrößerten Volumens erzeugt wird, der Innendruck ohne Überlagern zwischen einem Ventilöffnungszeitraum des Auslassventils **20** und einem Ventilöffnungszeitraum des Einlassventils **19** gemessen.

**[0045]** In Fig. 8 wird kurz nach dem Beginn des Öffnens des Auslassventils **20** des Auspufftaktzylinders **12** (wenn Kurbelwinkel =  $CA_1$ ) Abblasegas mit einem extrem hohen Druck (=  $P_{max}$ ) und einer hohen Geschwindigkeit aus dem Auspufftaktzylinder **12** abgelassen. In dem Motorsystem **100** wird kurz nach der vorstehenden Steuerzeit (um den Kurbelwinkel  $CA_2$ ) der Innendruck des Auslasskanals **18** in dem Ansaugtaktzylinder **12** ein Unterdruck (=  $P_{min1}$ ). Bei dem Vergleichssystem dagegen wird kurz nach dem Ablassen des Abblasegases der Innendruck des Auslasskanals **18** in dem Ansaugtaktzylinder **12** bei einem Überdruck gehalten. Beruhend auf den vorstehenden Ergebnissen wurde verifiziert, dass in den Auslasskanälen **18** in Folge des Vorhandenseins des Abschnitts **62b** vergrößerten Volumens ein Unterdruck erzeugt wird.

**[0046]** Bei dem Motorsystem **100** wird eine Länge **L1** einer Leitung zwischen der unabhängigen Abgasleitung **52** und dem Abschnitt **62b** vergrößerten Volumens, d.h. eine Länge **L1** (siehe Fig. 2) zwischen dem stromaufwärts befindlichen Ende des Sammelrohrs **56** (stromaufwärts befindliches Ende des Gas-einlassabschnitts **56a**) und einem stromaufwärts befindlichen Ende des Abschnitts **62b** vergrößerten Volumens bei einem Maß festgelegt, das die folgende Bedingung erfüllt. Die Länge **L1** wird auf ein Maß festgelegt, das es ermöglicht, dass eine Unterdruckwelle, die bei einer Motordrehzahl kleiner oder gleich einer voreingestellten Bezugsmotordrehzahl **N1** durch ein Phänomen erzeugt wird, dass eine Überdruckwelle von Abgas, das von einem bestimmten der Zylinder (Auspufftaktzylinder **12**) von dem Abschnitt **62b** vergrößerten Volumens abgelassen wird, von dem Abschnitt **62b** vergrößerten Volumens zurückgeworfen wird, den Auslasskanal **18** in einem der verbleibenden Zylinder (Ansaugtaktzylinder **12**), dessen Auspufftakt unmittelbar dem des Auspufftaktzylinders **12** vorhergeht, während eines Überlagerungszeitraums in dem Ansaugtaktzylinder **12** erreicht. In dieser Ausführungsform ist die Bezugsmotordrehzahl **N1** bei 4000 U/min. festgelegt, und die Länge **L1** zwischen dem stromaufwärts befindlichen Ende des Sammelrohrs **56** und dem stromaufwärts befindlichen Ende des Abschnitts **62b** vergrößerten Volumens ist auf 300 mm festgelegt.

**[0047]** Im Hinblick auf das Reduzieren eines Zeitraums nach dem Erzeugen der Unterdruckwelle in dem Abschnitt **62b** vergrößerten Volumens, bis sie den Auslasskanal **18** des Ansaugtaktzylinders **12** erreicht, kann die Länge **L1** zwischen dem stromaufwärts befindlichen Ende des Sammelrohrs **56** und dem stromaufwärts befindlichen Ende des Abschnitts **62b** vergrößerten Volumens reduziert werden. Wenn die Länge **L1** aber übermäßig reduziert wird, wird der Abschnitt **62b** vergrößerten Volumens mit einem relativ großen Volumen an einer Seite weiter stromaufwärts angeordnet, was die Beschränkungen be-

züglich Anordnung erhöht. Im Hinblick darauf wird in dieser Ausführungsform die Länge **L1** zwischen dem stromaufwärts befindlichen Ende des Sammelrohrs **56** und dem stromaufwärts befindlichen Ende des Abschnitts **62b** vergrößerten Volumens bei 300 mm festgelegt.

**[0048]** Ein Sollwert einer Ventilsteuerzeit (Sollventilsteuerzeit) jedes von Einlassventil **19** und Auslassventil **20** wird vorläufig abhängig von Motorbetriebsbedingungen festgelegt und in dem ECU **2** gespeichert. Das ECU **2** dient dazu, eine aktuelle Motorbetriebsbedingung beruhend auf Signalen von verschiedenen Sensoren zu berechnen, um Sollventilsteuerzeiten zu extrahieren, die der berechneten Motorbetriebsbedingung entsprechen, und die Einlass-VVT-Vorrichtung **32** und die Auslass-VVT-Vorrichtung **42** anzutreiben, um das Zusammenfallen von tatsächlichen Ventilsteuerzeiten des Einlassventils **19** und des Auslassventils **20** mit jeweiligen der Sollventilsteuerzeiten zu ermöglichen.

**[0049]** Die Sollventilsteuerzeiten des Einlassventils **19** und des Auslassventils **20** werden nachstehend beschrieben.

**[0050]** Die Sollventilsteuerzeiten des Einlassventils **19** und des Auslassventils **20** werden so festgelegt, dass in dem gesamten Motorbetriebsbereich der Ventilöffnungszeitraum des Auslassventils **20** und der Ventilöffnungszeitraum des Einlassventils **19** einander über dem oberen Totpunkt eines Ansaugtakts (Ansaug-OT) überlagern, und das Auslassventil **20** eines bestimmten der Zylinder (Auspufftaktzylinder **12**) beginnt während eines Überlagerungszeitraums in einem der verbleibenden Zylinder (Ansaugtaktzylinder **12**), dessen Auspufftakt dem des Auspufftaktzylinders **12** unmittelbar vorausgeht, zu öffnen.

**[0051]** Wie im Einzelnen in **Fig. 6** gezeigt ist, beginnt das Auslassventil **20** des dritten Zylinders **12c** während eines Überlagerungszeitraums **T<sub>O/L</sub>**, bei dem sowohl das Einlassventil **19** als auch das Auslassventil **20** in dem ersten Zylinder **12a** geöffnet sind, zu öffnen, und das Auslassventil **20** des vierten Zylinders **12d** beginnt während eines Überlagerungszeitraums **T<sub>O/L</sub>**, bei dem sowohl das Einlassventil **19** als auch das Auslassventil **20** in dem dritten Zylinder **12c** geöffnet sind, zu öffnen. Ferner beginnt das Auslassventil **20** des zweiten Zylinders **12b** während eines Überlagerungszeitraums **T<sub>O/L</sub>**, bei dem sowohl das Einlassventil **19** als auch das Auslassventil **20** in dem vierten Zylinder **12d** geöffnet sind, zu öffnen, und das Auslassventil **20** des ersten Zylinders **12a** beginnt während eines Überlagerungszeitraums **T<sub>O/L</sub>**, bei dem sowohl das Einlassventil **19** als auch das Auslassventil **20** in dem zweiten Zylinder **12b** geöffnet sind, zu öffnen.

**[0052]** Die Sollventilsteuerzeiten des Einlassventils **19** und des Auslassventils **20** werden ebenfalls festgelegt, um ein Erreichen der Unterdruckwelle, die durch das Phänomen erzeugt wird, dass eine Druckwelle von Abgas, das aus dem Auspufftaktzylinder **12** (einem bestimmten der mehreren Zylinder, dessen Auslassventil **20** geöffnet ist) abgelassen wird, umgekehrt und von dem Abschnitt **62b** vergrößerten Volumens bei einer bestimmten Drehzahl zurückgeworfen wird, die kleiner oder gleich der voreingestellten Motordrehzahl **N1** ist, des Auslasskanals **18** in dem Ansaugtaktzylinder **12** (einem der verbleibenden Zylinder, dessen Auspufftakt dem des Auspufftaktzylinders **12** unmittelbar vorhergeht) während des Überlagerungszeitraums **T<sub>O/L</sub>** in dem Ansaugtaktzylinder **12** zu ermöglichen. In dieser Ausführungsform, bei der zum Beispiel die Länge **L1** zwischen dem stromaufwärts befindlichen Ende des Sammelrohrs **56** und dem stromaufwärts befindlichen Ende des Abschnitts **62b** vergrößerten Volumens bei 300 mm festgelegt ist, sind bei einer Motordrehzahl von 4.000 U/min. die Ventilöffnungssteuerzeit und die Ventilschließsteuerzeit des Auslassventils **20** jeweils bei VUT (vor unterem Totpunkt) 65 Grad CA und NOT (nach oberem Totpunkt) 15 Grad CA festgelegt, und die Ventilöffnungssteuerzeit des Einlassventils **19** ist auf VOT (vor oberem Totpunkt) 10 Grad CA festgelegt.

**[0053]** In dem Motorsystem **100**, wie es in **Fig. 10** gezeigt ist, bezeichnen die Ventilöffnungssteuerzeit und die Ventilschließsteuerzeit sowohl bei dem Einlassventil **19** als auch dem Auslassventil **20** eine Öffnungsstartssteuerzeit bzw. eine Schließendsteuerzeit unter der Annahme, dass ein Intervall mit Ausnahme von Zonen um Ventilöffnungs- und Ventilschließpunkte, bei denen die Ventilhubkurve eine sanfte Neigung (Anstiegszonen) hat, als Ventilöffnungszeitraum definiert ist. Wenn zum Beispiel eine Höhe in der Anstiegszone 0,4 mm beträgt, ist eine Steuerzeit, bei der ein Ventilhubbetrag auf 0,4 mm erhöht oder reduziert wird, als Ventilöffnungssteuerzeit bzw. Ventilschließsteuerzeit definiert.

**[0054]** Die Ansaugleistung des Motorsystems **100**, das in der vorstehenden Weise konfiguriert ist, wird nachstehend beschrieben.

**[0055]** Wie vorstehend erwähnt ist in dem Motorsystem **100** sowohl der stromabwärts befindliche Abschnitt einer jeweiligen der unabhängigen Abgasleitungen **52** als auch der stromaufwärts befindliche Abschnitt des Sammelrohrs **56** so ausgebildet, dass eine Querschnittfläche davon (eine Fläche eines Schnitts, der entlang einer Richtung senkrecht zu der Abgasströmung geschnitten ist) hin zur Stromabwärtsrichtung allmählich abnimmt. Ferner werden die Sollventilsteuerzeiten des Einlassventils **19** und des Auslassventils **20** in jedem der Zylinder **12** so festgelegt, dass das Auslassventil **20** in einem bestimmten der Zylinder (Auspufftaktzylinder **12**) wäh-

rend des Überlagerungszeitraums  $T_{O/L}$  in einem der verbleibenden Zylinder (Ansaugtaktzylinder **12**), dessen Auspufftakt dem des Auspufftaktzylinders **12** unmittelbar vorhergeht, zu öffnen beginnt.

**[0056]** Kurz nach dem Öffnen des Auslassventils in dem Auspufftaktzylinder **12** wird somit Abgas extrem hohen Drucks und hoher Geschwindigkeit (Abblasegas) abgelassen und durch die unabhängige Abgasleitung **52** in das Sammelrohr **56** ausgestoßen. Zusammen mit dem Ausstoß wird ein starker Unterdruck, der um die ausgestoßene Gasströmung erzeugt wird, an dem Auslasskanal **18** des Ansaugtaktzylinders **12** während des Überlagerungszeitraums  $T_{O/L}$  in dem Ansaugtaktzylinder **12** angelegt (Ejektorwirkung), so dass es möglich wird, während des Überlagerungszeitraums  $T_{O/L}$  ein Spülen in dem Ansaugtaktzylinder **12** zu fördern.

**[0057]** Die stromabwärts befindlichen Enden der unabhängigen Abgasleitungen **52** sind in benachbarter Beziehung angeordnet und mit dem Gaseinlassabschnitt **56a** verbunden. Somit wird eine Saugkraft, die durch die unabhängige Abgasleitung **52** erzeugt wird, die mit dem Auspufftaktzylinder **12** verbunden ist, an der unabhängigen Abgasleitung **52**, die mit dem Ansaugtaktzylinder **12** verbunden ist, wirksam angelegt.

**[0058]** Wie vorstehend erwähnt ist das Motorsystem **100** so ausgelegt, dass bei einer bestimmten Motordrehzahl, die kleiner oder gleich der voreingestellten Bezugsmotordrehzahl **N1** ist, eine Unterdruckwelle durch ein Phänomen erzeugt wird, dass eine Überdruckwelle von Abgas, das von dem Auspufftaktzylinder **12** abgelassen wird, umgekehrt und von dem Abschnitt **62b** vergrößerten Volumens der katalytischen Vorrichtung **6** zurückgeworfen wird und die erzeugte Unterdruckwelle den Auslasskanal **18** in dem Ansaugtaktzylinder **12** während des Überlagerungszeitraums in dem Ansaugtaktzylinder **12** erreicht. Somit wird es in Verbindung mit dem Eintreffen der Unterdruckwelle möglich, das Spülen in dem Ansaugtaktzylinder **12** während des Überlagerungszeitraums  $T_{O/L}$  weiter zu fördern.

**[0059]** Fig. **11** veranschaulicht ein Ergebnis, das durch Prüfen einer Innendruckwellenform  $P_3$  (Einpunkt-Strichlinie) des Auslasskanals **18** bei Berücksichtigen eines Einflusses der Überlagerung zwischen dem Ventilöffnungszeitraum des Auslassventils **20** und dem Ventilöffnungszeitraum des Einlassventils **19** zusätzlich zu einem Einfluss der Unterdruckwelle (siehe die Druckwellenform  $P_1$ , die in Fig. **8** durch die durchgehende Linie angedeutet ist), die durch die Umkehr und das Zurückwerfen in dem Abschnitt **62b** vergrößerten Volumens erzeugt wird, erhalten wird. Wie in Fig. **11** gezeigt ist, wird, wenn der Ventilöffnungszeitraum des Auslassventils **20** und der Ventilöffnungszeitraum des Einlassventils **19** einander überlagern, die Ejektorwirkung zusätz-

lich zu dem Einfluss der Unterdruckwelle erzeugt, die durch die Umkehr und das Zurückwerfen in dem Abschnitt **62b** vergrößerten Volumens erzeugt wird, so dass der Innendruck des Auslasskanals **10** bei dem Kurbelwinkel  $CA_2$  nach dem Öffnen des Auslassventils **20** in dem Auspufftaktzylinder **12** ein starker Unterdruck ( $P_{min2}$ ) wird, was eine hohe Spülleistung vorsieht. Die Ergebnisse in Fig. **8** und Fig. **11** wurden bei einer Motordrehzahl von 1500 U/min. in dem Motorsystem **100** erhalten, wobei die Länge **L1** zwischen dem stromaufwärts befindlichen Ende des Sammelrohrs **56** und dem stromaufwärts befindlichen Ende des Abschnitts **62b** vergrößerten Volumens bei 300 mm festgelegt ist.

**[0060]** Wie vorstehend kann das Motorsystem **100** ein Spülen der Zylinder **12** durch effektives Nutzen von Umkehr und Zurückwerfen einer Abgasdruckwelle zusätzlich zu der Ejektorwirkung fördern, um eine Ansaueffizienz zu verbessern und dadurch die Motorausgangsleistung zu steigern.

**[0061]** In der vorliegenden Erfindung sind spezifische Werte der Länge **L1** zwischen dem stromaufwärts befindlichen Ende des Sammelrohrs **56** (stromaufwärts befindliches Ende des Gaseinlassabschnitts **56a**) und dem stromaufwärts befindlichen Ende des Abschnitts **62b** vergrößerten Volumens und der Bezugsmotordrehzahl **N1** nicht auf die Werte in der obigen Ausführungsform ( $L1 = 300$  mm,  $N1 = 4000$  U/min.) beschränkt. Zum Beispiel kann die Länge **L1** bei einem Wert von kleiner als 300 mm festgelegt werden. Wenn die Länge **L1** reduziert wird, wird es möglich, einen Zeitraum nach Ausstoßen einer Überdruckwelle beruhend auf Abblasegas aus dem Auslasskanal **18** des Auspufftaktzylinders **12** bis zum Erreichen einer Unterdruckwelle, die durch Umkehr und Zurückwerfen in dem Abschnitt **62b** vergrößerten Volumens erzeugt wird, des Auslasskanals **18** des Ansaugtaktzylinders **12** zu reduzieren. Somit wird eine Motordrehzahl, bei der eine Steuerzeit des Eintreffens der Unterdruckwelle in den Überlagerungszeitraum  $T_{O/L}$  in dem Ansaugtaktzylinder **12** fallen kann (d.h. eine Motordrehzahl, bei der ein Spülen beruhend auf der Unterdruckwelle gefördert werden kann) bei einem höheren Wert festgelegt. In der Leitung zwischen dem Auslasskanal **18** und dem Abschnitt **62b** vergrößerten Volumens wird sich die Druckwelle aber wiederholt hin- und herbewegen, während sie abwechselnd von einem Überdruck zu einem Unterdruck und von einem Unterdruck zu einem Überdruck wechselt (Abgaspuls). Solange die Unterdruckwelle somit eine Welle höherer Ordnung ist (mehrfache Hin- und Herbewegungen), ist es möglich, der Unterdruckwelle das Erreichen des Auslasskanals **18** des Ansaugtaktzylinders **12** während des Überlagerungszeitraums  $T_{O/L}$  in dem Ansaugtaktzylinder **12** zu ermöglichen, selbst wenn die Motordrehzahl niedrig ist. In Fällen, da die Länge **L1** zwischen dem stromaufwärts befindlichen Ende

des Sammelrohrs **56** und dem stromaufwärts befindlichen Ende des Abschnitts verringerten Volumens **62b** reduziert ist, wird es daher möglich, ein Spülen durch Nutzen der Unterdruckwelle beruhend auf Abgaspuls in einem breiteren Motordrehzahlbereich zu fördern.

**[0062]** Die Unterdruckwelle, die auf Abgaspuls beruht, dämpft aber stärker, wenn die Ordnung der Welle höher wird. Wenn die Länge **L1** zwischen dem stromaufwärts befindlichen Ende des Sammelrohrs **56** und dem stromaufwärts befindlichen Ende des Abschnitts **62b** vergrößerten Volumens reduziert wird, wird somit die ein Spülen fördernde Wirkung bei einem Bereich niedriger Drehzahl verglichen mit Fällen, bei denen die Länge **L1** bei einem großen Wert festgelegt ist, relativ verschlechtert. In Fällen, da es erforderlich ist, Spülen zu fördern, insbesondere bei einem Bereich niedriger Drehzahl, ist es daher bevorzugt, die Länge **L1** zu vergrößern.

**[0063]** Wenn die Länge **L1** dagegen übermäßig vergrößert wird, wird eine Temperatur eines Abgases, das in den Katalysatorkörper **64** strömt, der stromabwärts des Abschnitts **62b** vergrößerten Volumens angeordnet ist, niedriger. Selbst wenn sie konfiguriert ist, dass sie es der Unterdruckwelle ermöglicht, den Auslasskanal **18** des Ansaugtaktzylinders **12** bei einem Bereich extrem niedriger Drehzahl zu erreichen, bei dem die Motordrehzahl extrem niedrig ist, ist die sich ergebende, ein Spülen fördernde Wirkung selten brauchbar. Daher wird die Länge **L1** zwischen dem stromaufwärts befindlichen Ende des Sammelrohrs **56** und dem stromaufwärts befindlichen Ende des Abschnitts **62b** vergrößerten Volumens vorzugsweise bei 1,0 m oder weniger festgelegt.

**[0064]** Wenn zum Beispiel die Länge **L1** auf 1,0 m festgelegt wird, können bei einer Motordrehzahl von etwa 2000 U/min. die Ventilöffnungssteuerzeit und die Ventilschließsteuerzeit des Auslassventils **20** bei VUT **65** CA bzw. NOT 15 Grad CA festgelegt werden, und die Ventilöffnungssteuerzeit des Einlassventils **10** kann bei VOT 30 Grad CA festgelegt werden. In diesem Fall ist es möglich, es einer Unterdruckwelle, die durch Umkehr und Zurückwerfen in dem Abschnitt **62b** vergrößerten Volumens erzeugt wird, zu ermöglichen, den Auslasskanal **18** des Ansaugtaktzylinders **12** zu erreichen, während ein Unterdruck in dem Auslasskanal **18** des Ansaugtaktzylinders **12** durch die Ejektorwirkung während des Überlagerungszeitraums **T<sub>O/L</sub>** in dem Ansaugtaktzylinder **12** erzeugt wird. Wenn aber die Länge **L1** auf einen Wert von über 1,0 m erhöht wird, ist es möglich, es der Unterdruckwelle zu ermöglichen, den Auslasskanal **18** des Ansaugtaktzylinders **12** nur bei einem Bereich extrem niedriger Drehzahl zu erreichen, wobei die Motordrehzahl niedriger als 2000 U/min. ist. Um den Überlagerungszeitraum **T<sub>O/L</sub>** ausreichend sicherzustellen, muss zudem die Schließsteuerzeit

des Auslassventils **20** weiter auf spät verstellt werden, was wahrscheinlich ein Zurückblasen von Abgas hervorruft. Somit ist es bevorzugt, die Länge **L1** bei 1,0 m oder weniger festzulegen.

**[0065]** Der Gaseinlassabschnitt **56a** in dem Sammelrohr **56** ist nicht auf eine spezifische Konfiguration in der vorstehenden Ausführungsform beschränkt, sondern kann konfiguriert werden, um bei Ausstoßen von Abgas von einer der unabhängigen Abgasleitungen **52** in den Gaseinlassabschnitt **56a** bei hoher Geschwindigkeit einen Unterdruck in einer bestimmten der verbleibenden unabhängigen Abgasleitungen **52** zu erzeugen, um es zu ermöglichen, dass Abgas in dem Auslasskanal **18**, der mit der bestimmten unabhängigen Auslassleitung **52** verbunden ist, in die Stromabwärtsrichtung gesaugt wird.

**[0066]** Zum Beispiel kann der Gaseinlassabschnitt **56a** so konfiguriert sein, dass ein Innendurchmesser desselben mit dem der kreisförmigen Querschnitts der Anordnung der stromabwärts befindlichen Enden der unabhängigen Abgasleitungen **52** zusammenfällt. In Fällen, da der Gaseinlassabschnitt **56a** eine Innenumfangsfläche aufweist, die mit einem radialen Maß ausgebildet ist, das größer als das einer Querschnittform der Anordnung der stromabwärts befindlichen Enden der unabhängigen Abgasleitungen **52** ist, wie in der vorstehenden Ausführungsform, wird es aber möglich, zu unterbinden, dass Abgas, das von jeder der unabhängigen Abgasleitungen **52** ausgestoßen wird, an der Innenwand des Gaseinlassabschnitts **56a** anhaftet oder damit kollidiert, was ein Absenken der Strömungsgeschwindigkeit des Abgases bewirkt.

**[0067]** Der Diffusorabschnitt **56d** kann weggelassen werden. In Fällen, da der Diffusorabschnitt **56d** wie in der vorstehenden Ausführungsform in dem Sammelrohr **56** vorgesehen wird, kann aber der Abgasdruck, der durch Strömen durch den verschmälerten Abschnitt **56b** des Sammelrohrs **56**, etc. gesenkt wurde, innerhalb einer kurzen Strecke wiederhergestellt werden. Ferner ermöglicht es der Diffusorabschnitt **56a** dem Abgas, gleichmäßig in den Katalysatorkörper **64** zu strömen, der stromabwärts davon angeordnet ist, so dass es möglich wird, eine Abgasreinigungsleistung des Katalysatorkörpers **64** hinreichend hervorzubringen.

**[0068]** Bei der vorstehenden Ausführungsform wird die Abgasdruckwelle umgekehrt und von dem Abschnitt **62b** vergrößerten Volumens des Gehäuses **62** der katalytischen Vorrichtung **6** zurückgeworfen. Alternativ kann anstelle des Abschnitts **62b** vergrößerten Volumens ein Abschnitt vergrößerten Volumens, der separat von dem Gehäuse **62** mit einer Querschnittfläche, die größer als die des Sammelrohrs **56** ist, hergestellt ist, stromabwärts des Sammelrohrs **56** vorgesehen werden. Wenn aber der Abschnitt ver-

größerten Volumens unter Verwenden des Gehäuses **62** der katalytischen Vorrichtung **6** gebildet wird, wird es möglich, eine bauliche Vereinfachung zu erleichtern und einen Abstand zwischen dem Motorkörper **1** und dem Katalysatorkörper **64** zu reduzieren, um den Katalysatorkörper **64** verglichen mit Fällen, da der Abschnitt vergrößerten Volumens separat von dem Gehäuse **62** vorgesehen ist, schneller zu aktivieren.

**[0069]** Eine Form des Abschnitts **62b** vergrößerten Volumens ist nicht auf eine kreisförmige Kegelstumpfform wie in der vorstehenden Ausführungsform beschränkt, sondern kann eine beliebige andere geeignete Form haben, wie etwa eine kreisförmige zylindrische Form, solange sie eine Querschnittfläche aufweist, die größer als die des Sammelrohrs **56** ist.

**[0070]** Die vorstehende Ausführungsform wurde beruhend auf einem Beispiel beschrieben, bei dem in dem gesamten Motorbetriebsbereich eine Steuerung durchgeführt wird, die ein Überlagern des Ventilöffnungszeitraums des Einlassventils **19** und des Ventilöffnungszeitraums des Auslassventils **20** bewirkt und bewirkt, dass das Auslassventil **20** in einem bestimmten der Zylinder (Auspufftaktzylinder **12**) das Öffnen während des Überlagerungszeitraums in einem der verbleibenden Zylinder (Ansaugtaktzylinder **12**) beginnt, dessen Auspufftakt dem des Auspufftaktzylinders **12** unmittelbar vorhergeht. Alternativ kann die vorstehende Steuerung nur in einem Teil des Motorbetriebsbereichs durchgeführt werden, der einen Bereich niedriger Drehzahl umfasst, wobei die Motordrehzahl kleiner oder gleich der Bezugsmotordrehzahl **N1** ist. Im Einzelnen wird in einem Motorbetriebsbereich, in dem die Motordrehzahl hoch ist, ein Abgasstromvolumen gesteigert, und dadurch wird ein Manko aufgrund einer Erhöhung eines Pumpverlusts wahrscheinlich größer als eine Spülen fördernde Wirkung, die durch die Ejektorwirkung erhalten werden soll. In einem solchen Fall ist es somit bevorzugt, das Einlassventil **19** und das Auslassventil **20** steuerbar auf Steuerzeiten zu setzen, die den Pumpverlust reduzieren können, und es ist nicht wesentlich, dazwischen einen Überlagerungszeitraum vorzusehen.

**[0071]** Um den vorstehend erwähnten Pumpverlust in einem Motorbetriebsbereich zu reduzieren, in dem die Motordrehzahl hoch ist, kann weiterhin eine Umgehungsleitung zum Umgehen des Sammelrohrs **56** vorgesehen werden. Im Einzelnen wird eine Leitung, die sich von halber Position jeder der unabhängigen Abgasleitungen **52** erstreckt, um das Sammelrohr **56** zu umgehen, und die bezüglich des Abschnitts **62b** vergrößerten Volumens mit einer Leitung stromaufwärts fluidverbunden ist, als Umgehungsleitung vorgesehen. Vorzugsweise ist die Umgehungsleitung mit einer konstanten Querschnittfläche ausgebildet, um nicht den Strömungswiderstand des Abgases zu

erhöhen. Ferner ist ein Schaltventil zum selektiven Öffnen und Schließen der Umgehungsleitung in der Umgehungsleitung eingebaut. In diesem Fall kann das Schaltventil ausgelegt, um in einem Bereich niedriger Motordrehzahl, in dem die Motordrehzahl kleiner oder gleich der Bezugsmotordrehzahl **N1** ist, geschlossen zu werden, und um in einem Motorbetriebsbereich, bei dem die Motordrehzahl größer als die Bezugsmotordrehzahl **N1** ist, geöffnet zu werden. Somit tritt in einem Motorbetriebsbereich, in dem die Motordrehzahl relativ hoch ist, das aus jedem der Zylinder abgelassene Abgas nicht nur durch die unabhängige Abgasleitung **52** und das Sammelrohr **56**, sondern auch durch die Umgehungsleitung, so dass es möglich wird, den Pumpverlust effektiv zu reduzieren.

**[0072]** In der vorstehenden Ausführungsform ist eine gegabelte unabhängige Abgasleitung **52b** mit den Auslasskanälen **18** des zweiten und dritten Zylinders **12b**, **12c** verbunden, deren Auspufftakte nicht aufeinander folgend sind. Alternativ können zwei unabhängige Abgasleitungen mit dem zweiten Zylinder **12b** bzw. dem dritten Zylinder **12c** verbunden werden. In diesem Fall sind mit anderen Worten vier unabhängige Abgasleitungen mit den vier ersten bis vierten Zylindern **12a** bis **12d** in einer 1:1-Entsprechung verbunden. Es versteht sich, dass eine Positionsbeziehung zwischen jeweiligen der vier unabhängigen Abgasleitungen in diesem Fall so festgelegt werden muss, dass sie es zwei der unabhängigen Abgasleitungen, die mit jeweiligen von zwei der Zylinder verbunden sind, deren Auspufftakte aufeinander folgen, ermöglicht, mit dem Sammelrohr **56** an zueinander benachbarten Positionen verbunden zu werden. Zum Beispiel ist es vorstellbar, dass eine Querschnittform eines stromabwärts befindlichen Endes jeder der vier unabhängigen Abgasleitungen in einer Sektorform ausgebildet wird, die durch Teilen eines Kreises gleichmäßig in vier Stücke erhalten wird, und eine Anordnung der stromabwärts befindlichen Enden, die als Ganzes in einer im Allgemeinen kreisförmigen Form ausgebildet ist, ist mit dem Sammelrohr **56** verbunden.

#### Zusammenfassende Darstellung der Ausführungsform

**[0073]** Schließlich werden Merkmale und vorteilhafte Wirkungen beruhend auf dem Inhalt der vorstehenden Ausführungsform kollektiv beschrieben.

**[0074]** Ein Einlass- und Auslasssystem in der vorstehenden Ausführungsform wird in einem Mehrzylindermotor mit mehreren Zylindern (**12**) vorgesehen, die jeweils mit einem Einlasskanal (**17**), einem Auslasskanal (**18**), einem Einlassventil (**19**), das den Einlasskanal öffnen und schließen kann, und einem Auslassventil (**20**), das den Auslasskanal öffnen und schließen kann, versehen sind. Das Einlass- und

Auslasssystem umfasst: mehrere unabhängige Abgasleitungen (52), die jeweils mit dem Auslasskanal (18) in einem jeweiligen der mehreren Zylinder oder mit den Auslasskanälen (18) in zwei oder mehr der mehreren Zylinder, deren Auspuffakte in Bezug zueinander nicht aufeinanderfolgend sind, verbunden sind; ein Sammelrohr (56), das mit stromabwärts befindlichen Enden der mehreren unabhängigen Abgasleitungen (52) verbunden ist, um ein Sammeln von Abgas, das durch die mehreren unabhängigen Abgasleitung (52) tritt, zu ermöglichen; einen Abschnitt (62b) vergrößerten Volumens, der bezüglich des Sammelrohrs (56) stromabwärts vorgesehen ist; und Ventiltreiber (30, 40), die das Einlassventil (19) und das Auslassventil (29) in jedem der mehreren Zylinder antreiben können. Unter den mehreren unabhängigen Abgasleitungen (52) sind mindestens zwei, die mit jeweiligen von zwei der mehreren Zylinder verbunden sind, deren Auspuffakte in Bezug zueinander aufeinanderfolgend sind, mit dem Sammelrohr (56) an zueinander benachbarten Positionen verbunden. Die Ventiltreiber (30, 40) dienen dazu, um zumindest in einem Bereich niedriger Motordrehzahl, in dem die Motordrehzahl kleiner oder gleich einer voreingestellten Bezugsmotordrehzahl (N1) ist, das Einlassventil (19) und das Auslassventil (20) in jedem der mehreren Zylinder so anzutreiben, dass ein Ventilöffnungszeitraum des Einlassventils (19) und ein Ventilöffnungszeitraum des Auslassventils (20) in jedem der mehreren Zylinder einander einen vorbestimmten Überlagerungszeitraum (T\_O/L) überlagern, und das Auslassventil (20) in einem bestimmten der mehreren Zylinder während des Überlagerungszeitraums (T\_O/L) in einem vorhergehenden der verbleibenden Zylinder, dessen Auspufftakt dem des bestimmten Zylinders unmittelbar vorhergeht, zu öffnen beginnt. Jedes von mindestens einem stromaufwärts befindlichen Abschnitt des Sammelrohrs (56) und mindestens einem stromabwärts befindlichen Abschnitt jeder der mehreren unabhängigen Abgasleitungen (52) ist so ausgebildet, dass eine Querschnittfläche davon hin zu einer Stromabwärtsrichtung allmählich abnimmt. Der Abschnitt (62b) vergrößerten Volumens ist so ausgebildet, dass eine Querschnittfläche desselben verglichen mit einer Leitung, die bezüglich des Abschnitts (62b) vergrößerten Volumens stromaufwärts ist, vergrößert ist, um eine Überdruckwelle von Abgas hervorzurufen, die den Abschnitt (62b) vergrößerten Volumens nach Ablassen aus jedem der mehreren Zylinder erreicht, um zurückgeworfen und zu einer Unterdruckwelle umgewandelt zu werden. Eine Länge (L1) zwischen einem stromaufwärts befindlichen Ende des Sammelrohrs (56) und einem stromaufwärts befindlichen Ende des Abschnitts (62b) vergrößerten Volumens ist bei einem Maß festgelegt, das eine Unterdruckwelle, die durch ein Phänomen erzeugt wird, dass eine von einem bestimmten der mehreren Zylinder ausgestoßene Überdruckwelle von Abgas durch den Abschnitt (62b) vergrößerten Volumens bei mindestens einer

vorbestimmten Motordrehzahl zurückgeworfen wird, die kleiner oder gleich der voreingestellten Bezugsmotordrehzahl (N1) ist, den Auslasskanal (18) in einem vorherigen der verbleibenden Zylinder, dessen Auspufftakt dem des bestimmten Zylinders vorhergeht, während des Überlagerungszeitraums (T\_O/L) in dem vorherigen Zylinder erreichen lässt.

**[0075]** Bei dem vorstehenden Einlass- und Auslasssystem sind die stromabwärts befindlichen Enden der mehreren unabhängigen Abgasleitungen, die sich von jeweiligen der mehreren Zylinder erstrecken, mit dem einzigen Sammelrohr verbunden, und sowohl der stromabwärts befindliche Abschnitt einer jeweiligen der mehreren unabhängigen Abgasleitungen als auch der stromaufwärts befindliche Abschnitt des Sammelrohrs sind so ausgebildet, dass eine Querschnittfläche davon hin zur Stromabwärtsrichtung allmählich abnimmt, so dass, wenn Abblasegas von einem bestimmten der Zylinder in das Sammelrohr durch die unabhängige Abgasleitung bei hoher Geschwindigkeit ausgestoßen wird, ein starker Unterdruck um die ausgestoßene Abgasströmung erzeugt werden kann (Ejektorwirkung). Ferner beginnt mindestens in einem Bereich niedriger Motordrehzahl, in dem die Motordrehzahl kleiner oder gleich der Bezugsmotordrehzahl ist, das Auslassventil in einem bestimmten der mehreren Zylinder während des Überlagerungszeitraums in einem vorherigen der verbleibenden Zylinder, dessen Auspufftakt dem des bestimmten Zylinders unmittelbar vorhergeht, zu öffnen, so dass es möglich wird, einen Unterdruck, der durch die Ejektorwirkung erzeugt wird, an dem Auslasskanal des vorherigen Zylinders während des Überlagerungszeitraums in dem vorherigen Zylinder anzulegen, um ein Spülen in dem vorherigen Zylinder effektiv zu fördern.

**[0076]** Bei dem vorstehenden Einlass- und Auslasssystem wird die Länge zwischen dem stromaufwärts befindlichen Ende des Sammelrohrs und dem stromaufwärts befindlichen Ende des Abschnitts vergrößerten Volumens geeignet angepasst, um es einer Unterdruckwelle, die durch ein Phänomen erzeugt wird, dass eine Überdruckwelle von Abgas, das von einem bestimmten der mehreren Zylinder abgelassen wird, von dem Abschnitt vergrößerten Volumens bei einer bestimmten Motordrehzahl kleiner oder gleich der Bezugsmotordrehzahl zurückgeworfen wird, zu ermöglichen, den Auslasskanal in dem vorhergehenden des verbleibenden Zylinders während des Überlagerungszeitraums in dem vorherigen Zylinder zu erreichen. Somit ermöglicht es die Unterdruckwelle dem Abgas in dem vorherigen Zylinder, hin zu dem Auslasskanal gesaugt zu werden, so dass es möglich wird, ein Spülen des vorhergehenden Zylinders während des Überlagerungszeitraums in dem vorhergehenden Zylinder weiter zu fördern.

**[0077]** Das vorstehende Einlass- und Auslasssystem kann mit anderen Worten das Spülen des vorhergehenden Zylinders durch Nutzen sowohl der Ejektorwirkung beruhend auf dem aus dem bestimmten Zylinder abgelassenen Abgas als auch der Unterdruckwelle, die durch Zurückwerfen der Überdruckwelle des abgelassenen Abgases erzeugt wird, fördern, um die Motorausgangsleistung effektiv zu steigern.

**[0078]** Vorzugsweise umfasst das vorstehende Einlass- und Auslasssystem eine katalytische Vorrichtung (6), die einen Katalysatorkörper (64), der aus den mehreren Zylindern abgelassenes Abgas reinigen kann, und ein Gehäuse (62), das sich in einer Richtung der Abgasströmung erstreckt und den Katalysatorkörper aufnimmt, umfasst. Der Katalysatorkörper (64) ist an einer Stelle getrennt von einem stromaufwärts befindlichen Ende des Gehäuses (62) in der Stromabwärtsrichtung angeordnet, und das Gehäuse (62) ist mit einem stromabwärts befindlichen Ende des Sammelrohrs (56) verbunden, wobei ein Teil des Gehäuses (62), der sich bezüglich des Katalysatorkörpers (64) stromaufwärts befindet, als Abschnitt (62b) vergrößerten Volumens dient.

**[0079]** Gemäß diesem Merkmal dient das stromaufwärts befindliche Ende des Gehäuses der katalytischen Vorrichtung als Abschnitt vergrößerten Volumens, so dass es möglich wird, verglichen mit Fällen, bei denen der Abschnitt vergrößerten Volumens separat von dem Gehäuse vorgesehen ist, eine bauliche Vereinfachung zu erleichtern. Ferner kann ein Abstand zwischen dem Motorkörper und dem Katalysatorkörper reduziert werden, so dass es möglich wird, eine Temperatur von Abgas, das in den Katalysatorkörper strömt, zu erhöhen, um den Katalysator schnell zu aktivieren.

**[0080]** Vorzugsweise weist bei dem vorstehenden Einlass- und Auslasssystem das Sammelrohr (56) einen Diffusorabschnitt (56d) an einer Stelle auf, die von den stromabwärts liegenden Enden der mehreren unabhängigen Abgasleitungen (52) in der Stromabwärtsrichtung getrennt ist, wobei der Diffusorabschnitt (56d) eine Querschnittfläche aufweist, die hin zu der Stromabwärtsrichtung allmählich zunimmt.

**[0081]** Entsprechend diesem Merkmal kann ein Abgasdruck, der durch Treten durch den stromaufwärts befindlichen Abschnitt des Sammelrohrs etc. gesenkt wird, innerhalb einer kurzen Strecke wiederhergestellt werden. Ferner ermöglicht es der Diffusorabschnitt dem Abgas, gleichmäßig in den Katalysatorkörper zu strömen, der stromabwärts davon angeordnet ist, so dass es möglich wird, eine Abgasreinigungsleistung des Katalysatorkörpers hinreichend hervorzubringen.

**[0082]** Vorzugsweise wird bei dem vorstehenden Einlass- und Auslasssystem die Länge (L1) zwischen dem stromaufwärts befindlichen Ende des Sammelrohrs (56) und dem stromaufwärts befindlichen Ende des Abschnitts (62b) vergrößerten Volumens bei 1 m oder weniger festgelegt.

**[0083]** Vorzugsweise weist bei dem vorstehenden Einlass- und Auslasssystem der stromaufwärts befindliche Abschnitt des Sammelrohrs (56) eine Innenumfangsfläche auf, die mit einem radialem Maß, das größer als das einer Querschnittform einer Anordnung der stromabwärts befindlichen Enden der mehreren unabhängigen Abgasleitungen (52) ist, ausgebildet ist.

**[0084]** Gemäß diesem Merkmal wird es möglich, zu unterbinden, dass Abgas an der Innenwand des stromaufwärts befindlichen Abschnitts des Sammelrohrs anhaftet, was ein Absenken der Strömungsgeschwindigkeit des Abgases bewirkt, so dass die Ejektorwirkung effektiver erzeugt werden kann.

**[0085]** Das vorstehende Einlass- und Auslasssystem kann eine Umgehungsleitung umfassen, die sich von halber Position jeder der mehreren unabhängigen Abgasleitungen (52) erstreckt, um das Sammelrohr (56) zu umgehen, und steht mit einer Leitung, die bezüglich des Abschnitts (62b) vergrößerten Volumens stromaufwärts liegt, und einem Schaltventil zum selektiven Öffnen und Schließen der Umgehungsleitung in Verbindung. In diesem Fall ist das Schaltventil vorzugsweise ausgelegt, um in einem Bereich niedriger Motordrehzahl, in dem die Motordrehzahl kleiner oder gleich der Bezugsmotordrehzahl (N1) ist, geschlossen zu werden, und um in einem Motorbetriebsbereich, bei dem die Motordrehzahl größer als die Bezugsmotordrehzahl (N1) ist, geöffnet zu werden.

**[0086]** Gemäß diesem Merkmal wird es möglich, Pumpverlust in einem Motorbetriebsbereich, in dem die Motordrehzahl relativ hoch ist, effektiv zu reduzieren.

## Patentansprüche

1. Einlass- und Auslasssystem (100) für einen Mehrzylindermotor (1) mit mehreren Zylindern (12), die jeweils mit einem Einlasskanal (17), einem Auslasskanal (18), einem Einlassventil (19), das den Einlasskanal (17) öffnen und schließen kann, und einem Auslassventil (20), das den Auslasskanal (18) öffnen und schließen kann, versehen sind, wobei das Einlass- und Auslasssystem (100) umfasst: mehrere unabhängige Abgasleitungen (52), die jeweils mit dem Auslasskanal (18) in einem jeweiligen der mehreren Zylinder (12) oder mit Auslasskanälen (52) in zwei oder mehr der mehreren Zylinder (12),

deren Auspuffakte in Bezug zueinander nicht aufeinanderfolgend sind, verbunden sind;  
ein Sammelrohr (56), das mit stromabwärts befindlichen Enden der mehreren unabhängigen Abgasleitungen (52) verbunden ist, um ein Sammeln von Abgas, das durch die mehreren unabhängigen Abgasleitungen (52) strömt, zu ermöglichen;  
einen Abschnitt (62b) vergrößerten Volumens, der bezüglich des Sammelrohrs (56) stromabwärts vorgesehen ist; und  
Ventiltreiber (30, 40), die das Einlassventil (19) und das Auslassventil (20) in jedem der mehreren Zylinder (12) antreiben können, wobei:  
unter den mehreren unabhängigen Abgasleitungen (52) mindestens zwei, die mit jeweiligen von zwei der mehreren Zylinder (12) verbunden sind, deren Auspuffakte in Bezug zueinander aufeinanderfolgend sind, mit dem Sammelrohr (56) an zueinander benachbarten Positionen verbunden sind; und  
der Abschnitt (62b) vergrößerten Volumens so ausgebildet ist, dass eine Querschnittfläche desselben verglichen mit einer Leitung, die bezüglich des Abschnitts (62b) vergrößerten Volumens stromaufwärts ist, vergrößert ist, um eine Überdruckwelle von Abgas hervorzurufen, die den Abschnitt (62b) vergrößerten Volumens nach Ablassen aus jedem der mehreren Zylinder (12) erreicht, um zurückgeworfen und zu einer Unterdruckwelle umgewandelt zu werden;  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
die Ventiltreiber (30, 40) betriebsbereit sind, um zumindest in einem Bereich niedriger Motordrehzahl, in dem die Motordrehzahl kleiner oder gleich einer voreingestellten Bezugsmotordrehzahl ist, das Einlassventil (19) und das Auslassventil (20) in jedem der mehreren Zylinder (12) so anzutreiben, dass ein Ventilöffnungszeitraum des Einlassventils (19) und ein Ventilöffnungszeitraum des Auslassventils (20) in jedem der mehreren Zylinder (12) einander einen vorbestimmten Überlagerungszeitraum (T<sub>O/L</sub>) lang überlagern, und das Auslassventil (20) in einem bestimmten der mehreren Zylinder (12) während des Überlagerungszeitraums (T<sub>O/L</sub>) in einem der verbleibenden Zylinder (12), dessen Auspufftakt dem des bestimmten Zylinders (12) unmittelbar vorhergeht, zu öffnen beginnt;  
jedes von mindestens einem stromaufwärts befindlichen Abschnitt des Sammelrohrs (56) und mindestens einem stromabwärts befindlichen Abschnitt jeder der mehreren unabhängigen Abgasleitungen (52) so ausgebildet ist, dass eine jeweilige Querschnittsfläche davon hin zu einer Stromabwärtsrichtung allmählich abnimmt; und  
eine Länge (L1) zwischen einem stromaufwärts befindlichen Ende des Sammelrohrs (56) und einem stromaufwärts befindlichen Ende des Abschnitts (62b) vergrößerten Volumens bei einem Maß festgelegt ist, das eine Unterdruckwelle, die durch ein Phänomen erzeugt wird, dass eine von einem bestimmten der mehreren Zylinder (12) ausgestoßene Überdruckwelle von Abgas durch den Abschnitt

(62b) vergrößerten Volumens bei mindestens einer vorbestimmten Motordrehzahl zurückgeworfen wird, die kleiner oder gleich der voreingestellten Bezugsmotordrehzahl ist, den Auslasskanal (18) in einem vorherigen der verbleibenden Zylinder (12), dessen Auspufftakt dem des bestimmten Zylinders (12) vorhergeht, während des Überlagerungszeitraums (T<sub>O/L</sub>) in dem vorherigen Zylinder (12) erreichen lässt.

2. Einlass- und Auslasssystem (100) nach Anspruch 1, welches weiterhin eine katalytische Vorrichtung (6) umfasst, die einen Katalysatorkörper (64), der von den mehreren Zylindern (12) abgelassenes Abgas reinigen kann, und ein Gehäuse (62), das sich in einer Richtung einer Abgasströmung erstreckt und den Katalysatorkörper (64) aufnimmt, umfasst, wobei:

der Katalysatorkörper (64) an einer Stelle getrennt von einem stromaufwärts befindlichen Ende des Gehäuses (62) in der Stromabwärtsrichtung angeordnet ist;

das Gehäuse (62) mit einem stromabwärts befindlichen Ende des Sammelrohrs (56) verbunden ist; und  
ein Teil des Gehäuses (62), der sich bezüglich des Katalysatorkörpers (64) stromaufwärts befindet, als Abschnitt (62b) vergrößerten Volumens dient.

3. Einlass- und Auslasssystem (100) nach Anspruch 2, wobei das Sammelrohr (56) einen Diffusorabschnitt (56d) an einer Stelle getrennt von den stromabwärts befindlichen Enden der mehreren unabhängigen Abgasleitungen (52) in der Stromabwärtsrichtung aufweist, wobei der Diffusorabschnitt (56d) eine Querschnittfläche aufweist, die hin zu der Stromabwärtsrichtung allmählich zunimmt.

4. Einlass- und Auslasssystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Länge (L1) zwischen dem stromaufwärts befindlichen Ende des Sammelrohrs (56) und dem stromaufwärts befindlichen Ende des Abschnitts (62b) vergrößerten Volumens bei 1 m oder weniger festgelegt ist.

5. Einlass- und Auslasssystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der stromaufwärts befindliche Abschnitt des Sammelrohrs (56) eine Innenumfangsfläche aufweist, die mit einem radialen Maß gebildet ist, das größer als das einer Querschnittform einer Anordnung der stromabwärts befindlichen Enden der mehreren unabhängigen Abgasleitungen (52) ist.

6. Einlass- und Auslasssystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, welches weiterhin eine Umgehungsleitung umfasst, die sich von halber Position jeder der mehreren unabhängigen Abgasleitungen (52) erstreckt, um das Sammelrohr (56) zu umgehen, und mit einer Leitung, die sich bezüglich des Abschnitts (62b) vergrößerten Volumens stromaufwärts befindet, und einem Schaltventil zum selektiven Öff-

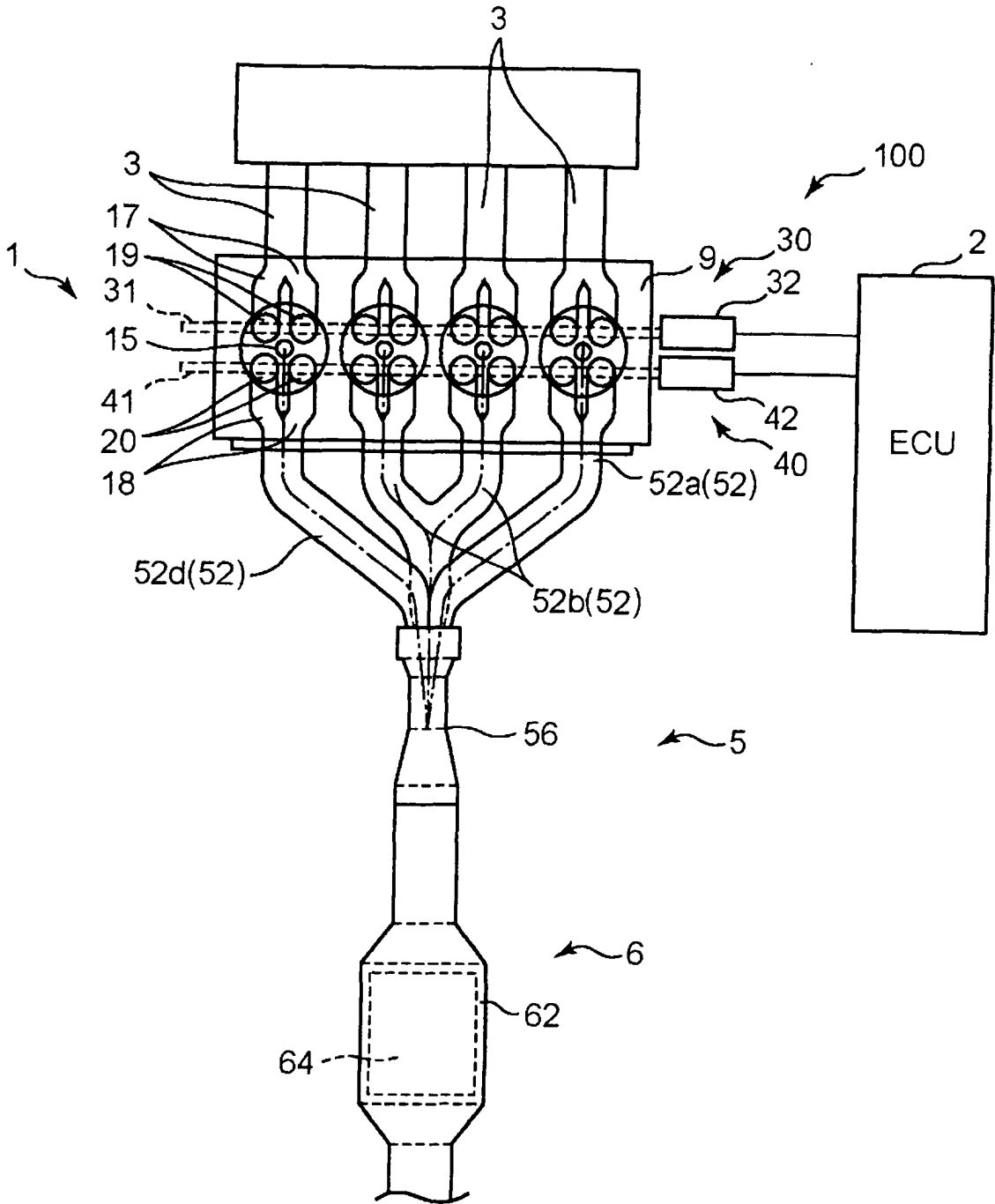


nen und Schließen der Umgehungsleitung verbunden ist, wobei das Schaltventil ausgelegt ist, um in dem Bereich niedriger Motordrehzahl, in dem die Motordrehzahl kleiner oder gleich der Bezugsmotordrehzahl ist, geschlossen zu werden, und in einem Motorbetriebsbereich, in dem die Motordrehzahl größer als die Bezugsmotordrehzahl ist, geöffnet zu werden.

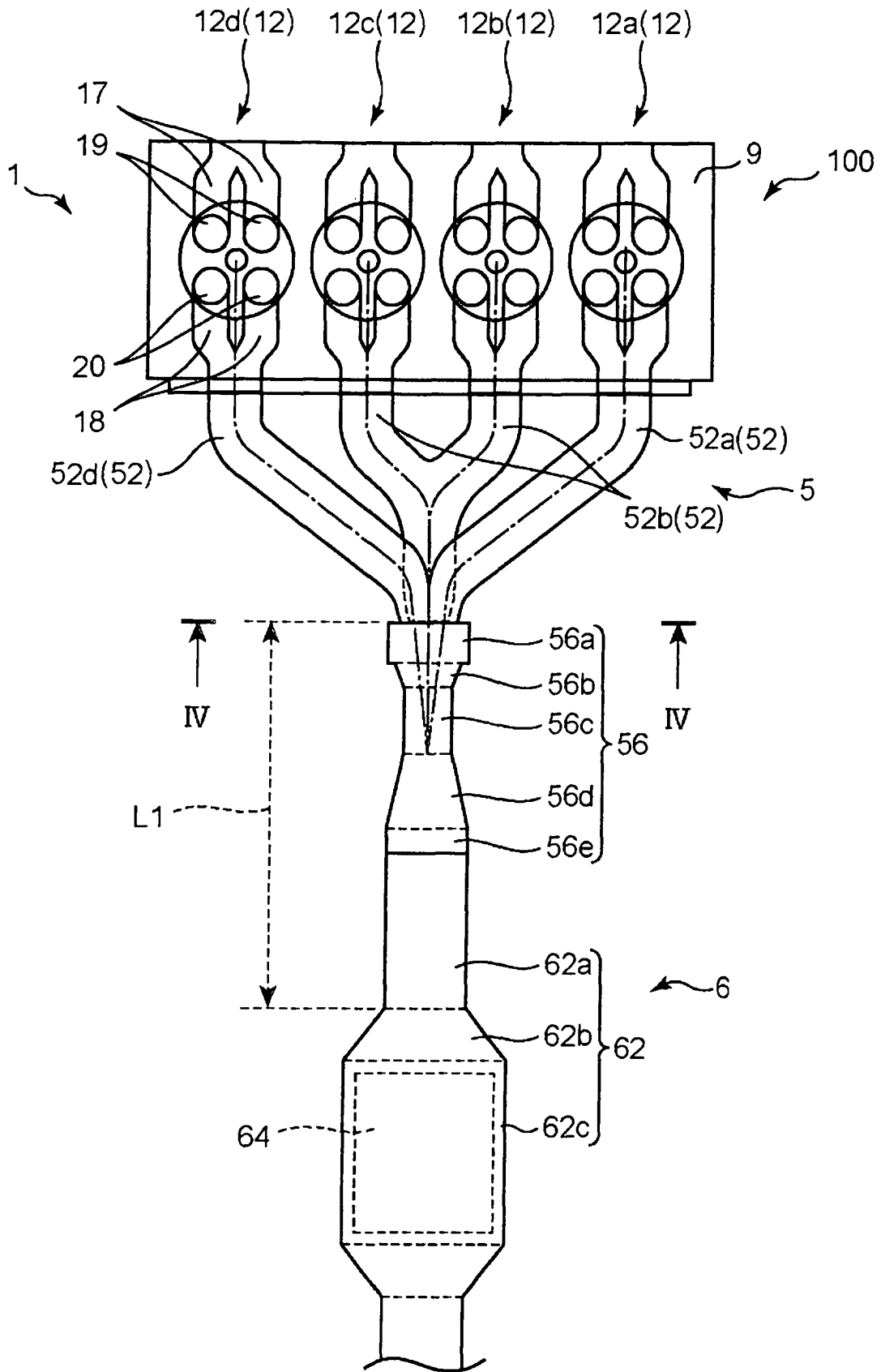
Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

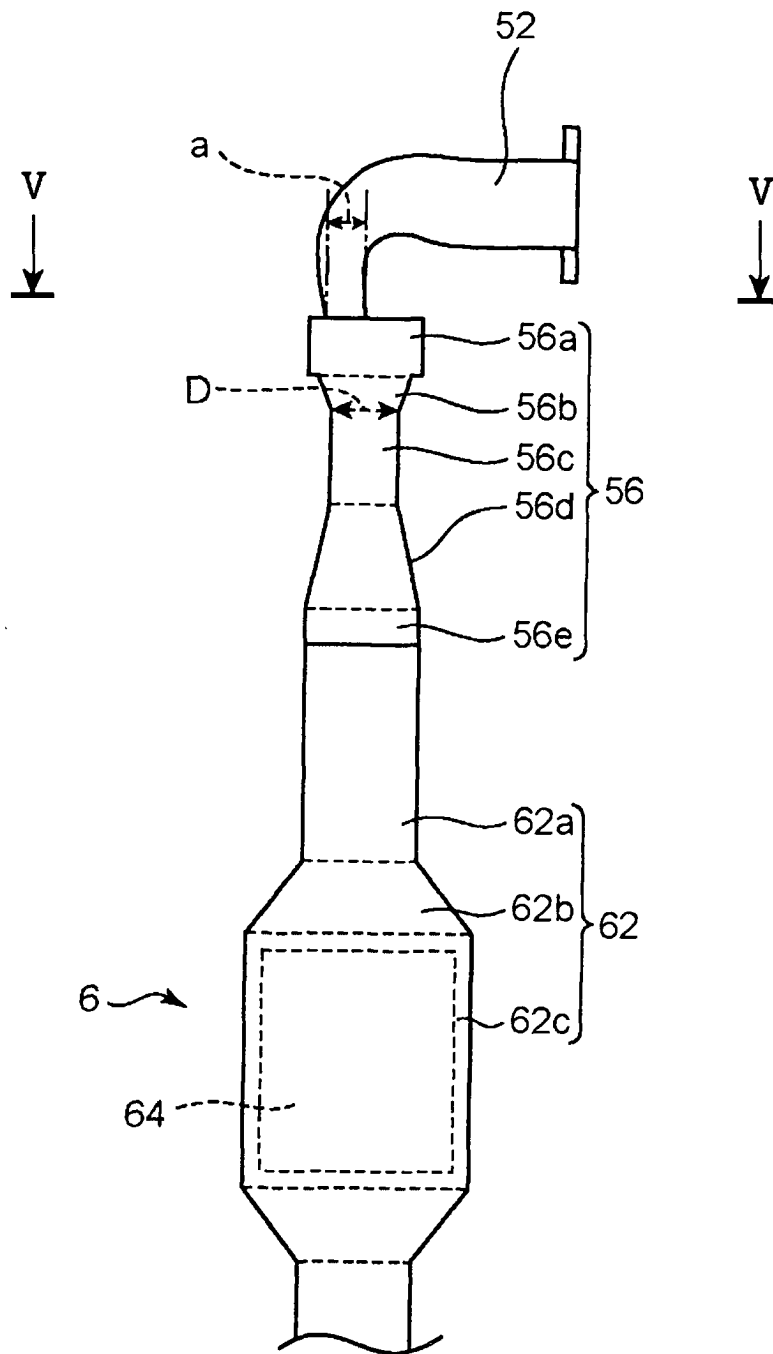
[Fig. 1]



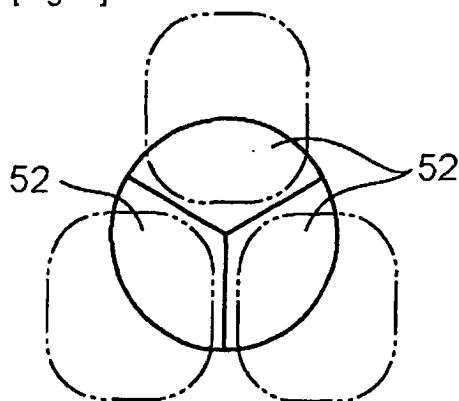
[Fig. 2]



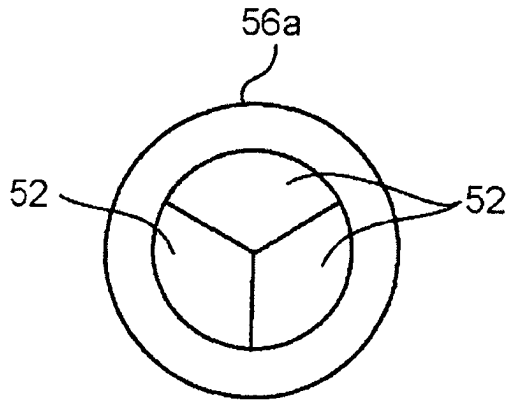
[Fig. 3]



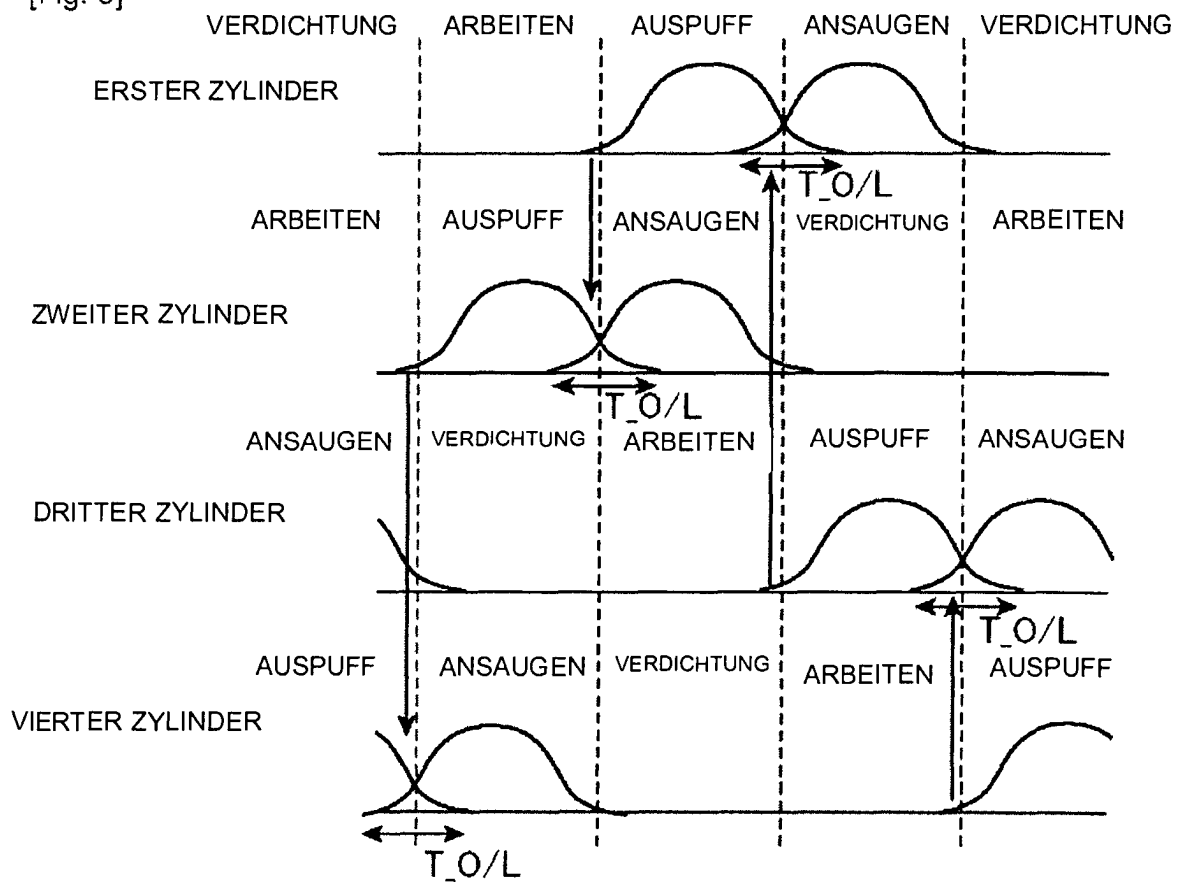
[Fig. 4]



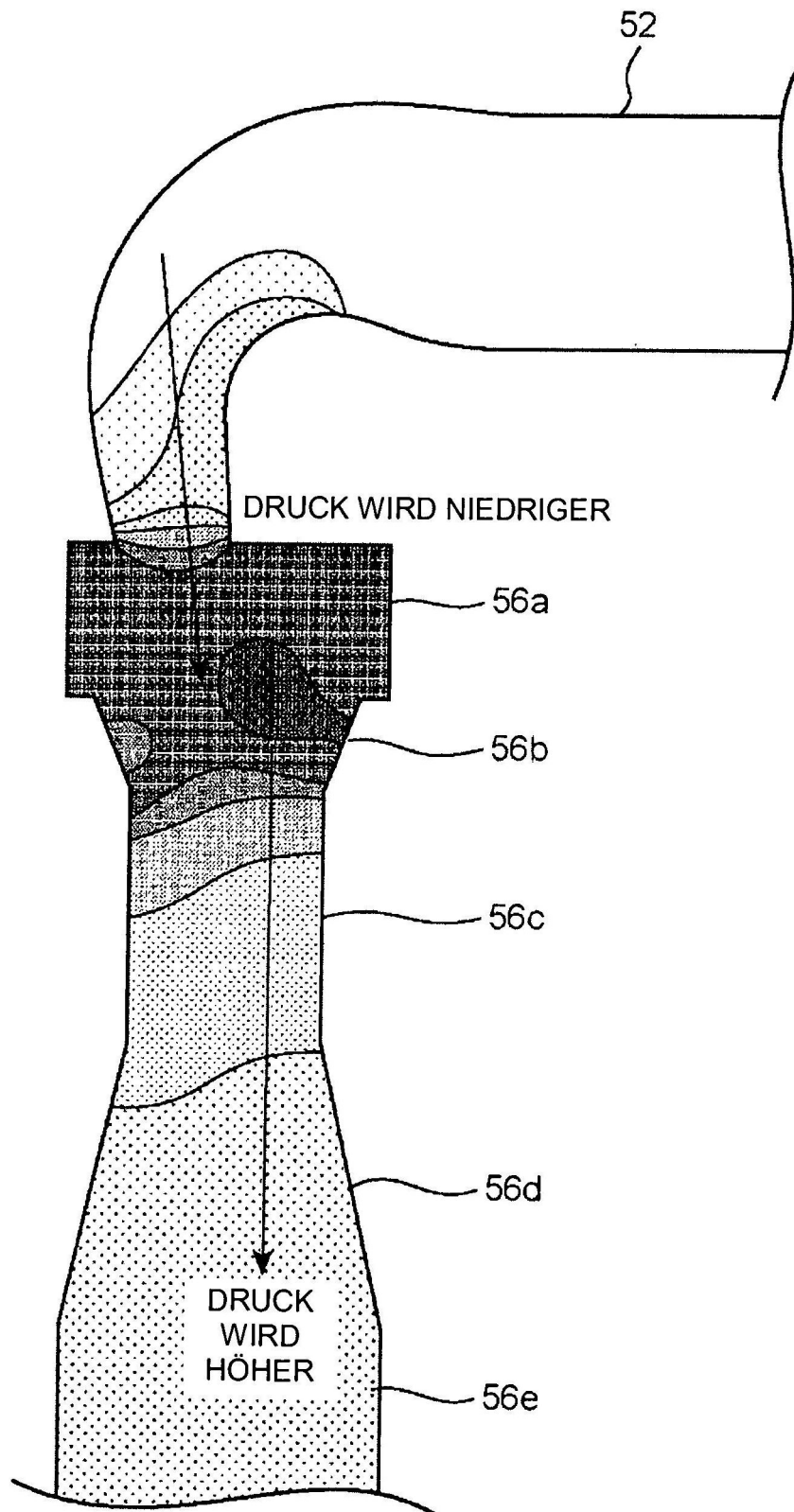
[Fig. 5]



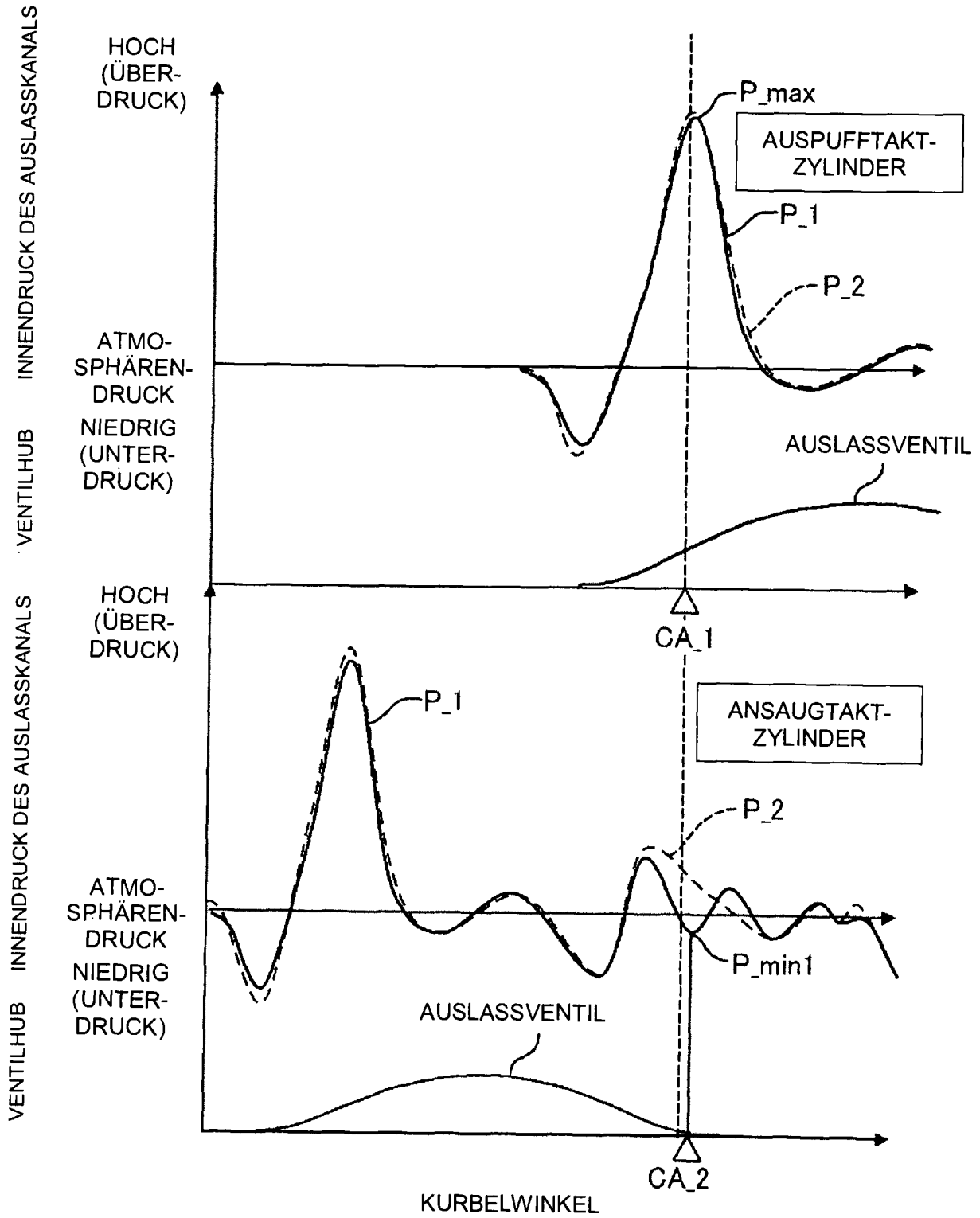
[Fig. 6]



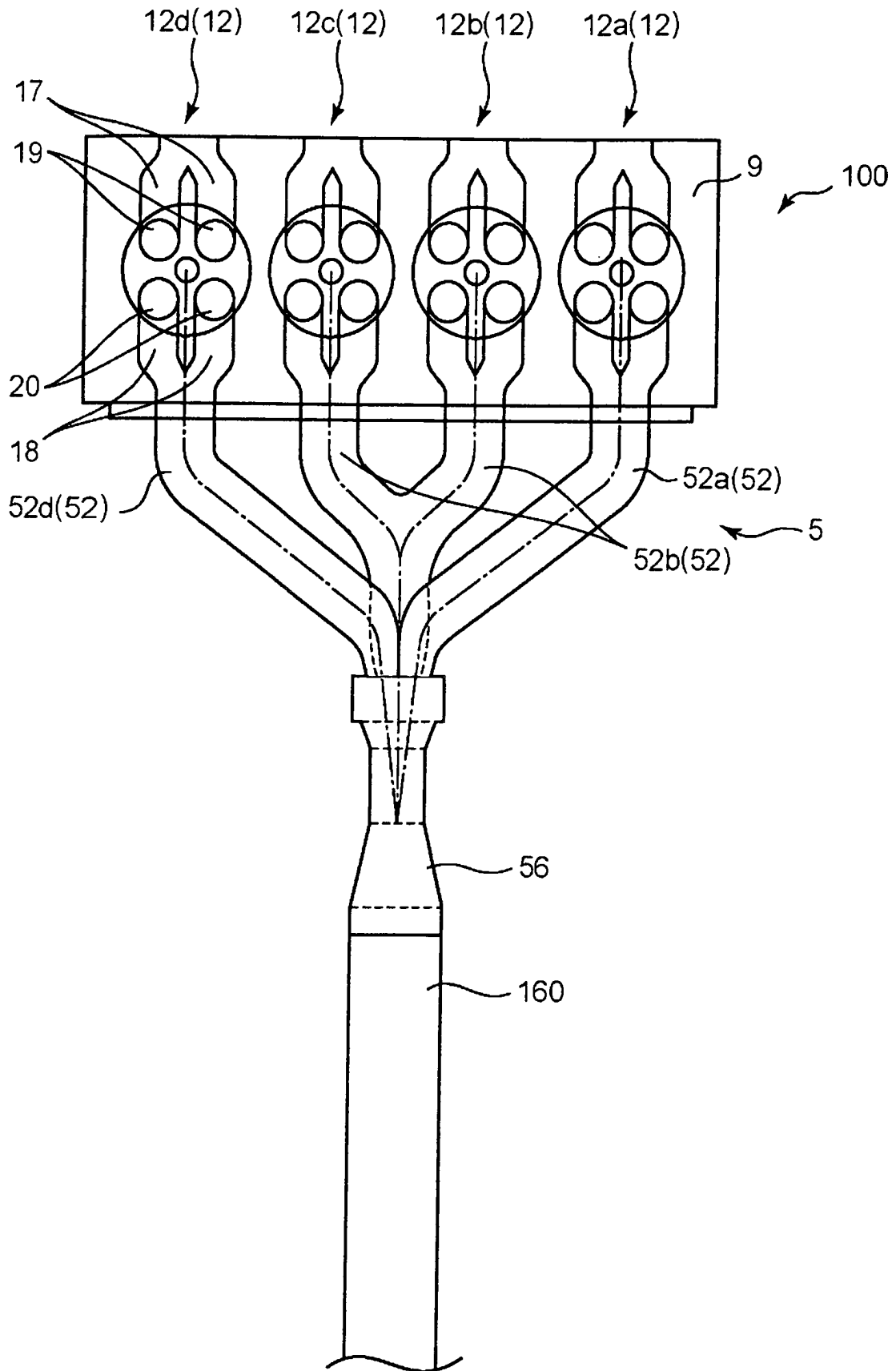
[Fig. 7]



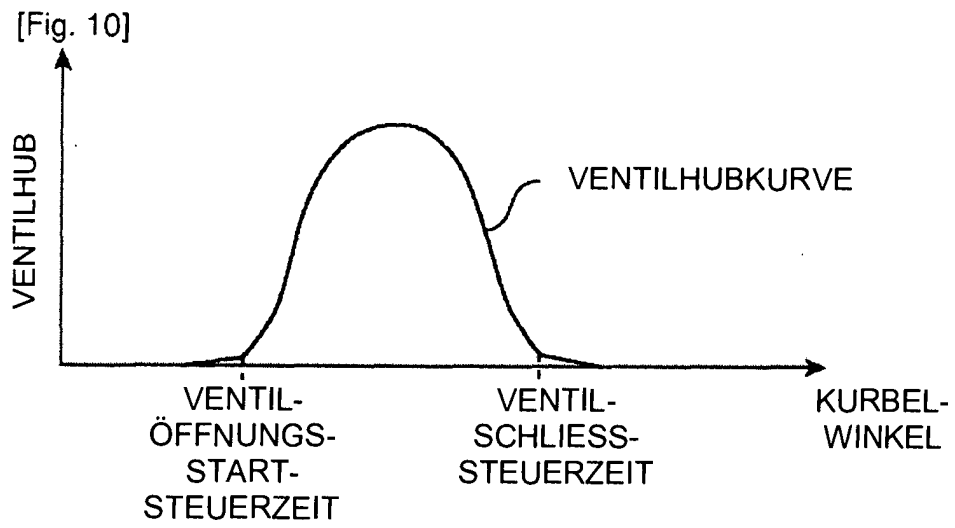
[Fig. 8]



[Fig. 9]







[Fig. 11]

