



(10) **DE 10 2019 007 452 B3** 2020.10.29

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 007 452.1**
(22) Anmeldetag: **24.10.2019**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **29.10.2020**

(51) Int Cl.: **F03B 3/04 (2006.01)**
F03B 11/00 (2006.01)

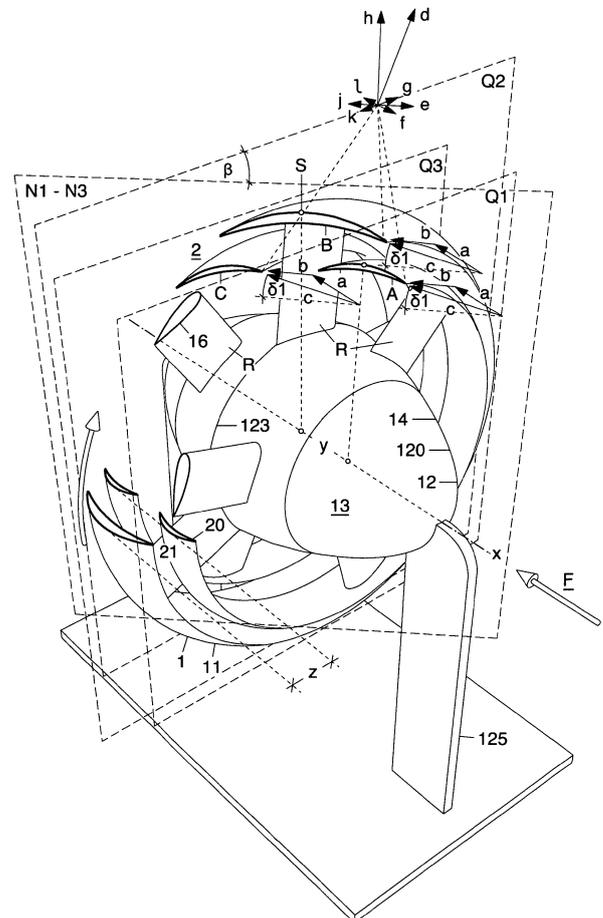
Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz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

(73) Patentinhaber:
Grimm, Friedrich, 70376 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
gleich Patentinhaber

(54) Bezeichnung: **Bidirektional wirksame Strömungsmaschine**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine bidirektional wirksame Strömungsmaschine (1), die entweder als eine Arbeits- oder als eine Kraftmaschine (10,11) ausgebildet ist und einen Leitapparat für eine diametral die Richtung wechselnde Strömung (F) aufweist. Der Leitapparat der Strömungsmaschine (1) wirkt entweder als Diffusor (14) oder als Konfusor (15) und wird von einer Flügeltreppe (2) mit mindestens drei Wirkungsebenen (Q1-Qn) auf einer Rotationsachse (x) sowie von einem Gehäuse (12) für mindestens eine elektrische Maschine (13) gebildet. Die Flügeltreppe (2) hat einen Scheitelpunkt (S) und eine Symmetrieebene in der Wirkungsebene (Q2-Qn) eines mittleren Ringflügels (B), welchem mittleren Ringflügel (B) in Richtung der Strömung (F) mindestens ein Ringflügel (A) vorausläuft und mindestens ein Ringflügel (C) nachläuft. Die Ringflügel (A,B,C) haben konvexe Saugseiten und konkave Druckseiten und sind mittels von radialen Rotorblättern (R) mit der elektrischen Maschine (13) verbunden und übergreifen einander der Länge (y) nach und mit einer radialen Steigung (z) gegenseitig derart, dass der dem mittleren Ringflügel (B) vorauslaufende Ringflügel (A) der Flügeltreppe (2) einen Leitring (20) und zusammen mit dem mittleren Ringflügel (B) eine ringförmige Leitdüse (21) für eine resultierende Anströmung (c) des mittleren Ringflügels (B) mit einem Konuswinkel (51,52) bildet.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine bidirektional wirksame Strömungsmaschine, die entweder als eine Arbeits- oder als eine Kraftmaschine ausgebildet ist und einen Leitapparat für eine diametral die Richtung wechselnde Strömung aufweist. Der Leitapparat der Strömungsmaschine wirkt entweder als Diffusor oder als Konfusor und wird von einer Flügelstreppe mit mindestens drei Wirkungsebenen auf einer Rotationsachse sowie von einem Gehäuse für mindestens eine elektrische Maschine gebildet. Die Flügelstreppe hat einen Scheitelpunkt und eine Symmetrieebene in der Wirkungsebene eines mittleren Ringflügels, welchem mittleren Ringflügel in Richtung der Strömung mindestens ein Ringflügel vorausläuft, und mindestens ein Ringflügel nachläuft. Die Ringflügel haben konvexe Saugseiten und konkave Druckseiten und sind mittels von radialen Rotorblättern mit der elektrischen Maschine verbunden und übergreifen einander der Länge nach und mit einer radialen Steigung gegenseitig derart, dass der dem mittleren Ringflügel vorauslaufende Ringflügel der Flügelstreppe einen Leitring und zusammen mit dem mittleren Ringflügel eine ringförmige Leitdüse für eine resultierende Anströmung des mittleren Ringflügels mit einem Konuswinkel bildet. Im Fall des Diffusors wird die Flügelstreppe mit dem divergenten Konuswinkel angeströmt, wobei die Außenseiten der Ringflügel als konvexe Saugseiten ausgebildet sind, während im Fall des Konfusors die Flügelstreppe mit einem konvergenten Konuswinkel angeströmt wird, wobei die Innenseiten der Ringflügel als konvexe Saugseiten ausgebildet sind, sodass jeweils in den Wirkungsebenen aus der resultierenden Anströmung eine Auftriebskraft erzeugt wird, die zu der Strömung hin und in die jeweilige Drehrichtung der Ringflügel geneigt ist. Eine periodisch und diametral die Richtung wechselnde Strömung tritt als natürliche Gezeitenströmung an Küsten, Meerengen und Flussmündungen auf, sodass eine bevorzugte Ausführungsform der bidirektionalen Strömungsmaschine eine Kraftmaschine betrifft, die als Wasserturbine von den von Ebbe und Flut verursachten Strömungen angetrieben wird. Eine bevorzugte Anwendung für die Kraftmaschine betrifft eine Luftturbine, die elektrische Energie aus einer oszillierenden Wassersäule an einem sog. OWC-Kraftwerk (Oscillating Water Column) gewinnt, das entweder mit dem Festland oder mit einem im Wasser verankerten Schwimmkörper verbunden ist. Eine neuartige Anwendung für eine luftbetriebene, bidirektional wirksame Kraftmaschine betrifft ein hydraulisches Hebewerk, das von dem überschüssigen Oberwasser eines Flusslaufs angetrieben wird und an bereits vorhandenen oder an noch zu bauenden Querbauwerken im Binnengewässernetz installiert werden kann. Eine luftdichte Einhausung der beiden von-einander getrennten Kammern des hydraulischen Hebewerks ermöglicht den Einbau von ummantelten Luftturbinen in die luftdichte Hüllkonstruktion des Hebewerks,

die von einem regelmäßig wechselnden Über- und Unterdruck in den Luftkammern des Hebewerks angetrieben werden. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist die bidirektionale Strömungsmaschine eine Arbeitsmaschine auf. Ein bidirektional wirksamer Ventilator kann z.B. in eine Gebäudehüllkonstruktion integriert werden und ermöglicht mit einer Zu- und Abluffunktion eine kontrollierte Raumlüftung. Ein größerer bidirektional wirksamer Ventilator kann für die Belüftung eines Tunnels genutzt werden. Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform der Arbeitsmaschine betrifft Ruderpropeller und insbesondere Querstrahlruder für Wasserfahrzeuge.

Stand der Technik

[0002] Anlässlich einer Erhebung zur Nutzung der Wasserkraft in Baden-Württemberg wurden 17.500 Standorte validiert. Aktuell sind nur 1.700 Laufwasserkraftwerke jeweils mit einer Leistung ab 1000 kW in Betrieb. 400 Standorte sind stillgelegt, während im Gewässernetz des Landes 665 vorhandene Querbauwerke nicht genutzt werden. Aus dieser von dem Büro am Fluss e.V. in Wendlingen am Neckar durchgeführten Wasserkraftpotenzialermittlung für Baden-Württemberg ist die weitere Ausbaumöglichkeit der Wasserkraft im Zusammenhang mit der Energiewende klar ersichtlich. Die Betreiber von Kleinwasserkraftanlagen geraten immer dann in Konflikt mit dem Naturschutz, wenn die Wanderungsbewegungen der Fische alternativlos durch den Turbinenkanal führt. Sogenannte OWC-Kraftwerke bestehen aus einer zur Brandung offenen Wellenkammer und einer oberhalb des Wasserspiegels anschließenden Luftkammer mit einer Öffnung für den Druckausgleich. Eine anbrandende Welle hebt den Wasserspiegel in der Wellenkammer und verursacht in der darüber liegenden Luftmasse einen Überdruck und eine Strömung für den Druckausgleich. Mit dem Abfließen der Welle senkt sich der Wasserspiegel wieder und die Luftströmung ändert ihre Richtung. Auf diese Weise wird eine periodisch die Richtung wechselnde Luftströmung mit hoher Geschwindigkeit genutzt, um mit einer als Luftturbine ausgebildeten Kraftmaschine, die bei wechselnder Strömungsrichtung ihre Drehrichtung beibehält, elektrische Energie zu erzeugen. Die sogenannte Wells-Turbine weist eine Mehrzahl radial um eine Rotationsachse angeordneter Rotorblätter jeweils mit einem symmetrischen Flügelprofil auf. Nachteilig dabei ist, dass die im Rotorkreis von innen nach außen zunehmende Umlaufgeschwindigkeit bei der Gestaltung des Rotorblatts mit einem symmetrischen Blattprofil, nicht wie bei einer Strömungsmaschine mit einem asymmetrischen Blattprofil, berücksichtigt werden kann. Deshalb ist der Wirkungsgrad einer Wells-Turbine nicht optimal. Maßnahmen zur Verbesserung des Wirkungsgrads betreffen adaptive Blattprofile, die auf die veränderten Anströmungsbedingungen mit einer reversiblen Blattverstellung reagieren. Bekannte Ruderpropeller

und Querstrahlruder sind als Schuberzeuger jeweils nur in eine Richtung optimal wirksam. Sogenannte Verstellpropeller, mit denen auch eine Schubumkehr ermöglicht wird, sind in der Herstellung aufwendig und im Betrieb wartungsintensiv. Im Jahr 1889 ist in R. Gaertners Verlagsbuchhandlung in Berlin ein Buch mit dem Titel „Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst“ erschienen. Otto Lilienthal veröffentlicht darin u.a. Versuchsergebnisse zum Luftwiderstand und Auftrieb unterschiedlicher Flügelprofile mit einer Saug- und einer Druckseite. Ausgehend von spiegelsymmetrischen Formen erkennt er die strömungsdynamische Funktion der Flügel Nase an einem asymmetrischen Flügelprofil, obwohl, wie er schreibt, die in **Fig. 40-43** dargestellten symmetrischen und asymmetrischen Querschnitte fast gleich gute Resultate ergaben.

[0003] Aus der DE 32 13 810 A1 geht eine Turbine hervor, die für zwei Durchflussrichtungen ausgelegt ist, bei der Leitschaufeln und radiale Rotorblätter jeweils spiegelsymmetrisch zu einer Rotationsebene angeordnet sind. Jeweils eine Leitschaukel und jeweils ein Rotorblatt eines Paares sind für eine Durchflussrichtung vorgesehen. Eine Laufschaufel weist ein einheitliches asymmetrisches Flügelprofil auf, das nicht an die unterschiedlichen Umlaufgeschwindigkeiten des Rotors angepasst werden kann, sodass es im Fall einer Luftturbine aufgrund abreißender Luftwirbel zu unerwünschten Leistungseinbußen und zu einer damit einhergehenden Geräuschentwicklung kommt.

[0004] Aus der US 2010/0 259 048 A1 geht eine Wasserturbine hervor, bei der drei Laufräder mit radialen Rotorblättern mit einem Abstand zueinander um eine gemeinsame Rotationsachse rotieren und mit einem ballastierbaren Schwimmkörper verbunden sind. Die radialen Rotorblätter eines Laufrads sind sowohl an der Nabe, als auch an einem äußeren Ring gelagert.

[0005] Aus der US 5 096 382 A geht ein ringförmiger Propeller hervor, bei dem mehrere radiale Rotorblätter jeweils an ihren Blattspitzen mit einem bogenförmigen Ringsegment verbunden sind. Zwischen den Blattspitzen wechselt das bogenförmige Ringsegment regelmäßig seine Neigung zu der Rotationsachse und seine Flügelwölbung, sodass es im Bereich der Blattspitze zu einer abrupten Unterbrechung der geschlossenen Ringform kommt. Die asymmetrische Ringform des Propellers führt zu einer ungleichmäßigen Massenverteilung, die bei einem schnelllaufenden Propeller eine unerwünschte Unwucht bewirkt, sodass Nabe und Lager extremen Belastungen ausgesetzt sind.

[0006] Aus der GB 2 026 620 A geht eine Wasserturbine hervor, bei der eine Mehrzahl radialer Rotorblätter mit einem peripheren Ring verbunden sind.

Der umgebende Ringträger der mittels mehrerer Seile in einer Strömung verankerten Turbine ist dazu ausgebildet, sekundäre Turbinen aufzunehmen, für deren Antrieb die Zentrifugalkraft des sich in der Strömung drehenden Rades genutzt wird. Aus der US 9 926 906 B2 gehen unterschiedliche Bauformen für Windturbinen hervor, die dazu ausgebildet sind, die in einer Windströmung enthaltene kinetische und thermale Energie zu nutzen. Mehrere radiale Rotorblätter sind mit einem äußeren Ringflügel verbunden, der ein asymmetrisches Flügelprofil hat und dessen Saugseite auf der Ringaußenseite liegt. Die Aufgabe des Ringflügels besteht darin, Luft in den Abstrombereich der Windturbine zu leiten und auf diese Weise der leeseitigen Aufweitung der Strömungsröhre entgegenzuwirken. Eine weitere Aufgabe des Ringflügels besteht darin, Strömungsverluste an den Spitzen der radialen Rotorblätter zu vermeiden.

[0007] Aus der JP H01- 130 067 A geht eine bidirektional durchströmbare Turbine hervor, bei der die Strömung jeweils senkrecht zur Strömungsrichtung umgelenkt wird. Eine Mehrzahl von Rotorblättern ist mit einem radialen Abstand und parallel zu einer Rotationsachse angeordnet und durchläuft eine kreisringförmige Umlaufbahn. Aus der WO 2016/ 145 477 A1 geht eine Wasserturbine mit einem zentralen Strömungsleitkörper und mehreren radial zu der Rotationsachse angeordneten Rotorblättern hervor.

[0008] Aus der WO 2013/ 021 205 A2 geht ein getriebeloser, synchron erregter Ringgenerator für eine Wasserturbine hervor.

[0009] Aus der WO 2006/ 029 496 A1 geht eine bidirektional durchströmbare Mantelturbine hervor, die symmetrisch zu einer Rotationsebene ausgebildet ist. Paarweise angeordnete radiale Rotorblätter für jeweils eine Anströmrichtung sind an ihrem äußeren Ende mit einem Ring verbunden, der in seinem Querschnitt ein elliptisches Profil aufweist und zusammen mit einer schlitzförmigen Unterbrechung des Turbinenmantels dazu ausgebildet ist, die Durchströmung der Turbine zu verbessern.

[0010] Aus der WO 2003/ 025 385 A2 geht eine Mantelturbine mit einem Leitrad und einem Laufrad hervor. Der Mantel der Turbine wirkt als Diffusor. Als Wasserturbine ist der Mantel als Strömungsleitvorrichtung spiegelsymmetrisch zu der Rotationsebene des Rotors ausgebildet, sodass die Turbine für eine regelmäßig periodisch die Richtung wechselnde Strömung ausgelegt werden kann. Der Läufer eines getriebelosen, synchron erregten Ringgenerators ist mit den Rotorblättern verbunden und wirkt mit einem in eine Kanalwand eingelassenen Statorring zusammen.

Aufgabenstellung

[0011] Ausgehend von dem dargestellten Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine neuartige bidirektional wirksame Strömungsmaschine mit einer von mindestens drei Ringflügeln gebildeten Flügelreihe anzugeben. Die Strömungsmaschine ist entsprechend einer ersten Aufgabe der Erfindung als eine Kraftmaschine dazu ausgebildet, die in einer periodisch diametral die Richtung wechselnden Strömung enthaltene Energie in eine Drehbewegung und in elektrischen Strom zu wandeln. Entsprechend einer zweiten Aufgabe ist die Strömungsmaschine als eine Arbeitsmaschine dazu ausgebildet, eine Drehbewegung in eine Strömung und in eine Schubkraft zu wandeln. Insbesondere besteht die Aufgabe der Erfindung darin eine spiegelsymmetrische Anordnung für mindestens drei Ringflügel einer Flügelreihe zu finden, die in Kombination mit radialen Rotorblättern strömungsdynamisch als Auftriebsläufer wirken und eine in die jeweilige Drehrichtung eines Ringflügels und zu der Strömung hin geneigte Auftriebskraft bewirken.

[0012] Diese Aufgaben werden mit den im Hauptanspruch genannten Merkmalen der Erfindung erfüllt. Weitere Aufgaben und vorteilhafte Eigenschaften der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor. Im Einzelnen werden durch die Erfindung folgende Aufgaben gelöst:

- Angabe einer Flügelreihe für eine Strömungsmaschine mit mehr als drei Ringflügeln, deren Flügelprofile sich der Länge nach zwischen 5 und 50 Prozent ihrer Profiltiefe übergreifen
- Volle Leistungsentfaltung der Strömungsmaschine bereits bei niedrigen Auslegungsschnelllaufzahlen λ von 2,5-3,5
- Passiv wirkende Drehzahlbegrenzung der Strömungsmaschine über die Auslegungsschnelllaufzahl X der Ringflügel
- Angabe einer leisen Strömungsmaschine, bei der die Flügelreihe eine schalltechnisch wirksame Abschirmung bildet
- Angabe einer Kraftmaschine als Luft- oder Wasserturbine
- Erzeugung einer luvseitigen Schubkraft, die dem leeseitigen Schub einer Kraftmaschine entgegenwirkt, sodass die Tragkonstruktion einer Luft- oder Wasserturbine wesentlich entlastet wird.
- Angabe einer frei angeströmten Wasserturbine für ein Gezeitenströmungskraftwerk
- Angabe einer ummantelten Kraftmaschine als eine Luftturbine für ein Wellenkraftwerk mit oszillierender Wassersäule

- Angabe einer ummantelten Kraftmaschine als eine Luftturbine an einem neuartigen hydraulischen Hebewerk an Staustufen

- Angabe einer Kraftmaschine für ein Auf- und Abwindkraftwerk

- Angabe robuster und wartungsarmer Wind- und Wasserturbinen

- Angabe einer Arbeitsmaschine als Ventilator für die kontrollierte Be- und Entlüftung eines Gebäudes

- Angabe einer Arbeitsmaschine als Ventilator für die kontrollierte Be- und Entlüftung eines Tunnels

- Angabe einer Arbeitsmaschine als Querstrahlruder für ein Wasserfahrzeug

Aufbau und Funktion der bidirektionalen Strömungsmaschine

[0013] Die bidirektional wirksame Strömungsmaschine kann entweder als eine Kraftmaschine bzw. als ein Strömungskonverter dazu ausgebildet werden, die in einer periodisch diametral die Richtung wechselnden Strömung enthaltene kinetische Energie in eine Drehbewegung, oder als eine Arbeitsmaschine bzw. als ein Schuberzeuger dazu ausgebildet werden, eine Drehbewegung in eine Strömung zu wandeln. Die Strömungsmaschine hat einen Leitapparat, der in einer Luft- oder Wasserströmung entweder als Diffusor oder als Konfusor wirkt und von einer durchströmbaren Flügelreihe mit Wirkungsebenen auf einer Rotationsachse sowie von mindestens einem Gehäuse für eine elektrische Maschine mit einer Motor- und mit einer Generatorfunktion gebildet wird. Die Flügelreihe hat einen Scheitelpunkt und eine Symmetrieebene in der Wirkungsebene des mittleren Ringflügels, dem in der jeweiligen Richtung der Strömung mindestens ein Ringflügel voraus- und mindestens ein Ringflügel nachläuft. Die Ringflügel weisen jeweils Saug- und Druckseiten auf und sind mittels von radialen Rotorblättern mit der elektrischen Maschine verbunden und übergreifen einander der Länge nach mit einer radialen Steigung gegenseitig derart, dass der vorauslaufende Ringflügel einen Leitring und zusammen mit dem mittleren Ringflügel eine ringförmige Leitdüse für die Anströmung des mittleren Ringflügels mit einem Konuswinkel bildet. Im Fall eines Diffusors wird die Flügelreihe mit einem divergenten Konuswinkel angeströmt, wobei die Außenseiten der Ringflügel als Saugseiten ausgebildet sind. Im Fall eines Konfusors wird die Flügelreihe mit einem konvergenten Konuswinkel angeströmt, wobei die Innenseiten der Ringflügel als Saugseiten ausgebildet sind. Aus einer resultierenden Anströmung erzeugen die Ringflügel in den Wirkungsebenen jeweils eine über den gesamten Umfang der Ringflügel wirkende Auftriebskraft, die zu der Strömung hin und in Drehrichtung des jeweiligen Ringflügels geneigt ist.

Besteht die Flügelstiege aus mehr als drei Ringflügeln, übergreifen sich die Ringflügel gegenseitig derart, dass eine Mehrzahl vorauslaufender Ringflügel im Fall des Diffusors einen zu dem in der Symmetrieebene angeordneten Scheitelpunkt des mittleren Ringflügels ansteigenden Lauf der Flügelstiege und eine Mehrzahl nachlaufender Ringflügel einen von dem Scheitelpunkt des mittleren Ringflügels absteigenden Lauf der Flügelstiege bildet, wobei die Ringflügel beider Treppenläufe mit einem divergenten Konuswinkel angeströmt werden. Wirkt der Leitapparat der Strömungsmaschine als Konfusor, steigt der von einer Mehrzahl vorauslaufender Ringflügel gebildete Treppenlauf der Flügelstiege zu dem in der Symmetrieebene angeordneten Scheitelpunkt des mittleren Ringflügels ab, während die Mehrzahl nachlaufender Ringflügel, ausgehend von dem Scheitelpunkt der Flügelstiege, einen ansteigenden Lauf aufweist und beide Treppenläufe mit einem konvergenten Konuswinkel angeströmt werden und sich die konvexen Saugseiten und die konkaven Druckseiten der Ringflügel jeweils der Länge nach und mit einer radialen Steigung gegenseitig derart übergreifen, dass ein in der Strömung vorauslaufender Ringflügel einen Leitring für den in der Strömung nächsten Ringflügel bildet und aufeinanderfolgende Ringflügel untereinander ringförmige Leitdüsen für die resultierende Anströmung des jeweils nächsten Ringflügels mit einem Konuswinkel bilden und die sich die Profilschnitten der Flügelprofile zwischen 5 und 50 Prozent ihrer Profiltiefe übergreifen um die ringförmige Leitdüse zu bilden. Dabei ist der von dem Gehäuse der Strömungsmaschine gebildete Leitapparat der Strömungsmaschine so ausgebildet, dass auch die resultierende Anströmung einer Mehrzahl nachlaufender Ringflügel mit einem divergenten oder konvergenten Konuswinkel erfolgt.

Anordnung und Auslegung der Flügelstiege

[0014] Das Verhältnis der Umlaufgeschwindigkeit eines Ringflügels zu der ungestörten Strömungsgeschwindigkeit ist als sog. Auslegungsschnelllaufzahl X der entscheidende Parameter für die strömungsdynamische Auslegung des Flügelprofils. Die Ringflügel weisen jeweils in einer mit einem Neigungswinkel von 20-140 Grad gegenüber der betreffenden Wirkungsebene geneigten Schnittebene durch ihren Mittelpunkt ein Auftrieb erzeugendes Flügelprofil auf, das im Fall eines Diffusors z.B. als konvex-konkaves Profil und im Fall eines Konfusors z.B. als konkav-konvexes Profil oder als plankonvexes Profil, jeweils mit einer sich von der Flügelstiege bis zu der Flügelhinterkante erstreckenden Profilschnitte und mit einer zwischen einer Skelettlinie und der Profilschnitte gemessenen Wölbungshöhe ausgebildet ist. Die Profilschnitte der Ringflügel sind jeweils mit einem Anstellwinkel gegenüber dem Konuswinkel der resultierenden Anströmung angestellt, der an dem vorauslaufenden Ringflügel z.B. 1-6 Grad, an dem mittlere-

ren Ringflügel z.B. 9-15 Grad und an dem nachlaufenden Ringflügel der Flügelstiege z.B. 6-12 Grad beträgt. Die Profilschnitte des mittleren Ringflügels ist parallel zu der Rotationsachse ausgerichtet und länger als die Profilschnitte des vorauslaufenden Ringflügels mit einer zur Strömung hin geneigten Profilschnitte und des gleich großen nachlaufenden Ringflügels mit einer gegen die Strömung geneigten Profilschnitte. Die in den Wirkungsebenen der Ringflügel jeweils an den Scheitelpunkten der konvexen Saugseiten gemessenen Radien unterscheiden sich durch eine Differenz zwischen einem kleineren und einem größeren Radius und definieren damit die radiale Steigung der Flügelstiege. Im Fall eines Diffusors ist der Radius des mittleren Ringflügels größer als der gleich große Radius des voraus- und des nachlaufenden Ringflügels. Im Fall eines Konfusors ist der Radius des mittleren Ringflügels kleiner als der gleich große Radius des voraus- und des nachlaufenden Ringflügels. Die Ringflügel rotieren entweder mit einer gleichsinnigen Drehrichtung oder mit einer gegensinnigen Drehrichtung um die Rotationsachse, wobei das Auftrieb erzeugende Flügelprofil jeweils mit einer aus der Strömungsgeschwindigkeit und aus der jeweiligen Umlaufgeschwindigkeit der Ringflügel resultierenden Anströmung diagonal zu der Rotationsachse überströmt wird und in einer mit einem Neigungswinkel von 20-140 Grad gegenüber den Wirkungsebenen geneigten Schnittebene durch den betreffenden Mittelpunkt jeweils den geringsten Widerstand verursacht, sodass die Auftriebskraft in den Schnittebenen jeweils einen Versatz zu der Rotationsachse aufweist. Würde die Auftriebskraft durch den jeweiligen Mittelpunkt eines Ringflügels verlaufen, hätte die Strömung einen weiteren Weg zurückzulegen, was mehr Widerstand zur Folge hätte. Weil die Strömung stets den Weg des geringsten Widerstands nimmt, ist die von einem Ringflügel bewirkte Auftriebskraft in Drehrichtung und zur Strömung hin geneigt, sodass in den Wirkungsebenen der Ringflügel jeweils eine tangentialer Antriebskraft und eine senkrecht dazu wirkende Schubkraft aus der Auftriebskraft resultieren. Die Flügelstiege und die Flügelhinterkante des Flügelprofils sind jeweils identisch ausgebildet und weisen luv- und leeseitig entweder einen Nasenradius oder eine flache Kreisringfläche auf. Dabei ist das Flügelprofil des Ringflügels für eine definierte Schnelllaufzahl von z.B. 2, 5-3,5 ausgelegt. Die Auslegung des Flügelprofils erfolgt über die resultierende Anströmung als Vektorsumme aus der Strömungsgeschwindigkeit, aus der Umlaufgeschwindigkeit und dem Konuswinkel der resultierenden Anströmung. Der Neigungswinkel der Schnittebene und der Konuswinkel definieren damit die resultierende Anströmung. Für den vorauslaufenden Ringflügel gilt: je flacher der Neigungswinkel, umso höher die Schnelllaufzahl. Rotieren der vorauslaufende und der mittlere Ringflügel jeweils mit einer gegensinnigen Drehrichtung, liegt der Neigungswinkel zwischen 70 und 110 Grad. Die Saugseiten der Flügelprofile sind im Fall eines Diffusors auf den

Außenseiten der Ringflügel und im Fall eines Konfusors auf den Innenseiten der Ringflügel ausgebildet. Die drei Ringflügel einer Strömungsmaschine sind Bestandteil des Leitapparats, wobei die konvexen Saugseiten und die konkaven Druckseiten der strömungsdynamisch als Auftriebsläufer wirkenden Flügelprofile jeweils in den mit Neigungswinkeln von 20-140 Grad gegenüber den Wirkungsebenen geneigten Schnittebenen für die resultierende Anströmung als Leitflächen wirken. Die Ringflügel sind jeweils für eine vorgegebene Auslegungsschnelllaufzahl X ausgelegt, sodass eine passive Drehzahlbegrenzung der Strömungsmaschine dadurch ermöglicht wird, dass die resultierende Anströmung bei Überschreitung der Auslegungsschnelllaufzahl A an dem Flügelprofil der Ringflügel abreißt und einen erhöhten Rotationswiderstand bewirkt.

Der Leitapparat als Diffusor

[0015] Ein Ringflügel, bei dem die Außenseite des Flügelprofils als Saugseite ausgebildet ist, benötigt einen Leitapparat, der als ein Diffusor wirkt, sodass die Ringflügel mit einem divergenten Konuswinkel angeströmt werden, um ein Drehmoment an der Rotationsachse zu erzeugen. Eine bevorzugte Ausführungsform des Leitapparats betrifft einen bidirektional wirksamen Diffusor, der von einem koaxial und konzentrisch zu der Rotationsachse und spiegelsymmetrisch zu der Wirkungsebene des mittleren Ringflügels angeordneten Rotationskörper mit einer Spindel-, Diskus- oder Torusform und mit einem Kragen in der Symmetrieebene des mittleren Ringflügels, von den radialen Rotorblättern sowie von der Flügeltreppe selbst gebildet wird, sodass die Strömung die drei Ringflügel mit dem divergenten Konuswinkel anströmt. Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des Leitapparats sind der spindelförmige Rotationskörper mit dem Kragen, die Flügeltreppe und die Rotorblätter innerhalb eines äußeren Mantels angeordnet, der von einer zweiseitig offenen Röhre oder von einem torusförmigen Ringkörper jeweils mit einem anströmungsseitigen Zulauf, mit einer Düsenverengung und im Fall einer Wasserturbine mit einem abstromseitigen Saugrohr gebildet wird, sodass die Strömung an der Innenseite des Mantels von der Rotationsachse weggelenkt wird und die Ringflügel mit dem divergenten Konuswinkel angeströmt werden. Die Rotorblätter sind jeweils an ihrem nabenseitigen Ende mit einem in den Rotationskörper integrierten Läufering der elektrischen Maschine und an ihrem äußeren Ende mit den Ringflügeln verbunden und wirken als Diffusor, indem sie die Strömung in eine Drehbewegung wandeln, wobei sich die Strömung verlangsamt und der damit einhergehende erhöhte Druck eine Aufweitung der Strömungsröhre bewirkt, sodass die Ringflügel mit einem Konuswinkel angeströmt werden. Die Strömung kann durch die Energieentnahme seitens der Rotorblätter und der Ringflügel nur bis zu einem gewis-

sen Grad abgebremst werden. Wird ihr zu viel Energie entnommen, bewirkt die Versperrung der Strömungsröhre einen Rückstau, der zu einem Leistungsabfall an der Strömungsmaschine führt. In diesem Sinne gilt das Betz'sche Gesetz auch für eine bidirektional durchströmbare Strömungsmaschine. Die strömungsdynamische Wirksamkeit des Ringflügels beruht jedoch auf seiner Saugseite, sodass die Strömung im Fall eines Diffusors auch außerhalb des konstruktiven Radius erfasst wird und das Betz'sche Gesetz in diesem Fall auf eine Strömungsröhre mit einem wesentlich größeren Radius angewendet werden kann, als derjenige, der durch den konstruktiven Radius des Ringflügels vorgegeben ist. Zudem verhindert der Ringflügel die Ausbildung unerwünschter Turbulenzen an den Rotorblattspitzen durch seine geschlossene Kontur an Nase und Hinterkante, wodurch der Wirkungsgrad der radialen Rotorblätter verbessert wird. Ringflügel und Rotorblätter zusammengefasst ermöglichen, bezogen auf den konstruktiven Durchmesser der Strömungsmaschine, einen Leistungsbeiwert deutlich größer als $16/27$.

Der Leitapparat als Konfusor

[0016] Ein Ringflügel, bei dem die Innenseite des Flügelprofils als Saugseite ausgebildet ist, benötigt einen Leitapparat, der als ein Konfusor wirkt, sodass die Ringflügel mit einem konvergenten Konuswinkel angeströmt werden, um ein Drehmoment an der Rotationsachse zu erzeugen. Im Fall einer Strömungsmaschine mit einem Mantel wird der Konfusor von einer Venturi-Düse gebildet, die auf der Innenseite des Mantels spiegelsymmetrisch zu der Rotationsebene des mittleren Ringflügels eine maximale Düsenverengung hat. Die Venturi-Düse lenkt die Strömung mit einem Konuswinkel zu der Rotationsachse hin. Im Bereich der maximalen Düsenverengung rotiert der mittlere Ringflügel mit einem radialen Abstand zu dem Mantel. Die Verbindung des Ringflügels zu einem an der Düsenverengung in den Mantel eingelassenen Läufering des Ringgenerators wird durch radiale Rotorblätter mit einem symmetrischen Flügelprofil hergestellt. Stromab schließt sich an den Konfusor und die Düsenverengung ein Diffusor an. Da eine bidirektional wirksame Kraftmaschine spiegelsymmetrisch zu der Rotationsebene des mittleren Ringflügels aufgebaut ist, wirkt der Leitapparat in beiden Strömungsrichtungen analog.

Ausbildungen für Kraftmaschinen

[0017] Die radialen Rotorblätter weisen bei einer Kraftmaschine ein feststehendes, bidirektional wirksames und spiegelsymmetrisch zu den Wirkungsebenen der Ringflügel angeordnetes Blattprofil mit einem in Drehrichtung ausgerichteten tropfenförmigen Querschnitt auf und verbinden die Ringflügel mit dem nabenseitigen Läufering einer elektrischen Maschine. Eine Wind- oder Wasserturbine behält in einer

periodisch diametral die Richtung wechselnden Strömung die jeweilige Drehrichtung der Ringflügel bei. In einer vorhandenen Strömung wird die Kraftmaschine von den radialen Rotorblättern und von den Ringflügeln angetrieben. An einer Kraftmaschine kann jeder der drei Ringflügel mittels der Rotorblätter mit einer eigenen elektrischen Maschine verbunden werden, sodass der vorauslaufende, der mittlere und der nachlaufende Ringflügel jeweils auf unterschiedliche Auslegungsschnellaufzahlen X beschleunigt werden können und die elektrischen Maschinen dann, wenn die jeweiligen Auslegungsschnellaufzahlen λ erreicht sind, als synchron erregte Ringgeneratoren jeweils mit einem Stator- und Läufering und mit einem Frequenzrichter an einer Luft- oder Wasserturbine elektrischen Strom erzeugen. Eine bidirektional durchströmbare Strömungsmaschine ist mit Vorteil auf unterschiedliche Bauformen von Gezeitenturbinen und Fließwasserturbinen anwendbar. Eine am Meeresgrund verankerte Wasserturbine wird entweder frei angeströmt oder ist als eine Mantelturbine mit einem bidirektional durchströmbar Gehäuse mit einem Zulauf, einer Düsenverengung und mit einem Saugrohr ausgebildet. Alternativ zu der Verankerung am Grund eines Gewässers kann eine Kraftmaschine mit der Unterseite eines in der Strömung verankerten Schwimmkörpers oder eines Schiffs verbunden werden. Die Kraftmaschine kann auch in eine Brückenkonstruktion integriert werden, bei der die Durchflussöffnungen als Leitapparat ausgebildet sind. Wasserturbinen haben eine Ankerplatte, die z.B. mit einem Schiffsboden oder mit einem Fluss- oder Meeresboden verbunden wird, um die Kraftmaschine ortsfest in einer regelmäßig die Richtung wechselnden Strömung zu verankern. Eine erfindungsgemäße Luftturbine gewinnt Energie aus einer oszillierenden Wassersäule innerhalb eines sog. OWC-Kraftwerks, das entweder mit einer Küste oder mit einem vor einer Küste verankerten Schwimmkörper verbunden ist. Bei einem raschen Wechsel der Strömungsrichtung behalten die Ringflügel einer Luftturbine ihre jeweilige Drehrichtung bei und überwinden als Schwungrad den temporären Strömungsstillstand während des Lastwechsels durch den gespeicherten Drehimpuls. Das Prinzip der oszillierenden Wassersäule kann auch an vorhandenen und an bisher nicht genutzten Querbauwerken innerhalb eines Binnengewässernetzes genutzt werden. Dafür wird ein neuartiges hydraulisches Hebewerk vorgeschlagen, das von dem allfälligen überschüssigen Oberwasser eines Flusslaufs an bereits bestehenden und an noch zu bauenden Staustufen angetrieben wird. An einer Staustufe befördert die Schwerkraft kontinuierlich wassergefüllte Behälter, die auch als Fischlift genutzt werden können, vom Oberwasser ins Unterwasser und vom Unterwasser ins Oberwasser. Ein Dach bzw. eine Einhausung des hydraulischen Hebewerks stellt gegenüber der Atmosphäre eine luftdicht abschließbare Luftkammer her, sodass in dem Dach bzw. in der Einhausung ummantelte Luftturbi-

nen installiert werden können, die beim Absenken des einen Behälters von dem Sog der in die Luftkammer nachströmenden Luft und in dem gleichzeitigen Hubvorgang des zweiten Behälters von der aus der Luftkammer entweichenden Luft angetrieben werden. Bei jedem durch Klappen vollautomatisch gesteuerten Ablassen des Oberwassers ins Unterwasser mit einem anschließenden erneuten Befüllen der Behälter können Fische gefahrlos ihrem natürlichen Wanderungsdrang sowohl stromauf als auch stromab folgen. Die Frequenz der Schleusungen hängt von der jeweils anstehenden Wassermenge ab, sodass die Strömung eines Flusses hauptsächlich durch eine Vielzahl entsprechender Schleusenammern unabhängig vom Schiffsverkehr geregelt werden kann, wobei ein ungenutztes Überschießen des gestauten Wassers nur bei Extremwetterereignissen vorgesehen ist. Das hydraulische Hebewerk nutzt die Lageenergie des Oberwassers, um in den mit den Schleusenammern verbundenen Luftkammern einen periodisch wechselnden Luftdruck zu erzeugen, aus dem mittels der elektrischen Maschine einer Luftturbine elektrischer Strom gewonnen wird. Ein zusammenhängendes Dach über einer Mehrzahl parallel zueinander angeordneter Schleusenammern kann als eine harmonisch in das Landschaftsbild eingefügte grüne Brücke über einen Fluss ausgebildet werden und dient damit der Vernetzung der durch den Fluss getrennten Biotope. Für den Druckausgleich in den Luftkammern können mehrere modular angeordnete Luftturbinen vorgesehen sein. Das hydraulische Hebewerk kann mit einer vergleichsweise geringen Wassermenge, die für jede Schleusung erforderlich ist, eine große Luftmenge für die Energiegewinnung bewegen. Schließlich kann eine erfindungsgemäße Luftturbine auch an einem Auf-/Abwindkraftwerk genutzt werden, um Strom zu erzeugen. Ein Auf-/Abwindkraftwerk nutzt einerseits den Kamineffekt für den Aufstieg solar erwärmter Luft, die über eine große Fläche durch ein Vordach des Aufwindkraftwerks tagsüber gesammelt wird, während die Abwindfunktion das Gewicht kühler Luftmassen nutzt, die innerhalb des Kamins einen Fallwind verursachen.

Ausbildungen für Arbeitsmaschinen

[0018] Bei einer Arbeitsmaschine sind mindestens die Rotorblätter des mittleren Ringflügels mit einem einheitlichen Anstellwinkel von 45 Grad gegenüber der Wirkungsebene des mittleren Ringflügels ange stellt. In einem äußeren Endabschnitt sind die Rotorblätter des mittleren Ringflügels starr mit dem vorauslaufenden, dem mittleren und mit dem nachlaufenden Ringflügel und an ihrem nabenseitigen Ende mit dem Läufering der elektrischen Maschine verbunden. Die elektrische Maschine einer Arbeitsmaschine ist als ein asynchron erregter Induktionsmotor mit Stator- und Läufering und mit einem Frequenzrichter ausgebildet, sodass die drei Ringflügel stufenlos auf die vorgegebene Auslegungsschnellaufzahl

X beschleunigt werden können. Der Induktionsmotor hat einen Frequenzumrichter, der die Steuerung der Drehzahl und den Wechsel der Drehrichtung der elektrischen Maschine und damit eine Schubumkehr ermöglicht, sodass die Arbeitsmaschine z.B. als ein Zwei-Wege-Ventilator in einer Gebäudehüllkonstruktion für den Luftwechsel mit Zu- und Abluft oder als ein bidirektional wirksames Querstrahlruder an Bug und Heck eines Wasserfahrzeugs ausgebildet werden kann.

[0019] Die Figuren zeigen unterschiedliche Ausführungsformen und Anwendungen für bidirektional durchströmbare Strömungsmaschinen. Die Schnitte A-A, B-B, C-C, D-D zeigen jeweils die strömungsdynamisch wirksamen Flügelprofile in der mit einem Neigungswinkel gegenüber der jeweiligen Wirkungsebene geneigten Schnittebene.

[0020] Es zeigen:

Fig. 1 eine Strömungsmaschine als Kraftmaschine mit Diffusor und mit vektorieller Darstellung der strömungsdynamisch bewirkten Kräfte in der perspektivischen Ausschnittsdarstellung,

Fig. 2 die Kraftmaschine nach **Fig. 1**, oben mit Anströmung von rechts und unten mit Anströmung von links, in einem Längsschnitt entlang der Rotationsachse,

Fig. 3 die Kraftmaschine nach **Fig. 1-2** mit vektorieller Darstellung der von den Ringflügeln bewirkten Kräfte in einer anströmungsseitigen Ansicht und mit Schnitten B-B und B'-B' des mittleren Ringflügels,

Fig. 4 das strömungsdynamisch wirksame konvex-konkave Flügelprofil des mittleren Ringflügels der Kraftmaschine nach **Fig. 1-3** in zwei Querschnitten A-A und A'-A',

Fig. 5 ein alternatives strömungsdynamisch wirksames polygonales Flügelprofil für den mittleren Ringflügel der Kraftmaschine nach **Fig. 1-3** in zwei Querschnitten B-B und B'-B',

Fig. 6 eine Strömungsmaschine als eine Arbeitsmaschine mit Diffusor in der perspektivischen Ausschnittsdarstellung,

Fig. 7 die Arbeitsmaschine nach **Fig. 6**, oben mit Anströmung von rechts und unten mit Anströmung von links, in einem Längsschnitt entlang der Rotationsachse,

Fig. 8 die Arbeitsmaschine nach **Fig. 6-7**, in der anströmungsseitigen Ansicht,

Fig. 9 eine Strömungsmaschine als eine Kraftmaschine mit einem Diffusor, der von einem Rotationskörper und von einem Mantel mit einer Aufweitung gebildet wird, in der perspektivischen Ausschnittsdarstellung,

Fig. 10 die Kraftmaschine nach **Fig. 9**, oben mit Anströmung von rechts und unten mit Anströmung von links, in einem Längsschnitt entlang der Rotationsachse,

Fig. 11 die Kraftmaschine nach **Fig. 9-10** mit vektorieller Darstellung der von den Ringflügeln bewirkten Kräfte in einer anströmungsseitigen Ansicht,

Fig. 12 eine Strömungsmaschine als eine Arbeitsmaschine, die als ein Querstrahlruder in den Bug eines Schiffs integriert ist, in der perspektivischen Ausschnittsdarstellung,

Fig. 13 das Querstrahlruder nach **Fig. 12** in einem Längsschnitt entlang der Rotationsachse,

Fig. 14 eine Strömungsmaschine als eine Arbeitsmaschine, die als ein Ventilator ausgebildet ist, in der perspektivischen Ausschnittsdarstellung,

Fig. 15 den Ventilator nach **Fig. 14** in einem Längsschnitt entlang der Rotationsachse,

Fig. 16 eine Strömungsmaschine als eine Kraftmaschine mit Konfusor in der perspektivischen Ausschnittsdarstellung,

Fig. 17 die Kraftmaschine nach **Fig. 16**, oben mit Anströmung von rechts und unten mit Anströmung von links, in einem Längsschnitt entlang der Rotationsachse,

Fig. 18 die Kraftmaschine nach **Fig. 16-17** mit vektorieller Darstellung der von den Ringflügeln bewirkten Kräfte in einer anströmungsseitigen Ansicht,

Fig. 19 das strömungsdynamisch wirksame konkav-konvexe Flügelprofil des mittleren Ringflügels der Kraftmaschine nach **Fig. 16-18** in zwei Querschnitten C-C und C'-C',

Fig. 20 ein alternatives strömungsdynamisch wirksames plankonvexe Flügelprofil für den mittleren Ringflügel der Kraftmaschine nach **Fig. 16-18** in zwei Querschnitten D-D und D'-D',

Fig. 21 eine Variante der Kraftmaschine nach **Fig. 16-20** mit einer von fünf Ringflügeln gebildeten Flügeltreppe in einem schematischen Längsschnitt entlang der Rotationsachse

Fig. 1 zeigt eine bidirektionale Strömungsmaschine **1**, die als eine Kraftmaschine **11** dazu ausgebildet ist, die in einer Luft- oder Wasserströmung **F** enthaltene kinetische Energie in eine Drehbewegung zu wandeln. Die Kraftmaschine **11** besteht aus einem konzentrisch und koaxial zu der Rotationsachse **x** angeordneten Rotationskörper **120**, der in der Strömung **F** als ein Diffusor **14** wirkt und ein Gehäuse **12** für eine elektrische Maschine **13** bildet.

Insgesamt neun radiale Rotorblätter **R** verbinden eine nicht näher bezeichnete Nabe des Rotationskörpers **120** mit drei Ringflügeln **A,B,C**, die in Richtung der Strömung **F** jeweils in drei hintereinander angeordneten Wirkungsebenen **Q1-Q3** rotieren. Die Rotorblätter **R** weisen ein in Drehrichtung ausgerichtetes tropfenförmiges Blattprofil **16** auf und verbinden die drei Ringflügel **A,B,C** mit einer elektrischen Maschine **13**, die in das von einem Rotationskörper **120** gebildete Gehäuse **12** der elektrischen Maschine **13** integriert ist. Die Ringflügel **A,B,C** rotieren mit einer gemeinsamen Drehrichtung um die Rotationsachse **x** und

übergreifen sich der Länge **y** und der Höhe **z** nach so, dass die Flügeltreppe **2** gebildet wird. Jeweils in Schnittebenen **N1-N3**, die mit Neigungswinkeln β gegenüber den Wirkungsebenen **Q1-Q3** geneigt sind, weisen die Ringflügel **A,B,C** das strömungsdynamisch wirksame Flügelprofil **24** eines Auftriebsläufers auf. Der Rotationskörper **120** weist einen Kragen **123** auf, sodass der von den Rotorblättern **R** und von der Flügeltreppe **2** gebildete Leitapparat der Kraftmaschine **11** als Diffusor **14** wirkt und die aus der Strömungsgeschwindigkeit **a** und der Umlaufgeschwindigkeit **b** resultierende Anströmung **c** einer Luft- oder Wasserströmung die Ringflügel **A,B,C** jeweils in den Schnittebenen **N1-N3** mit einem divergenten Konuswinkel 51 anströmt. Die resultierende Anströmung **c** bewirkt an den drei Ringflügeln **A,B,C** jeweils eine in Drehrichtung und zur Strömung **F** hin geneigte Auftriebskraft **d**, die in den Schnittebenen **N1-N3** in eine Vortriebskraft **e** und in eine Sogkraft **h** aufgeteilt wird. Aus der Vortriebskraft **e** und dem Widerstand **j** leiten sich in den Wirkungsebenen **Q** der Ringflügel **A,B,C** die tangentielle Antriebskraft **g** und der Rotationswiderstand **k** sowie die gegen die Richtung der Strömung **F** wirkende Schubkraft **F** und die Druckkraft **1** ab. Eine Halterung **125** verbindet das Gehäuse **12** der elektrischen Maschine **13** mit einer nicht näher bezeichneten Ankerplatte, die im Fall einer Wasserturbine in dem Grund eines Gewässers verankert oder mit dem Boden eines Schiffs verbunden werden kann.

Fig. 2 zeigt einen schematischen Längsschnitt der als Kraftmaschine **11** ausgebildeten Strömungsmaschine **1** mit Darstellung des bidirektional wirksamen Leitapparats, der in der oberen Hälfte der Zeichnung von rechts und in der unteren Hälfte der Zeichnung von links angeströmt wird und in der Strömung **F** jeweils als Diffusor **14** wirkt. Der Leitapparat besteht aus einem koaxial und konzentrisch zu der Rotationsachse **x** angeordneten spindelförmigen Rotationskörper **120** in Form eines doppelseitigen Rotationsparaboloids mit einem Kragen **123**, aus den Ro-

torblättern **R** und aus den Ringflügeln **A,B,C**, deren Saug- und Druckseiten in der Strömung **F** als Leitflächen **22** wirken. Die Kraftmaschine **11** ist spiegelsymmetrisch zu der Wirkungsebene **Q** des mittleren Ringflügels **B** angeordnet und kann z.B. als eine Wasserturbine zur Nutzung einer periodisch die Richtung wechselnden Gezeitenströmung ausgebildet werden. Die bidirektionale Wirkung der Kraftmaschine **11** wird durch den Kragen **123** in der Wirkungsebene **Q** des mittleren Ringflügels **B** unterstützt, in dessen Leeseite sich die Strömung **F** derart verwirbelt, dass auch der nachlaufende Ringflügel **C** mit einem divergenten Konuswinkel 51 angeströmt wird. Relativ zu dem divergenten Konuswinkel 51 der Strömung **F** weisen die Profilschnen **p** der Ringflügel **A,B,C** jeweils einen Anstellwinkel α auf, der bei dem vorauslaufenden Ringflügel **A** z.B. 6 Grad, bei dem mittleren Ringflügel **B** z.B. 15 Grad und bei dem nachlaufenden Ringflügel **C** z.B. 11 Grad beträgt.

Fig. 3 zeigt die Kraftmaschine **11** nach **Fig. 1-2** mit Darstellung der von der Strömung **F** bewirkten Auftriebskräfte **d**, die an dem vorauslaufenden Ringflügel **A** mit einem Versatz m_1 , an dem mittleren Ringflügel **B** mit einem Versatz m_2 und an dem nachlaufenden Ringflügel **C** mit einem Versatz m_3 zu der Rotationsachse **x** angreifen. Das in dem Querschnitt A-A, oben und in **Fig. 4** im Detail dargestellte, strömungsdynamisch wirksame, konvex-konkave Flügelprofil **24** des mittleren Ringflügels **B** unterscheidet sich von dem in dem Querschnitt A'-A' unten dargestellten Flügelprofil, bei dem eine Auftriebskraft **d** angenommen wurde, die ohne Versatz durch die Rotationsachse **x** verläuft. Die anströmungsseitige Ansicht der Kraftmaschine **11** zeigt die in Drehrichtung und nach Luv geneigte Auftriebskraft **d**, aus der an den Ringflügeln **A,B,C** jeweils eine Sogkraft **h** und eine tangentielle Antriebskraft **g** abgeleitet werden. Die radialen Rotorblätter **R1-R3** haben wie in **Fig. 1** gezeigt ein in Drehrichtung ausgerichtetes, tropfenförmiges Blattprofil **16** und sind jeweils an ihrem äußeren Ende mit den Ringflügeln **A,B,C** und an ihrem nabenseitigen Ende mit einer elektrischen Maschine **13** verbunden, die in das von dem Rotationskörper **120** gebildete Gehäuse **12** integriert ist.

Fig. 4 zeigt das strömungsdynamisch wirksame Flügelprofil **24** des mittleren Ringflügels **B** der Kraftmaschine **11** nach **Fig. 1-3** mit einer sich zwischen der Flügel Nase **n** und der Flügelhinterkante **o** erstreckenden Profilschnen **p** sowie mit einer zwischen der Profilschnen **p** und der Skelettlinie **t** gemessenen Wölbungshöhe **q**. Der mit einem Neigungswinkel β gegenüber der Wirkungsebene **Q2** durch den Mittelpunkt **M** geführte Querschnitt A-A zeigt das strömungsdy-

namisch wirksame Flügelprofil **24** des mittleren Ringflügels **B**, während der ebenfalls mit dem Neigungswinkel β gegenüber der Wirkungsebene **Q2** des mittleren Ringflügels **B** geführte Querschnitt A'-A' nicht durch den Mittelpunkt **M** verläuft und ein Profil zeigt, welches die Strömung **F** zu überwinden hätte, wenn sie, wie in **Fig. 3** in dem Schnitt A'-A' gezeigt, ohne Versatz m_2 die Rotationsachse x schneiden würde. Das in dem Schnitt A'-A' dargestellte Profil des mittleren Ringflügels **B** ist länger und hat eine größere Querschnittfläche als das in dem Querschnitt A-A dargestellte strömungsdynamisch wirksame Flügelprofil **24** des mittleren Ringflügels **B**. Da die Strömung **F** stets den Weg des geringsten Widerstands nimmt, dienen die in **Fig. 4** dargestellten Querschnitte A-A und A'-A' der geometrischen Beweisführung für die in **Fig. 1** und **Fig. 3** dargestellte tangentiale Antriebskraft **g** der Ringflügel **A,B,C**.

Fig. 5 zeigt ein alternatives, polygonales Flügelprofil **24** für die Ringflügel **A,B,C** der in **Fig. 1-3** dargestellten Kraftmaschine **11**. Das polygonale Flügelprofil **24** weist eine sich zwischen der Flügel Nase **n** und der Flügelhinterkante **o** erstreckende Profilsehne **p** sowie eine zwischen der Profilsehne **p** und der Skelettlinie **t** gemessenen Wölbungshöhe **q** auf. Der Querschnitt B-B zeigt das von der Strömung **F** genutzte Flügelprofil **24**. Der Querschnitt B'-B' zeigt ein angenommenes Flügelprofil **24**, das die Strömung **F** zu überwinden hätte, wenn die Auftriebskraft **d** wie in **Fig. 3** gezeigt ohne Versatz m_1 - m_3 an der Rotationsachse x angreifen würde.

Fig. 6 zeigt eine bidirektionale Strömungsmaschine **1**, die als eine Arbeitsmaschine **10** in Form eines Ventilators **17** dazu ausgebildet ist, Luft in einem schaltbaren Wechsel in zwei einander entgegengesetzte Richtungen zu beschleunigen. Im Unterschied zu der in **Fig. 1** gezeigten Kraftmaschine **11** sind bei der Arbeitsmaschine **10** die Rotorblätter **R** mit einem Anstellwinkel α von einheitlich 45 Grad gegenüber den Wirkungsebenen **Q** der Ringflügel **A,B,C** angestellt, sodass sie eine Strömung **F** generieren. Für den Wechsel der Strömungsrichtung ist es notwendig die Drehrichtung der Ringflügel **A,B,C** umzukehren. Der Ventilator **17** hat ein äußeres Gehäuse **12** dessen Innenwand konkav gewölbt ist. Die Anordnung der Ringflügel **A,B,C** entspricht im wesentlichen dem in **Fig. 1-4** gezeigten Ausführungsbeispiel. Jeweils in Schnittebenen **N1-N3**, die mit Neigungswinkeln β gegenüber den Wirkungsebenen **Q1-Q3** geneigt sind, weisen die Ringflügel **A,B,C** das strömungsdynamisch wirksame Flügelprofil **24** eines Auftriebsläufers auf. Der Leitapparat der Arbeitsmaschine **10** wirkt als Diffusor **14**, sodass, wie in **Fig. 1** gezeigt, die aus der Strömungsgeschwin-

digkeit **a** und der Umlaufgeschwindigkeit **b** resultierende Anströmung **c** die Ringflügel **A,B,C** in den Schnittebenen **N1-N3** jeweils mit einem divergenten Konuswinkel **51** anströmt. Die resultierende Anströmung **c** des Flügelprofils **24** bewirkt über den gesamten Umfang der drei Ringflügel **A,B,C** eine in Drehrichtung und zur Strömung **F** hin geneigte Auftriebskraft **d**, die jeweils in den Schnittebenen **N1-N3** in eine Vortriebskraft **e** und in eine Sogkraft **h** aufgeteilt wird. Aus der Vortriebskraft **e** und dem Widerstand **j** leiten sich in den Wirkungsebenen **Q** die tangentiale Antriebskraft **g** und der Rotationswiderstand **k** sowie die gegen die Richtung der Strömung **F** wirkende Schubkraft **F** und die Druckkraft **1** ab. Eine Halterung **125** verbindet die elektrische Maschine **13** der Arbeitsmaschine **10** mit einem äußeren Mantel **121**, der in den Aufbau der Außenwand eines Gebäudes integriert werden kann um einen kontrollierten Luftwechsel in dem Gebäude sicherzustellen.

Fig. 7 zeigt einen Längsschnitt der Arbeitsmaschine **10** nach **Fig. 6** mit Darstellung des bidirektional wirksamen Leitapparats, der in der oberen Hälfte der Zeichnung von rechts und in der unteren Hälfte der Zeichnung von links angeströmt wird und in der Strömung **F** jeweils als Diffusor **14** wirkt. Der Leitapparat besteht aus einem koaxial und konzentrisch zu der Rotationsachse x angeordneten Rotationskörper **120** in Form eines doppelseitigen Rotationsparaboloids mit einem Kragen **123** und aus den Ringflügeln **A,B,C**, deren Saug- und Druckseiten in der Strömung **F** als Leitflächen **22** wirken. Die Kraftmaschine **11** ist spiegelsymmetrisch zu der Wirkungsebene **Q** des mittleren Ringflügels **B** angeordnet und kann z.B. als eine Wasserturbine zur Nutzung einer periodisch die Richtung wechselnden Gezeitenströmung ausgebildet werden. Die bidirektionale Wirkung der Kraftmaschine **11** wird durch den Kragen **123** in der Wirkungsebene **Q** des mittleren Ringflügels **B** unterstützt, in dessen Leeseite sich die Strömung **F** derart verwirbelt, dass auch der nachlaufende Ringflügel **C** mit einem divergenten Konuswinkel **51** angeströmt wird. Wie in **Fig. 1** gezeigt weisen die Profilsehnen **p** der Ringflügel **A,B,C** relativ dem divergenten Konuswinkel **51** der Strömung **F** einen Anstellwinkel α auf, der bei dem vorauslaufenden Ringflügel **A** z.B. 6 Grad, bei dem mittleren Ringflügel **B** z.B. 15 Grad und bei dem nachlaufenden Ringflügel **C** z.B. 11 Grad beträgt. Im Unterschied zu der in **Fig. 1** gezeigten Kraftmaschine **11** weisen die Rotorblätter **R** bei der hier gezeigten Arbeitsmaschine **10** einen einheitlichen Anstellwinkel von 45 Grad gegenüber den Wirkungsebenen **Q** der Ringflügel **A,B,C** auf.

Fig. 8 zeigt die Arbeitsmaschine **10** nach **Fig. 6-7** in einer anströmungsseitigen Ansicht mit Darstellung der jeweils in Drehrichtung und nach Luv geneigten Auftriebskraft **d**, aus der jeweils in den Wirkungsebenen **Q** der Ringflügel **A,B,C** eine tangentielle Antriebskraft **g** abgeleitet wird.

Fig. 9 zeigt eine bidirektionale Strömungsmaschine **1**, die als eine Kraftmaschine **11** dazu ausgebildet ist, die in einer Strömung **F** aus Luft oder Wasser enthaltene kinetische Energie in eine Drehbewegung zu wandeln. Die Kraftmaschine **11** besteht aus einem konzentrisch und koaxial zu der Rotationsachse **x** angeordneten Rotationskörper **120**, der mittels einer Halterung **125** an einem äußeren Mantel **121** verankert ist, aus der Flügelstrecke **2** und aus den Rotorblättern **R**, die jeweils die Ringflügel **A,B,C** mit einer elektrischen Maschine **13** verbinden. Die Ringflügel **A,C** sind mittels von Rotorblättern **R** mit einem im Bereich der Düsenverengung **122** in den Mantel **121** integrierten elektrischen Maschine **13** verbunden, während der mittlere Ringflügel **B** über das nabenseitige Ende der Rotorblätter **R** mit der in den Rotationskörper **120** integrierten elektrischen Maschine **13** verbunden ist. Der Leitapparat der Kraftmaschine **11** wird von einem Mantel **121** mit einem Zulauf, mit einer Düsenverengung **122** in der Wirkungsebene **Q** des mittleren Ringflügels **B** und von einem abstromseitigen Saugrohr **124**, sowie von der Flügelstrecke **2** gebildet. Der zentrale Rotationskörper **120** wirkt zusammen mit der Erweiterung des Mantels **121** als ein Diffusor **14**, sodass die Ringflügel **A,B,C**, wie in **Fig. 9** gezeigt, jeweils mit einem divergenten Konuswinkel **51** angeströmt werden.

Fig. 10 zeigt die Kraftmaschine **11** nach **Fig. 9** in einem schematischen Längsschnitt, die in der oberen Hälfte der Zeichnung von rechts und in der unteren Hälfte der Zeichnung von links angeströmt wird und in der Strömung **F** jeweils als Diffusor **14** wirkt. Der Leitapparat der Kraftmaschine **11** besteht aus einem koaxial und konzentrisch zu der Rotationsachse **x** angeordneten spindelförmigen Rotationskörper **120** mit einem Kragen **123** und aus der von den Ringflügeln **A,B,C** gebildeten Flügelstrecke **2**, deren Saug- und Druckseiten in der Strömung **F** als Leitflächen **22** wirken. Die Kraftmaschine **11** ist spiegelsymmetrisch zu der Wirkungsebene **Q** des mittleren Ringflügels **B** angeordnet und kann z.B. als eine Wasserturbine zur Nutzung einer periodisch die Richtung wechselnden Gezeitenströmung ausgebildet werden. Die bidirektionale Wirkung der Kraftmaschine **11** wird durch den Kragen **123** in der Wirkungsebene **Q** des mittleren Ringflügels **B** unterstützt, in dessen Leeseite sich die Strömung **F** derart verwirbelt, dass auch

der nachlaufende Ringflügel **C** mit einem divergenten Konuswinkel **51** angeströmt wird. Relativ zu dem divergenten Konuswinkel **51** der der resultierenden Anströmung weisen die Profildrehrichtungen **p** der Ringflügel **A,B,C**, wie in **Fig. 2** dargestellt einen Anstellwinkel **α** auf.

Fig. 11 zeigt die Kraftmaschine **11** nach **Fig. 9-10** in einer anströmungsseitigen Ansicht mit Darstellung der jeweils in Drehrichtung und nach Luv geneigten Auftriebskraft **d**, aus der jeweils in den Wirkungsebenen **Q** der Ringflügel **A,B,C** eine Sogkraft **h** und eine tangentielle Antriebskraft **g** abgeleitet sind.

Fig. 12 zeigt eine Strömungsmaschine **1** als eine Arbeitsmaschine **10**, die als ein bidirektional wirksames Querstrahlruder **18** in den Bug eines nicht näher bezeichneten Schiffs integriert ist. Der Leitapparat des Querstrahlruders **18** besteht aus einem spindelförmigen Rotationskörper **120**, der eine elektrische Maschine **13** aufnimmt und mittels von sechs lösbaren radialen Halterungen **125** derart in einen äußeren Mantel **121** mit einer Erweiterung eingesetzt ist, dass für die Strömung **F** ein Zulauf, eine Düsenverengung **122** und ein Saugrohr **124** gebildet werden. Die Rotorblätter **R** des mittleren Ringflügels **B** sind an ihrem äußeren Ende starr mit den Ringflügeln **A,B,C** und nabenseitig mit der in den Rotationskörper **120** integrierten elektrischen Maschine **13** verbunden. Die Rotorblätter **R2** weisen einen einheitlichen Anstellwinkel **α** von 45 Grad gegenüber der Wirkungsebene **Q** des mittleren Ringflügels **B** auf. Die elektrische Maschine **13** ist als ein Induktionsmotor mit einem Frequenzumrichter ausgebildet, der eine stufenlose Regelung der Drehzahl und eine Umkehr der Schubrichtung ermöglicht.

Fig. 13 zeigt das Querstrahlruder **18** nach **Fig. 12** in einem Längsschnitt entlang der Rotationsachse **x** mit Darstellung der von dem Querstrahlruder **18** bewirkten Schubkraft **f**, oben von rechts nach links und unten von links nach rechts. Der Längsschnitt zeigt den als Diffusor **14** wirkenden Leitapparat des Querstrahlruders **18**, der von dem konzentrisch und koaxial zu der Rotationsachse **x** ausgebildeten Rotationskörper **120** mit einem Kragen **123** in der Wirkungsebene **Q** des mittleren Ringflügels **B**, von der Flügelstrecke **2** sowie von einem äußeren Mantel **121**, einem Zulauf und einem Saugrohr **124** gebildet wird. Die konvexen Saugseiten und die konkaven Druckseiten der Ringflügel **A,B,C** sind jeweils als Leitflächen **22** für die Strömung **F** ausgebildet. Der Kragen **123** ist ebenfalls Teil des Leitapparats und bewirkt, dass in der jeweiligen Richtung der Strömung **F** die drei Ringflügel **A,B,C** mit einem divergenten Konuswinkel **51** angeströmt werden. Dabei ist der vorauslaufende Ringflügel **A** als ein Leitring **20** für die An-

strömung des mittleren Ringflügels **B** ausgebildet. Durch eine horizontale Länge y und durch eine vertikale Höhe z übergreifen sich die Ringflügel **A,B,C** so, dass zwischen dem vorauslaufenden Ringflügel **A** und dem mittleren Ringflügel **B** eine Leitdüse **21** gebildet wird.

Fig. 14 zeigt eine Strömungsmaschine **1** als Arbeitsmaschine **10**, die als ein Ventilator **17** ausgebildet ist. Das Gehäuse **12** des Ventilators **17** besteht aus einem torusförmigen Rotationskörper **120**, der zusammen mit einem äußeren Mantel **121** einen Ringtorus bildet. Die elektrische Maschine **13** arbeitet als asynchron erregte Induktionsmaschine und weist einen Statorring **130** und einen Läufering **131** auf. Radiale Rotorblätter **R**, die mit einem Anstellwinkel von 45 Grad gegenüber der Wirkungsebene Q des mittleren Ringflügels **B** angestellt sind, sind mit den drei Ringflügel **A,B,C** und an ihrem nabenseitigen Ende mit dem Läufering **131** des Ringgenerators starr verbunden. Die Rotorblätter **R** weisen gegenüber der Innenseite des Ringtorus eine Haarfuge auf.

Fig. 15 zeigt den Ventilator **17** nach **Fig. 14** in einem Längsschnitt entlang der Rotationsachse x . Die Ringflügel **A,B,C** übergreifen einander der Länge y und der Höhe z nach derart, dass eine Flügeltreppe **2** gebildet wird, wobei die konvexen Saugseiten und die konkaven Druckseiten der Ringflügel **A,B,C** als Leitflächen **22** für die von den Rotorblättern **R** induzierte Strömung F wirken.

In Richtung der Strömung F , die die Ringflügel **A,B,C** oben von rechts und unten von links anströmt, wirkt jeweils der vorauslaufende Ringflügel **A** als ein Leitring **20** für die Anströmung des mittleren Ringflügels **B** mit dem divergenten Konuswinkel **51**. Ein Leitgitter **23** ist Teil des Leitapparats des Ventilators **17**.

Abstromseitig ist das Leitgitter **23** verstellbar ausgebildet. Die von der Strömungsmaschine **1** erzeugte, entgegen der Strömungsrichtung wirkende Schubkraft f führt dazu, dass die anströmende Luft angesaugt wird. Die Rotorblätter **R** weisen einen einheitlichen Anstellwinkel von 45 Grad gegenüber den Wirkungsebenen Q der Ringflügel **A,B,C** auf und erzeugen die Strömung F . Ein Wechsel der Drehrichtung des Ventilators **17** bewirkt eine Schubumkehr mit einer diametral entgegengesetzten Richtung der Strömung F .

Fig. 16 zeigt eine Strömungsmaschine **1**, die als eine Kraftmaschine **11** mit einem von einem äußeren Mantel **121** gebildeten Gehäuse **12** ausgebildet ist. Der Leitapparat der Kraftmaschine **11** wirkt in der jeweiligen Richtung der Strömung F als Konfusor **15**, sodass die Ringflügel **A,B,C**, wie in **Fig. 17** gezeigt mit einem

konvergenten Konuswinkel **52** angeströmt werden. Der Leitapparat weist für die Strömung F einen sich verjüngenden Zulauf, eine Düsenverengung **122** in Form einer Venturi-Düse und einen sich abstromseitig erweiternden Auslauf auf, der im Fall einer Wasserturbine als Saugrohr **124** wirkt. Radiale Rotorblätter **R** verbinden die Ringflügel **A,B,C** jeweils mit einer in das Gehäuse **12** eingelassenen elektrischen Maschine **13**. Die Ringflügel **A** und **C** sind jeweils rechtsdrehend, während der mittlere Ringflügel **B** linksdrehend ausgebildet ist. Die Kraftmaschine **11** kann entweder als Wasser- oder als Windturbine ausgebildet werden.

Fig. 17 zeigt einen Längsschnitt durch die Kraftmaschine **11** nach

Fig. 16 entlang der Rotationsachse x , oben mit der Strömung F von rechts und unten mit der Strömung F von links. Die Ringflügel **A,B,C** bilden untereinander eine Flügeltreppe **2**, wobei sie sich der Länge y nach und mit der Höhe z derart übergreifen, dass zwischen dem vorauslaufenden Ringflügel **A** und dem mittleren Ringflügel **B** eine Leitdüse **21** gebildet wird. Innerhalb der Strömung F wirken die außenliegenden Druckseiten und die innenliegenden konvexen Saugseiten der Ringflügel **A,B,C** jeweils als Leitflächen **22**, die in der Strömung F einerseits einen möglichst geringen Widerstand hervorrufen und andererseits, wie in **Fig. 18** gezeigt, in den Wirkungsebenen Q eine tangentielle Antriebskraft g in der jeweiligen Drehrichtung der Ringflügel **A,B,C** bewirken. Die Rotorblätter **R** sind jeweils spiegelsymmetrisch zu den Wirkungsebenen Q ausgebildet und weisen, wie in **Fig. 18** gezeigt, jeweils ein tropfenförmiges Blattprofil **16** mit einer in Drehrichtung ausgerichteten Flügelnase n auf.

Fig. 18 zeigt die Kraftmaschine **11** nach **Fig. 16-17** mit Darstellung der von der Strömung F bewirkten Auftriebskraft d , die an dem vorauslaufenden Ringflügel **A** einen Versatz m_1 , an dem mittleren Ringflügel **B** einen Versatz m_2 und an dem nachlaufenden Ringflügel **C** einen Versatz m_3 aufweist. Das in dem Querschnitt $D-D$ und in **Fig. 20** im Detail dargestellte, plankonvexe und strömungsdynamisch wirksame Flügelprofil **24** des mittleren Ringflügels **B** unterscheidet sich von dem in dem Querschnitt $D'-D'$ dargestellten Flügelprofil, bei dem eine Auftriebskraft d angenommen wurde, die ohne Versatz durch die Rotationsachse x der in **Fig. 16, Fig. 17** dargestellten Flügeltreppe **2** verläuft. Die gegensinnige Drehrichtung der Ringflügel **A,C** und des Ringflügels **B** werden in einer schematischen Schnittdarstellung der Blattprofile **16** der radialen Rotorblätter **R** deutlich.

Fig. 19 zeigt das strömungsdynamisch wirksame konkav-konvexe Flügelprofil **24** des vorauslaufenden und des nachlaufenden Ringflügels **A,B** der Kraftmaschine **11** nach **Fig. 16-18** mit einer sich zwischen der Flügel Nase **n** und der Flügelhinterkante **o** erstreckenden Profilschne **p** sowie mit einer zwischen der Profilschne **p** und der Skelettlinie **t** gemessenen Wölbungshöhe **q**. Der mit einem Neigungswinkel β gegenüber den Wirkungsebenen **Q1,Q3** durch die Mittelpunkte **M** des vorauslaufenden und des nachlaufenden Ringflügels **A,B** geführte Querschnitt C-C zeigt das strömungsdynamisch wirksame konkav-konvexe Flügelprofil **24**, während der ebenfalls mit dem Neigungswinkel β gegenüber den Wirkungsebenen **Q1,Q3** geführte Querschnitt C'-C' nicht durch die Mittelpunkte **M** des vorauslaufenden und des nachlaufenden Ringflügels **A,B** geführt ist und ein Profil zeigt, welches die Strömung **F** zu überwinden hätte, wenn sie die Rotationsachse **x** ohne den in **Fig. 18** an den Ringflügeln **A,B,C** gezeigten Versatz m_1, m_2, m_3 schneiden würde. Das in dem Schnitt C'-C' dargestellte Profil des vorauslaufenden und des nachlaufenden Ringflügels **A,B** ist länger und hat eine größere Querschnittfläche als das in dem Querschnitt C-C dargestellte strömungsdynamisch wirksame, konkav-konvexe Flügelprofil **24** der Ringflügel **A,C**. Da die Strömung **F** stets den Weg des geringsten Widerstands nimmt, dienen die in **Fig. 19** dargestellten Querschnitte auch der geometrischen Beweisführung für die in **Fig. 18** dargestellte tangentielle Antriebskraft **g** der Ringflügel **A,B,C**.

Fig. 20 zeigt das plankonvexe Flügelprofil **24** des mittleren Ringflügels **B** der Kraftmaschine **11** nach **Fig. 16-19**. Das plankonvexe Flügelprofil **24** weist eine sich zwischen der Flügel Nase **n** und der Flügelhinterkante **o** erstreckende Profilschne **p** sowie eine zwischen der Profilschne **p** und der Skelettlinie **t** gemessenen Wölbungshöhe **q** auf. Der Querschnitt D-D zeigt das strömungsdynamisch wirksame Flügelprofil **24**, während der Querschnitt D'-D' dasjenige Flügelprofil zeigt, welches die Strömung **F** zu überwinden hätte, wenn die Auftriebskraft **d**, wie in **Fig. 18** am Beispiel des mittleren Ringflügels **B** gezeigt, keinen Versatz zu der Rotationsachse **x** aufweisen würde.

Fig. 21 zeigt einen Längsschnitt durch eine Kraftmaschine **11**, die sich von dem in **Fig. 16-20** gezeigten Ausführungsbeispiel durch die Anzahl der Ringflügel **A,B,C** unterscheidet. Die Flügelstufen **2** wird von insgesamt fünf Ringflügeln **A,B,C** gebildet, wobei neben dem mittleren Ringflügel **B** zwei vorauslaufende Ringflügel **A** und zwei nachlaufende Ringflügel **C** dargestellt sind. Die Flügelstufen **2** ist spiegelsymmetrisch zu der Wirkungsebene **Q3** des mittleren Ring-

flügels **B** mit dem Scheitelpunkt **S** aufgebaut und ist oberhalb der Rotationsachse **x** mit einer Strömungsrichtung von rechts und unterhalb der Rotationsachse **x** mit einer Strömungsrichtung von links dargestellt. Das Gehäuse **12** der als Kraftmaschine **11** ausgebildeten Strömungsmaschine weist einen Mantel **121** mit einem einströmungsseitigen Zulauf, einer als Venturi-Düse ausgebildeten Düsenverengung **122** mit einem Kragen **123** sowie einem Auslauf, der im Fall einer Wasserturbine als Saugrohr **124** ausgebildet ist, auf. In den Mantel **121** der Kraftmaschine **11** ist eine elektrische Maschine **13** eingelassen, die aus fünf in Reihe angeordneten Statorringen **130** und Läuferlingen **131** aufgebaut ist, sodass die fünf Ringflügel **A,B,C** unabhängig voneinander um die Rotationsachse **x** rotieren können. Sowohl die beiden vorauslaufenden Ringflügel **A** als auch die beiden nachlaufenden Ringflügel **C** übergreifen einander der Länge **y** nach zwischen den Mittelpunkten **M** auf der Rotationsachse **x** und der Höhe **z** nach zwischen den Scheitelpunkten **S**, sodass zwischen den vorauslaufenden Ringflügeln **A** und dem mittleren Ringflügel **B** sowie zwischen dem mittleren Ringflügel **B** und den nachlaufenden Ringflügeln **C** jeweils eine ringförmige Leitdüse **21** gebildet wird. Wie in **Fig. 16** dargestellt, sind die Ringflügel **A,B,C** der Flügelstufen **2** jeweils mittels von drei radialen Rotorblättern mit symmetrischen Blattprofilen **16** mit den Läuferlingen **131** der elektrischen Maschine **13** verbunden. Dabei kann die Drehrichtung von einem zum nächsten Ringflügel **A,B,C** jeweils wechseln.

Bezugszeichenliste

1	Strömungsmaschine
x	Rotationsachse
y	Länge
z	Steigung
A,B,C	Ringflügel
M	Mittelpunkt
S	Scheitelpunkt
R	Rotorblatt
Q1-Qn	Wirkungsebene
N1-Nn	Schnittebene
β	Neigungswinkel
10	Arbeitsmaschine
11	Kraftmaschine
12	Gehäuse
120	Rotationskörper
121	Mantel

		Patentansprüche
122	Düsenverengung	
123	Kragen	
124	Saugrohr	
125	Halterung	
13	Elektrische Maschine	
130	Statorring	
131	Läuferring	
14	Diffusor	
15	Konfusor	
16	Blattprofil	
17	Ventilator	
18	Querstrahlruder	
2	Flügelstiege	
F	Strömung	
α	Anstellwinkel	
$\delta 1$	Divergenter Konuswinkel	
$\delta 2$	Konvergenter Konuswinkel	
20	Leitring	
21	Leitdüse	
22	Leitfläche	
23	Leitgitter	
24	Flügelprofil	
a	Strömungsgeschwindigkeit	
b	Umlaufgeschwindigkeit	
c	Resultierende Anströmung	
d	Auftriebskraft	
e	Vortriebskraft	
f	Schubkraft	
g	Tangentiale Antriebskraft	
h	Sogkraft	
j	Widerstand	
k	Rotationswiderstand	
1	Druckkraft	
m1-mm	Versatz	
n	Flügelnahe	
o	Flügelhinterkante	
p	Profilsehne	
q	Wölbungshöhe	
r1, r2	Radius	
t	Skelettlinie	
		<p>1. Bidirektional wirksame Strömungsmaschine (1), die entweder als eine Arbeits- oder als eine Kraftmaschine (10,11) ausgebildet ist und einen Leitapparat für eine diametral die Richtung wechselnde Strömung (F) aufweist, der entweder als Diffusor (14) oder als Konfusor (15) wirkt und von einer Flügelstiege (2) mit mindestens drei Wirkungsebenen (Q1-Qn) auf einer Rotationsachse (x) sowie von einem Gehäuse (12) für mindestens eine elektrische Maschine (13) gebildet wird, welche Flügelstiege (2) einen Scheitelpunkt (S) und eine Symmetrieebene in der Wirkungsebene (Q2-Qn) eines mittleren Ringflügels (B) hat, welchem mittleren Ringflügel (B) in Richtung der Strömung (F) mindestens ein Ringflügel (A) vorausläuft und mindestens ein Ringflügel (C) nachläuft und welche Ringflügel (A,B,C) konvexe Saugseiten und konkave Druckseiten aufweisen, die mittels von radialen Rotorblättern (R) mit der elektrischen Maschine (13) verbunden sind und einander der Länge (y) nach und mit einer radialen Steigung (z) gegenseitig derart übergreifen, dass der dem mittleren Ringflügel (B) vorauslaufende Ringflügel (A) der Flügelstiege (2) einen Leitring (20) und zusammen mit dem mittleren Ringflügel (B) eine ringförmige Leitdüse (21) für eine resultierende Anströmung (c) des mittleren Ringflügels (B) mit einem Konuswinkel (51,52) bildet, wobei im Fall des Diffusors (14) die Flügelstiege (2) mit einem divergenten Konuswinkel (51) angeströmt wird und die Außenseiten der Ringflügel (A, B,C) als konvexe Saugseiten ausgebildet sind und im Fall des Konfusors (15) die Flügelstiege (2) mit einem konvergenten Konuswinkel (52) angeströmt wird und die Innenseiten der Ringflügel (A,B,C) als konvexe Saugseiten ausgebildet sind, sodass jeweils in den Wirkungsebenen (Q1-Qn) aus der resultierenden Anströmung (c) eine Auftriebskraft (d) erzeugt wird, die zu der Strömung (F) hin und in die jeweilige Drehrichtung der Ringflügel (A,B,C) geneigt ist.</p> <p>2. Strömungsmaschine (1) nach Anspruch 1, bei der die Ringflügel (A,B,C) sich gegenseitig derart übergreifen, dass der mindestens eine vorauslaufende Ringflügel (A) im Fall des Diffusors (14) einen zu dem Scheitelpunkt (S) des mittleren Ringflügels (B) ansteigenden Lauf der Flügelstiege (2) und der mindestens eine nachlaufende Ringflügel (C) einen von dem Scheitelpunkt (S) des mittleren Ringflügels (B) absteigenden Lauf der Flügelstiege (2) bilden und im Fall des Konfusors (15) die vorauslaufenden Ringflügel (A) einen zu dem Scheitelpunkt (S) des mittleren Ringflügels (B) absteigenden Lauf der Flügelstiege (2) und die nachlaufenden Ringflügel (C) einen von dem Scheitelpunkt (S) des mittleren Ringflügels (B) ansteigenden Lauf der Flügelstiege (2) bilden, wobei sich die konvexen Saugseiten und die konkaven Druckseiten der Ringflügel (A) der Länge (y) nach und mit einer radialen Steigung (z) gegenseitig derart übergreifen, dass jeweils ein vorauslaufender Ring-</p>

flügel (A) einen Leitring (20) für den in Richtung der Strömung (F) nächsten Ringflügel (A) bildet und zwei aufeinanderfolgende Ringflügel (A) eine ringförmige Leitdüse (21) für die resultierende Anströmung (c) des jeweils nächsten Ringflügels (A) mit einem Konuswinkel (51,52) bilden, wobei der von dem Gehäuse (12) gebildete Leitapparat der Strömungsmaschine (1) die resultierende Anströmung (c) der nachlaufenden Ringflügel (C) mit einem Konuswinkel (51,52) bewirkt.

3. Strömungsmaschine (1) nach Anspruch 1, bei der die Ringflügel (A,B,C) jeweils in einer mit einem Neigungswinkel (β) von 20-140 Grad gegenüber einer der Wirkungsebenen (Q1-Qn) geneigten Schnittebene (N1-Nn) durch ihren Mittelpunkt (M) auf der Rotationsachse (x) ein Auftrieb erzeugendes, bidirektional wirksames Flügelprofil (24) aufweisen, das im Fall eines Diffusors (14) entweder als konvex-konkaves Profil oder als polygonales Profil und im Fall eines Konfusors (15) entweder als konkav-konvexes Profil oder als plankonvexes Profil, jeweils mit einer sich von der Flügel Nase (n) bis zu der Flügelhinterkante (o) erstreckenden Profilschne (p) und mit einer zwischen einer Skelettlinie (t) und der Profilschne (p) gemessenen Wölbungshöhe (q) ausgebildet ist und die Profilschnen (p) der Ringflügel (A,B,C) jeweils einen Anstellwinkel (α) relativ zu dem Konuswinkel (51,52) der resultierenden Anströmung (c) aufweisen, der an einem vorauslaufenden Ringflügel (A) z.B. 1-6 Grad, an dem mittleren Ringflügel (B) z.B. 9-15 Grad und an einem nachlaufenden Ringflügel (C) z.B. 6-12 Grad beträgt.

4. Strömungsmaschine (1) nach Anspruch 3, bei der die Ringflügel (A,B,C) entweder mit einer gleichsinnigen Drehrichtung um die Rotationsachse (x) rotieren, oder jeweils mit einer gegensinnigen Drehrichtung um die Rotationsachse (x) rotieren, wobei das Auftrieb erzeugende Flügelprofil (24) mit der aus einer Strömungsgeschwindigkeit (a) und aus einer Umlaufgeschwindigkeit (b) der Ringflügel (A,B,C) resultierenden Anströmung (c) quer zu der Rotationsachse (x) überströmt wird und in einer mit einem Neigungswinkel (β) von 20-140 Grad gegenüber den Wirkungsebenen (Q1-Qn) geneigten Schnittebenen (N1-Nn) durch den Mittelpunkt (M) des jeweiligen Ringflügels (A,B,C) den geringsten Widerstand (j) verursacht, sodass die Auftriebskraft (d) in den Schnittebenen (N1-Nn) jeweils mit einem Versatz (m1-mn) an der Rotationsachse (x) angreift und in den Wirkungsebenen (Q1-Qn) der Ringflügel (A,B,C) aus der Auftriebskraft (d) eine tangentielle Antriebskraft (g) und eine entgegen der Strömung (F) und parallel zu der Rotationsachse (x) wirkende Schubkraft (f) abgeleitet werden können.

5. Strömungsmaschine (1) nach Anspruch 3 oder 4, bei der sich die Profilschnen (p) der Flügelprofile (24) zwischen identisch ausgebildeten Nasen (n)

und Hinterkanten (o) der Ringflügel (A,B,C) erstrecken, wobei bei einer von drei Ringflügeln (A,B,C) gebildeten Flügeltreppe (2) die Profilschne (p) des mittleren Ringflügels (B) mit dem Radius (r2) länger ist als die Profilschne (p) des in Richtung der Strömung (F) vorauslaufenden Ringflügels (A) mit einem Radius (r1) und des gleich großen nachlaufenden Ringflügels (C) mit dem Radius (r1) und sich die jeweils an den Scheitelpunkten (S) der konvexen Saugseiten der Ringflügel (A,B,C) gemessenen Radien (r1, r2) durch die radiale Steigung (z) als der Differenz zwischen den Radien (r1, r2) derart unterscheiden, dass der Radius (r2) des mittleren Ringflügels (B) im Fall eines Diffusors (14) größer ist als der Radius (r1) der voraus- und des nachlaufenden Ringflügels (A, C) und der Radius (r2) des mittleren Ringflügels (B) im Fall eines Konfusors (15) kleiner ist als der Radius (r1) der voraus- und des nachlaufenden Ringflügels (A,C), wobei die Profilschnen (p) der Flügelprofile (24) einander zwischen 5 und 50 Prozent ihrer Profiltiefe übergreifen um die ringförmige Leitdüse (21) zu bilden und die Ringflügel (A,B,C) strömungsdynamisch eine Auftriebskraft (d) erzeugen und jeweils für eine vorgegebene Auslegungsschnelllaufzahl λ ausgelegt sind, sodass eine passive Drehzahlbegrenzung der Strömungsmaschine (1) dadurch ermöglicht wird, dass die resultierende Anströmung (c) bei Überschreitung der Auslegungsschnelllaufzahl X an dem Flügelprofil (24) der Ringflügel (A,B,C) abreißt und einen erhöhten Rotationswiderstand (k) bewirkt.

6. Strömungsmaschine (1) nach Anspruch 1, bei der die elektrische Maschine (13) die radialen Rotorblätter (R) und jeden einzelnen Ringflügel (A,B,C) einer Kraftmaschine (11) individuell auf die jeweilige Auslegungsschnelllaufzahl λ beschleunigt, um dann, wenn die Auslegungsschnelllaufzahl X erreicht ist, als ein synchron erregter Ringgenerator mit Stator- und Läufer (130,131) und mit einem Frequenzumrichter z.B. an einer Luft- oder Wasserturbine elektrischen Strom zu erzeugen, oder bei der die elektrische Maschine (13) einer Arbeitsmaschine (10) die mit den radialen Rotorblättern (R) verbundenen Ringflügel (A,B,C) auf eine Auslegungsschnelllaufzahl λ beschleunigt, wobei die elektrische Maschine (13) als ein Induktionsmotor mit Stator- und Läufern (130,131) und mit einem Frequenzumrichter ausgebildet ist und die Arbeitsmaschine (10) z.B. als ein bidirektional wirksamer Ventilator (17) oder als ein bidirektional wirksames Querstrahlruder (18) arbeitet.

7. Strömungsmaschine (1) nach Anspruch 1, deren Gehäuse (12) in Richtung der Strömung (F) als ein Diffusor (14) wirkt, sodass die resultierende Anströmung (c) der Ringflügel (A,B,C) einen divergenten Konuswinkel (51) aufweist, wobei der Diffusor (14) entweder von einem spiegelsymmetrisch zu der Wirkungsebene (Q1-Qn) des mittleren Ringflügels (B) und koaxial und konzentrisch zu der Rotationsachse (x) angeordneten Rotationskörper (120) mit einer

Spindel-, Diskus- oder Torusform und mit einem Kragen (123) gebildet wird, oder dass der Diffusor (14) von dem Rotationskörper (120) mit Kragen (123) und von einem Mantel (121) gebildet wird, der eine bezüglich des Rotationskörpers (120) komplementäre Erweiterung aufweist und der Mantel (121) als ein in beide Richtungen der Strömung (F) offenes Rohr oder als ein torusförmiger Ringkörper, jeweils mit einem anströmungsseitigen Zulauf, mit einer Düsenverengung (122) und im Fall einer Wasserturbine mit einem abstromseitigen Saugrohr (124) ausgebildet ist.

8. Strömungsmaschine (1) nach Anspruch 1, deren Gehäuse (12) in der jeweiligen Richtung der Strömung (F) als Konfusor (15) wirkt und von einem Mantel (121) mit einem Zulauf, einer Düsenverengung (122) mit Kragen (123) und im Fall einer Wasserturbine mit einem Saugrohr (124) gebildet wird, wobei die Strömung (F) die Ringflügel (A,B,C) mit dem konvergenten Konuswinkel (δ_2) anströmt und der Scheitelpunkt (S) des mittleren Ringflügels (B) sowie die maximale Düsenverengung (122) des Mantels (121) in der Wirkungsebene (Q2-Qn) des mittleren Ringflügels (B) angeordnet sind.

9. Strömungsmaschine (1) nach Anspruch 1, die als eine Arbeitsmaschine (10) ausgebildet ist, bei der die Rotorblätter (R) des mittleren Ringflügels (B) an ihrem nabenseitigen Ende mit dem Läufering (131) der elektrischen Maschine (13) und in einem Endabschnitt starr mit den Ringflügeln (A,B,C) verbunden sind und einen einheitlichen Anstellwinkel (α) von 45 Grad gegenüber der Wirkungsebene (Q2-Qn) des mittleren Ringflügels (B) aufweisen, wobei die Umkehr der Drehrichtung der elektrischen Maschine (13) mittels eines Wechselrichters einen Richtungswechsel der Schubkraft (f) bewirkt, sodass die Arbeitsmaschine (11) als ein Zwei-Wege-Ventilator (17) in einer Gebäudehüllkonstruktion für den Luftwechsel mit Zu- und Abluft oder als ein bidirektional wirksames Querstrahlruder (18) an Bug und Heck eines Wasserfahrzeugs ausgebildet werden kann.

10. Strömungsmaschine (1) nach Anspruch 1, die als eine Kraftmaschine (11) ausgebildet ist, wobei die Rotorblätter (R) jeweils ein feststehendes, bidirektional wirksames und spiegelsymmetrisch zu den Wirkungsebenen (Q1-Qn) der Ringflügel (A,B,C) angeordnetes Blattprofil (16) mit einem tropfenförmigen Querschnitt aufweisen, sodass die Kraftmaschine (11) in der periodisch diametral die Richtung wechselnden Strömung (F) die jeweilige Drehrichtung der Ringflügel (A,B,C) beibehält und die elektrische Maschine (13) als Generator einer Luft- oder Wasserturbine elektrischen Strom erzeugt.

Es folgen 19 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

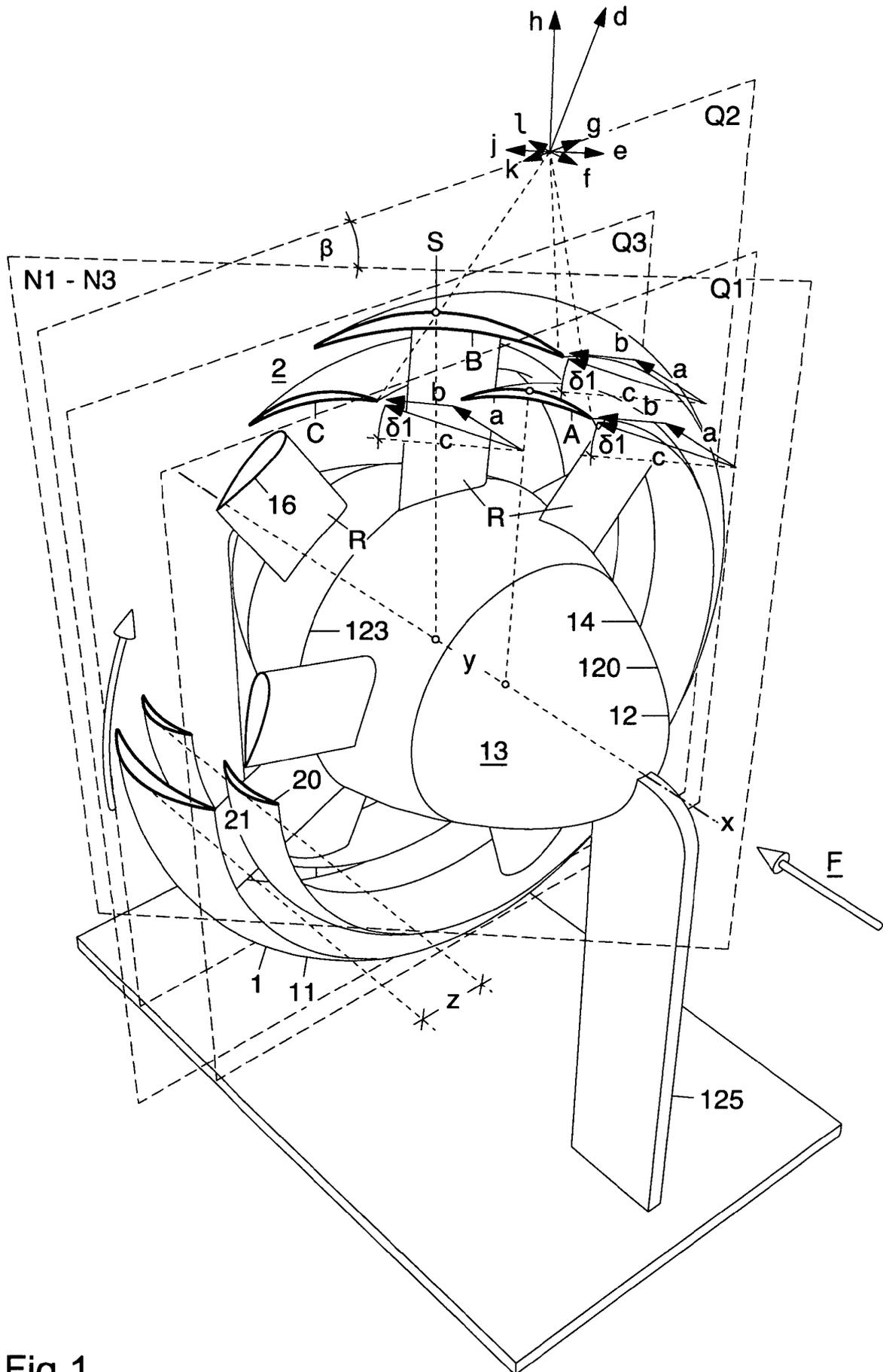


Fig.1

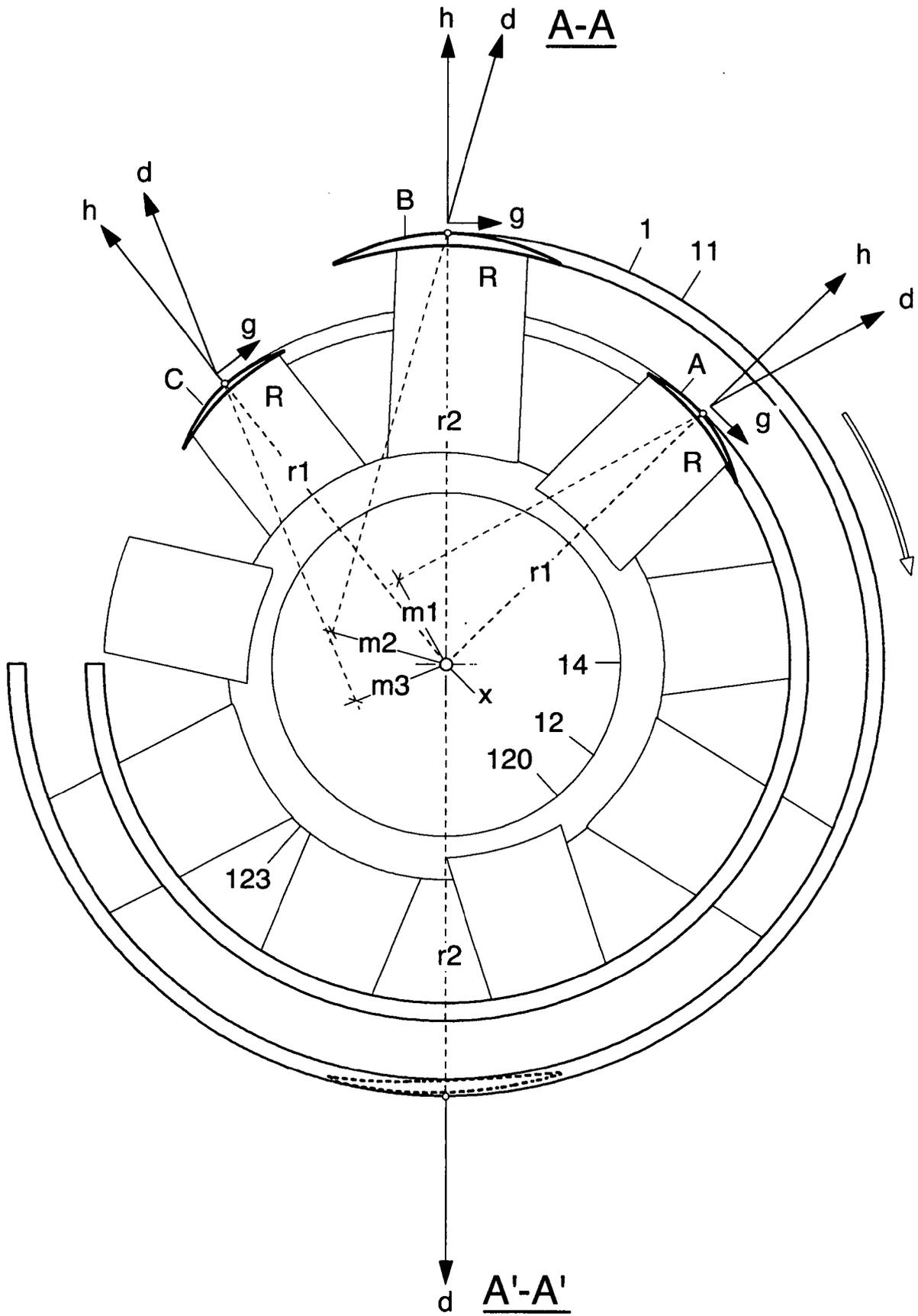
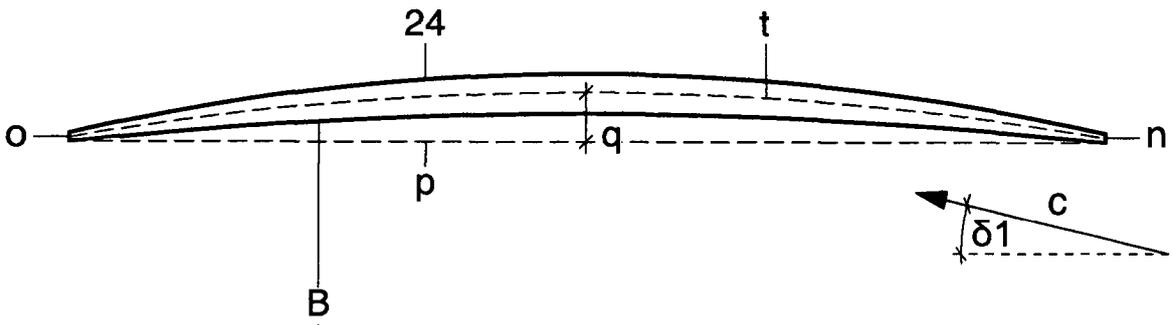


Fig.3

A-A



A'-A'

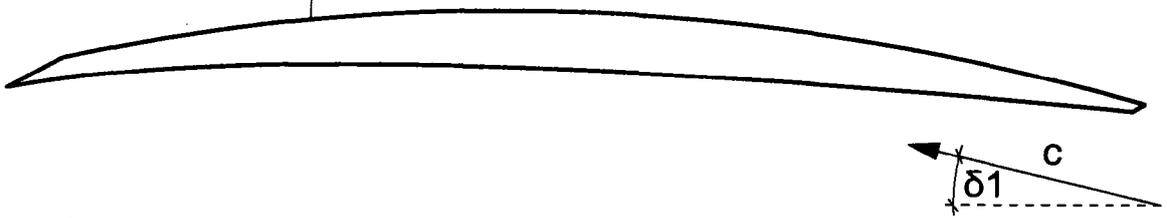
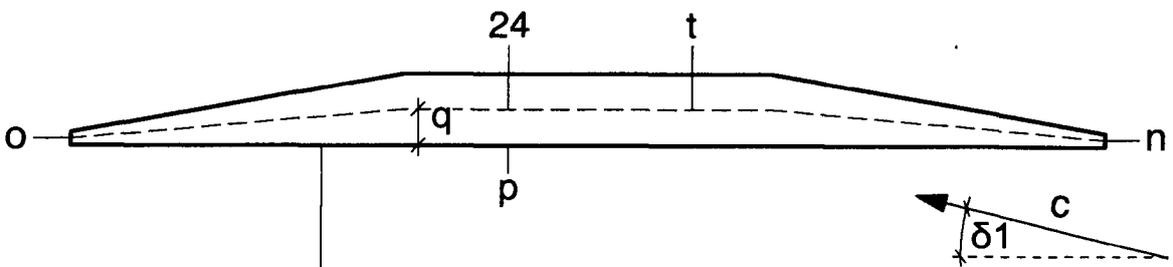


Fig.4

B-B



B'-B'



Fig.5

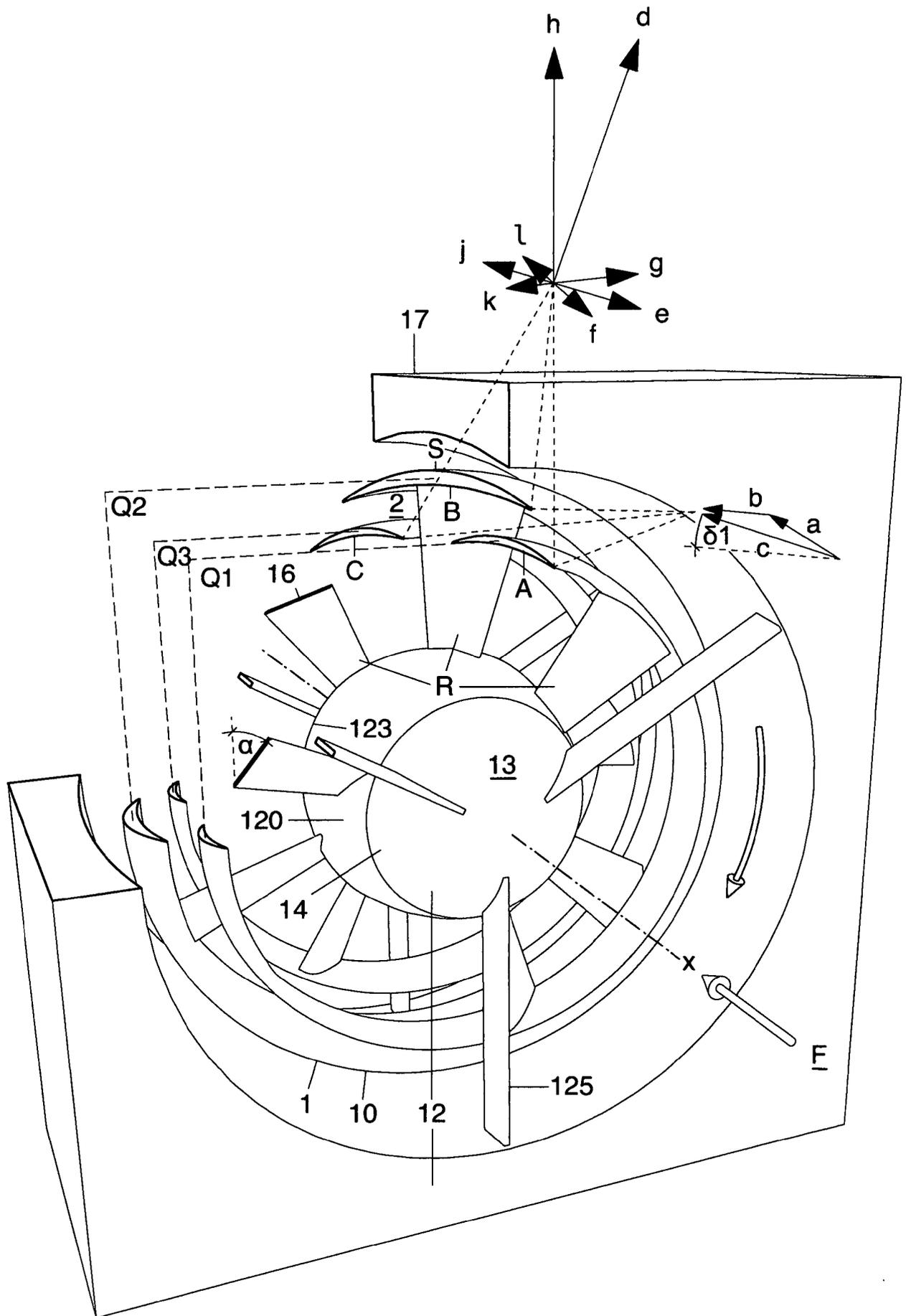


Fig.6

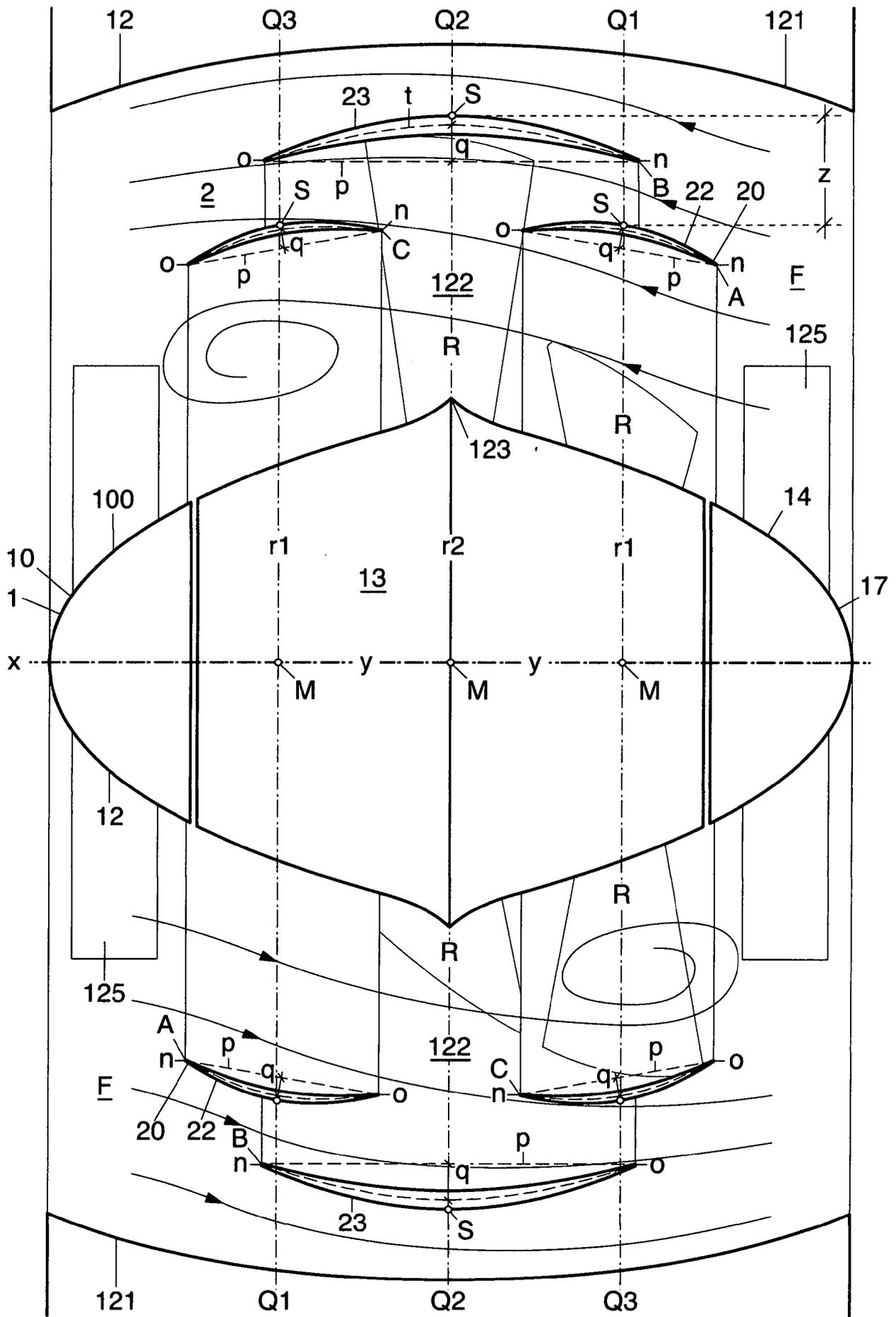


Fig.7

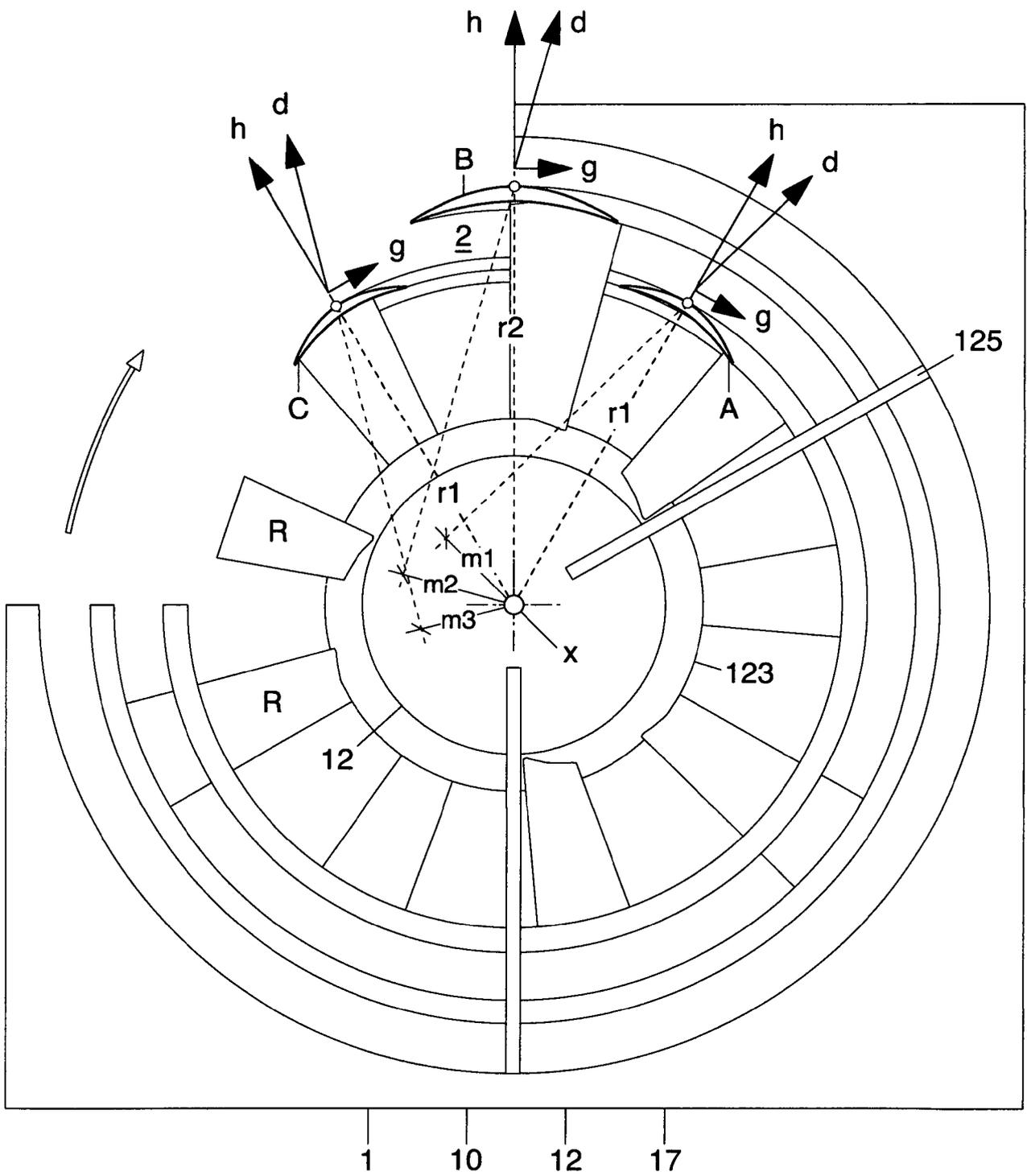


Fig.8

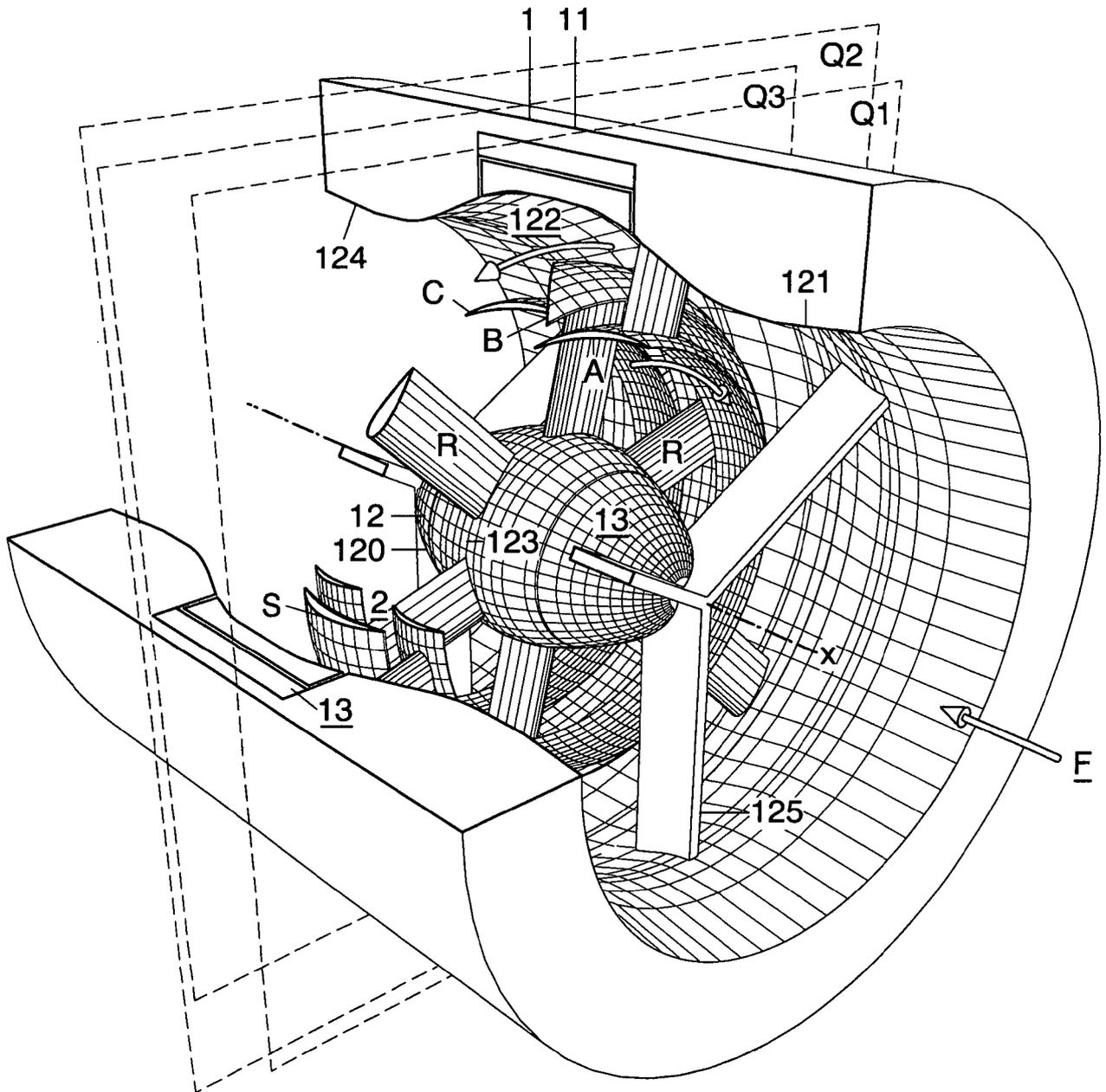


Fig.9

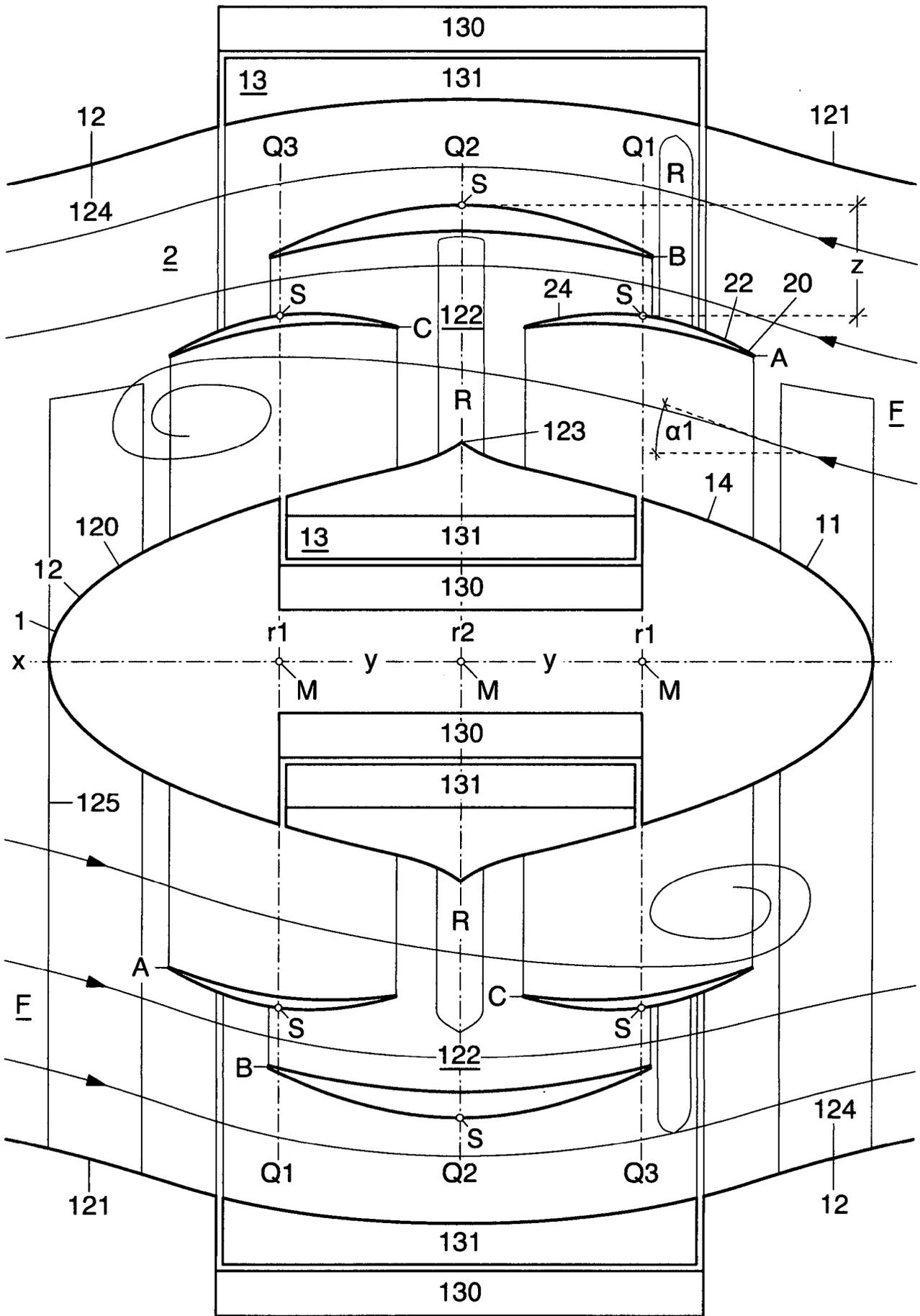


Fig.10

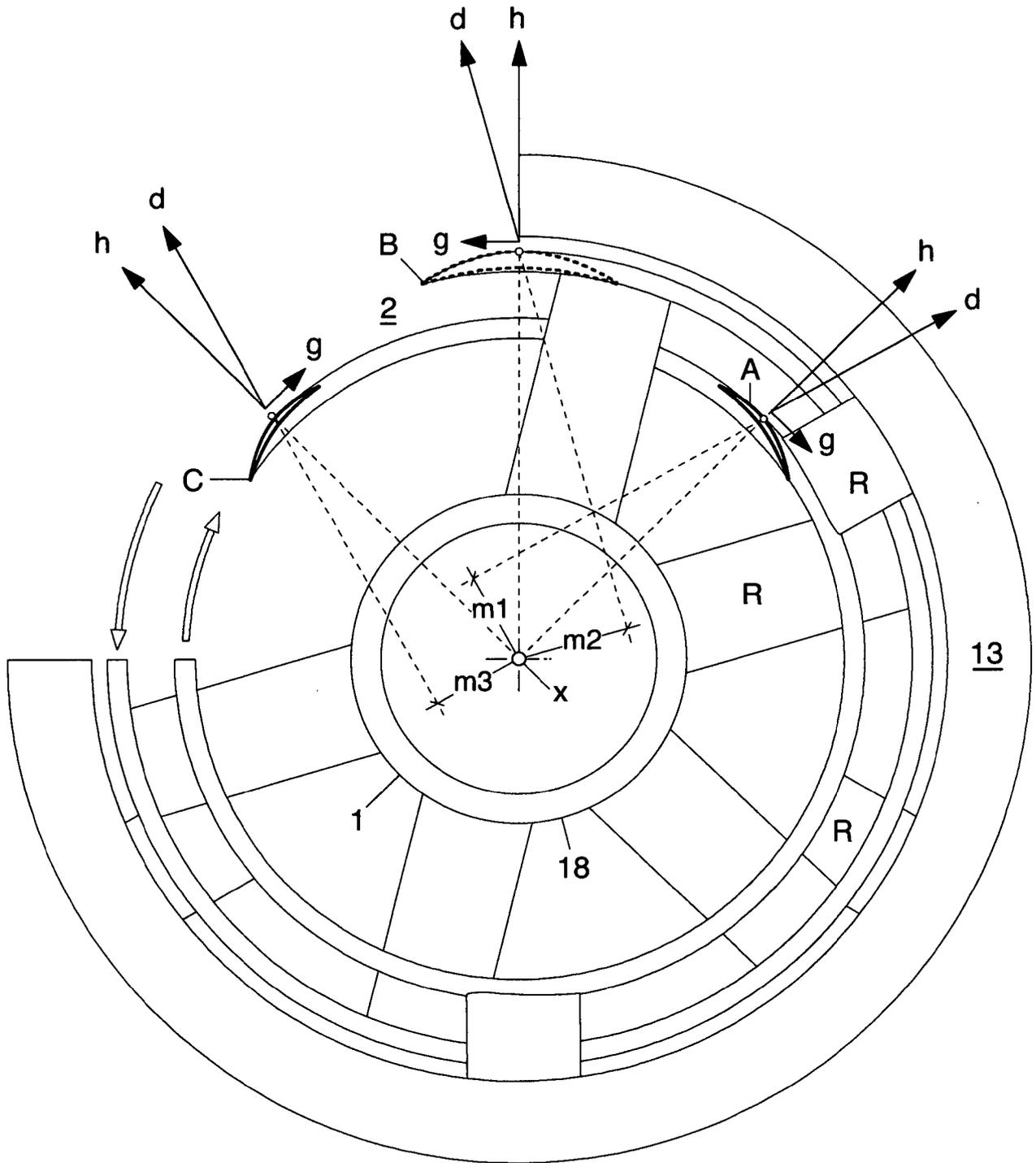


Fig.11

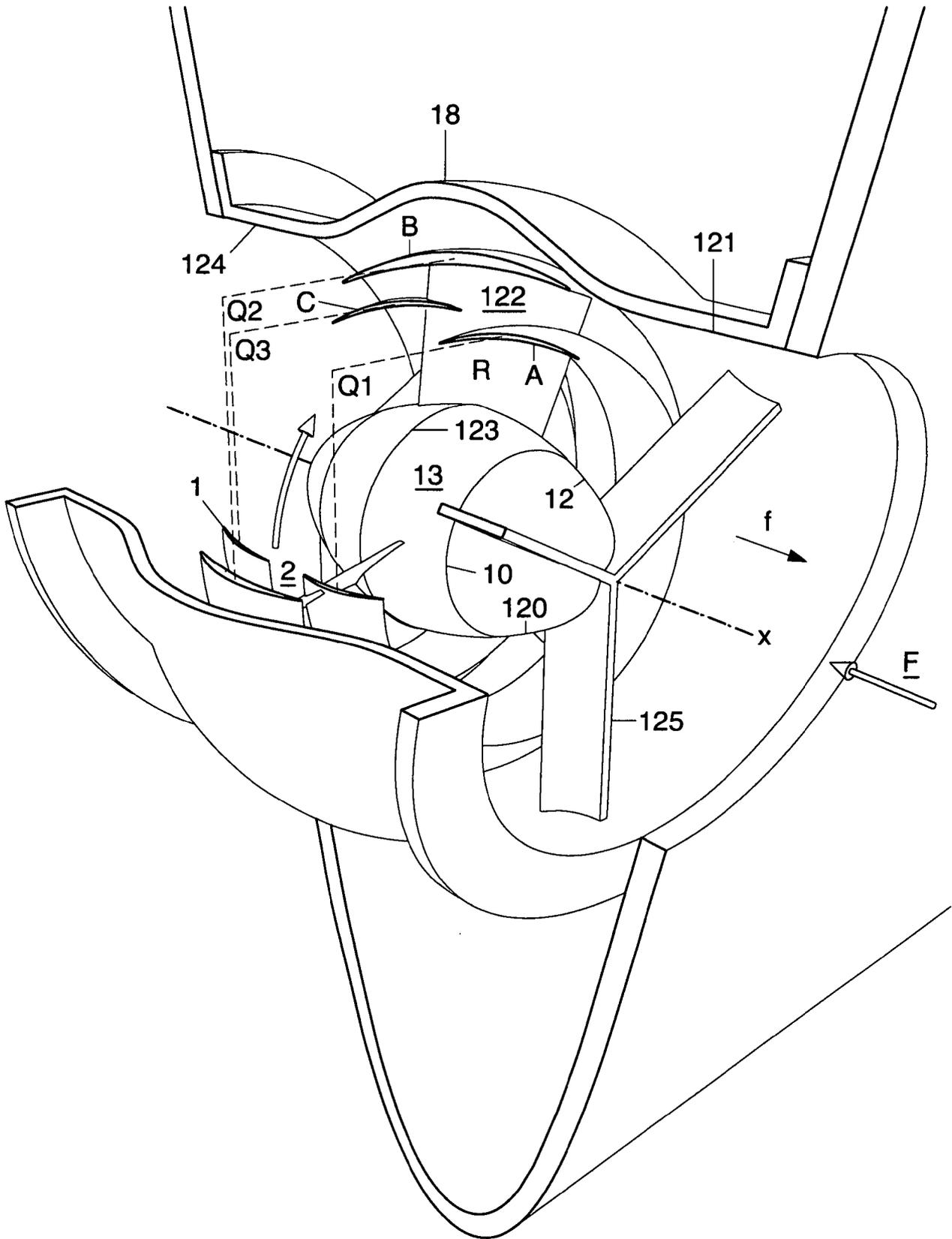


Fig.12

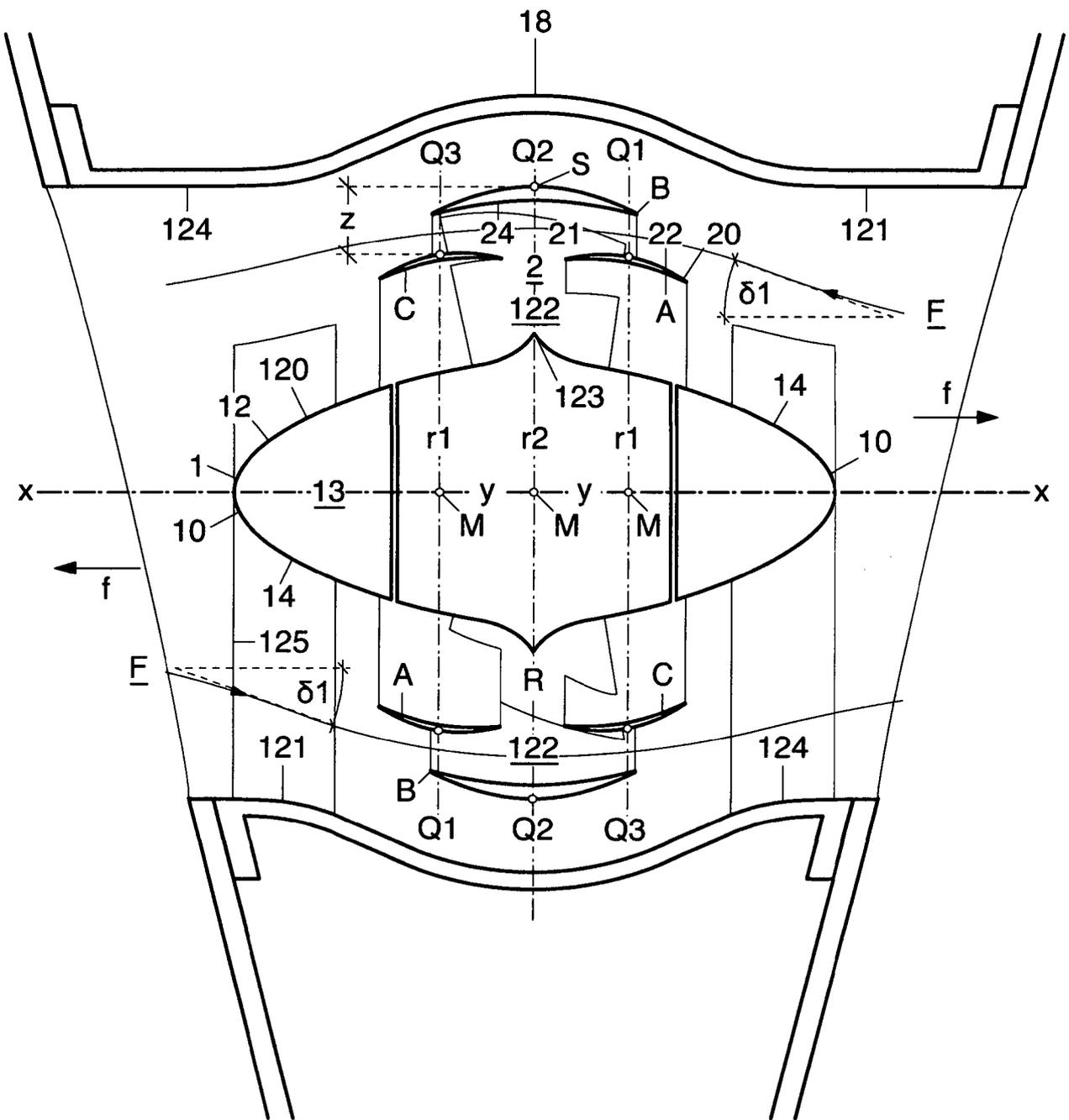


Fig.13

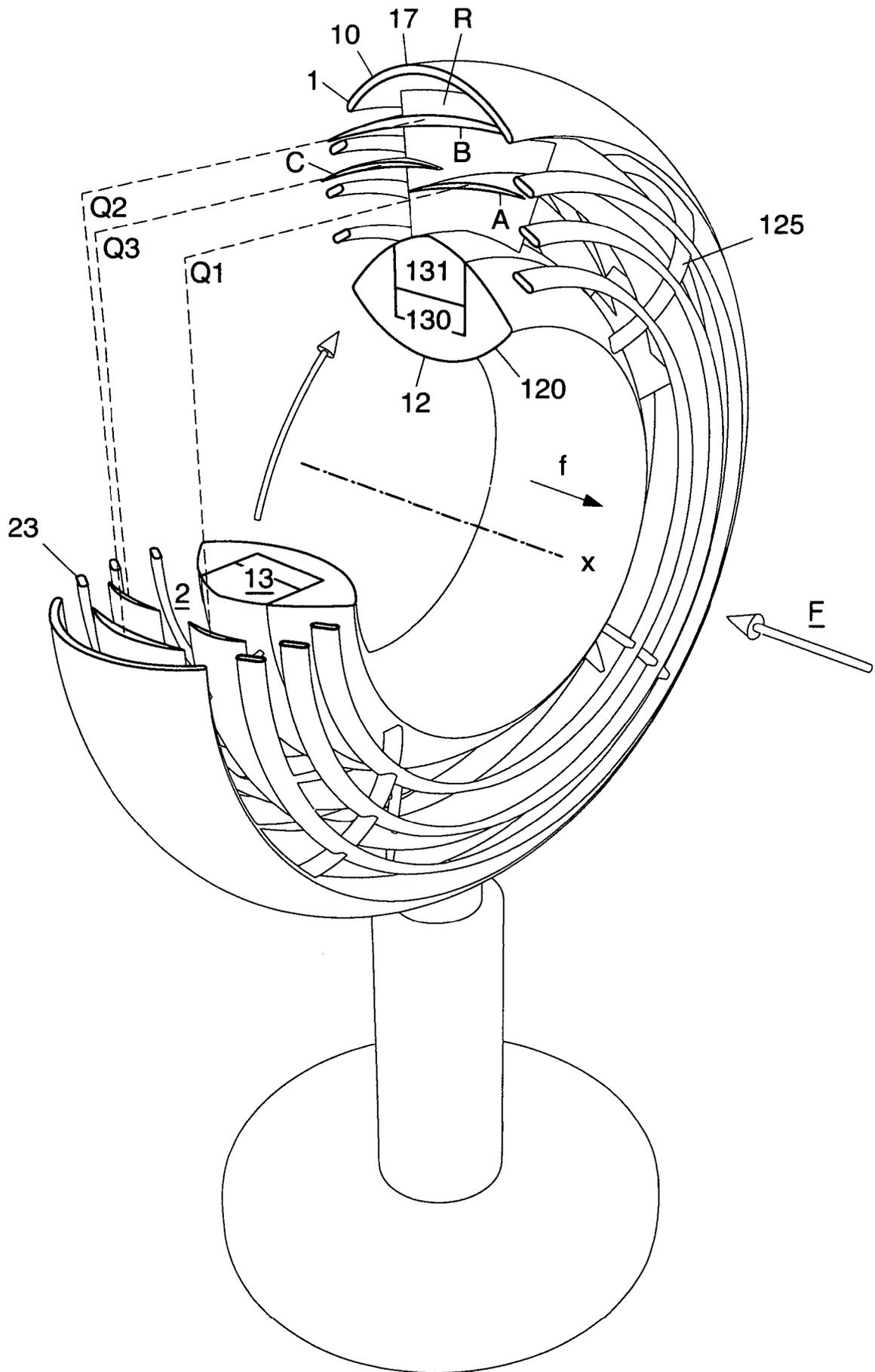


Fig.14

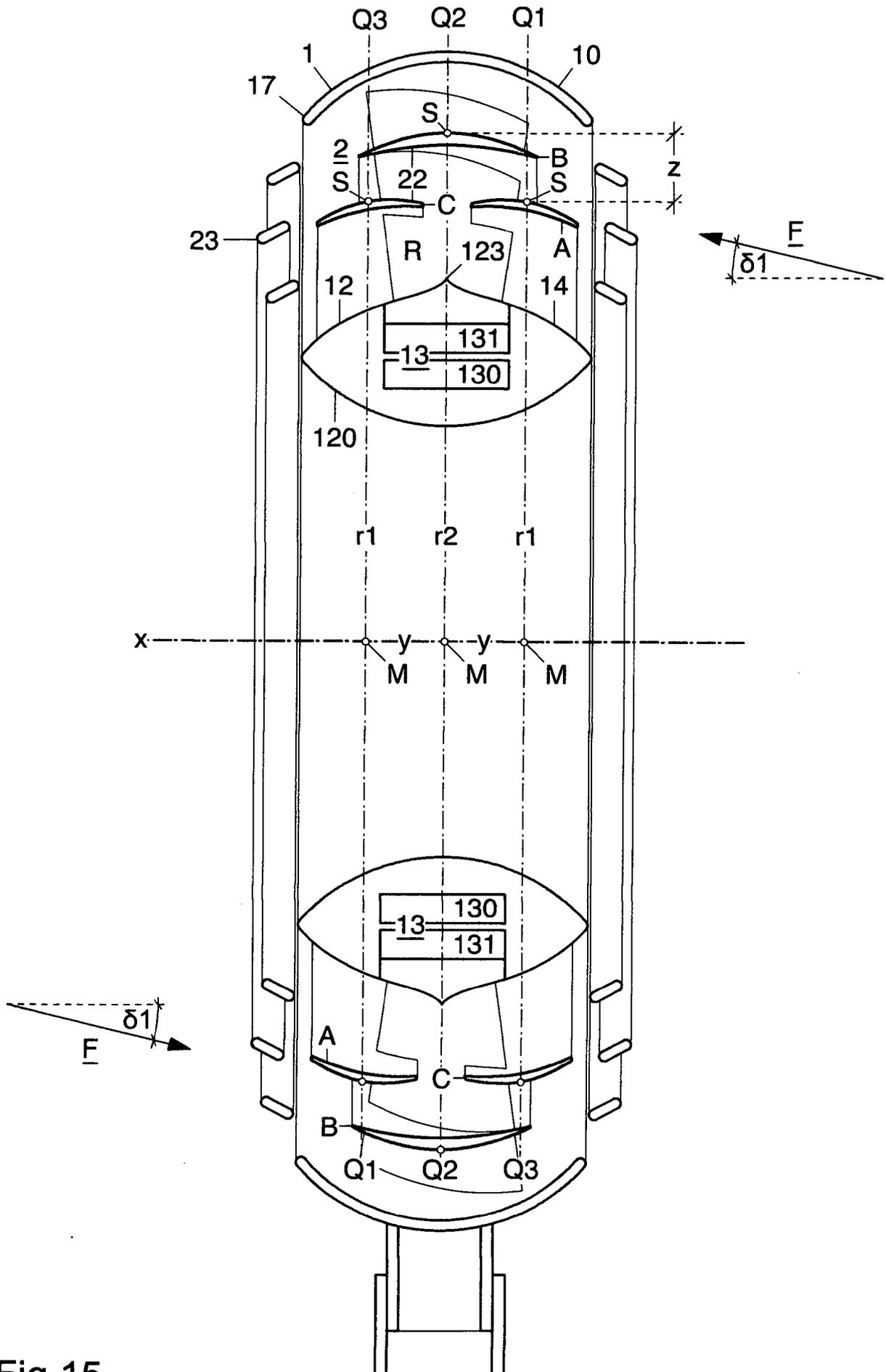


Fig.15

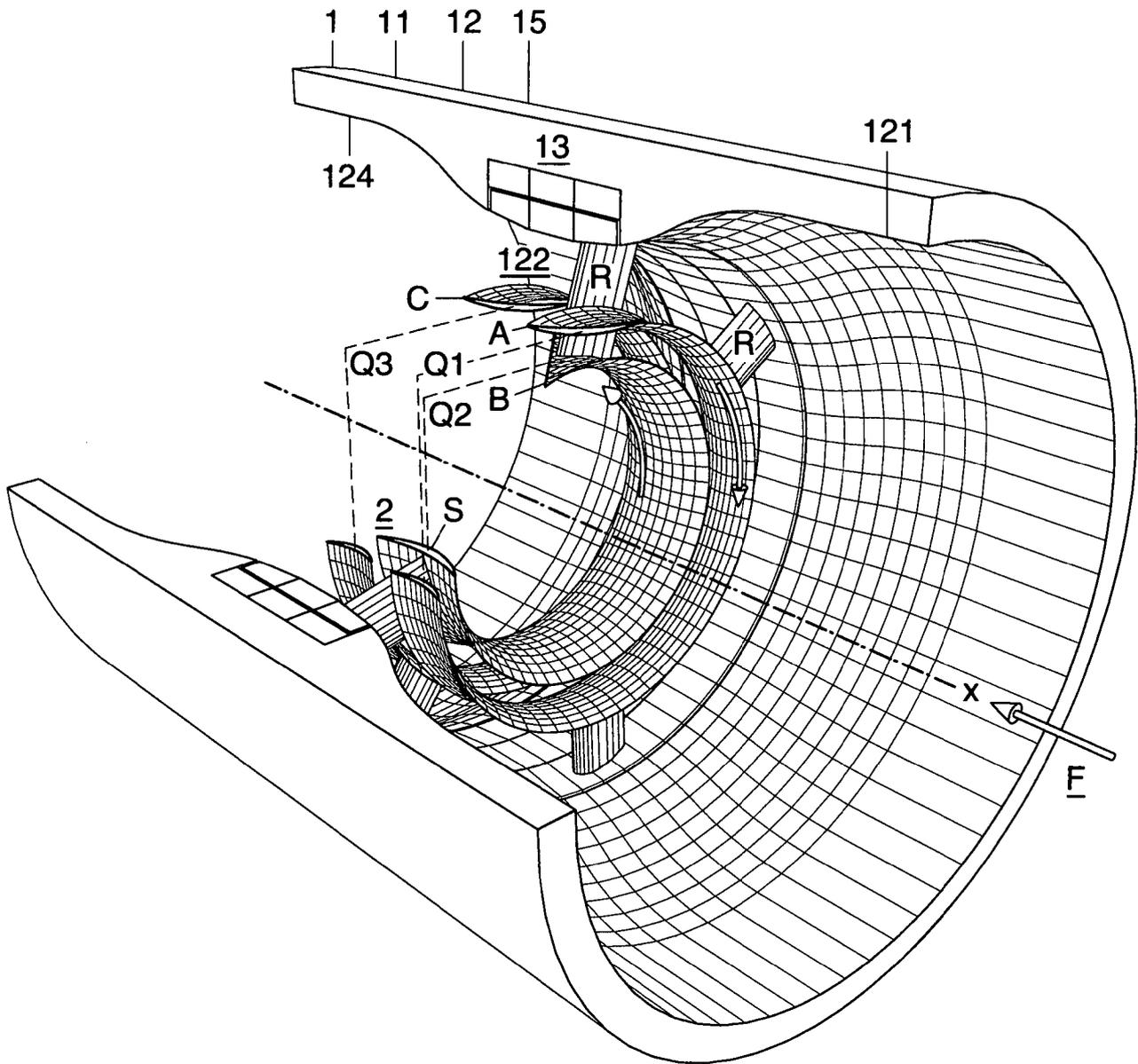


Fig.16

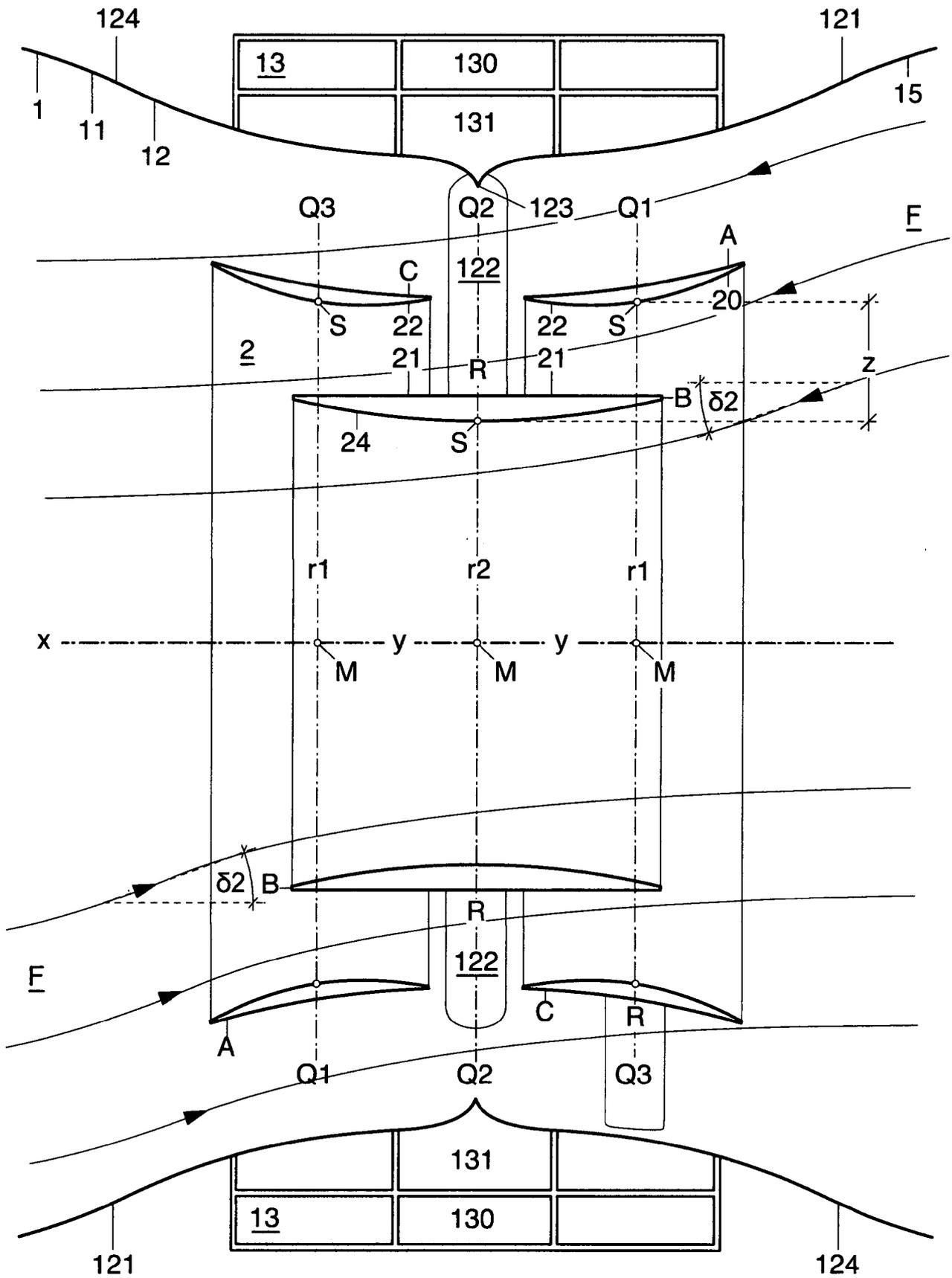


Fig.17

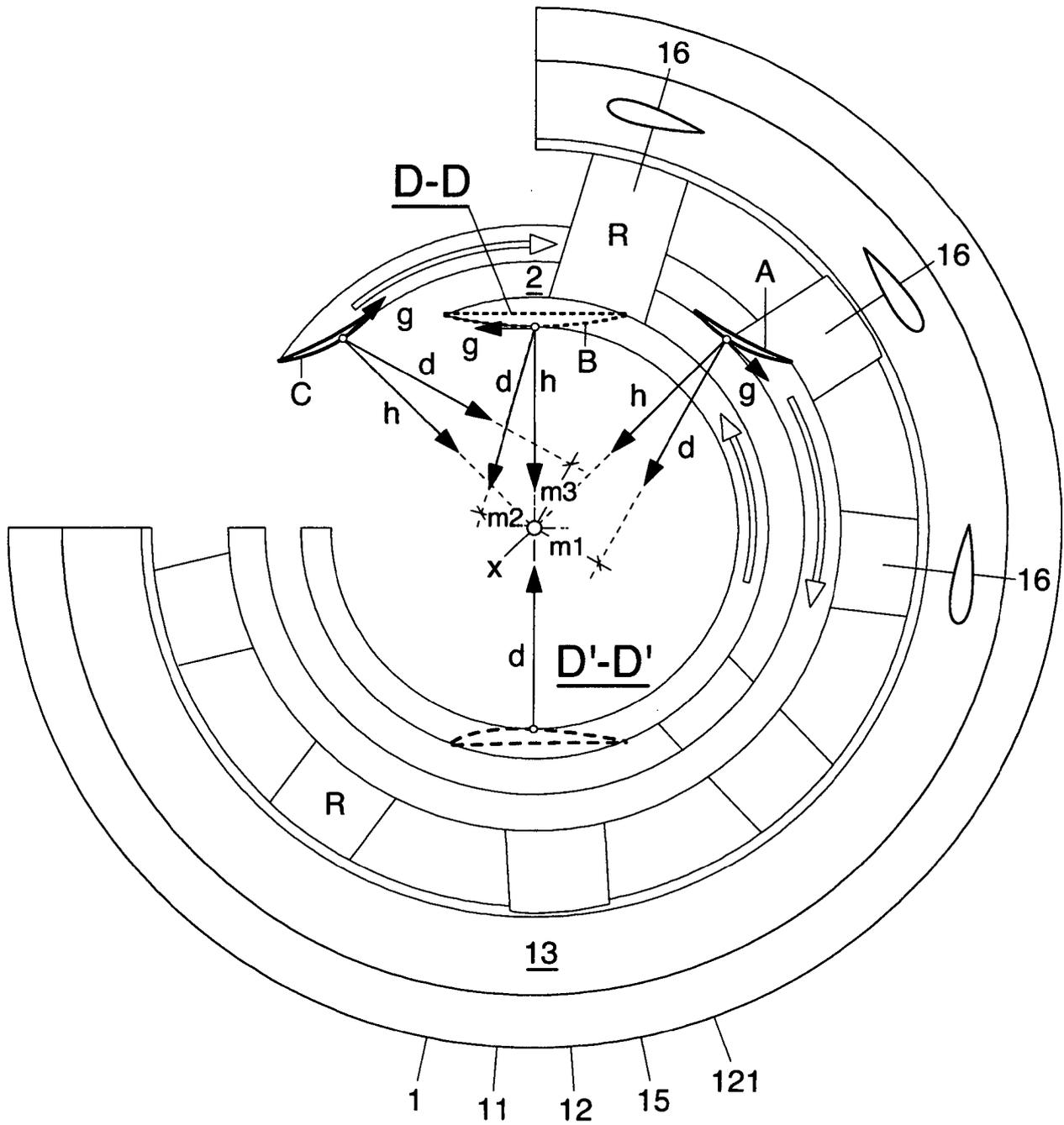
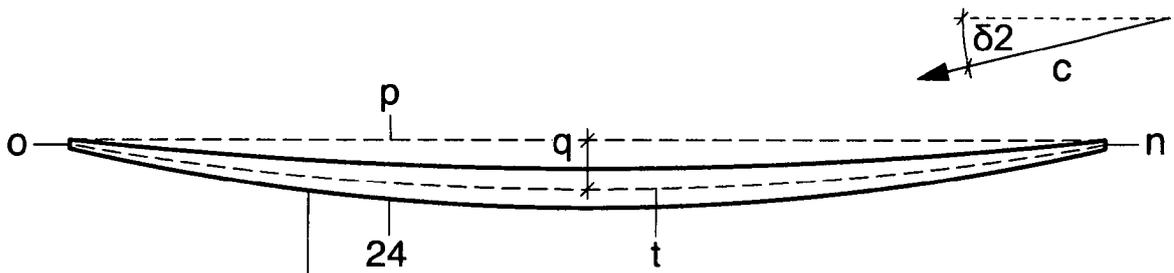


Fig.18

C-C

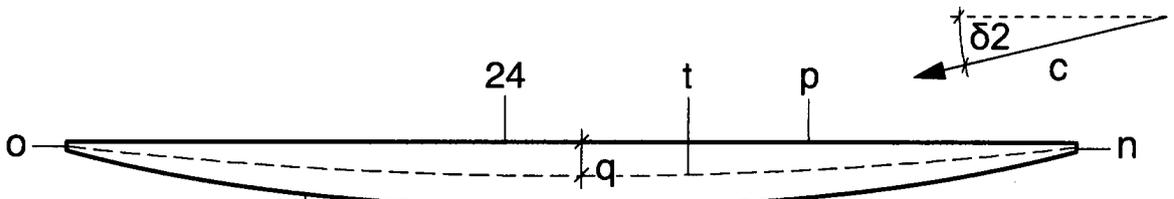


C'-C'



Fig.19

D-D



D'-D'



Fig.20

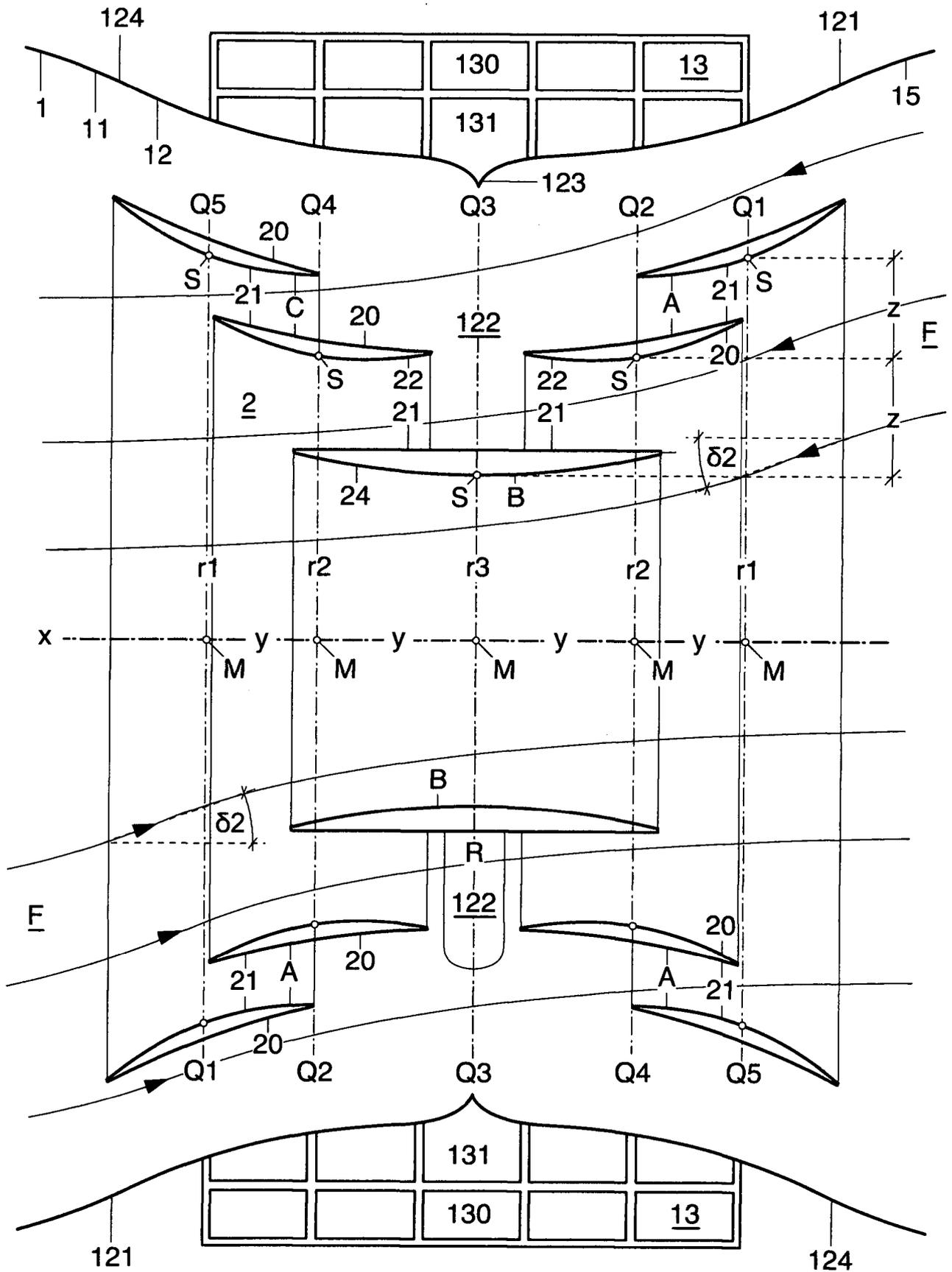


Fig.21