

 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

 Anmeldenummer: **84106015.5**

 Int. Cl.⁴: **F 01 D 17/16**
F 04 D 29/46

 Anmeldetag: **26.05.84**

 Priorität: **16.07.83 DE 3325756**

 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.01.85 Patentblatt 85/4

 Benannte Vertragsstaaten:
AT DE FR GB IT

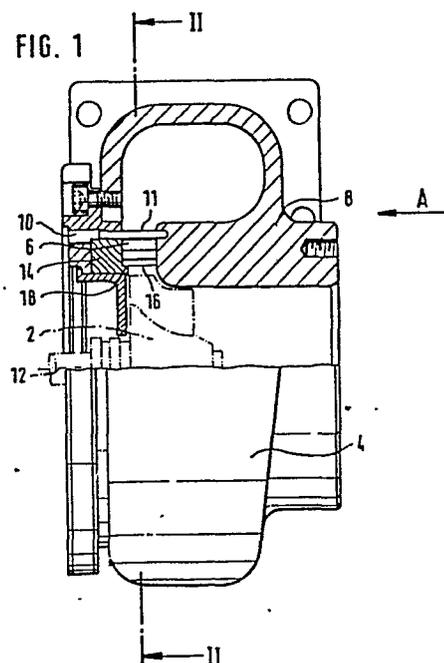
 Anmelder: **A.G. Kühnle, Kopp & Kausch**
Postfach 265 Hessheimer Strasse 2
D-6710 Frankenthal/Pfalz(DE)

 Erfinder: **Pfeil, Horst, Prof. Dr.-Ing.**
Breslauer Platz 3
D-6100 Darmstadt(DE)

 Vertreter: **Klose, Hans, Dipl.-Phys.**
Kurfürstenstrasse 32
D-6700 Ludwigshafen(DE)

 **Verstellbarer Leitapparat.**

 Die Erfindung bezieht sich auf einen verstellbaren Leitapparat einer Strömungsmaschine, insbesondere einer Abgasturbine eines Turboladers, mit einem Kranz von konzentrisch um eine Rotorachse (12) angeordneten Leitschaufeln, die zwischen Endbegrenzungen um Schwenkachsen (10) schwenkbar sind. Die Schwenkachsen (10) sind im vorderen, den Anströmkannten zugeordneten Bereich der Leitschaufeln (6) angeordnet, wobei mittels eines Verstellringes (14) oder dergleichen eine der genannten Endbegrenzungen einstellbar ist. Spalt- und/oder Stoßverluste ergeben sich entsprechend der jeweiligen Einstellung der Leitschaufeln. Es soll die Aufgabe gelöst werden, einen Leitapparat mit geringem konstruktiven Aufwand vorzuschlagen, bei welchem Spalt- und/oder Stoßverluste reduziert werden. Zur Lösung wird vorgeschlagen, daß die Leitschaufeln (6) derart angeordnet sind, daß sie unter den Strömungskräften in einem mittels der Endbegrenzungen vorgegebenen Einstellwinkelbereich frei schwenkbar sind. Die Leitschaufeln (6) sind bei geringer Belastung in dem vorgegebenen Einstellwinkelbereich frei schwenkbar und bei zunehmender Belastung liegen die Leitschaufeln (6) an der einstellbaren Endbegrenzung an.



Anmelder: Aktiengesellschaft Kühnle, Kopp & Kausch
Heßheimer Str. 2
D-6710 Frankenthal

Verstellbarer Leitapparat

Die Erfindung bezieht sich auf einen verstellbaren Leitapparat einer Strömungsmaschine, insbesondere einer Abgasturbine eines Turboladers, mit einem Kranz von konzentrisch um eine Rotorachse angeordneten Leitschaufeln, welche jeweils zwischen Endbegrenzungen um Schwenkachsen, die im vorderen, den Ausströmkannten zugeordneten Bereich der Leitschaufeln angeordnet sind, schwenkbar sind, wobei mittels eines Verstellringes oder dergleichen eine der Endbegrenzungen einstellbar ist.

In der DE-OS 23 29 022 ist ein verstellbarer Leitapparat für die Leitschaufeln einer Gasturbine beschrieben, deren Leitschaufeln um Schwenkachsen schwenkbar angeordnet sind. Zur Verschwenkung der Leitschaufeln weisen diese im Bereich ihrer Anströmkanten seitliche Stifte auf, die in axiale Führungsnuten eines Verstellringes eingreifen. Die Leitschaufeln können zwar zwischen Endbegrenzungen mittels des Verstellringes geschwenkt werden, doch ist eine freie Schwenkbarkeit der Leitschaufeln nicht gegeben. Die Leitschaufeln sind in jedem Betriebsbereich der Gasturbine entsprechend der Einstellung des Verstellringes zwangsgeführt.

In der DE-OS 24 55 361 ist ein verstellbarer Leitapparat einer Turbine bzw. eines Kompressors beschrieben, bei welchem die Schaufeln einerseits in einem Gehäuse und andererseits an einem Verstellring angelenkt sind. Dieser Verstellring ist

zwischen zwei festen Anschlüssen einstellbar. Die Leitschaufeln sind also mechanisch zwangsweise geführt, wobei ein vergleichsweise großer mechanischer Aufwand erforderlich ist, um jede Leitschaufel um jeweils zwei Schwenkachsen, wobei ein Exzenter, Langloch oder dergleichen vorgesehen sind, zu lagern. Ferner müssen für die Verstellung der Leitschaufeln äußere Verstellkräfte in zwei Richtungen aufgebracht werden.

Ferner ist in der US-PS 4 179 247 ein Turbolader mit einem verstellbaren Leitapparat beschrieben, bei welchem die Schwenkachsen jeder Leitschaufel mit einem Hebel drehfest verbunden sind. Diese Hebel stehen mit einem Verstellring, welcher ein Langloch oder dergleichen aufweist, in Wirkverbindung, so daß bei einer Drehung des Verstellringes der Hebel und somit auch die zugeordnete Leitschaufel entsprechend gedreht wird. Auch hier ist also eine Zwangsführung vorgesehen, wobei die Stellkräfte in beiden Richtungen aufgebracht werden müssen. Aufgrund der Zwangsführung wird dem strömenden Medium die Strömungsrichtung im Leitapparat vorgegeben. Es hat sich gezeigt, daß insbesondere im Teillastbereich des von dem Turbolader aufgeladenen Motors, aufgrund von Spalt- und Stoßverlusten hierdurch der Verbrauch nachteilig beeinflusst wird.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Leitapparat der eingangs genannten Art vorzuschlagen, welcher einen vergleichsweise einfachen konstruktiven Aufbau aufweist und bei welchem die Verstellkräfte auch nur in einer Richtung aufzubringen sind. Darüberhinaus sollen Spalt- und/oder Stoßverluste im Hinblick auf einen niedrigen Verbrauch reduziert werden. Schließlich soll auch die Einleitung der Verstellkraft zu dem Verstellring in einfacher Weise und darüberhinaus auch an der jeweils gewünschten Stelle erfolgen können. Ein kompakter und gewichtsparender Aufbau und ferner eine hohe Betriebssicherheit soll erreicht werden. Ferner soll bei geringem Gewicht eine funktionsgerechte Anpassung an die betrieblichen Anforderungen sowie die Einbaubedingungen gegeben sein.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird vorgeschlagen, daß die Leitschaufeln derart angeordnet sind, daß sie unter Strömungskräften in einem mittels der Endbegrenzungen vorgegebenen Einstellwinkelbereich frei schwenkbar sind.

Der vorgeschlagene Leitapparat weist einen vergleichsweise einfachen konstruktiven Aufbau auf, und Verstellkräfte sind nur in einer Richtung aufzubringen. Innerhalb der durch die Endbegrenzungen vorgegebenen Grenzen erfolgt bei Normalbetrieb bzw. im Teillastbereich eine automatische Einstellung der Leitschaufeln entsprechend der Stromlinienrichtung. Somit wird eine nicht unerhebliche Reduzierung von Spalt- und Stoßverlusten im Teillastbereich erreicht, wenn kein oder auch nur ein geringer Ladedruck für den Motor erforderlich ist. In diesem Betriebsbereich stellen sich somit die frei schwenkbaren Leitschaufeln auf "Minimalverlust" ein, ohne daß hierfür ein hoher Kontroll- und Regelaufwand, wie es bei zwangsgeführten Leitschaufeln erforderlich wäre, vorzunehmen ist. Darüberhinaus muß festgehalten werden, daß bei erhöhtem Ladedruck im Vergleich mit voll geführten Leitschaufeln übereinstimmende Ergebnisse erzielt werden. Der Leitapparat weist eine hohe Betriebssicherheit bei einer einfachen Bauweise auf, wobei die Verstellkraft praktisch an jedem gewünschten Punkt eingeleitet werden kann; eine Anpassung an die jeweiligen Einbauverhältnisse kann ohne Schwierigkeiten erfolgen. Wesentlich ist hierbei, daß die schwenkbaren Leitschaufeln nicht durch ein äußeres, an ihren Schwenkachsen angreifendes Drehmoment verstellt werden, sondern daß sie im Teillastbereich frei schwenkbar zwischen den variablen Endbegrenzungen sind. Andererseits werden die Leitschaufeln bei weiterer Belastung aufgrund den aus der Strömung resultierenden Schaufelkräften, die zwischen der Schwenkachse und der einstellbaren Endbegrenzung angreifen, auf den jeweils durch die Endbegrenzung vorgegebenen größtmöglichen Winkel aufgedreht. Die Einstellung der Endbegrenzung kann bei einem Turbolader beispielsweise nach der Ladedruckcharakteristik erfolgen. Es bedarf keiner besonderen Hervorhebung, daß bei anderen Strömungsmaschinen die Einstellbarkeit entsprechend den jeweils zweckmäßigen Parametern vorgenommen werden kann. Es ist ersichtlich, daß aufgrund der

Einstellbarkeit in Abhängigkeit von vorwählbaren Parametern eine optimale Anpassung an die jeweiligen Anforderungen und Einsatzbedingungen durchführbar ist.

In einer besonderen Ausführungsform weisen die Leitschaufeln einen seitlichen Führungsstift auf, der in einer verstellbaren Führungsnut gleitet. Es sei festgehalten, daß mittels des oben genannten Verstellringes die vorgeschlagene Führungsnut in der gewünschten Weise einstellbar ist. Aufgrund der seitlichen Anordnung des Stiftes bleibt der Durchtrittsbereich zwischen den Leitschaufeln frei.

In einer alternativen Ausführungsform ist in der Wand des Strömungskanals jeweils ein verstellbarer Führungsstift vorgesehen, welcher in einer an der Stirnseite der Leitschaufeln vorgesehenen Führungsnut oder an der stromabwärts gelegenen Profilseite gleitet. Bei dieser Ausführungsform bildet der zweckmäßig mit dem Verstellring direkt verbundene Führungsstift eine zuverlässige Auflagerung bzw. Begrenzung für die Leitschaufeln, wobei auch hier ein vergleichsweise geringer Fertigungsaufwand erforderlich ist.

In einer besonders wesentlichen Ausgestaltung ist für ein zentripetal durchströmtes Laufrad der Verstellring mit sägezahnförmigen Auflageflächen für die freien Enden der Leitschaufeln versehen. Die erfindungsgemäßen sägezahnförmigen Auflageflächen weisen zur Rotorachse einen geringeren Abstand auf als die Schwenkachsen. Die Kurvenform kann den jeweiligen Anforderungen entsprechend vorgegeben werden. Zweckmäßig sind die Kurven derart vorgegeben, daß einem Verstellwinkel des Verstellringes auch ein definierter Verstellwinkel der Schaufeln zugeordnet ist, wobei vor allem auch eine lineare Abhängigkeit ohne Schwierigkeiten vorgegeben werden kann.

Bei einer weiteren Ausführungsform für ein axial durchströmtes Laufrad liegen die freien Enden der Leitschaufeln teilweise auf dem im Strömungskanal angeordneten Verstellring auf, welcher in axialer Richtung verstellbar ist. Auch bei dieser Ausführungsform befindet sich der Verstellring in Strömungs-

richtung hinter den Schwenkachsen, so daß das durch die Schaufelkräfte bewirkte Aufdrehen durch das Anlageln der freien Enden an den Verstellring begrenzt wird.

In einer alternativen Ausführungsform sind wenigstens zwei Leitschaufeln miteinander gekoppelt und gemeinsam frei schwenkbar angeordnet. Die einzelnen Leitschaufeln sind also nicht mehr unabhängig voneinander frei schwenkbar, sondern es sind die jeweils miteinander gekoppelten Leitschaufeln gemeinsam frei schwenkbar. Im Rahmen dieser Erfindung sind über den Umfang verteilt somit die einzelnen Schaufeln zu Gruppen zusammengefaßt. Die miteinander gekoppelten Leitschaufeln weisen folglich untereinander gleiche Anstellwinkel auf, wodurch eine besonders gleichförmige Anströmung des Turbinenrades gewährleistet wird. Darüberhinaus kann aufgrund der erfindungsgemäßen Kopplung verschiedener Leitschaufeln ein nachteiliges Schwingen bzw. Flattern, wie es bei einzelnen Schaufeln unter Umständen eintreten kann, unterbunden werden. Von der gesamten Anzahl der Leitschaufeln sind jeweils zwei miteinander verbunden, wobei den jeweiligen Anforderungen entsprechend auch mehr als zwei Schaufeln, insbesondere mittels eines Hebels oder dergleichen, miteinander verbunden sind.

Ausführungsformen der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig.1 schematisch einen Längsschnitt durch eine Abgasturbine,

Fig.2 teilweise eine Ansicht in Blickrichtung A) bzw. einen Schnitt entlang Schnittlinie II gem. Fig.1,

Fig.3 eine prinzipielle Darstellung eines Axialschnittes durch den Strömungskanal von Axial-Leitschaufeln,

Fig.4 teilweise eine in die Zeichenebene projizierte Ansicht in Blickrichtung B) gem. Fig.3,

Fig.5 eine Ansicht ähnlich Fig. 4, wobei jedoch drei Leitschaufeln mittels eines Hebels aneinander gekoppelt sind.

Fig. 1 zeigt rein schematisch eine Abgasturbine mit einem zentripetal durchströmten Laufrad 2. Es ist ein spiralförmiger Einströmkanal 4 vorhanden, durch welchen in gewohnter Weise das radial nach innen strömende Abgas zu den über den Umfang verteilt angeordneten Leitschaufeln 6 gelangt. Die Leitschaufeln 6 sind in einem Gehäuse 8 um eine Schwenkachse 10 schwenkbar angeordnet, wobei die Schwenkachse sich im Bereich der Anströmkante 11 befindet. Im Gehäuse 8 ist ferner ein in geeigneter Weise um die Rotorachse 12 drehbarer Verstellring 14 angeordnet. Die Leitschaufeln liegen mit ihren freien, radial nach innen weisenden Enden 16 auf einem Vorsprung 18 des Verstellringes 14 auf. Der Verstellring 14 bzw. der Vorsprung 18, wobei entsprechende Vorsprünge auch für die übrigen über den Umfang verteilten Leitschaufeln vorhanden sind, weist eine nachfolgend noch zu erläuternde sägezahnförmige Kontur auf. Durch diese Vorsprünge 18 sind für die jeweiligen Leitschaufeln 6 innere Endbegrenzungen geschaffen, an welchen sich die Leitschaufeln bei zunehmender Belastung anlegen; im übrigen sind die Leitschaufeln um ihre Schwenkachse 10 frei schwenkbar. Mittels geeigneter Verstellmittel, welche bevorzugt pneumatisch oder auch mechanisch ausgebildet sind, ist der Verstellring 14 in die gewünschte Winkelstellung bezüglich der Rotorachse 12 einstellbar.

Fig. 2 zeigt im linken Teil eine Ansicht in Blickrichtung A und ferner im rechten Teil einen Schnitt entlang Schnittlinie II gem. Fig. 1. Der Verstellring 14 weist an seiner radialen Außenfläche die sägezahnförmig ausgebildeten Vorsprünge 18 auf, wobei jede Leitschaufel 6 ein derartiger Vorsprung 18 zugeordnet ist. In der Zeichnung ist die Stellung gezeigt, in welcher der Strömungsquerschnitt zwischen den Leitschaufeln am größten ist. Durch Drehen des Verstellringes 14 um die Rotorachse 12 in Richtung des Pfeiles 20 wird der Strömungsquerschnitt verringert. Die freien Enden 16 der Leitschaufeln 6

werden auf der sägezahnförmigen Kontur in radialer Richtung nach außen bewegt. Durch den derart ausgebildeten Verstellring 14 ist die innere variable Endbegrenzung für die Leitschaufeln 6 geschaffen. Die äußere Endbegrenzung wird bei dieser erfindungsgemäßen Ausführungsform durch die Umfangsrichtung jeweils nächst folgende Leitschaufel gebildet. Bei geringer Belastung stellen sich die Leitschaufeln 6 entsprechend der Druck- und Strömungsverhältnisse zwischen diesen beiden Endbegrenzungen ein, wodurch Spalt- und Stoßverluste auf ein Minimum reduziert werden und folglich in diesem Teillastbereich, im Vergleich zu voll geführten Leitschaufeln, sich nicht unerheblich geringere Verluste ergeben. Erfindungsgemäß sind die sägezahnförmigen Kurven bzw. Oberflächen der Vorsprünge 18 derart ausgebildet, daß eine proportionale Abhängigkeit zwischen der Änderung des Drehwinkels des Verstellringes 14 und der Änderung des Einstellwinkels der Leitschaufeln 6 gegeben ist. Ferner ist von wesentlicher Bedeutung, daß im Bereich der Vorsprünge 18 des Verstellringes 14 und somit im Bereich der Abströmkanten bzw. der freien Enden der Leitschaufeln 6 eine Verengung der Strömungsbreite gegeben ist.

Fig. 3 zeigt rein schematisch den Leitapparat für eine Abgasturbine mit einem hier nicht weiter dargestellten axial durchströmten Leitrad. Konzentrisch zur Rotorachse 12 ist der Verstellring 14 zu sehen, welcher hier als ein Hohlring ausgebildet ist und welcher erfindungsgemäß im Strömungskanal radial außen angeordnet ist. Die Leitschaufeln 6 sind um im wesentlichen radial ausgerichtete Schwenkachsen 10 schwenkbar, welche sich am vordern Ende bzw. im Bereich der Anströmkanten befinden. Das freie Ende bzw. die Abströmkante der Leitschaufel 6 liegt mit einem kleinen, radial außen liegenden Teil an der Stirnfläche des Verstellringes 14 an. Der Verstellring 14 ist in geeigneter Weise im Gehäuse 22 geführt, und er ist parallel zur Rotorachse 12 beispielsweise über einen Bolzen 24 verstellbar.

Fig. 4 zeigt in die Zeichenebene projiziert einen Teil des Leitapparates in Blickrichtung B gem. Fig. 3. Das Gehäuse 22 weist für den Bolzen 24 einen schräg liegenden Schlitz 26 auf,

so daß nicht nur eine axiale Verstellbarkeit in Richtung der Rotorachse sondern gleichzeitig auch eine Drehung um die Rotorachse für den Verstellring 14 gegeben ist. Erfindungsgemäß ist dadurch eine leichte Einstellbarkeit des Verstellringes gewährleistet. Die Leitschaufeln 6 liegen, wie in Verbindung mit Fig. 3 ohne weiteres erkennbar, mit dem äußeren Teil ihrer Abströmkante an dem Verstellring 14 an, der somit die eine Endbegrenzung bildet. Durch Bewegung des Verstellringes 14 in Richtung des Pfeiles 20 wird auch bei dieser Ausführungsform die Endbegrenzung verändert. Es bedarf keiner besonderen Hervorhebung, daß die andere Endbegrenzung durch die benachbarte Leitschaufel jeweils gegeben ist. Mit zunehmendem Ladedruck wird die durch den Pfeil 28 angedeutete Kraftkomponente des einströmenden Mediums größer, wodurch die Leitschaufeln 6 fest an die mittels des Verstellringes 14 vorgegebene Endbegrenzung gedrückt werden. Bei geringerem Ladedruck, also im Teillastbereich, geht die genannte Komponente gegen Null, und die erfindungsgemäß zwischen den Endbegrenzungen frei schwenkbaren Leitschaufeln stellen sich in die jeweils günstigste Winkelstellung automatisch ein. Eine nicht unwesentliche Reduzierung von Spalt- und Stoßverlusten ist gegeben.

In Fig. 5 ist eine Ansicht ähnlich wie Fig. 4 gezeigt, wobei jedoch die drei dargestellten Leitschaufeln 6 mittels eines Hebels 30 aneinander gekoppelt sind. Im übrigen gilt hierzu die Beschreibung von Fig. 4 entsprechend. Mittels des Hebels 30 sind die drei Leitschaufeln 6 derart miteinander gekoppelt, daß sie gemeinsam um ihre Schwenkachsen 10 schwenkbar sind und somit im Teillastbereich jeweils die gleiche Winkelstellung einnehmen. Über den Umfang verteilt sind selbstverständlich auch die übrigen hier nicht dargestellten Leitschaufeln jeweils in Gruppen aneinander gekoppelt. Im Gegensatz zu Ausführungsformen mit einzeln schwenkbaren Schaufeln, welche aufgrund der Spiralenströmung leicht voneinander abweichende Stellwinkel einnehmen, nehmen die derart miteinander gekoppelten Leitschaufeln jeweils die gleiche Winkelstellung ein. Die Gleichförmigkeit der Anströmung des Turbinenrades wird nicht unwesentlich verbessert und Schwingungen einzelner Schaufeln können unterbunden werden.

Bezugszeichenliste

2	Lauftrad
4	Eins trömkanal
6	Leitschaufel
8	Gehäuse
10	Schwenkachse
11	Anströmkannte
12	Rotorachse
14	Verstellring
16	freies Ende
18	Vorsprung
20	Pfeil
22	Gehäuse
24	Bolzen
26	Schlitz
28	Pfeil
30	Hebel

Ansprüche

1. Verstellbarer Leitapparat einer Strömungsmaschine, insbesondere einer Abgasturbine eines Turboladers, mit einem Kranz von konzentrisch um eine Rotorachse angeordneten Leitschaufeln, welche jeweils zwischen Endbegrenzungen um Schwenkachsen, die im vorderen, den Anströmkanten zugeordneten Bereich der Leitschaufeln angeordnet sind, schwenkbar sind, wobei mittels eines Verstellringes oder dergleichen eine der Endbegrenzungen einstellbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Leitschaufeln (6) derart angeordnet sind, daß sie unter den Strömungskräften in einem mittels der Endbegrenzungen vorgegebenen Einstellwinkelbereich frei schwenkbar sind.
2. Verstellbarer Leitapparat nach Anspruch 1, wobei jede Leitschaufel seitlich einen Stift aufweist, welcher in eine Führungsnut eingreift, dadurch gekennzeichnet, daß mittels der verstellbaren Führungsnut der Einstellwinkelbereich vorgebar ist.
3. Verstellbarer Leitapparat nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in der Seitenwand des Strömungskanales für jede Leitschaufel (6) ein verstellbarer Führungsstift vorgesehen ist, der in einer an der Stirnseite der Leitschaufel (6) vorgesehenen Führungsnut oder an der stromabwärts gelegenen Profilseite der Leitschaufel (6) gleitet.
4. Verstellbarer Leitapparat für ein zentripetal durchströmtes Laufrad nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Verstellring (14) einen Teil der Wand des Strömungskanales bildet und als Endbegrenzungen an Vorsprüngen (18) sägezahnförmige Auflageflächen für die freien Enden (16) der Leitschaufeln (6) aufweist.

5. Verstellbarer Leitapparat nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für ein axial durchströmtes Laufrad die freien Enden der Leitschaufeln teilweise auf einem im Strömungskanal angeordneten und als Hohlring ausgebildeten Verstellring (14) aufliegen.

6. Verstellbarer Leitapparat nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß von den Leitschaufeln jeweils wenigstens zwei Leitschaufeln (6), insbesondere mittels eines Hebels (30) oder dergleichen, miteinander gekoppelt und somit gemeinsam frei schwenkbar sind.

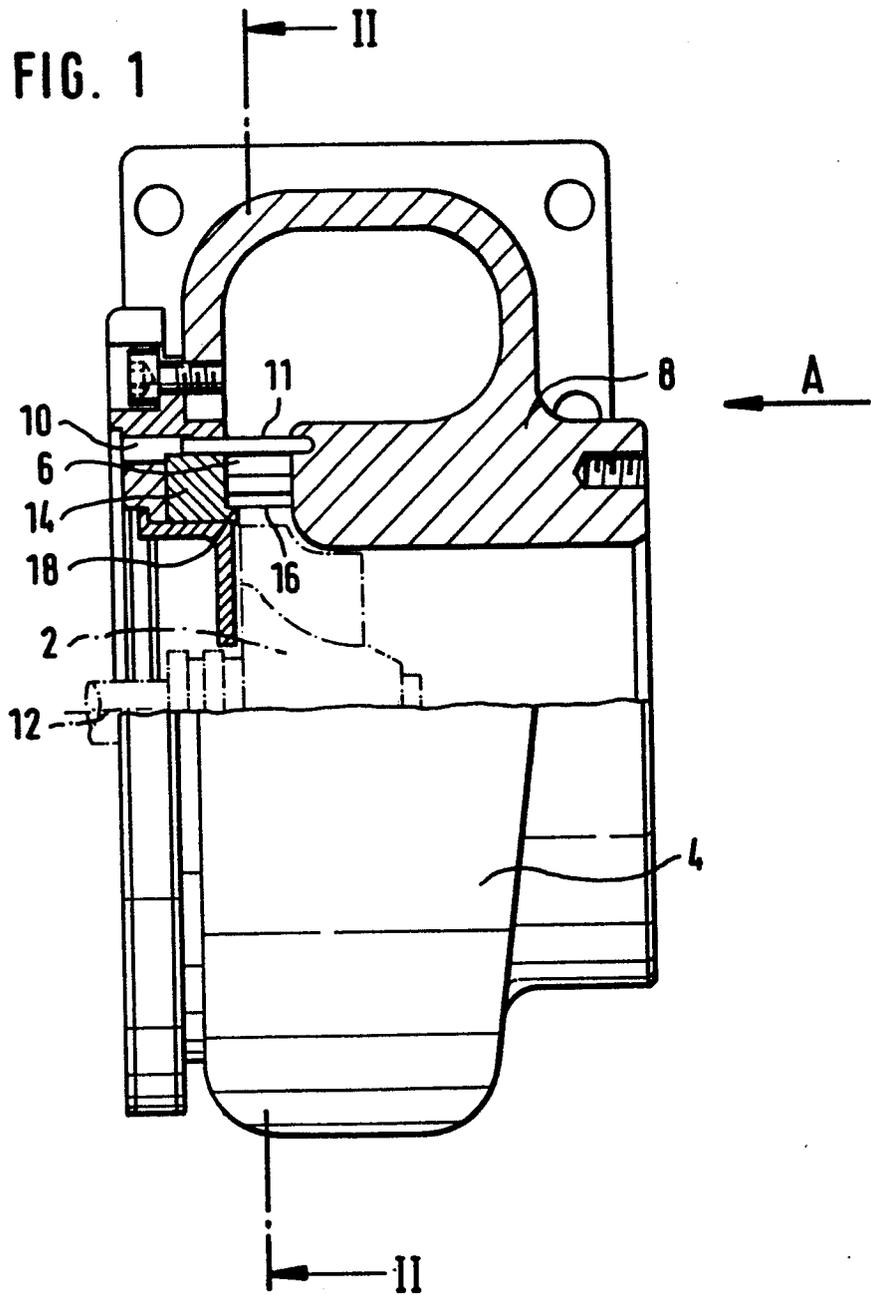
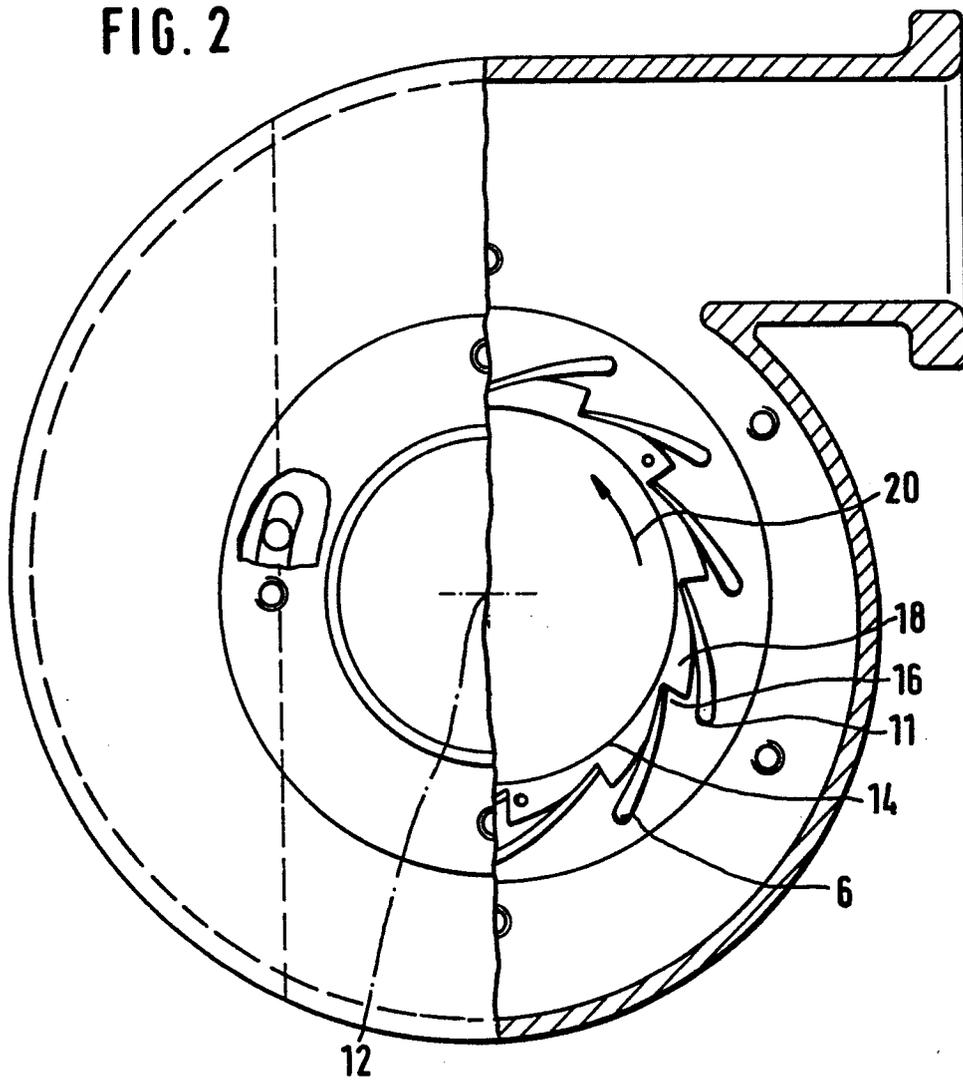


FIG. 2



3/3

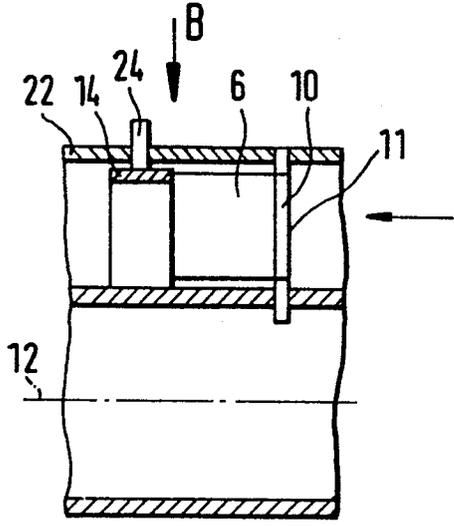


FIG. 3

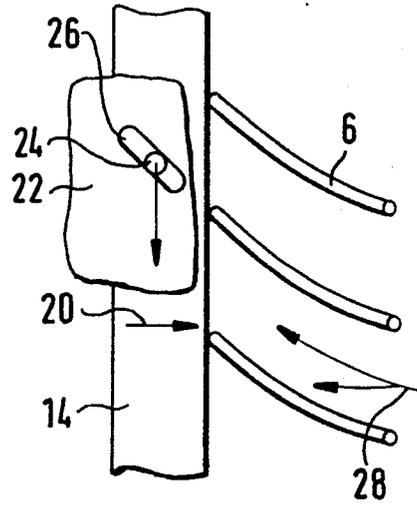


FIG. 4

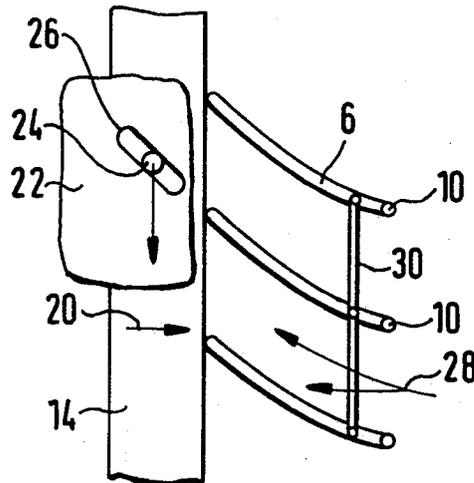


FIG. 5