

PATENTAMT der DDR

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	AP F 02 B / 312 87/ 4	(22)	12.02.88	(44)	20.06.90
(31)	546/87	(32)	12.02.87	(33)	HU
	546/87		23.07.87		

- (71) siehe (73)
 (72) Cser, Gyula, Dr. Dipl.-Ing.; Csikos, Antal, Dipl.-Ing.; Timár, Péter, Dipl.-Ing., HU
 (73) Autóipari Kutató és Fejlesztő Vállalat, Budapest, Csóka utca 7-13, HU
 (74) Patentanwaltsbüro Berlin, Frankfurter Allee 286, Berlin, 1130, DD

(54) Kolbenbrennkraftmaschine mit Frischgasresonanzaufladung

(55) Kolbenbrennkraftmaschine; Frischgas-Resonanzaufladung; Liefergrad; Speiseresonanzsystem; Zusatzresonanzsystem; zweite Resonanzdrehzahl; Zwischenbehälter; Zwischenresonanzbehälter
 (57) Die Erfindung betrifft eine Kolbenbrennkraftmaschine mit einem durch Frischgas-Resonanzaufladung gesteigerten Liefergrad. Bekannter Weise besitzt die Brennkraftmaschine ein Speiseresonanzsystem mit einem Speiseresonatorbehälter 6, an den die Zylinder 2, deren Ansaugperioden einander nicht oder nicht wesentlich überlappen, mit ihren Einlaßöffnungen 4 direkt angeschlossen sind, und ein in den Speiseresonatorbehälter 6 mündendes Speiseresonanzrohr 7 sowie ein Zusatzresonanzsystem mit einem geschlossenen Zusatzresonatorbehälter 12 und einem Zusatzresonanzrohr 11, das über einen Zwischenbehälter 8, in welchen ein Frischgasanschluß mündet, an das Speiseresonanzrohr 7 angeschlossen ist. Das Speiseresonanzsystem und das Zusatzresonanzsystem sind in ihren Abmessungen derart aufeinander abgestimmt, daß bei einer vorbestimmten Resonanzdrehzahl der Brennkraftmaschine 1 die durch die diskontinuierliche Saugwirkung der Zylinder 2 im Frischgasleitungssystem angeregten Frischgasschwingungen im Speiseresonanzrohr 7 und im Zusatzresonanzrohr 11 unter Steigerung des Liefergrades phasengleich sind. Erfindungsgemäß ist ferner der Zwischenbehälter 8 als ein Zwischenresonatorbehälter 8 ausgelegt, daß die Frischgasschwingungen in dem Speiseresonanzrohr 7 und dem Zusatzresonanzrohr 11 bei einer vorbestimmten zweiten Resonanzdrehzahl der Brennkraftmaschine 1 unter Steigerung des Liefergrades gegenphasig sind. Fig. 1

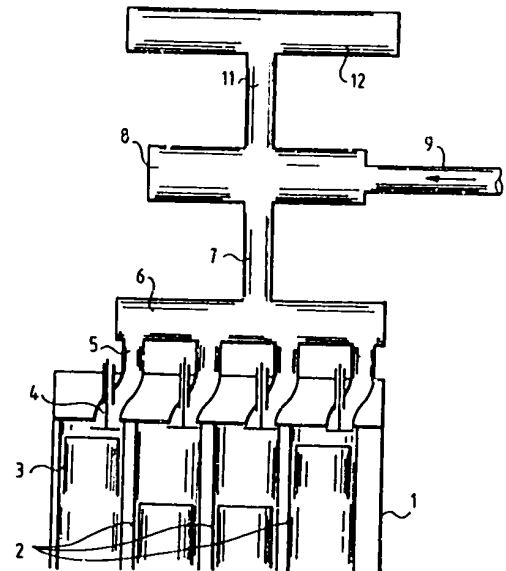


Fig. 1

Patentansprüche:

1. Kolbenbrennkraftmaschine mit Frischgas-Resonanzaufladung und gesteigertem Liefergrad, mit Hilfe eines Frischgasleistungssystems, welches ein Speiseresonanzsystem mit einem Speiseresonatorbehälter (6; 23), an den die Zylinder (2), deren Ansaugperioden einander nicht oder nicht wesentlich überlappen, mit ihren Einlaßöffnungen (4) direkt angeschlossen sind, und das ein in den Speiseresonatorbehälter (6) mündendes Speiseresonanzrohr (7) sowie ein Zusatzresonanzsystem aus einem geschlossenen Zusatzresonatorbehälter (12) und ein in diesem mündendes Zusatzresonanzrohr (11) aufweist, welches über einen Zwischenbehälter (8), in den ein Frischgasanschluß (9; 15) mündet, an das Speiseresonanzrohr (7) angeschlossen ist, wobei das Speiseresonanzsystem und das Zusatzresonanzsystem in ihren Abmessungen derart aufeinander abgestimmt sind, daß bei einer vorbestimmten Resonanzdrehzahl im Betriebsdrehzahlbereich der Brennkraftmaschine (1) die durch die diskontinuierliche Saugwirkung der Zylinder (2) im Frischgasleitungssystem angeregten Frischgasschwingungen in dem Speiseresonanzrohr (7) und dem Zusatzresonanzrohr (11) unter Steigerung des Liefergrades phasengleich sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Zwischenbehälter so als Zwischenresonatorbehälter (8) ausgelegt ist, daß die Frischgasschwingungen in dem Speiseresonanzrohr (7) und dem Zusatzresonanzrohr (11) bei einer vorbestimmten zweiten Resonanzdrehzahl im Betriebsdrehzahlbereich der Brennkraftmaschine (1) unter Steigerung des Liefergrades gegenphasig sind.
2. Kolbenbrennkraftmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Zwischenresonatorbehälter (8) ein den Frischgaszuführanschluß bildendes Resonanzrohr (9) aufweist.
3. Kolbenbrennkraftmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Frischgaszuführanschluß als langes Rohr (9) ausgebildet ist.
4. Kolbenbrennkraftmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Frischgaszuführanschluß als Druckrohr (15) eines Kompressors (14) ausgebildet ist.
5. Kolbenbrennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis aus dem Zwischenresonanzvolumen zu dem Speiseresonanzvolumen, welches als die Summe des Volumens des Speiseresonatorbehälters (6), der Volumina der Verbindungsrohre (7) zwischen dem Speiseresonatorbehälter (6) und den daran angeschlossenen Zylindern (2), sofern solche Verbindungsrohre vorhanden sind, und des über die Öffnungsperiode jedes während eines Schwingungszyklus der Frischgasschwingungen zu dem Speiseresonatorbehälter (6) hin offenen Zylinderraumes hin gemittelten Durchschnittsvolumens des offenen Zylinderraumes definiert ist, mindestens 2 beträgt.
6. Kolbenbrennkraftmaschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis aus dem Zwischenresonanzvolumen zu dem Speiseresonanzvolumen höchstens 8 beträgt, vorzugsweise im Bereich von 6 liegt.
7. Kolbenbrennkraftmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Frischgasleitungssystem derart ausgelegt ist, daß die beiden, die jeweilige Resonanzdrehzahl enthaltenden Drehzahlbereiche, in welchen der Liefergrad aufgrund der Gasschwingungen vergrößert wird, einander teilweise überlappen.
8. Kolbenbrennkraftmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Frischgasleitungssystem derart ausgelegt ist, daß diejenige Drehzahl, bei welcher das normale Drehmomentmaximum der Brennkraftmaschine liegt, zwischen den beiden Resonanzdrehzahlen liegt.
9. Kolbenbrennkraftmaschine nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Frischgasleitungssystem derart ausgelegt ist, daß die zweite Resonanzdrehzahl wenig über derjenigen Drehzahl liegt, bei welcher das normale Drehmomentmaximum der Brennkraftmaschine liegt.
10. Kolbenbrennkraftmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Resonanzfrequenz des Speiseresonanzsystems (2, 5, 6, 7) wenigstens annähernd gleich der Resonanzfrequenz des Zusatzresonanzsystems (11, 12) ist.
11. Kolbenbrennkraftmaschine nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser des Speiseresonanzrohres und der des Zusatzresonanzrohres gleich sind und die Mittellinien des Speiseresonanzrohres und des Zusatzresonanzrohres auf einer gemeinsamen Geraden liegen.

12. Kolbenbrennkraftmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Speiseresonanzrohr (7), vorzugsweise auch das Zusatzresonanzrohr (11), an den oder nahe der Rohrenden einen zu diesen hin erweiterten Querschnitt aufweist bzw. aufweisen.
13. Kolbenbrennkraftmaschine nach den Ansprüchen 1 und 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei einer Ausführungsform, bei welcher an den Frischgasanschluß (15) des Zwischenresonatorbehälters (8) eine Aufladungsvorrichtung, insbesondere ein Turbolader (14), angeschlossen ist und die Einlaßöffnungen (4) der Zylinder (2) mit dem Speiseresonatorbehälter (6) über jeweils ein Verbindungsrohr (5) verbunden sind, die Länge der Verbindungsrohre (5) in Metern höchstens 1500 geteilt durch die Nenndrehzahl der Brennkraftmaschine beträgt.
14. Kolbenbrennkraftmaschine nach den Ansprüchen 1 und 2 oder 1 und 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei einer Ausführungsform, bei welcher die Einlaßöffnungen (4) der Zylinder (2) mit dem Speiseresonatorbehälter (6) über jeweils ein Verbindungsrohr (5) verbunden sind, die Länge der Verbindungsrohre (5) derart gewählt ist, daß in diesen bei einer Drehzahl, die von den beiden Resonanzdrehzahlen verschieden ist, die Frischgasfüllung des jeweils angeschlossenen Zylinders (2) vergrößern Rohrschwingungen zustandekommen.

Hierzu 4 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Kolbenbrennkraftmaschine mit durch Frischgas-Resonanzaufladung gesteigertem Liefergrad, mit einem Frischgasleitungssystem, welches ein Speiseresonanzsystem mit einem Speiseresonatorbehälter, an dem die Zylinder, deren Ansaugperioden einander nicht oder nicht wesentlich überlappen, mit ihren Einlaßöffnungen direkt angeschlossen sind, und das ein in den Speiseresonatorbehälter mündendes Speiseresonanzrohr aufweist, durch dessen dem Speiseresonatorbehälter abgewandtes Rohrende das Frischgas für die Speisung der angeschlossenen Zylinder eintritt. Durch die diskontinuierliche Saugwirkung der Zylinder entstehen im Speiseresonatorbehälter und dem Speiseresonanzrohr Frischgasschwingungen, unter deren Wirkung im Bereich einer vorbestimmten Resonanzdrehzahl, deren Wert von den Abmessungen des Frischgasleitungssystems abhängig ist, der Liefergrad der Kolbenbrennkraftmaschine wesentlich gesteigert wird. Die Frequenz dieser Frischgasschwingungen ist wesentlich kleiner und deren Amplituden wesentlich größer als die im Frischgasleitungssystem ebenfalls angeregten Schalldruckschwingungen, die sich mit den Frischgas-Resonanzschwingungen zwar überlagern, in ihrer Wirkung aber gegenüber den Frischgas-Resonanzschwingungen deutlich zurückbleiben.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Die Grundlösung für eine solche „Resonanzaufladung“ einer Kolbenbrennkraftmaschine ist aus den DE-PS 1935 155 und 2245 732 bekannt. Durch Auswahl der Abmessungen des Speiseresonanzsystems ist es möglich, die Resonanzstelle in einen beliebigen Betriebsdrehzahlbereich, insbesondere in den unteren Drehzahlbereich der Brennkraftmaschine zu legen, so daß die Resonanzaufladung mit einer Abgas-Turboaufladung kombiniert werden kann, deren Höchstwirkung in den Nenndrehzahlbereich gelegt ist. Dieses bekannte Resonanzaufladungssystem kann am wirkungsvollsten und vorteilhaftesten bei Sechszylinder-Reihenmotoren verwendet werden, indem jeweils diejenigen drei Zylinder, deren Ansaugperioden einander nicht überlappen, an einen ihnen gemeinsamen Speiseresonatorbehälter angeschlossen werden und die beiden Speiseresonanzsysteme über einen Ausgleichsbehälter, in welchen die beiden Speiseresonanzrohre münden und der mit einem Frischgasanschluß versehen ist, miteinander gekoppelt werden.

Bei Brennkraftmaschinen mit bis zu beispielsweise vier Zylindern hingegen kann eine wirksame Resonanzaufladung dadurch erreicht werden, daß zusätzlich zu dem Speiseresonanzsystem ein Zusatzresonanzsystem aus einem geschlossenen Zusatzresonatorbehälter und einem in diesen mündenden Zusatzresonanzrohr vorgesehen wird, welches über einen Zwischenbehälter, in welchen ein Frischgasanschluß mündet, an das Speiseresonanzrohr des Speiseresonanzsystems angeschlossen ist. Hierbei können das Speiseresonanzsystem und das Zusatzresonanzsystem in ihren Abmessungen derart aufeinander abgestimmt werden, daß bei einer vorbestimmten Resonanzdrehzahl der Brennkraftmaschine die durch die diskontinuierliche Saugwirkung der Zylinder im Frischgasleitungssystem angeregten Frischgasschwingungen in dem Speiseresonanzrohr unter Steigerung des Liefergrades phasengleich sind, d.h. die Gasströmungen im Speiseresonanzrohr und im Zusatzresonanzrohr nach Geschwindigkeit und Richtung miteinander übereinstimmen. Dieser Vorschlag ist aus der DE-B-29 49 790 bekannt und ermöglicht es, den Zwischenbehälter möglichst klein auszuführen, so daß dieser bei den beengten Platzverhältnissen im Motorraum ohne Schwierigkeiten angeordnet werden kann.

Bei jeder der beschriebenen Ausführungsformen des Frischgasresonanzsystems ist eine bestimmte Resonanzfrequenz vorhanden, welche durch die Auswahl der Abmessungen der Resonatorbehälter und Resonanzrohre in einen vorbestimmten, gewünschten Betriebsdrehzahlbereich gelegt werden kann. Jedoch kann auch eine drehzahlabhängige Veränderung der Resonanzfrequenz dadurch erreicht werden, daß die Abmessungen des Resonanzsystems drehzahlabhängig geändert werden. So ist es aus dem JP-U-59-22 249 bekannt, das Resonanzrohr in seiner Länge drehzahlabhängig zu verstellen. Ferner ist es bekannt, die eine Wand des Resonatorbehälters mit einem Kolben zu begrenzen, der unter Änderung des Volumens des Resonatorbehälters drehzahlabhängig verstellt wird. Nach der DE-A-33 14 911 werden zwei Resonanzrohre über eine kurze Verbindungsleitung miteinander verbunden, in welcher eine Ventilklappe angeordnet ist, die drehzahlabhängig verstellt wird, so daß durch das Öffnen oder Schließen der Ventilklappe zwei unterschiedliche Resonanzfrequenzen vorliegen. Derartige Verstellkonstruk-

tionen zur Erzielung mehrerer unterschiedlicher Resonanzfrequenzen zur Verbesserung der Drehmomentenkurve sind jedoch zu den erreichbaren Vorteilen sehr kostspielig und mit konstruktiven sowie betriebsmäßigen Schwierigkeiten verbunden.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, ein Frischgasleitungssystem zu schaffen, in welchem Frischgas-Resonanzschwingungen bei zwei unterschiedlichen Resonanzdrehzahlen des Betriebsdrehzahlbereiches auftreten, ohne daß hierzu Verstellkonstruktionen zur gesteuerten Änderung der Abmessungen des Frischgasleitungssystems erforderlich sind.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Beschränkungen bei der freien Auswahl der Resonanzdrehzahlen aufzuheben und das Resonanzschwingungssystem entsprechend einem gewünschten Verlauf der Liefergradkurve und somit die Drehmomentenkurve über den Betriebsdrehzahlbereich hinauszulegen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß auch der den Frischgasanschluß aufweisende Zwischenbehälter in das Resonanzsystem mit einbezogen wird.

Daher weist das Frischgasleitungssystem der erfindungsgemäßen Kolbenbrennkraftmaschine ein Speiseresonanzsystem mit einem Speiseresonatorbehälter, an denen höchstens vier Zylinder, deren Ansaugperioden einander nicht oder nicht wesentlich überlappen, mit ihren Einlaßöffnungen direkt angeschlossen sind, und ein in den Speiseresonatorbehälter mündendes Speiseresonanzrohr sowie ein Zusatzresonanzsystem aus einem geschlossenen Zusatzresonatorbehälter und ein in diesen Behälter mündendes Zusatzresonanzrohr auf, welches über einen Zwischenbehälter, in den ein Frischgasanschluß mündet, an das Speiseresonanzrohr angeschlossen ist. Das Speiseresonanzsystem und das Zusatzresonanzsystem sind in ihren Abmessungen derart aufeinander abgestimmt, daß bei einer vorbestimmten Resonanzdrehzahl der Brennkraftmaschine die durch die diskontinuierliche Saugwirkung der Zylinder im Frischgasleitungssystem angeregten Frischgasschwingungen in dem Speiseresonanzrohr und dem Zusatzresonanzrohr unter Steigerung des Liefergrades phasengleich sind. Gemäß der Erfindung ist der Zwischenbehälter so als Zwischenresonatorbehälter ausgelegt, daß die Frischgasschwingungen in dem Speiseresonanzrohr und dem Zusatzresonanzrohr bei einer vorbestimmten zweiten Resonanzdrehzahl der Brennkraftmaschine unter Steigerung des Liefergrades gegenphasig sind.

Nach der DE-B-29 49 790 kommt es auf die Größe des Volumens des Zwischenbehälters nicht an, so daß der Zwischenbehälter aus Platzgründen möglichst klein gehalten wird. Wenngleich es daher auch dort, jedoch nur theoretisch, eine zweite Resonanzdrehzahl gibt, bei welcher die Schwingungen im Speiseresonanzrohr und Zusatzresonanzrohr gegenphasig sein würden, liegt diese zweite Resonanzstelle wegen der kleinen Baugröße des Zwischenbehälters für das bekannte Frischgasleitungssystem weit außerhalb des Betriebsdrehzahlbereichs der Brennkraftmaschine, da der Motor bei dieser zweiten Resonanzdrehzahl oder nahe derselben nicht funktionsfähig ist, so daß der Resonanzzustand bei dieser zweiten Resonanzdrehzahl bei dem Betrieb der Brennkraftmaschine nicht auftritt und nicht zur Steigerung des Liefergrades der Brennkraftmaschine ausgenutzt werden kann. Demgegenüber hat der Zwischenbehälter des erfindungsgemäßen Frischgasleitungssystems ein deutlich größeres Volumen, dessen Mindestgröße dadurch bestimmt ist, daß die zweite Resonanzstelle innerhalb des Betriebsdrehzahlbereiches zu liegen kommt und daher zur Steigerung des Liefergrades innerhalb des Betriebsdrehzahlbereiches der Brennkraftmaschine ausnutzbar ist.

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, bezieht sich die Erfindung auf die Weiterentwicklung eines Motors mit einem aufgrund derjenigen Resonanzerscheinung funktionierenden Frischgasleitungssystem, bei dem die Ansaugperioden der am Resonatorbehälter angeschlossenen Zylinder einander nicht wesentlich überlappen. Diese Bedingung ist durch diejenigen Motoren mit Sicherheit erfüllt, deren Zylinderanzahl vier beträgt, wobei der Zündabstand beim Vierzylindermotor ein Kurbelwinkel von 180° ist und der Winkel des Offenhaltens des Ansaugventils den Kurbelwinkel von 180° nicht in bedeutendem Maße überschreitet. Diejenige Vorbedingung, daß sich die Ansaugperioden der einzelnen Zylinder nicht wesentlich überlappen, ist sowohl aus dem Gesichtspunkt der Erregung des Schwingungssystems als auch der die Zylinderfüllung mit den entstehenden Gasschwingungen verbessernden Ausnutzung der Schwingungen wichtig. Ein Überlappen der Ansaugperioden bildet kein Hindernis gegen das Entstehen von Resonanzgasschwingungen, verdirbt aber bedeutsam die Wirksamkeit des Zylinderfüllens im Vergleich dazu, was mit der Resonanzerscheinung ohne Überlappen der Ansaugperioden erreicht werden kann. Da die Verminderung der maximalen Wirksamkeit bei einer Überlappung der Ansaugperioden dadurch verursacht wird, daß während der Ansaugperiode des einen Zylinders das Ansaugventil eines anderen Zylinders bereits zu öffnen beginnt, ist dadurch auch die Geschwindigkeit des Vergrößerns des Öffnungsquerschnitts ein beeinflussender Faktor. Bei verschiedenen Motorkonstruktionen ist die Vergrößerungsgeschwindigkeit unterschiedlich, was bei der Feststellung, ob das Überlappen der Ansaugperiode wesentlich ist oder nicht, zu berücksichtigen ist. Aufgrund der obigen Ausführungen bezieht sich die Erfindung auch auf einen Viertakt-Fünfzylinder-Reihenmotor, bei dem die Zylinder-Ansaugperioden, die gleichmäßig um einen Kurbelwinkel von 144° der Kurbelwelle aufeinander folgen, einander nicht wesentlich überlappen, wodurch sich der Ausfüllungsfaktor der Zylinder mit dem erfindungsgemäßen Frischgasleitungssystem erhöht, obwohl dasjenige Niveau nicht erreicht wird, welches der Viertakt-Vierzylinder-Reihenmotor mit einem Zündabstand von 180° Kurbelwinkel aufweist.

Ausführungsbeispiel

Das erfindungsgemäße Frischgasleitungssystem einer Kolbenbrennkraftmaschine ist aus der Zeichnung in vier Ausführungsformen schematisch ersichtlich. In der Zeichnung zeigen:

- Fig. 1: eine Ausführungsform, bei welcher das Frischgas unmittelbar aus der Umgebungsatmosphäre angesaugt wird,
- Fig. 2 und 3: Ausführungsformen, bei welchen das Frischgas von einem Turbolader geliefert wird, und
- Fig. 4: eine Ausführungsform für eine Viertakt-Kolbenbrennkraftmaschine mit fünf Zylindern als Reihenmotor, angeschlossen an einen Abgas-Turbolader.

Die in der Zeichnung gezeigte Viertakt-Vierzylinder-Kolbenbrennkraftmaschine 1 hat einen Zündabstand von 180° Kurbelwinkel, d. h., die Saugtakte der Zylinder 2 der Maschine 1 überlappen sich nicht oder nicht wesentlich. Die Einlaßöffnungen 4 der Zylinder 2 der aus diesen mit ihren Ansaugperioden sich nicht oder nicht wesentlich überlappenden Zylindern gebildeten Zylindergruppe sind unter Zwischenschaltung jeweils eines Verbindungsrohres 5 für jeden Zylinder 2 einzeln an einen gemeinsamen Speiseresonatorbehälter 6 angeschlossen, in welchen ein Speiseresonanzrohr 7 mündet, durch welches das Frischgas zugeführt wird. Ferner ist ein Zusatzresonanzsystem aus einem Zusatzresonatorbehälter 12 und einem in diesen mündenden Zusatzresonanzrohr 11 vorgesehen, welches über einen Zwischenresonatorbehälter 8 mit dem Speiseresonanzrohr 7 verbunden ist.

Aufgrund der Auslegung des Speiseresonanzsystems und des Zusatzresonanzsystems einerseits sowie des Zwischenresonatorbehälters 8 in dessen Größe andererseits gibt es innerhalb des Betriebsdrehzahlbereiches der Brennkraftmaschine 1 zwei Resonanzstellen, bei denen der Liefergrad der Brennkraftmaschine 1 aufgrund der pneumatischen Gasschwingungen im Frischgasleitungssystem in zwei unterschiedlichen Betriebsdrehzahlbereichen der Brennkraftmaschine 1 vergrößert wird. Bei der ersten Resonanzstelle kommt es aufgrund des Einbaus des Zusatzresonanzsystemes 11, 12 dazu, daß die Schwingungen des in den Zwischenresonatorbehälter 8 eingeführten Frischgases sowohl in dem Speiseresonanzrohr 7 als auch in dem Zusatzresonanzrohr 11 nach Amplitude, Geschwindigkeit und Richtung gleich sind, hingegen aufgrund der Größe des Zwischenresonatorbehälters 8 bei einer von der ersten Resonanzstelle verschiedenen zweiten Resonanzstelle bei gleicher Geschwindigkeit und Amplitude einander entgegengesetzte Schwingungsrichtungen aufweisen. In beiden Fällen kommt es aufgrund der Schwingungszustände in dem Frischgasleitungssystem zu einer Steigerung des Liefergrades der Zylinder 2 der Brennkraftmaschine 1.

Um dieses Resonanzverhalten bei der Ausführungsform aus Fig. 1 zu ermöglichen, bei welcher das Frischgas aufgrund der Bewegung der Kolben 3 in den Zylindern 2 aus der Umgebungsatmosphäre direkt angesaugt wird, ist an den Zwischenresonatorbehälter 8 als Frischgasanschluß ein Rohr 9 angeschlossen, welches mit dem Zwischenresonatorbehälter 8 als Resonanzrohr oder als langes Rohr zusammenwirkt. Bei der Ausführungsform aus Fig. 2 hingegen wird der in den Zwischenresonatorbehälter 8 mündende Frischgasanschluß von dem Druckrohr 15 einer das Frischgas liefernden Aufladevorrichtung, in unserem Fall eines Kompressors 14 eines Abgasturboladers geliefert.

Außerdem sind bei der Ausführungsform aus Fig. 2 die beiden Endabschnitte 7a bzw. 11a der Resonanzrohre 7, 11 sich zu den Rohrenden hin diffusorartig erweiternd ausgebildet, wodurch die Länge der Resonanzrohre 7, 11 ohne Änderung der Resonanzstellen des Frischgasleitungssystems verkürzt werden kann.

Als mechanisches Ersatzsystem des durch die Erfindung erzielten Gasschwingungssystems kann das System aus Feder-Masse-Feder-Masse-Feder dienen, welches an der ersten Feder periodisch erregt wird. Dieser ersten Feder entspricht das Speiseresonanzvolumen aus der Summe der Volumina des Speiseresonatorbehälters 6, von Verbindungsrohren 4, 5 zwischen dem Speiseresonatorbehälter 6 und den daran angeschlossenen Zylindern 2, sofern solche Verbindungsrohre 5 vorhanden sind, und des über einen Schwingungszyklus der Frischgasschwingungen hin gemittelten Volumens jedes während jeweils eines Schwingungszyklus zu dem Speiseresonatorbehälter 6 hin offenen Zylinderraumes.

Das über einen Schwingungszyklus der Frischgasschwingungen hin gemittelte Volumen jedes während jeweils eines Schwingungszyklus zu dem Speiseresonatorbehälter 6 hin offenen Zylinderraumes berechnet sich im einzelnen wie folgt: Das Einlaßventil jedes Zylinders ist während eines Drehwinkels α der Kurbelwelle (z. B. während 150 °KW) offen. Die Öffnungsperioden der Einlaßventile der an denselben Speiseresonatorbehälter angeschlossenen Zylinder treten über jede volle Umdrehung der Kurbelwelle gegeneinander zeitversetzt auf und überlappen einander nicht oder nicht wesentlich. Der Kolben jedes einzelnen Zylinders bewegt sich in diesem während der Öffnungsperiode, so daß die Größe des dabei an den Speiseresonatorbehälter angekoppelten Zylindervolumens während der Öffnungsperiode variiert. Wenn man beispielsweise über die Öffnungsperiode hin 50 aufeinanderfolgende Messungen des jeweils angekoppelten Zylindervolumens durchführt, ist das gemittelte Volumen jedes Zylinders die Summe der gemessenen Zylindervolumina, geteilt durch 50. Natürlich brauchen nicht wirkliche Messungen durchgeführt zu werden; vielmehr kann das "gemittelte Volumen" aufgrund der konstruktiven Auslegung der Brennkraftmaschine berechnet werden.

Falls sich die Öffnungsperioden, d. i. die Saugtakte, der an denselben Speiseresonatorbehälter angekoppelten Zylinder überhaupt nicht überlappen, ist das "gemittelte Volumen", dasjenige eines einzelnen Zylinders. Falls jedoch die Brennkraftmaschine so ausgelegt ist, daß Überlappungen bis zu gewissem Maße auftreten, ist das "gemittelte Volumen" die Summe des gemittelten Volumens des die jeweilige Schwingung während der Schwingungsperiode anregenden Zylinders und des gemittelten Volumens des anderen Zylinders, welches sich während der Überlappungszeitspanne ergibt.

Die an der ersten Feder, die entsprechend dem Vorstehenden von dem Speiseresonanzvolumen dargestellt wird, angekoppelte erste Masse entspricht derjenigen des im Speiseresonanzrohr 7 befindlichen Frischgases. Der zweiten Feder entspricht das Resonanzvolumen des Zwischenresonatorbehälters 8, der zweiten Masse derjenigen des im Zusatzresonanzrohr 11 befindlichen Frischgases und der dritten Feder das Volumen des Zusatzresonatorbehälters 12. An der ersten Resonanzstelle schwingen die beiden Massen mit gleicher Geschwindigkeit und Amplitude in der gleichen Richtung und an der zweiten Resonanzstelle mit gleicher Geschwindigkeit und Amplitude in entgegengesetzten Richtungen. In dem Zwischenresonatorbehälter 8 treten an der ersten Resonanzstelle nur geringe Druckschwankungen auf, so daß durch die "Steifigkeit dieser Feder" die Lage, d.h. der Zahlenwert, der ersten Resonanzstelle nicht beeinflusst wird. Jedoch treten in dem Zwischenresonatorbehälter 8 an der zweiten Resonanzstelle starke Druckschwankungen ähnlich denjenigen im Speiseresonatorbehälter 6 und im Zusatzresonatorbehälter 12 auf. Deswegen wird durch die "Steifigkeit" der von dem Volumen des Zwischenresonatorbehälters dargestellten Feder der Zahlenwert der zweiten Resonanzfrequenz wesentlich beeinflusst. Bei dieser zweiten Resonanzfrequenz wird daher das Frischgas in dem Speiseresonanzrohr 7 während der Halbperioden, in welchen in dem Zwischenresonatorbehälter 8 das Druckmaximum liegt, zu dem Speiseresonatorbehälter 6 hin zusätzlich beschleunigt, wodurch der Druck in diesem erhöht wird und daher der Mitteldruck und Liefergrad in dem jeweiligen, zum Speiseresonatorbehälter 6 hin offenen Zylinderraum erhöht werden.

In diesem Zusammenhang wird jedoch darauf hingewiesen, daß gleiche bzw. entgegengesetzte "Richtungen" der Gasschwingungen nicht notwendig bedeutet, daß die Resonanzrohre 7, 11 geradlinig sind und/oder miteinander fluchten. Gleiche bzw. entgegengesetzte "Richtungen" der Gasschwingungen bezieht sich vielmehr auf die jeweiligen Gasströmungsrichtungen in den Resonanzrohren 7, 11: Wenn die Gasströmungen in beiden Resonanzrohren 7, 11 gleichzeitig in den Zwischenresonatorbehälter 8 hinein oder aus diesem heraus verlaufen, sind die Schwingungsrichtungen einander entgegengesetzt; im umgekehrten Fall sind die Schwingungsrichtungen gleich.

Gemäß der Erfindung ist der Zwischenresonatorbehälter 8 derart auszulegen, daß die Frischgasschwingungen in dem Speiseresonanzrohr 7 und dem Zusatzresonanzrohr 11 bei einer zweiten Resonanzdrehzahl der Brennkraftmaschine

einander entgegengesetzt sind. Für eine solche Auslegung des Zwischenresonatorbehälters 7 kommt es darauf an, daß das Frischgasvolumen in dem Zwischenresonatorbehälter 7 bei der zweiten Resonanzdrehzahl als "Feder" wirken kann, die abwechselnd gespannt und entspannt wird, d.i. erreicht wird, daß die angestrebten starken Druckschwankungen im Zwischenresonatorbehälter 7 auftreten können. Hierzu sind auch die Strömungszustände in dem in den Zwischenresonatorbehälter 7 mündenden Frischgasanschluß 9 bzw. 15 maßgeblich. Es ist notwendige Bedingung, daß die Druckschwankungen im Zwischenresonatorbehälter 7 nicht durch das Vorhandensein des Frischgasanschlusses verhindert werden. Falls daher die Brennkraftmaschine 1 das Frischgas entsprechend Fig. 1 aus der Umgebungsatmosphäre direkt ansaugt, ohne daß das Frischgas von der Druckseite einer zusätzlichen Ladevorrichtung, insbesondere eines Abgasturboladers geliefert wird, gehört zur erfindungsgemäßen Auslegung des Zwischenbehälters als Zwischenresonatorbehälter 8 auch die Ausbildung des Frischgasanschlusses als Resonanzrohr 9 oder als lange Rohrleitung 9. Falls hingegen an den Frischgasanschluß entsprechend Fig. 2 ein Kompressor, insbesondere der Turbokompressor eines Abgasturboladers 14 angeschlossen ist, kann der konstante Massenstrom an der Druckseite des Kompressors ausreichen, um die Wirksamkeit des Zwischenbehälters als Resonatorbehälter 8 bei der zweiten Resonanzfrequenz zu gewährleisten. In diesem Fall kann daher der Frischgasanschluß auch als längeres oder kürzeres Druckrohr 15 des Kompressors gestaltet sein.

Von der Größe des Zwischenresonanzvolumens wird die zweite Resonanzdrehzahl bestimmt. Bei einem gegebenen Speiseresonanzsystem wird die zweite Resonanzdrehzahl nach der Größe des Zwischenresonanzvolumens ausgelegt. Von dem Verhältnis des Zwischenresonanzvolumens zu dem Speiseresonanzvolumen wird das Verhältnis der zweiten Resonanzdrehzahl zu der ersten Resonanzdrehzahl innerhalb des Betriebsdrehzahlbereiches der Brennkraftmaschine bestimmt. Das Zwischenresonanzvolumen ergibt sich aus dem Volumen des Zwischenresonatorbehälters 8 und gegebenenfalls zusätzlich eines mehr oder weniger großen Teils eines als Frischgasanschluß angeschlossenen Rohres 9, je nachdem, ob der Frischgasanschluß an einen zusätzlichen Ladekompressor angeschlossen ist oder nicht. Zu dem Zwischenresonanzvolumen kann auch dasjenige eines dem Frischgasanschluß des Zwischenresonatorbehälters vorgeschalteten Behälters, wie des Ladeluft-Austrittsraumes eines Ladeluftkühlers oder des Austrittsraumes eines Luftfilters gehören. Jedenfalls läßt sich das Zwischenresonanzvolumen durch die

Auswahl der Größe des Zwischenresonatorbehälters 8 und - gegebenenfalls - des daran angeschlossenen Frischgasrohres 9 und von dem Frischgasanschluß vorgeschalteten Behältern stets derart auslegen, daß in Anpassung an das oben definierte Speiseresonanzvolumen ein vorbestimmbares Verhältnis der beiden Resonanzdrehzahlen zustandekommt. Vorzugsweise beträgt dieses Verhältnis aus dem Zwischenresonanzvolumen zu dem Speiseresonanzvolumen mindestens 2, vorteilhaft höchstens 8, und liegt insbesondere im Bereich von 6.

Wie oben angegeben, müssen beide Resonanzdrehzahlen innerhalb des Betriebsdrehzahlbereiches liegen. Der größtmögliche Drehzahlabstand zwischen den beiden Resonanzdrehzahlen ist vorhanden, falls die erste Resonanzdrehzahl in den Bereich der untersten Drehzahl des Betriebsdrehzahlbereiches, und die zweite Resonanzdrehzahl in den Bereich der höchsten Drehzahl des Betriebsdrehzahlbereiches gelegt wird. Wie ebenfalls bereits angegeben, wird die erste Resonanzdrehzahl durch entsprechende Bemessung des Speiseresonanzsystems bestimmt, wohingegen der Ort der zweiten Resonanzdrehzahl von dem Verhältnis des Zwischenresonanzvolumens zu dem Speiseresonanzvolumen bestimmt wird. Die Differenz zwischen der ersten und der zweiten Resonanzdrehzahl ist daher abhängig von dem Verhältnis des Zwischenresonanzvolumens zu dem Speiseresonanzvolumen, und je größer das Verhältnis ist, um so dichter liegen die beiden Resonanzdrehzahlen beieinander.

Es wurde gefunden, daß dann, wenn die beiden Resonanzdrehzahlen am weitesten voneinander entfernt sind, jedoch innerhalb des Betriebsdrehzahlbereiches liegen, das Verhältnis des Zwischenresonanzvolumens zu dem Speiseresonanzvolumen wenigstens 2 betragen muß. Bei einem höheren Verhältnis liegen die Resonanzdrehzahlen zunehmend dichter beieinander, bis sie praktisch zusammenfallen, was allerdings für die Zwecke der Erfindung kaum einen praktischen Wert hat. Versuche haben gezeigt, daß bei einem Verhältnis von 8 bis 10, falls die volle Länge des an den Zwischenresonanzbehälter angeschlossenen Einlaßrohres dem Zwischenresonanzvolumen zugerechnet wird, noch eine ausnutzbare Differenz zwischen den beiden Resonanzdrehzahlen erhalten werden kann.

Durch die Erfindung ist es somit bei entsprechend nahe beieinanderliegenden Resonanzdrehzahlen auch möglich, das Frischgasleitungssystem derart auszulegen, daß die beiden, die jeweilige Resonanzdrehzahl enthaltenden Drehzahlbereiche, in welchen die Frischgasfüllung mithilfe der Gasschwingungen vergrößert wird,

einander teilweise überlappen, um eine möglichst ausgeglichene Füllungskurve bzw. Drehmomentenkurve zu erhalten. Bevorzugt wird das Frischgasleitungssystem derart ausgelegt, daß diejenige Drehzahl bei welcher das Drehmomentmaximum der bekannten Brennkraftmaschine liegt, d.i. das Drehmomentmaximum, welches ohne Resonanzaufladung bzw. beim Vorhandensein eines solchen Frischgasleitungssystems vorliegen würde, welches nicht zur Verbesserung des Liefergrades beiträgt, zwischen den beiden Resonanzdrehzahlen liegt. Hierbei ist es besonders vorteilhaft, das Frischgasleitungssystem derart auszulegen, daß die zweite Resonanzdrehzahl nur wenig über derjenigen Drehzahl liegt, bei welcher das Drehmomentmaximum der bekannten Brennkraftmaschine liegt. Durch die Erfindung ist es jedoch aufgrund der Resonanzaufladung möglich, durch entsprechenden Eingriff in die Kraftstoffzufuhr nachträglich ein neues Drehmomentmaximum einzustellen, um die Drehmomentenkurve unter Berücksichtigung der Resonanzaufladung neu zu formen.

In der bevorzugten Ausführungsform ist ferner die Resonanzfrequenz des Speiseresonanzsystems 2, 4, 5, 6, 7 wie nach der DE-B-29 49 790 wenigstens annähernd gleich der Resonanzfrequenz des Zusatzresonanzsystems 11, 12, wobei zusätzlich auch entsprechend der Fig. 1 und 2 der Durchmesser des Speiseresonanzrohres 7 und der des Zusatzresonanzrohres 11 gleich sind und die Mittellinien des Speiseresonanzrohres 7 und des Zusatzresonanzrohres 11 auf einer gemeinsamen Geraden liegen. Wenngleich aber diese Merkmale für eine optimale Auslegung des erfindungsgemäßen Frischgasleitungssystems vorteilhaft sein können, ist der erfindungsgemäße Vorschlag grundsätzlich auch wirksam, wenn diese Merkmale nicht verwirklicht sind.

Ferner wird es bevorzugt, daß bei Auslegung des Frischgasleitungssystems auf eine erste Resonanzdrehzahl im unteren Teil des Betriebsdrehzahlbereiches der Brennkraftmaschine das Speiseresonanzrohr 7, vorzugsweise auch das Zusatzresonanzrohr 11, an den oder nahe der Rohrenden einen zu diesen hin erweiterten Querschnitt aufweist bzw. aufweisen, wie dies in Fig. 2 für die Endabschnitte 7a, 11a, der Resonanzrohre 7, 11 als Beispiel gezeigt ist. Dies ist zur Verringerung der Abmessungen der Resonanzrohre aus der DE-A-32 32 366 an sich bekannt.

Bei einer Ausführungsform entsprechend Fig. 2, bei welcher an den Frischgasanschluß des Zwischenresonatorbehälters 8 eine Aufladevorrichtung 14, insbesondere ein Abgasturbolader, angeschlossen ist und die Einlaßöffnungen 4 der Zylinder

der 2 mit dem Speiseresonatorbehälter 6 über jeweils ein Verbindungsrohr 5 verbunden sind, wird es außerdem entsprechend der DE-C-22 45 732 bevorzugt, die Länge der Verbindungsrohre 5 so zu bemessen, daß sie, ausgedrückt in Metern, höchstens 1500 geteilt durch die Nenndrehzahl der Brennkraftmaschine 1 beträgt. Hierdurch kann verhindert werden, daß innerhalb des Betriebsdrehzahlbereiches der Brennkraftmaschine in den Verbindungsrohren 5 derartige Rohrschwingungen auftreten, durch welche die kombinierte Aufladung aus der Turboaufladung und der Resonanzaufladung beeinträchtigt sein könnte. Bei einer Ausführungsform hingegen, bei welcher die Einlaßöffnungen 4 der Zylinder mit dem Speiseresonatorbehälter 6 über jeweils ein Verbindungsrohr 5 verbunden sind und eine gesonderte Aufladungsvorrichtung, wie ein Abgasturbolader, nicht eingebaut ist, kann es vorteilhaft sein, die Verbindungsrohre 5 in ihrer Länge größer zu halten und derart auszuwählen, daß in den Verbindungsrohren 5 bei einer Drehzahl, die von den beiden Resonanzdrehzahlen des Frischgasleitungssystems bei der pneumatischen Resonanzaufladung verschieden ist, insbesondere oberhalb der letzteren liegt, die Frischgasfüllung des jeweils angeschlossenen Zylinders besonders im oberen Drehzahlbereich zusätzlich vergrößernde Rohrschwingungen zustandekommen.

Zwecks Verminderung der Abmessungen des Frischgasleitungssystems kann es vorteilhaft sein, das Speiseresonanzvolumen möglichst zu verkleinern. Solch eine Ausführungsform zeigt Figur 3, wobei das Speiseresonanzrohr 7 mit einem sich konisch erweiternden Rohrendabschnitt 10 versehen ist, welcher sich über einen abgerundeten Rohrauslauf 16 an den Speiseresonatorbehälter 6 anschließt. Die Begrenzungswand 17 des Speiseresonatorbehälters 6 ist beim Anschluß 20 der Verbindungsrohre 5 der beiden äußeren Zylinder 2 der vierzylindrischen Zylindergruppe mit einer strömungstechnisch vorteilhaften Krümmung 18 versehen.

Die Übergänge 19 von den Zwischenwandabschnitten des Speiseresonatorbehälters 6 zwischen den Anschlüssen 20 der jeweils einander benachbarten Verbindungsrohre 5 zu diesem sind gut abgerundet ausgebildet. Diese Konstruktionslösung ermöglicht, daß die Saugperioden der an den Speiseresonatorbehälter 6 angeschlossenen Zylinder 2 einander in geringem Maße überdecken. Dies kommt z.B. bei vierzylindrischen Reihenmotoren vor. Bei diesen haben die Saugöffnungen 4 der äußeren Zylinder 2 bzw. die Anschlüsse 20 der äußeren Verbindungsrohre 5 einen verhältnismäßig großen Abstand voneinander und das gewünschte kleine Speiseresonanzvolumen kann so verwirklicht werden, daß die

Saugöffnungen 4 bzw. der Speiseresonatorbehälter - dessen Länge durch die Lage der Anschlüsse bestimmt ist - mit einer Querschnittsfläche kleinen Durchmessers ausgebildet werden. Um übertriebene Strömungsverluste zu vermeiden, ist es zweckmäßig, einen solchen Speiseresonatorbehälter 6 mit einer strömungstechnisch vorteilhaften abgerundeten Begrenzungswand 17 und gut abgerundeten Anschlüssen 20 zu gestalten.

Vorteilhaft kann das Frischgasleitungssystem nach den Figuren 1 bis 3 auch bei solchen Kolbenverbrennungsmotoren angewendet werden, wo mehrere, höchstens aus vier Zylindern bestehende Zylindergruppen gebildet werden können, falls die an diese angeschlossenen inneren Resonatorbehälter nicht miteinander verbunden sind. So kann z.B. der 8-zylindrige V-Motor ausgebildet sein, falls er mit zwei unabhängigen Abgasturboladern versehen ist, die je ein Frischgasleitungssystem bzw. je vier Zylinder unabhängig voneinander laden.

Figur 4 zeigt die Anwendung der Erfindung auf eine Kolbenbrennkraftmaschine mit fünf Zylindern. Die Zylinder 22 der Viertakt-Kolbenbrennkraftmaschine 21 mit fünf Zylindern haben - gemessen am Drehwinkel der Kurbelwelle - einen Zündabstand von 144° , das heißt die Ansaugperioden der Zylinder 22 des Motors 21 überlappen einander noch nicht wesentlich. Die Ansaugöffnungen 4 der Zylinder 22 der von der mit ihren Ansaugperioden einander noch nicht wesentlich überlappenden Zylindern 22 gebildeten Zylindergruppe aus fünf Zylindern sind unter Zwischenschaltung jeweils eines Verbindungsrohres 5 für jeden einzelnen Zylinder 22 an einem gemeinsamen Speiseresonatorbehälter 23 angeschlossen, in den ein Speiseresonanzrohr 7 mündet, durch welches die Frischgaszufuhr erfolgt. Weiterhin ist ein aus einem Zusatzresonatorbehälter 12 und einem in diesen mündenden Zusatzresonanzrohr 11 bestehendes Zusatzresonanzsystem vorgesehen, wobei das erwähnte Zusatzresonanzrohr 11 mit dem Speiseresonanzrohr 7 über einen Zwischenresonatorbehälter 8 verbunden ist. Am Zwischenresonatorbehälter 8 ist der Kompressor eines Turboladers 14 über ein Druckrohr 15 angeschlossen. Das in der oben festgelegten Weise berechnete Verhältnis des Zwischenresonanzvolumens zum Speiseresonanzvolumen beträgt vorzugsweise 6. Die Endabschnitte 10 bzw. 13 der Resonanzrohre 7, 11 sind sich gegen die Rohrenden hin diffusorartig verbreitend ausgebildet, wodurch die Länge der Resonanzrohre 7, 11 auch ohne Veränderung der Resonanzstellen des Frischgasleitungssystems vermindert werden kann. Die Länge der die Ansaugöffnungen 4 der Zylinder 22 mit dem Speiseresonatorbehälter 23 einzeln verbindenden Verbindungsrohre 5 ist derart bemessen, daß die Länge der Verbindungsrohre in Metern jeweils 1500 geteilt durch die Nenndrehzahl der Brennkraftmaschine nicht überschreitet.

Dadurch kann verhindert werden, daß innerhalb des Betriebsdrehzahlbereiches der Kolbenbrennkraftmaschine 1 in den Verbindungsrohren 5 derartige Rohrschwingungen auftreten, die die kombinierte Ladung der Turboladung und der Resonanzaufladung nachteilig beeinflussen würden.

Im Gegensatz dazu jedoch kann es bei einer Ausführungsform vorteilhaft sein, bei welcher die Ansaugöffnungen 4 der Zylinder 22 mit dem Speiseresonatorbehälter 23 jeweils über ein Verbindungsrohr 5 verbunden sind und eine derartige Ladevorrichtung, wie der Abgas-Turbolader nicht eingebaut ist, wenn die Länge der Verbindungsrohre 5 größer und derart gewählt ist, daß in den Verbindungsrohren 5 bei einer Drehzahl, die von den beiden bei der pneumatischen Resonanzaufladung entstehenden Resonanzdrehzahlen des Frischgasleitungssystems abweicht, insbesondere oberhalb derselben liegt, bei der Frischgasaufladung des jeweils angeschlossenen Zylinders 22 insbesondere im oberen Drehzahlbereich die Aufladung zusätzlich erhöhende Rohrschwingungen entstehen.

Im Falle der Reihenanordnung bei einer Kolbenbrennkraftmaschine 21 mit fünf Zylindern ist der Abstand zwischen den Ansaugöffnungen 4 der beiden äußersten Zylinder 22 bzw. zwischen den beiden äußersten Verbindungsrohren 5 relativ groß, so daß ein Speiseresonatorbehälter 23 mit günstigen Abmessungen ausgebildet werden kann.

Die äußere Längswand 24 des Speiseresonatorbehälters 23 ist bei dem Abschluß 25 der Verbindungsrohre 5 der beiden äußersten Zylinder 22 mit einer strömungstechnisch günstigen Krümmung 26 ausgebildet. Die innere Längswand 27 des Speiseresonatorbehälters 23 ist jeweils zwischen den Anschlüssen 25 der jeweils benachbarten Verbindungsrohre 5 gut abgerundet ausgebildet und in ähnlicher Weise ist der sich zum Speiseresonanzbehälter 23 hin konisch erweiternde Endabschnitt zwecks Erhöhung des strömungstechnischen Wirkungsgrades über ein abgerundetes Rohrende 28 am Speiseresonanzbehälter 23 angeschlossen.

Das Frischgasleitungssystem nach Fig. 4 kann vorteilhaft auch bei derartigen Kolbenbrennkraftmaschinen verwendet werden, wo mehrere aus je fünf Zylindern bestehende Zylindergruppen gebildet werden können, wenn die daran angeschlossenen Zwischenresonatorbehälter nicht miteinander verbunden sind. So z.B. kann der V-Motor mit zehn Zylindern ausgebildet sein, wenn dieser mit zwei unabhängigen Abgas-Turboladern versehen ist, die voneinander unabhängig je ein Frischgasleitungssystem mit je fünf Zylindern speisen.

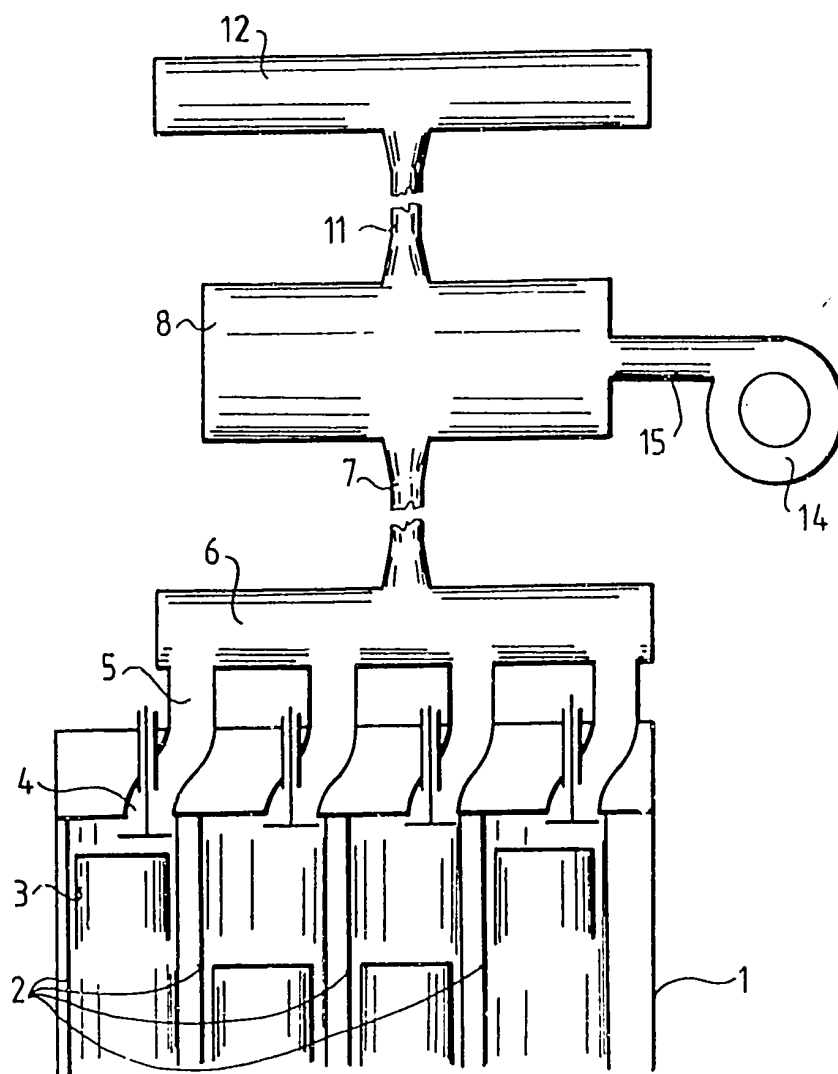


Fig. 2

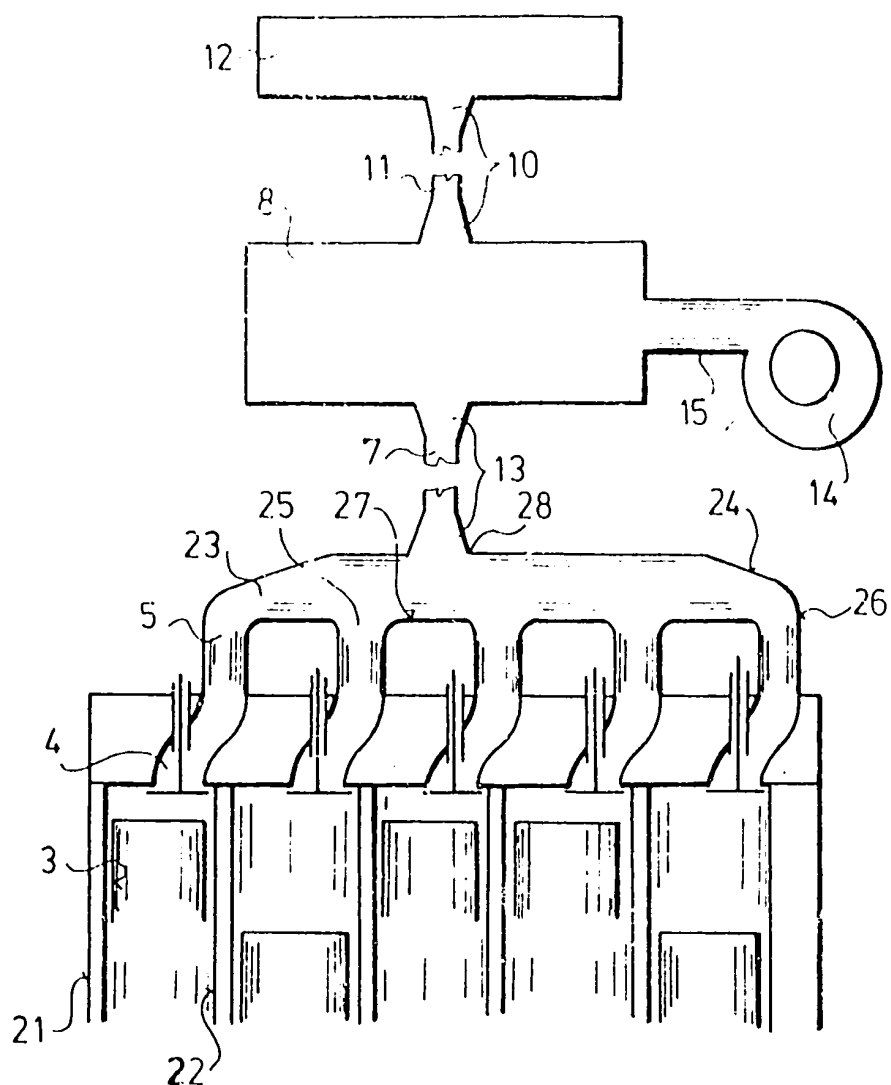


Fig. 4