



(10) **DE 10 2017 012 253 B4** 2022.09.29

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2017 012 253.9**
(22) Anmeldetag: **12.10.2017**
(43) Offenlegungstag: **18.04.2019**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **29.09.2022**

(51) Int Cl.: **F01D 17/10** (2006.01)
F02C 6/12 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(62) Teilung aus:
10 2017 218 295.4

(73) Patentinhaber:
Vitesco Technologies GmbH, 30165 Hannover, DE

(72) Erfinder:
Lüddecke, Bernhardt, Dr., 90489 Nürnberg, DE

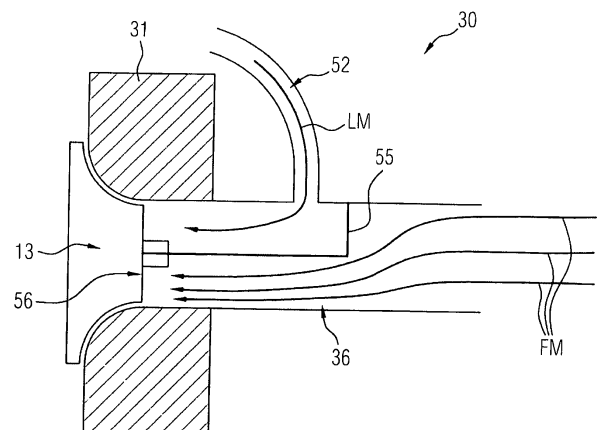
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2010 055 101	A1
DE	10 2011 121 996	A1
US	2015 / 0 063 989	A1
US	2016 / 0 265 424	A1
EP	2 055 964	B1

(54) Bezeichnung: **Verdichter für einen Turbolader einer Brennkraftmaschine sowie Turbolader für eine Brennkraftmaschine**

(57) Hauptanspruch: Verdichter (30) für einen Turbolader (1) einer Brennkraftmaschine, aufweisend

- ein Verdichtergehäuse (31),
- ein Verdichterrad (13), welches im Verdichtergehäuse (31) drehfest auf einer Läuferwelle (14) angeordnet ist,
- einen im Verdichtergehäuse (31) angeordneten Luftzuführkanal (36) zum Leiten eines Frischluftmassenstroms (FM) auf das Verdichterrad (13),
- einen ersten und einen zweiten jeweils im Verdichtergehäuse (31) angeordneten Spiralkanal (50, 51), die jeweils stromabwärts des Verdichterrads (13) zur Aufnahme von durch das Verdichterrad (13) gefördertem Luftmassenstrom (LM) angeordnet sind und jeweils einen Luftabführkanal (33) aufweisen,
- einen Rückführkanal (52), der den ersten Spiralkanal (50) mit dem Luftzuführkanal (36) fluidtechnisch koppelt, und
- eine Blockiervorrichtung (53), die zwischen einer Schließstellung, in der der Rückführkanal (52) geschlossen und der Luftabführkanal (33) des ersten Spiralkanals (50) freigegeben ist, und einer Offenstellung, in der der Rückführkanal (52) freigegeben und der Luftabführkanal (33) des ersten Spiralkanals (50) geschlossen ist, verstellbar ist, wobei im Luftzuführkanal (36) ein Massenströmtrennelement (55) vorgesehen ist, welches stromaufwärts vor dem Verdichterrad (13) derart angeordnet ist, dass ein über den Rückführkanal (52) strömender, verdichteter Luftmassenstrom (LM) im Wesentlichen getrennt von dem Frischluftmassenstrom (FM) auf das Verdichterrad (13) strömt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Verdichter für einen Turbolader einer Brennkraftmaschine. Die Erfindung betrifft des Weiteren einen Turbolader für eine Brennkraftmaschine mit einem Verdichter.

[0002] Abgasturbolader, folgend kurz als Turbolader bezeichnet, werden vermehrt zur Leistungssteigerung bei Kraftfahrzeug-Verbrennungsmotoren eingesetzt. Dies geschieht immer häufiger mit dem Ziel, den Verbrennungsmotor bei gleicher oder gar gesteigerter Leistung in Baugröße und Gewicht zu reduzieren und gleichzeitig den Verbrauch und somit den CO₂-Ausstoß, im Hinblick auf immer strenger werdende gesetzliche Vorgaben diesbezüglich, zu verringern. Das Wirkprinzip besteht darin, die im Abgasstrom enthaltene Energie zu nutzen, um einen Druck in einem Ansaugtrakt des Verbrennungsmotors zu erhöhen und so eine bessere Befüllung eines Brennraumes des Verbrennungsmotors mit Luft-Sauerstoff zu bewirken. Somit kann mehr Treibstoff, wie Benzin oder Diesel, pro Verbrennungsvorgang umgesetzt werden, also die Leistung des Verbrennungsmotors erhöht werden.

[0003] Dazu weist der Turbolader eine im Abgasstrakt des Verbrennungsmotors angeordnete Abgasturbine, einen im Ansaugtrakt angeordneten Frischluftverdichter und ein dazwischen angeordnetes Läuferlager auf. Die Abgasturbine weist ein Turbinengehäuse und ein darin angeordnetes, durch den Abgasmassenstrom angetriebenes Turbinenlaufrad auf. Der Frischluftverdichter weist ein Verdichtergehäuse und ein darin angeordnetes, einen Ladedruck aufbauendes Verdichterlaufrad auf. Das Turbinenlaufrad und das Verdichterlaufrad sind auf den sich gegenüberliegenden Enden einer gemeinsamen Welle, der sogenannten Läuferwelle, drehfest angeordnet und bilden so den sogenannten Turboladerläufer. Die Läuferwelle erstreckt sich axial zwischen Turbinenlaufrad und Verdichterlaufrad durch das zwischen Abgasturbine und Frischluftverdichter angeordnete Läuferlager und ist in diesem, in Bezug auf die Läuferwellenachse, radial und axial drehgelagert. Gemäß diesem Aufbau treibt das vom Abgasmassenstrom angetriebene Turbinenlaufrad über die Läuferwelle das Verdichterlaufrad an, wodurch der Druck im Ansaugtrakt des Verbrennungsmotors, bezogen auf den Frischluftmassenstrom hinter dem Frischluftverdichter, erhöht und dadurch eine bessere Befüllung des Brennraumes mit Luft-Sauerstoff bewirkt wird.

[0004] Der Verdichter ist in seinem Betriebsverhalten charakterisiert durch ein sogenanntes Verdichterkennfeld, das den Druckaufbau über den Massendurchsatz für verschiedene Verdichterdrehzahlen oder Umfangsgeschwindigkeiten beschreibt. Ein stabiles und nutzbares Kennfeld des Verdichters wird

begrenzt durch die sogenannte Pumpgrenze hin zu niedrigen Durchsätzen, durch die sogenannte Stopfgrenze hin zu höheren Durchsätzen, und strukturellmechanisch durch die maximale Drehzahlgrenze.

[0005] Beim Anpassen eines Turboladers an einen Verbrennungsmotor wird ein Verdichter mit für den Verbrennungsmotor möglichst günstigem Verdichterkennfeld ausgewählt. Hierbei sollten folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- Eine Motorvollastlinie soll komplett innerhalb des nutzbaren Verdichterkennfelds liegen;
- vom Fahrzeughersteller geforderte Mindestabstände zu den Kennfeldgrenzen sollen eingehalten werden;
- maximale Verdichtereffizienzgrade sollen bei Nennlast und in einem Bereich eines unteren Eckdrehmomentes des Verbrennungsmotors vorliegen; und
- das Verdichterrad soll ein minimales Trägheitsmoment haben.

[0006] Insbesondere soll das Beschleunigungsverhalten des Turboladerläufers optimiert werden. Beispielsweise ist es auch möglich, zugunsten eines günstigeren Wirkungsgrades etwas Trägheitsverschlechterung zu tolerieren, insbesondere eine Erhöhung des Trägheitsmoments. In Verbindung mit dem besseren Wirkungsgrad können sich aber sogar bessere Rotorbeschleunigungszeiten ergeben.

[0007] Die gleichzeitige Erfüllung aller genannten Voraussetzungen wäre mit einem herkömmlichen Verdichter ohne Zusatzmaßnahmen nur eingeschränkt möglich. Beispielsweise würden sich folgende Zielkonflikte durch gegenläufige Trends ergeben:

- Reduktion des Trägheitsmoments des Verdichters und Maximierung der Kennfeldbreite und des Spitzenwirkungsgrades,
- Reduktion des Spülens im Bereich des unteren Eckdrehmoments und Maximierung der spezifischen Nennleistung,
- Verbesserung des Ansprechverhaltens und Erhöhung der spezifischen Nennleistung des Verbrennungsmotors.

[0008] Die genannten Zielkonflikte könnten durch ein Verdichter-Design gelöst werden, das ein breites Kennfeld bei minimalem Trägheitsmoment sowie maximale Wirkungsgrade auf der Vollastlinie des Motors aufweist.

[0009] Neben den genannten stationären Anforderungen muss auch bei transienten Betriebszuständen, zum Beispiel bei einem schnellen Lastabwurf des Verbrennungsmotors, ein stabiles Betriebsver-

halten des Verdichters gewährleistet sein. Dies heißt, dass der Verdichter auch bei einer plötzlichen Abnahme des geförderten Verdichtermassenstroms nicht ins sogenannte Pumpen gelangen darf.

[0010] Mit Blick auf den Verdichtereinlass eines Turboladers ist die oben genannte Lösung bisher durch Zusatzmaßnahmen, wie einem verstellbaren Schaufel-Vorleitapparat, Maßnahmen zur Reduktion eines Einlassquerschnitts des Verdichters, einem sogenannten Ported Shroud, oder einem festen Rezirkulationskanal, auch bekannt als kennfeldstabilisierende Maßnahme, erreicht worden. Bei den variablen Lösungen wird die Verbreiterung des nutzbaren Arbeitsbereiches des Verdichters durch aktives Verschieben des Kennfeldes erreicht. So wird bei Motorbetrieb mit niedrigen Drehzahlen und Durchsätzen das Verdichterkennfeld nach links hin zu niedrigen Massenströmen verschoben, während im Motorbetrieb bei hohen Drehzahlen und Durchsätzen das Verdichterkennfeld nicht oder nach rechts verschoben wird.

[0011] Der Schaufel-Vorleitapparat verschiebt durch die Einstellung von Schaufelwinkeln und Induktion eines Vordralls in beziehungsweise gegen die Verdichterraddrehrichtung das gesamte Verdichterkennfeld hin zu kleineren beziehungsweise größeren Durchsätzen. Der Verstellmechanismus des Vorleitapparats stellt jedoch eine filigrane, komplizierte und teure Lösung dar.

[0012] Die Maßnahmen mit Verengung des Verdichtereinlasses durch Querschnittsreduktion verschieben das Verdichterkennfeld hin zu kleineren Durchsätzen, in dem der Einlassquerschnitt durch Schließen der Konstruktion unmittelbar vor dem Verdichter verkleinert wird. Im geöffneten Zustand geben die Maßnahmen möglichst den gesamten Einlassquerschnitt wieder frei und beeinflussen beziehungsweise verschieben so das Kennfeld nicht oder nur marginal. Mögliche, derartige Lösungen sind beispielsweise in der US 2016 / 0 265 424 A1 oder der DE 10 2011 121 996 A1 beschrieben.

[0013] Bei dem festen Rezirkulationskanal handelt es sich um eine passive Lösung. Er verbreitert den nutzbaren Kennfeldbereich des Verdichters ohne dessen Kennfeld grundsätzlich zu verschieben. Er stellt im Verhältnis zum Vorleitapparat und der beschriebenen variablen Querschnittsreduktion eine deutlich günstigere, aber gleichzeitig weniger effiziente Lösung dar.

[0014] Zur Vermeidung des Pumpens bei einem schnellen Lastabfall wird gewöhnlich ein sogenanntes Schubumluft-Ventil eingesetzt, das im Falle der plötzlichen Abnahme des Ladeluftmassenstroms durch den Motor einen Bypass vom Verdichteraustritt zum Verdichtereintritt öffnet und so den Verdichter im

stabilen Kennfeldbereich rechts von der Pumpengrenze hält. Eine Kombination aus aktiven Maßnahmen, wie dem variablen Vorleitapparat und dem Schubumluft-Ventil ist denkbar, aber unüblich.

[0015] Weiterhin zeigt die Druckschrift DE 10 2010 055 101 A1 einen Verdichter für einen Abgasturbolader, mit einem Verdichterrad in einem Aufnahmeraum und einen Luftführungs kanal, welcher über einen Strömungsquerschnitt mit dem Aufnahmeraum fluidisch verbunden ist und mittels welchem die von dem Verdichterrad verdichtete Luft abführbar ist, wobei eine Verstelleinrichtung vorgesehen ist, mittels welcher der Strömungsquerschnitt des Luftführungs kanals variabel einstellbar ist.

[0016] Auch Dokument US 2015 / 0 063 989 A1 offenbart einen Turbolader mit einem Verdichterlauf rad in einem Verdichtergehäuse das einen Luftzu führkanal und zwei getrennten Spiralkanälen zur Aufnahme der durch das Verdichterlauf rad verdichteten Luft. Der Luftzuführkanal beinhaltet einen inneren und einen äußeren Luftführungs kanal, wobei der Durchlassquerschnitt des innere Luftführungs kanal über eine Ventileinrichtung geöffnet oder geschlossen werden kann.

[0017] Schließlich beschreibt auch die Druckschrift EP 2 055 964 B1 einen Radialverdichter mit einem Verdichterlauf rad in einem Verdichtergehäuse, das einen Luftzuführkanal und Spiralkanal mit einem Diffusorabschnitt zum Abführen der verdichteten Luft aufweist. Der Spiralkanal und der Diffusorabschnitt sind mittels eines Wandelements in zwei Kanalabschnitte getrennt, wobei die Luftströmung in einem der Kanalabschnitt mittels einer Absperrvorrichtung veränderbar ist.

[0018] Eine Aufgabe, die der Erfindung zugrunde liegt, ist es, ein Konzept für einen Verdichter eines Turboladers anzugeben, welches zu einem verlässlichen Betrieb des Turboladers beiträgt.

[0019] Es wird ein Verdichter für einen Turbolader einer Brennkraftmaschine offenbart. Der Verdichter hat ein Verdichtergehäuse und ein Verdichterrad, welches im Verdichtergehäuse drehfest auf einer Läuferwelle angeordnet ist. Weiter ist ein im Verdichtergehäuse angeordneter Luftzuführkanal zum Leiten eines Frischluftmassenstroms auf das Verdichterrad vorgesehen. Der Verdichter weist einen ersten und einen zweiten jeweils im Verdichtergehäuse angeordneten Spiralkanal auf, die jeweils stromabwärts des Verdichterrads zur Aufnahme von durch das Verdichterrad geförderten Luftmassenstrom angeordnet sind und jeweils einen Luftabführkanal aufweisen. Der Verdichter weist einen Rückführkanal auf, der den ersten Spiralkanal mit dem Luftzuführkanal fluidtechnisch koppelt. Weiter ist eine Blockiervorrichtung vorgesehen, die zwischen

einer Schließstellung, in der der Rückführkanal geschlossen und der Luftabführkanal des ersten Spiralkanals freigegeben ist, und einer Offenstellung, in der der Rückführkanal freigegeben und der Luftabführkanal des ersten Spiralkanals geschlossen ist, verstellbar ist. Schließlich ist im Luftzuführkanal ein Massenstromtrennelement vorgesehen, welches stromaufwärts vor dem Verdichterrad derart angeordnet ist, dass ein über den Rückführkanal strömender, verdichteter Luftmassenstrom im Wesentlichen getrennt von dem Frischluftmassenstrom auf das Verdichterrad strömt.

[0020] Entsprechend der Anzahl von zwei Spiralkanälen, sogenannten Voluten, zur Aufnahme des durch das Verdichterrad geförderten Luftmassenstroms, sind durch den Verdichter zwei Verdichterstufen mit nur einem Verdichterrad ermöglicht. Je nach Stellung der Blockiervorrichtung werden Massenströme über beide Luftabführkanäle der Spiralkanäle (beide Verdichterstufen) aus dem Verdichter geführt oder nur über den zweiten Spiralkanal (eine der beiden Verdichterstufen), während über den ersten Spiralkanal und den Rückführkanal ein Massenstrom, durch das Massenstromtrennelement getrennt, „im Kreis“ gefördert wird. Durch die getrennte Rückführung eines Teilmassenstroms vor das Verdichterrad wird erreicht, dass stets ein hoher Massenstrom auf das Verdichterrad strömt. Dadurch wird mit nur einem Verdichterrad die Flexibilität und Effizienz eines Verdichters erweitert. Der Verdichter trägt insbesondere dazu bei, ein Verdichterkennfeld, insbesondere eine Kennfeldbreite, zu vergrößern beziehungsweise zu erweitern. Auch wird zu einem besonders hohen, maximalen Druckverhältnis des Verdichters beigetragen. Auch wird zu einem besonders kompakten und kostengünstigen Verdichter beigetragen. Auch wird dazu beigetragen, die genannten Zielkonflikte zu lösen.

[0021] Der Verdichter ist somit in zwei unabhängige Partialverdichter unterteilt. Durch die Partialverdichter sind Funktionalitäten, für die üblicherweise mehrere Komponenten oder separate Verdichter mit mehreren Verdichterrädern nötig sind, in einem Verdichter mit nur einem Verdichterrad vereinigt.

[0022] Der beschriebene Verdichter ermöglicht einen Parallelbetrieb beider Verdichterstufen, wenn der Rückführkanal mittels der Blockiervorrichtung geschlossen ist und über beide Spiralkanäle verdichtete Massenströme gefördert werden. Beispielsweise ist der Verdichterparallelbetrieb auf eine Motornennleistung der Brennkraftmaschine ausgelegt. In der Offenstellung der Blockiervorrichtung ist durch den Betrieb einer Verdichterstufe ein im Vergleich zum Betrieb beider Verdichterstufen „halbes“ Verdichterkennfeld im sogenannten „low-end-torque-Bereich“ darstellbar, wodurch zu einer signifikanten Entschärfung der Pumpgrenzlage beigetra-

gen wird. Dabei wird der „im Kreis“ geförderte (Teil-) Massenstrom beispielsweise bei sehr geringem Druckverhältnis betrieben, beispielsweise bei 50 mbar. Dadurch ist der Massenstrom, der auf das Verdichterrad strömt, entsprechend hoch und es ist ein vorteilhafter Inzidenzwinkel gegeben. In der Offenstellung entspricht der „von außen“ sichtbare Massenstrom, etwa der tatsächlich zur Brennkraftmaschine geförderte verdichtete Massenstrom, jedoch nur dem des über den zweiten Spiralkanal geförderten Massenstroms.

[0023] Es ist auch ein sequentieller oder serieller Betrieb beider Verdichterstufen ermöglicht, wobei beispielsweise die Verdichterstufen bei unterschiedlichen Druckverhältnissen betrieben werden. Der serielle, also mehrstufige, Betrieb eignet sich beispielsweise für Motorkonzepte mit sehr hohem Ladedruckbedarf bei vergleichsweise geringen Durchsätzen.

[0024] Der Verdichter ermöglicht auch den Einsatz als Abgasrückführungspumpe, wie später noch genauer beschrieben wird.

[0025] Ein Spiralkanal kann auch als Ringkanal oder Volute bezeichnet werden. In einem Spiralkanal wird durch das Verdichterrad geströmter Massenstrom (verdichtet oder nicht verdichtet) gesammelt und weiteren Komponenten zugeführt, etwa der Brennkraftmaschine oder dem Rückführkanal. Die Volute ist schneckenförmig und/oder spiralförmig ausgestaltet. Ein Querschnitt, insbesondere ein Durchmesser, eines Spiralkanals vergrößert sich typischerweise stromabwärts des Verdichterrads.

[0026] Unter der Blockiervorrichtung ist beispielsweise eine Klappenvorrichtung, ein Ventil oder dergleichen zu verstehen, die ausgebildet sind, die Kanäle entsprechend zu schließen oder zu öffnen. Die Blockiervorrichtung ist beispielsweise im Luftabführkanal des ersten Spiralkanals angeordnet.

[0027] Der Luftzuführkanal ist in dem Verdichter ausgebildet. Beispielsweise ist der Luftzuführkanal zumindest teilweise durch das Verdichtergehäuse, einen Ansaugstutzen und/oder andere Komponenten des Verdichters ausgebildet.

[0028] Bei dem durch das Verdichterrad geförderten Luftmassenstrom handelt es sich beispielsweise um Frischluft, es kann sich jedoch, etwa bei Kombination mit Abgasrückführung, auch eine Mischung aus Frischluft und rückgeführtem Abgas handeln. Je nach Anwendungsfall nehmen beide Spiralkanäle oder nur der zweite, nicht mit dem Rückführkanal gekoppelte Spiralkanal verdichteten Luftmassenstrom auf.

[0029] Anstelle von zwei Spiralkanälen können alternativ auch drei oder mehr Spiralkanäle vorgesehen sein. In solchen Fällen sind zwei oder mehr Rückführkanäle denkbar, die jeweils einen Spiralkanal mit dem Luftzuführkanal fluidtechnisch koppeln.

[0030] Bei dem erfindungsgemäßen Verdichter ist im Luftzuführkanal ein Massenstromtrennelement vorgesehen, welches stromaufwärts vor dem Verdichterrad derart angeordnet ist, dass ein über den Rückführkanal strömender, verdichteter Luftmassenstrom im Wesentlichen getrennt von dem Frischluftmassenstrom auf das Verdichterrad strömt. Dies trägt zu einem sequentiellen Betrieb der beiden Verdichterstufen bei. Durch den sequentiellen Betrieb werden ein bereits verdichteter Massenstrom, der über den ersten Spiralkanal und den Rückführkanal rezirkuliert, und ein unverdichteter Frischluftmassenstrom getrennt voneinander auf das Verdichterrad geleitet.

[0031] Dadurch wird nur ein Teil des Verdichterrads mit Frischluft, das heißt nicht verdichteter Luft, angeströmt. In der Schließstellung der Blockiervorrichtung ist ein effektiver Massenstrom, der von dem Verdichter nach außen gefördert wird, derjenige, der im Wesentlichen einer Verdichterstufe entspricht. Das effektive Druckverhältnis liegt im Wesentlichen zwischen einem Druckverhältnis, welches jede Verdichterstufe alleine bereitstellen würde. Es sind optional zusätzliche Einbauten in der Verdichterradzuströmung denkbar.

[0032] Gemäß einer Ausführungsform weist der Rückführkanal eine Kühlvorrichtung auf. Die Kühlvorrichtung dient den verdichteten Massenstrom, der über den Rückführkanal zurückströmt und typischerweise erwärmt ist, zu kühlen. Mit anderen Worten handelt es sich um eine Ladeluftkühlung. Gemäß Ausführungsformen wird bei einem sequentiellen Betrieb eine Zwischenkühlung durchgeführt. Gemäß weiteren Ausführungsformen wird das rückgeführte Abgas bei einem nicht sequentiellen Betrieb damit gekühlt.

[0033] Bei dem beschriebenen Verdichter sind verschiedene Formgebungen und Anordnungen der Spiralkanäle möglich. In einer Ausführungsform sind die beiden Spiralkanäle in radialer Richtung bezogen auf eine Läuferdrehachse der Läuferwelle übereinander angeordnet. Insbesondere die Luftabführkanäle beider Spiralkanäle sind übereinander angeordnet und verlaufen parallel. In einer Ausführungsform erstrecken sich die beiden Luftabführkanäle der beiden Spiralkanäle in unterschiedlichen Richtungen bezogen auf eine Läuferdrehachse der Läuferwelle weg von dem Verdichterrad. Typischerweise erstrecken sich die Luftabführkanäle tangential weg von dem Verdichterrad. Beispielsweise sind

die beiden Luftabführkanäle um 180° versetzt zueinander ausgerichtet.

[0034] Gemäß einer Ausführungsform weist der Verdichter zumindest eine bewegliche Spiralzunge auf, die derart beweglich um das Verdichterrad ausgebildet ist, dass eine Strömungseintrittsfläche des ersten Spiralkanals und/oder des zweiten Spiralkanals veränderbar ist. Dadurch können Leistungen der einen oder beider Verdichterstufen variabel eingestellt werden. Dies trägt zu den oben genannten Vorteilen und Funktionen bei.

[0035] Eine Spiralzunge begrenzt zumindest teilweise die Strömungseintrittsfläche des ersten Spiralkanals und/oder des zweiten Spiralkanals für den verdichteten Luftmassenstrom. Mit anderen Worten ist die Zunge eine Verdichtergehäusewand oder ein Verdichtergehäusewandabschnitt, die auf der radial inneren Seite den zweiten Spiralkanal und auf der radial äußeren Seite den ersten Spiralkanal zumindest teilweise definiert. Die Zunge ist typischerweise unmittelbar an einem Verdichterradaustritt angeordnet, wobei ein Abstand in Umfangsrichtung von dem Verdichterrad anwächst. Die Beweglichkeit der Spiralzunge ist beispielsweise in Umfangsrichtung bezüglich der Läuferdrehachse.

[0036] Gemäß einer Ausführungsform ist die bewegliche Spiralzunge als Zungenschieber ausgebildet.

[0037] Des Weiteren wird ein Turbolader für eine Brennkraftmaschine offenbart, der ein Läuferlager mit einem Lagergehäuse aufweist, in welchem eine Läuferwelle drehbar gelagert ist. Der Turbolader weist einen Verdichter gemäß einer der zuvor beschriebenen erfindungsgemäßen Ausführungsformen auf. Der Turbolader ermöglicht im Wesentlichen die vorgenannten Vorteile und Funktionen.

[0038] Weitere Vorteile und Funktionen sind in der nachfolgenden, ausführlichen Beschreibung von Ausführungsbeispielen offenbart. Die Ausführungsbeispiele werden unter Zuhilfenahme der angehängten Figuren ohne Einschränkung der Allgemeinheit nachfolgend beschrieben. Gleichartige oder gleichwirkende Elemente sind figurenübergreifend mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0039] In den Figuren zeigen:

Fig. 1 eine schematische Schnittansicht eines Turboladers,

Fig. 2 eine schematische Ansicht eines Verdichters mit einem Rückführkanal in einem ersten Betriebszustand,

Fig. 3 schematische Ansichten von Verdichterkennfeldern des Verdichters gemäß **Fig. 2** in dem ersten Betriebszustand,

Fig. 4 den Verdichter gemäß dem Ausführungsbeispiel der **Fig. 2** in einem zweiten Betriebszustand,

Fig. 5 schematische Ansichten von Verdichterkennfeldern des Verdichters gemäß **Fig. 4** in dem zweiten Betriebszustand,

Fig. 6 eine schematische Ansicht eines Verdichters gemäß einem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel,

Fig. 7 schematische Ansichten von Verdichterkennfeldern des Verdichters gemäß **Fig. 6**,

Fig. 8 eine schematische Schnittansicht des erfindungsgemäßen Verdichters gemäß **Fig. 6**,

Fig. 9 eine schematische Ansicht eines Verdichters gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel, und

Fig. 10 eine schematische Ansicht eines Verdichters gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel.

[0040] **Fig. 1** zeigt schematisiert einen exemplarischen Turbolader 1 in Schnittdarstellung, der eine Abgasturbine 20, einen Frischluftverdichter 30 und ein Läuferlager 40 umfasst. Die Abgasturbine 20 ist mit einem Wastegateventil 29 ausgestattet und ein Abgasmassestrom AM ist mit Pfeilen angedeutet. Der Frischluftverdichter 30 weist ein Schub-Umluftventil 39 auf und ein Frischluft-Massestrom FM ist ebenfalls mit Pfeilen angedeutet. Ein sogenannter Turboladerläufer 10 des Turboladers 1 weist ein Turbinenlaufrad 12 (auch Turbinenrad bezeichnet), ein Verdichterlaufrad 13 (auch Verdichterrad bezeichnet) sowie eine Läuferwelle 14 auf (auch Welle bezeichnet). Der Turboladerläufer 10 rotiert im Betrieb um eine Läuferdrehachse 15 der Läuferwelle 14. Die Läuferdrehachse 15 und gleichzeitig die Turboladerachse 2 (auch Längsachse bezeichnet) sind durch die eingezeichnete Mittellinie dargestellt und kennzeichnen die axiale Ausrichtung des Turboladers 1. Der Turboladerläufer 10 ist mit seiner Läuferwelle 14 mittels zweier Radiallager 42 und einer Axiallagerscheibe 43 gelagert. Sowohl die Radiallager 42 als auch die Axiallagerscheibe 43 werden über Ölversorgungskanäle 44 eines Ölanschlusses 45 mit Schmiermittel versorgt.

[0041] In der Regel weist ein gebräuchlicher Turbolader 1, wie in **Fig. 1** dargestellt, einen mehrteiligen Aufbau auf. Dabei sind ein im Abgastrakt des Verbrennungsmotors anordenbares Turbinengehäuse 21, ein im Ansaugtrakt des Verbrennungsmotors anordenbares Verdichtergehäuse 31 und zwischen Turbinengehäuse 21 und Verdichtergehäuse 31 ein Lagergehäuse 41 bezüglich der gemeinsamen Turboladerachse 2 nebeneinander angeordnet und montagetechnisch miteinander verbunden.

[0042] Eine weitere Baueinheit des Turboladers 1 stellt der Turboladerläufer 10 dar, der die Läuferwelle 14, das in dem Turbinengehäuse 21 angeordnete Turbinenlaufrad 12 mit einer Laufradbeschaukelung 121 und das in dem Verdichtergehäuse 31 angeordnete Verdichterlaufrad 13 mit einer Laufradbeschaukelung 131 aufweist. Das Turbinenlaufrad 12 und das Verdichterlaufrad 13 sind auf den sich gegenüberliegenden Enden der gemeinsamen Läuferwelle 14 angeordnet und mit dieser drehfest verbunden. Die Läuferwelle 14 erstreckt sich in Richtung der Turboladerachse 2 axial durch das Lagergehäuse 41 und ist in diesem axial und radial um seine Längsachse, die Läuferdrehachse 15, drehgelagert, wobei die Läuferdrehachse 15 in der Turboladerachse 2 liegt, also mit dieser zusammenfällt.

[0043] Das Verdichtergehäuse 31 weist einen Luftzuführkanal 36 auf, der einen Saugrohr-Anschlussstutzen 37 zum Anschluss an das Frischluft-Saugsystem (nicht dargestellt) des Verbrennungsmotors aufweist und in Richtung der Turboladerachse 2 auf das axiale Ende des Verdichterlaufrades 13 zu verläuft. Über diesen Luftzuführkanal 36 wird der Frischluftmassenstrom FM vom Verdichterlaufrad 13 aus dem Frischluft-Saugsystem angesaugt. Der Luftzuführkanal 36 kann auch ein Teil eines Ansaugstutzens sein und somit nicht Teil des Verdichtergehäuses 31.

[0044] Weiterhin weist das Verdichtergehäuse 31 in der Regel einen, ringförmig um die Turboladerachse 2 und das Verdichterlaufrad 13 angeordneten, sich schneckenförmig vom Verdichterlaufrad 13 weg erweiternden Ringkanal, eine sogenannte Frischluftvolute 32, auf. Diese Frischluftvolute 32 weist eine zumindest über einen Teil des Innenumfanges verlaufende Spaltöffnung mit definierter Spaltbreite, den sogenannten Diffusor 35 auf, der in radialer Richtung vom Außenumfang des Verdichterlaufrades 13 weg gerichtet in die Frischluftvolute 32 hinein verläuft und durch den der Frischluftmassenstrom FM vom Verdichterlaufrad 13 weg unter erhöhtem Druck in die Frischluftvolute 32 strömt.

[0045] Die Frischluftvolute 32 weist weiterhin einen typischerweise tangential nach außen gerichteten Frischluftabführkanal 33 auf. Der Frischluftabführkanal 33 weist optional einen Verteiler-Anschlussstutzen 34 zum Anschluss an ein Frischluft-Verteilerrohr (nicht dargestellt) eines Verbrennungsmotors auf. Durch den Frischluftabführkanal 33 wird der Frischluftmassenstrom FM unter erhöhtem Druck zum Verbrennungsmotor geleitet, beispielsweise in das Frischluft-Verteilerrohr des Verbrennungsmotors geleitet. Weitere Details des Turboladers 1 werden nicht näher erläutert.

[0046] **Fig. 2** zeigt schematisch eine Ausführung eines Verdichters 30. Der Verdichter 30 entspricht

im Wesentlichen dem anhand von **Fig. 1** beschriebenen Verdichter und weist einen Luftzuführkanal 36 auf, über den Frischluftmassenstrom FM auf das Verdichterrad 13 strömt. Das Verdichterrad 13 ist rotierbar um die Läuferdrehachse 15 im Verdichtergehäuse 31 angeordnet. Der Verdichter 30 hat im Gegensatz zum Beispiel gemäß **Fig. 1** zwei Spiralkanäle 50 und 51, die im Verdichtergehäuse 31 angeordnet sind. Die Spiralkanäle 50, 51 können auch als Luftvoluten oder Ringkanäle bezeichnet werden. Beide Spiralkanäle 50, 51 haben jeweils einen Luftabführkanal 33, die tangential bezüglich eines Umfangs des Verdichterrads 13 von diesem weg verlaufen. Der erste Spiralkanal 50 ist über einen Rückführkanal 52 fluidtechnisch mit dem Luftzuführkanal 36 verbunden. Dadurch ist eine Rückkopplung gegeben. Der Rückführkanal 52 ist über eine Blockiervorrichtung 53 verschließbar oder offenbar. Die Blockiervorrichtung 53 kann zwischen einer Offenstellung, in der der Rückführkanal 52 geöffnet ist, während der Luftabführkanal 33 geschlossen ist, und einer Schließstellung, in der der Rückführkanal 52 geschlossen und der Luftabführkanal 33 geöffnet ist, betätigt werden.

[0047] Der gezeigte Verdichter 30 stellt durch das Vorsehen zweier Spiralkanäle zwei Verdichterstufen bereit, die unterschiedlich betrieben werden können. Der erste Spiralkanal 50 ist der ersten Verdichterstufe und der zweite Spiralkanal 51 der zweiten Verdichterstufe zugeordnet.

[0048] Bei dem in **Fig. 2** gezeigten Betriebszustand ist die Blockiervorrichtung 53 in der Schließstellung und es findet keine Rückführung statt. Der Frischluftmassenstrom FM strömt auf das Verdichterrad 13 und wird anschließend verdichtet. Nach dem Verdichten teilt sich der Frischluftmassenstrom FM auf zwei verdichtete Luftmassenströme LM auf, die in beiden Spiralkanälen 50 und 51 gesammelt werden und über die Frischluftabführkanäle 33 den Verdichter 30 verlassen.

[0049] In diesem Betriebszustand werden beide Verdichterstufen parallel betrieben. In diesem Betriebszustand haben beide Verdichterstufen im Wesentlichen dasselbe Druckverhältnis. Die Massenströme beider Verdichterstufen werden zu einem Gesamtmassenstrom aufsummiert. Dies ist exemplarisch in **Fig. 3** gezeigt. **Fig. 3** stellt schematisch zwei Verdichterkennfelder V1 und V2 dar, die jeweils einer der beiden Verdichterstufen zugeordnet sind. Im Parallelbetrieb gemäß **Fig. 2** addieren sich die beiden Verdichterkennfelder V1 und V2 im Wesentlichen zu einem Gesamtverdichterkennfeld VG, einem resultierenden Kennfeld, für den Verdichter 30.

[0050] **Fig. 4** zeigt schematisch den Verdichter 30 aus **Fig. 2** in einem zweiten Betriebszustand, wobei

die Blockiervorrichtung 53 in der Offenstellung ist und der Luftmassenstrom LM, der über den ersten Spiralkanal 50 gefördert wird, über den Rückführkanal 52 wieder stromaufwärts vor das Verdichterrad 13 rückgeführt wird. Dabei vermischt sich der rückgeführte Luftmassenstrom LM mit dem Frischluftmassenstrom FM im Luftzuführkanal 36. Die erste Verdichterstufe wird somit bei einem niedrigen Druckverhältnis betrieben und fördert den Luftmassenstrom LM im Wesentlichen im Kreis. Der zweite Spiralkanal 51 und somit die zweite Verdichterstufe werden bei einem signifikant hohen Druckverhältnis betrieben.

[0051] In diesem Betriebszustand wird ein besonders guter Inzidenzwinkel für das Verdichterrad 13 ermöglicht, wobei ein hoher Massenstrom, der auch als virtueller Massenstrom bezeichnet werden kann, auf das Verdichterrad 13 strömt. Effektiv wird im Wesentlichen nur ein Teil des auf das Verdichterrad 13 strömenden Massenstroms, etwa ein „halber“ Massenstrom, aus dem Verdichter 30 abgeführt.

[0052] Analog zu **Fig. 3** zeigt **Fig. 5** die Verdichterkennfelder V1, V2 und das Gesamtverdichterkennfeld VG für diesen Betriebszustand. Insbesondere ermöglicht der Verdichter 30 in diesem Betriebsmodus ein Gesamtverdichterkennfeld VG, welches im Wesentlichen dem Verdichterkennfeld V1 der zweiten Verdichterstufe entspricht.

[0053] **Fig. 6** zeigt ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verdichters 30. Zusätzlich zu dem anhand von **Fig. 2** und **Fig. 4** beschriebenen Verdichter ist ein Massenstromtrennelement 55 im Luftzuführkanal 36 angeordnet. Dieses ist so ausgebildet, dass der über den ersten Spiralkanal 50 geförderte Luftmassenstrom LM im Falle der Rezirkulation über den Rückführkanal 52 separat von dem Frischluftmassenstrom FM auf das Verdichterrad 13 strömt. **Fig. 8** zeigt eine schematische Schnittansicht des Verdichters 30, wobei ersichtlich ist, dass der Frischluftmassenstrom FM im Wesentlichen getrennt von dem rückgeführten Luftmassenstrom LM, strömt. Das Massenstromtrennelement 55 ist so angeordnet, dass dieses dicht bis vor eine Verdichtereintrittskante 56 des Verdichterrads 13 geführt ist. Ansonsten gelten die obigen Ausführungen analog.

[0054] Bei diesem erfindungsgemäßen Verdichter 30 ist ermöglicht, dass der über den ersten Spiralkanal 50 geförderte Luftmassenstrom LM mit einem hohen Druckverhältnis im Kreis gefördert werden kann, wenn die Blockiervorrichtung 53 geöffnet ist. Mittels des Massenstromtrennelements 55 werden somit ein verdichteter Massenstrom LM und ein nicht-verdichteter Massenstrom, nämlich der Frischluftmassenstrom FM, getrennt auf das Verdichterrad 13 geführt. Damit ist im Wesentlichen nur ein Teil des Verdichterrads 13, beispielsweise die Hälfte, mit fri-

scher, nicht verdichteter Luft befüllt. In der Offenstellung der Blockiervorrichtung 53 ist der effektive Massenstrom, der aus dem Verdichter 30 gefördert wird, im Wesentlichen der, der über eine Verdichterstufe, nämlich den zweiten Spiralkanal 51 strömt. Das effektive Druckverhältnis, das der Verdichter 30 nach außen liefern kann, liegt im Wesentlichen zwischen den Druckverhältnissen, die jede Verdichterstufe für sich genommen bereitstellt.

[0055] Fig. 7 zeigt wiederum schematisch die Verdichterkennfelder V1, V2 und das sich ergebende Gesamtverdichterkennfeld VG für den beschriebenen und in **Fig. 6** und **Fig. 8** gezeigten Betriebsmodus, wobei sich letzteres im Wesentlichen durch eine Multiplikation der Verdichterkennfelder V1 und V2 beider einzelner Verdichterstufen ergibt.

[0056] Fig. 9 zeigt einen Verdichter 30 gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel. Bei dem Verdichter 30 ist aus Gründen der Übersichtlichkeit in der Darstellung auf den Rückführkanal 52 und das Massenstromtrennelement verzichtet. Im Wesentlichen entspricht der Verdichter 30 den bereits beschriebenen Verdichtern, wobei zusätzlich ein beweglicher Zungenschieber 57 vorgesehen ist. Mittels des Zungenschiebers 57 kann eine Strömungseintrittsfläche 58 für den ersten Spiralkanal 50 verändert werden. Dadurch können die Verdichterkennfelder beider Verdichterstufen variiert werden. Alternativ oder zusätzlich kann mittels des Zungenschiebers 57 auch eine Strömungseintrittsfläche für den zweiten Spiralkanal 51 gleichzeitig verändert werden.

[0057] Fig. 10 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Verdichters 30, der im Wesentlichen dem anhand von **Fig. 9** beschriebenen Verdichter 30 entspricht. Im Unterschied hierzu verlaufen die Luftabführkanäle 33 beider Spiralkanäle 50 und 51 tangential zu dem Verdichterrad 13 in unterschiedlichen Richtungen weg vom Verdichterrad 13. Im Ausführungsbeispiel erstrecken sich die beiden Luftabführkanäle um 180° versetzt.

Bezugszeichenliste

1	Turbolader
2	Turboladerachse
10	Turboladerläufer
12	Turbinenlaufrad
121	Laufradbeschaukelung der Turbine
13	Verdichterrad
131	Laufradbeschaukelung des Verdichters
14	Läuferwelle

15	Läuferdrehachse
20	Abgasturbine
21	Turbinengehäuse
29	Wastegateventil
30	Frischluchtverdichter
31	Verdichtergehäuse
32	Frischluchtvolute
33	Frischluchtabführkanal
34	Verteiler-Anschlusstutzen
35	Diffusor
36	Luftzuführkanal
37	Saugrohr-Anschlusstutzen
39	Schub-Umluftventil
40	Läuferlager
41	Lagergehäuse
42	Radiallager
43	Axiallagerscheibe
44	Ölversorgungskanal
45	Ölanschluss
50	erster Spiralkanal
51	zweiter Spiralkanal
52	Rückführkanal
53	Blockiervorrichtung
55	Massenstromtrennelement
56	Verdichtereintrittskante
57	Zungenschieber
58	Strömungseintrittsfläche
AM	Abgasmassenstrom
FM	Frischlucht-Massenstrom
LM	Luftmassenstrom
V1, V2	Verdichterkennfeld
VG	Gesamtverdichterkennfeld

Patentansprüche

1. Verdichter (30) für einen Turbolader (1) einer Brennkraftmaschine, aufweisend
 - ein Verdichtergehäuse (31),
 - ein Verdichterrad (13), welches im Verdichtergehäuse (31) drehfest auf einer Läuferwelle (14) angeordnet ist,
 - einen im Verdichtergehäuse (31) angeordneten Luftzuführkanal (36) zum Leiten eines Frischluftmassenstroms (FM) auf das Verdichterrad (13),
 - einen ersten und einen zweiten jeweils im Verdich-

tergehäuse (31) angeordneten Spiralkanal (50, 51), die jeweils stromabwärts des Verdichterrads (13) zur Aufnahme von durch das Verdichterrad (13) gefördertem Luftmassenstrom (LM) angeordnet sind und jeweils einen Luftabführkanal (33) aufweisen,

- einen Rückführkanal (52), der den ersten Spiralkanal (50) mit dem Luftzuführkanal (36) fluidtechnisch koppelt, und

- eine Blockiervorrichtung (53), die zwischen einer Schließstellung, in der der Rückführkanal (52) geschlossen und der Luftabführkanal (33) des ersten Spiralkanals (50) freigegeben ist, und einer Offenstellung, in der der Rückführkanal (52) freigegeben und der Luftabführkanal (33) des ersten Spiralkanals (50) geschlossen ist, verstellbar ist, wobei im Luftzuführkanal (36) ein Massenstromtrennelement (55) vorgesehen ist, welches stromaufwärts vor dem Verdichterrad (13) derart angeordnet ist, dass ein über den Rückführkanal (52) strömender, verdichteter Luftmassenstrom (LM) im Wesentlichen getrennt von dem Frischluftmassenstrom (FM) auf das Verdichterrad (13) strömt.

2. Verdichter (30) nach Anspruch 1, wobei der Rückführkanal (52) eine Kühlvorrichtung aufweist.

3. Verdichter (30) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die beiden Spiralkanäle (50, 51) in radialer Richtung bezogen auf eine Läuferdrehachse (15) der Läuferwelle (14) übereinander angeordnet sind.

4. Verdichter (30) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei sich die beiden Luftabführkanäle (33) der beiden Spiralkanäle (50, 51) in unterschiedlichen Richtungen bezogen auf eine Läuferdrehachse (15) der Läuferwelle (14) weg von dem Verdichterrad (13) erstrecken.

5. Verdichter (30) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, aufweisend zumindest eine bewegliche Spiralzunge, die derart beweglich um das Verdichterrad (13) ausgebildet ist, dass eine Strömungseintrittsfläche (58) des ersten Spiralkanals (50) und/oder des zweiten Spiralkanals (51) veränderbar ist.

6. Verdichter (30) nach Anspruch 5, wobei die bewegliche Spiralzunge als Zungenschieber (57) ausgebildet ist.

7. Turbolader (1) für eine Brennkraftmaschine, aufweisend ein Läuferlager (40) mit einem Lagergehäuse (41), in welchem eine Läuferwelle (14) drehbar gelagert ist, und einen Verdichter (30) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

FIG 2

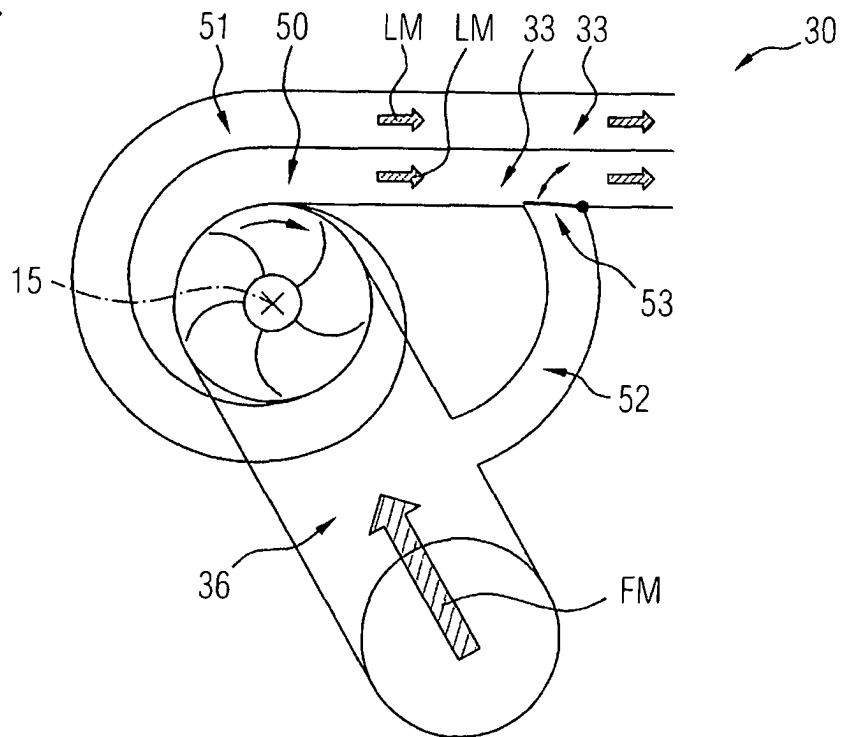


FIG 3

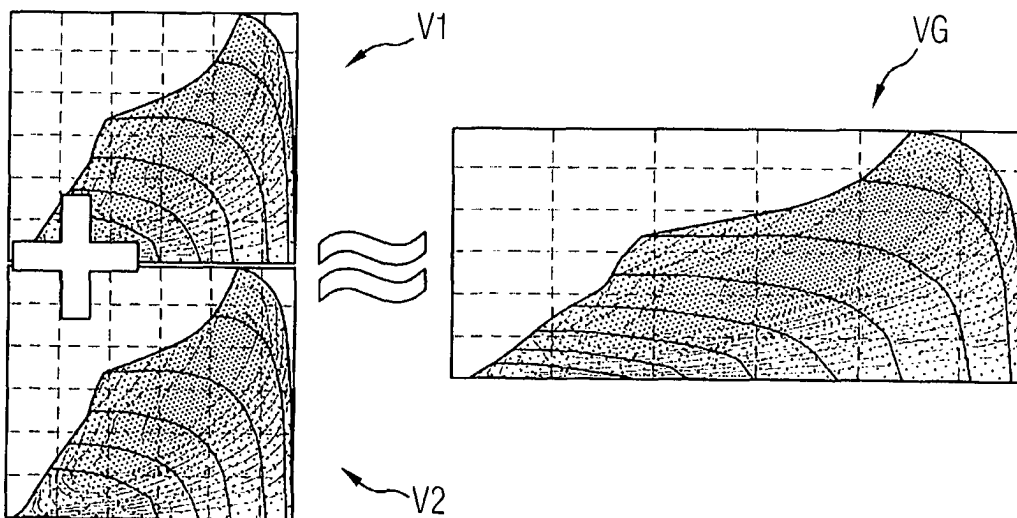


FIG 4

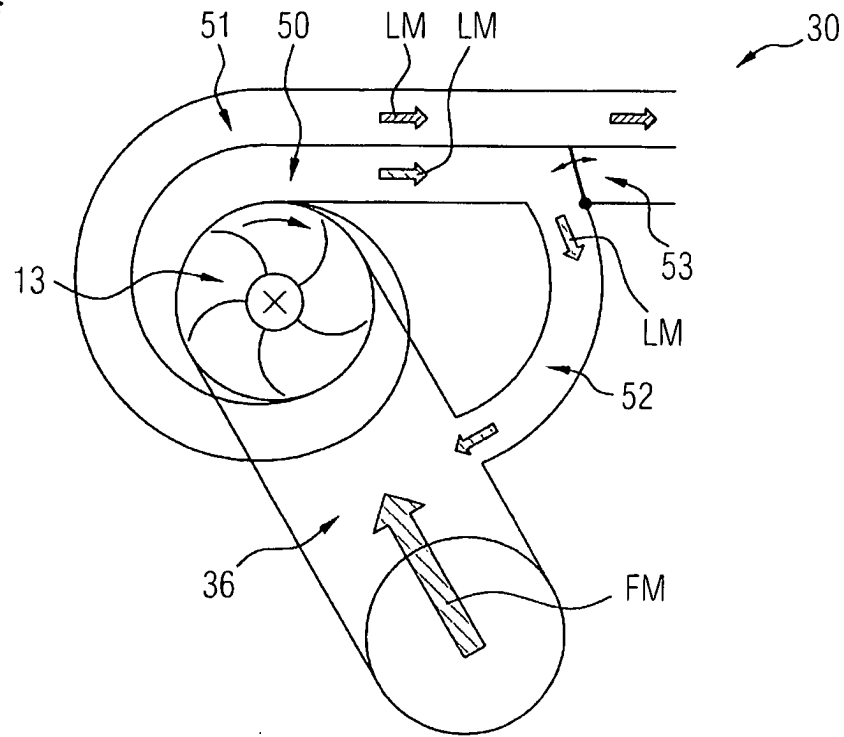


FIG 5

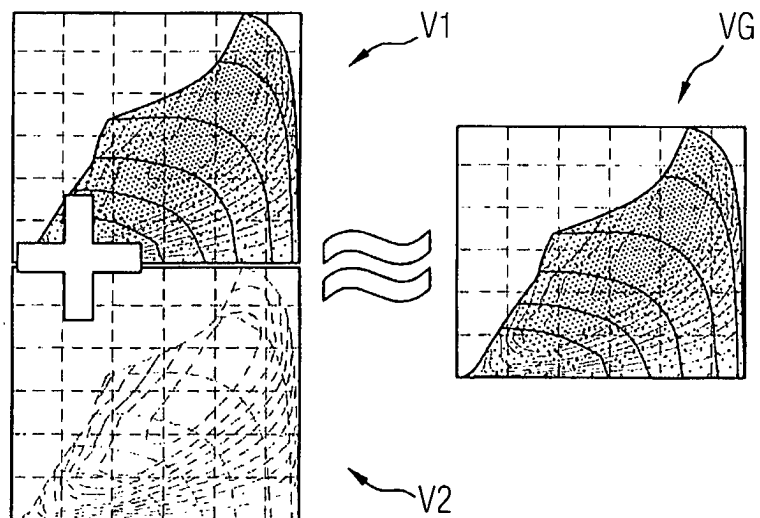


FIG 6

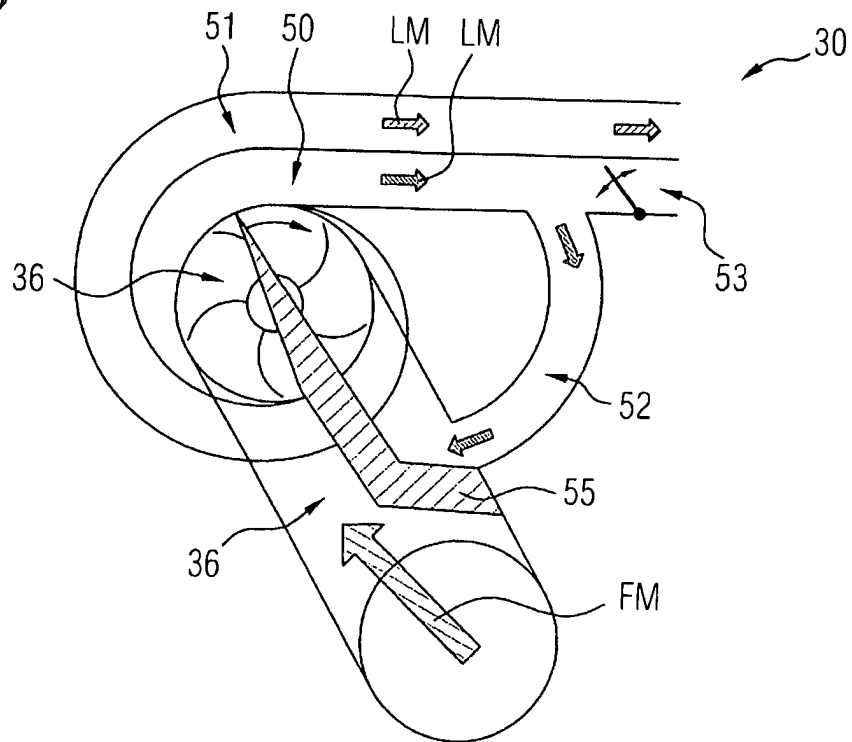


FIG 7

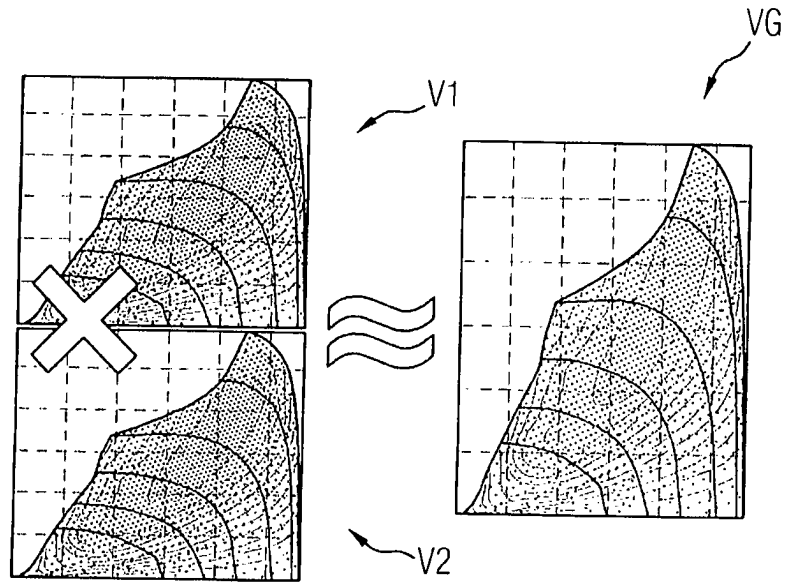


FIG 8

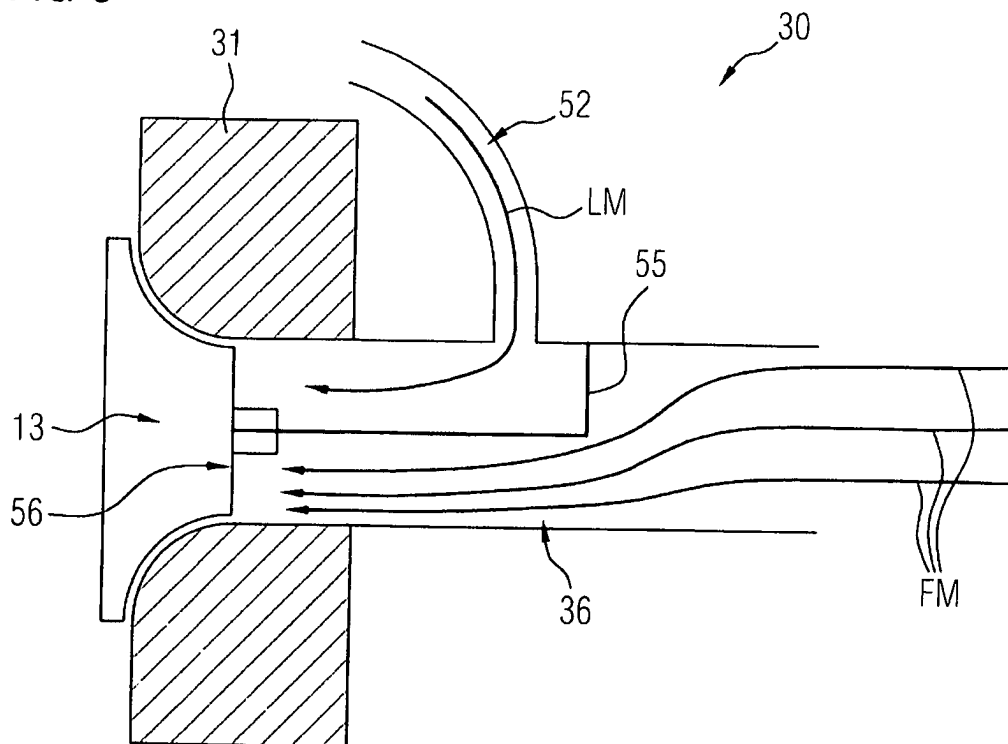


FIG 9

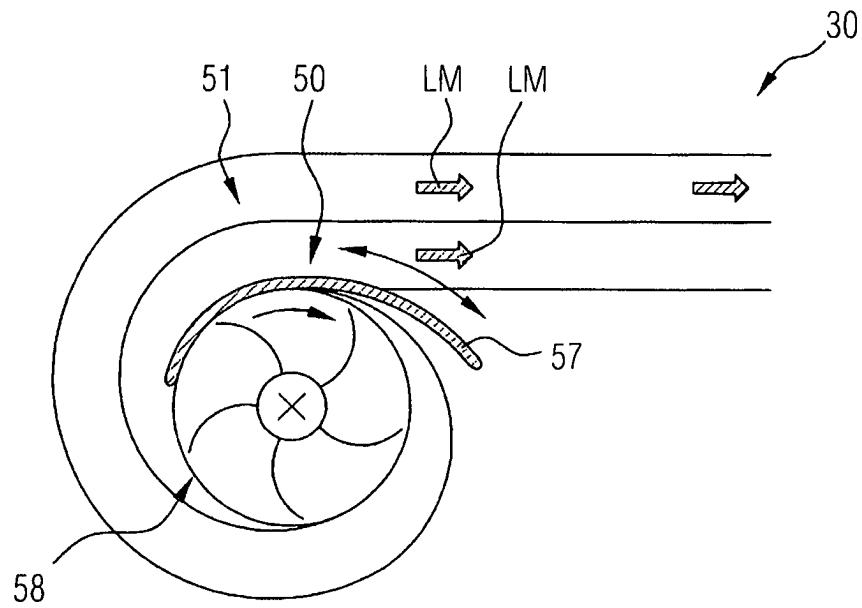


FIG 10

