



(10) **DE 10 2018 006 175 B4** 2020.08.13

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2018 006 175.3**
(22) Anmeldetag: **01.08.2018**
(43) Offenlegungstag: **06.02.2020**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **13.08.2020**

(51) Int Cl.: **F01D 5/14 (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).

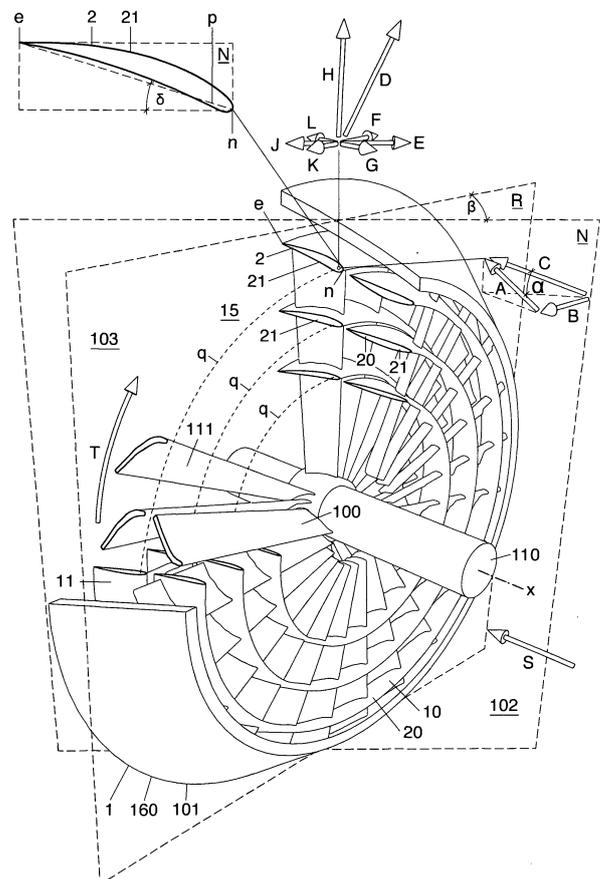
(73) Patentinhaber:
Grimm, Friedrich, Prof., 70376 Stuttgart, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

(72) Erfinder:
gleich Patentinhaber

(54) Bezeichnung: **Kaskadenturbine**

(57) Hauptanspruch: Turbine (1) mit einem Antrieb für die einzelnen, jeweils von einem Leitrad (10) und von einem Laufrad (11) gebildeten Stufen eines mehrstufig aufgebauten Verdichtungsmoduls (11) oder eines mehrstufig aufgebauten Expansionsmoduls (15) der Turbine (1), die ein Gehäuse (101) hat, das für die Führung eines mit der Strömung (S) zwischen einem Strömungseinlass (102) und einem Strömungsauslass (103) strömenden Fluids und für die Aufnahme eines von mehreren, jeweils mit einem Abstand zueinander angeordneten und starr mit dem Gehäuse (101) verbundenen Leiträdern (10) mit radialen Leitschaufeln (100) gebildeten Leitwerks, sowie für die Aufnahme eines von mehreren zwischen den Leiträdern (10) jeweils in einer Rotationsebene (R) auf mindestens einer um die Rotationsachse (x) rotierenden Welle (110) angeordneten Laufrädern (11) mit radialen Turbinenschaufeln (111) und mit mindestens einem konzentrisch zu der Rotationsachse (x) angeordneten Laufringflügel (2) gebildeten Laufwerks ausgebildet ist, welcher Laufringflügel (2) eine konvexe Saugseite, eine konkave Druckseite, eine kreisförmige Druckpunktlinie (q) sowie eine zum Strömungseinlass (102) des Gehäuses (101) orientierte Flügelnase (n) und eine zum Strömungsauslass (103) des Gehäuses (101) orientierte Flügelhinterkante (e) besitzt, dadurch gekennzeichnet, dass dem mindestens einen Laufringflügel (2) des Laufrads (11) in Richtung der Strömung (S) mindestens ein konzentrisch zu der Rotationsachse (x) angeordneter ...



(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	198 58 702	B4
DE	10 2014 206 216	B4
DE	102 57 044	A1
DE	10 2013 212 880	A1
CH	700 013	B1
CH	509 502	A
US	2009 / 0 047 132	A1
EP	2 339 115	A2
EP	2 743 453	A1
EP	3 187 688	A1
EP	3 315 787	A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Turbine mit einem Leitwerk und einem Laufwerk, deren Gehäuse zwischen dem Strömungseinlass und dem Strömungsauslass mindestens ein mehrstufiges Verdichtungsmodul oder mindestens ein mehrstufiges Expansionsmodul aufnimmt. Das Leitwerk der Turbine besteht aus mehreren, jeweils mit einem Abstand zueinander angeordneten und starr mit dem Gehäuse verbundenen Leiträdern, während das Laufwerk aus einer Kaskade mehrerer, zwischen den Leiträdern in einer Rotationsebene laufender und durch mindestens eine Welle untereinander verbundener Laufräder besteht, wobei eine einzelne Stufe des mehrstufigen Verdichtungs- und des mehrstufigen Expansionsmoduls jeweils von einem Leitrad und von einem Laufrad gebildet wird. Die Laufräder der Turbine weisen jeweils mindestens einen asymmetrisch profilierten Laufringflügel mit einer konvexen Saug- und einer konkaven Druckseite auf, welchem Laufringflügel des Laufrads in Richtung der Strömung mindestens ein konzentrisch zu der Rotationsachse angeordneter Leitringflügel mit einem asymmetrischen Flügel und mit einem Steigungswinkel gegenüber der Rotationsachse vorangestellt ist. Dabei sind die konvexen Saugseiten des Leitringflügels und des Laufringflügels jeweils entgegengesetzt zueinander auf der Außenseite oder der Innenseite des Leit- oder des Laufringflügels angeordnet, sodass der Laufringflügel in einer mit einem Neigungswinkel gegenüber der Rotationsebene geneigten Neigungsebene von einer aus der Strömungsgeschwindigkeit, aus der Umlaufgeschwindigkeit des Laufrads und aus einem in der Rotationsebene vorhandenen Konuswinkel der Strömung gebildeten resultierenden Anströmung derart angeströmt wird, dass an einer kreisförmigen Druckpunktlinie über den gesamten Umfang des Laufringflügels eine aus dem dynamischen Auftrieb abgeleitete, in Drehrichtung wirkende Antriebskraft und eine am Strömungseinlass der Turbine wirkende Saugkraft erzeugt werden. Die Erfindung betrifft in einer ersten Anwendung Strömungsmaschinen, die dazu ausgebildet sind, die innere Energie eines kompressiblen Fluids in eine Rotationsleistung an der Welle der Turbine zu wandeln. Eine erfindungsgemäße Dampfmaschine besteht z.B. aus mehreren Expansionsmodulen, die als Hoch-, Mittel- und Niederdruck-Expansionsmodule ausgebildet sind. Andererseits betrifft die Erfindung auch Gasturbinen für die Stromerzeugung und Turbinen-Strahltriebwerke für Flugzeuge, wie z. B. ein Mantelstromtriebwerk, bei dem das Hochdruck-Verdichtungsmodul von einem Hochdruck-Expansionsmodul und der Fan von einem Niederdruck-Expansionsmodul jeweils mit einer separaten Welle angetrieben werden. Besondere Aufmerksamkeit wird im Rahmen der Erfindung elektrischen Turbinen-Strahltriebwerken geschenkt, bei denen das antreibende Expansionsmodul durch einen Elektromotor ersetzt ist und das Strahltriebwerk eine Schubstufe hat, die als Niederdruck-Verdichtungsmodul arbeitet. Weitere Anwendungen des Niederdruck-Verdichtungsmoduls betreffen allgemein einen Lüfter oder ein Gebläse und auch einen Ventilator in Verbindung mit einem Gerät, z.B. für den Luftaustausch in einem Raum oder für die thermische Konditionierung eines Gebäudes oder eines Fahrzeugs und auch in Verbindung mit einem Turbinensauger.

Stand der Technik

[0002] Große Turbinen gehören als Strömungsmaschinen zu den leistungsfähigsten Maschinen überhaupt. Aus der Verstromung von Kohle und Atomenergie sind Strömungsmaschinen als Dampfturbinen mit einer nutzbaren mechanischen Leistung von bis zu 1,5 Gigawatt bekannt. Die im Jahr 1888 von Carl Gustaf Patrik de Laval vorgestellte Dampfturbine hatte bereits einen Wirkungsgrad von 30%. Der Wirkungsgrad aktueller Hochdruckdampfturbinen erreicht fast 50% - mehr nicht. Im Sinne einer jederzeit verfügbaren Energieversorgung besteht heute ein Bedarf an Gasturbinen, die in Kraftwerken temporär immer dann eingesetzt werden, wenn die Energie aus Sonne und Wind nicht zur Verfügung steht. Mit einer Kombination von Gas- und Dampfturbine ist ein elektrischer Wirkungsgrad von bis zu 60% erreichbar. Die Angaben zum Wirkungsgrad sind jeweils auf den Gesamtwirkungsgrad des Systems bezogen und betreffen den thermodynamischen Prozess und die Turbine selbst. Für sich betrachtet erreicht eine Stufe einer Gas- oder Dampfturbine einen Wirkungsgrad von 90%. Turbinen-Strahltriebwerke bilden mit ihrer hohen Leistung, ihrer Schubkraft und ihrer Zuverlässigkeit das Rückgrat des weltweiten Flugverkehrs. Dabei sind unterschiedliche Bauformen für Turbinen-Strahltriebwerke bekannt, wie z.B. ein Mantelstromtriebwerk, ein Turboprop-Fantriebwerk, ein Turboprop-Strahltriebwerk, eine Wellenturbine oder ein Einstrom-Strahltriebwerk. Eine doppelreihige Anordnung der radialen Leitschaufeln eines Verdichtungsmoduls ist als sog. Tandem-Schaufel für den Axialverdichter eines Flugzeugtriebwerks bekannt. Diese Tandem-Schaufeln bewirken eine maximale Umlenkung der Strömung an einem Leitrad des Verdichtungsmoduls, ohne dass es zu unerwünschten Strömungsablösungen innerhalb einer Kaskade von Leit- und Laufrädern kommt. Alternative Antriebe für den Flugverkehr sind notwendig, um den Eintrag schädlicher Treibhausgase in die Atmosphäre zu vermeiden. Ein Strahltriebwerk besteht in Strömungsrichtung aus einem zur Strömung ausgerichteten Lufteinlass mit einem Fan als Niederdruckstufe des mehrstufigen Verdichtungsmoduls, mit sich daran anschließenden, jeweils von einem Leit- und einem Laufrad gebildeten höher verdichtenden Stufen, auf die mehrere Brennkammern und das eigentliche Expansionsmodul folgen. Eine Schubdüse am Strömungsauslass des Gehäuses ist dazu ausgebildet, den heißen Luft- und Abgasstrahl in die umge-

bende Luft auszustoßen. Dem Rückstoßprinzip entsprechend wirkt die das Flugzeug antreibende Schubkraft in Flugrichtung. Bei einem Turbinen-Strahltriebwerk wird im Unterschied zu einem Propeller, der eine große Luftmasse mäßig beschleunigt, eine vergleichsweise geringe Luftmasse sehr stark beschleunigt. Deshalb ist es wünschenswert, die von einem Turbinen-Strahltriebwerk erfasste Luftmasse zu vergrößern. Bei hohen Geschwindigkeiten in großen Flughöhen ist ein Turbinen-Strahltriebwerk sehr effizient. Bei geringen Geschwindigkeiten sind Triebwerke mit Propeller-Antrieb effizienter. Bei Mantelstromtriebwerken mit einem Fan wird durch den Mantelstrom zusätzliche Antriebsenergie für die Schubentwicklung zur Verfügung gestellt. Ein Mantelstromtriebwerk, bei dem der Fan einen wesentlich größeren Durchmesser hat als das Verdichtungsmodul, besitzt der Fan eine eigene Welle, um einerseits die Fliehkräfte an seinen Turbinenschaufeln zu begrenzen und andererseits Überschallgeschwindigkeiten an den Blattspitzen der Turbinenschaufeln zu vermeiden. Der Fan befindet sich deshalb auf einer eigenen Welle, die von dem Niederdruck-Expansionsmodul angetrieben wird. Am Ausgang der Verdichtungsstufe strömt die durch Kompressionswärme erhitzte Luft in die Brennkammer. Durch die Verbrennung des eingespritzten Kraftstoffs ist das Triebwerk hohen Temperaturen von bis zu 2200°C ausgesetzt und benötigt deshalb eine aufwändige Kühlung. Im Sinne eines thermodynamischen Kreisprozesses sind erfindungsgemäße Strömungsmaschinen und Turbinen- Strahltriebwerke rechtsdrehend und betreffen Prozesse, bei denen Wärme in Arbeit umgewandelt wird.

[0003] Aus der CH 509 502 A geht eine Regelvorrichtung für Dampfturbinen, die aus mehreren Expansionsmodulen für Hoch-, Mittel- und Niederdruck bestehen, hervor.

[0004] Aus der CH 700 013 B1 geht ein Laufrad (Diaphragma) für eine Dampfturbine hervor, bei der die radialen Turbinenschaufeln (Rotorblätter) jeweils an ihrem inneren und äußeren Ende mit einem Ring verbunden sind, um die strukturelle Integrität des Laufrads zu verbessern.

[0005] Aus der DE 102 57 044 A1 geht ein Leitschaufelgitter für eine Gasturbine hervor, bei dem die Wölbung der einzelnen Leitschaufeln zur Optimierung der Strömung unabhängig voneinander einstellbar ist.

[0006] Aus der DE 198 58 702 B4 geht ein Verfahren zum Verbinden von Schaufelteilen einer Gasturbine sowie die Schaufel und der Rotor einer Gasturbine hervor.

[0007] Aus der DE 10 2014 206 216 B4 geht ein Verdichtungsgitter für einen Axialverdichter hervor, bei dem die radialen Leitschaufeln doppelreihig angeordnet und in Strömungsrichtung eine vordere und eine hintere Schaufel haben, wobei sich die Schaufeln gegenseitig überdecken.

[0008] Aus der US 2009/0 047 132 A1 geht eine Anordnung von radialen Rotorblättern mit einer Saug- und einer Druckseite hervor, die durch einen konzentrisch zu der Rotationsachse angeordneten Kragen untereinander verbunden sind.

[0009] Aus der EP 2 743 453 A1 geht eine Anordnung von Rotorblättern für eine Turbine hervor, die jeweils eine Flügel Nase und eine Flügelhinterkante haben und untereinander durch abkragende, sich verjüngende Verbindungsstücke in tangentialer Richtung verbunden werden, sodass ein die Rotorblätter eines Laufrads verbindender Kragen mit einem tropfenförmigen Profil gebildet wird.

[0010] Aus der EP 3 187 688 A1 geht ein radiales Rotorblatt mit einer konvexen Saugseite und einer konkaven Druckseite für eine Gasturbine hervor. Zwischen der Blattwurzel und der Rotorblattspitze sind jeweils zwei von dem Rotorblatt abkragende Flügel vorgesehen, die auf der konvexen Saugseite als Saugflügel und auf der konkaven Druckseite als Druckflügel bezeichnet werden, wobei an zwei einander benachbarten Rotorblättern eine Schnittstelle gebildet wird. Diese Kragflügel bilden an einem Laufrad der Turbine untereinander einen stabilisierenden Kragen, der im Betrieb der Turbine eine Torsionsverformung der einzelnen Rotorblätter verhindern soll und außerdem den Austausch eines einzelnen Rotorblatts des Laufrads ermöglicht. Der in Strömungsrichtung jeweils vorgelagerte Flügel ist dicker ausgebildet als der in Strömungsrichtung nachgelagerte Flügel, sodass eine Stufe gebildet wird und die Schnittstelle zwischen den Flügeln im Windschatten der Strömung liegt.

[0011] Aus der EP 2 339 115 A2 geht ein die Laufschaufeln verbindender Ring mit einer Flügelprofilierung hervor, bei dem anströmungsseitig eine Flügel Nase und stromab eine Flügelhinterkante vorgesehen sind. Die zwischen den Laufschaufeln angeordneten Flügelsegmente sind jeweils mit einem Anstellwinkel zur Rotationsachse ausgerichtet. **Fig. 15** der Anmeldung zeigt die Ausbildung eines asymmetrischen Flügelprofils für den die Leitschaufeln verbindenden Ring.

[0012] Aus der DE 10 2013 212 880 A1 geht eine Turbinenschaufelanordnung für eine Dampfturbine hervor, bei der zwischen den radialen Turbinenschaufeln ein Koppellement mit einem symmetrischen Flügelprofil vorgesehen ist.

[0013] Aus der EP 3 315 787 A1 geht ein Flugzeugtriebwerk mit einem Fan hervor, bei dem der Fan einen Ringflügel aufweist, der als Schubring wirkt und eine zur Rotationsachse gerichtete Flügelwölbung eines asymmetrischen Flügelprofils hat.

Aufgabenstellung

[0014] Ausgehend von dem dargestellten Stand der Technik besteht die Aufgabe der Erfindung darin, eine Turbine mit einem thermodynamischen oder elektrischen Antrieb anzugeben, die aus mindestens einem mehrstufigen Verdichtungsmodul oder aus mindestens einem mehrstufigen Expansionsmodul aufgebaut ist. Erfindungsgemäß weisen die Leiträder der Turbine Leitringflügel auf, die so ausgebildet sind, dass die Laufringflügel der Laufräder strömungsdynamisch als Auftriebsläufer wirken, um den Wirkungsgrad der Turbine erheblich zu verbessern. Insbesondere ist es die Aufgabe der Erfindung, mindestens einen Leitringflügel für ein Leitrad einer Turbine anzugeben, sodass ein dem Leitringflügel zugeordneter Laufringflügel der Turbine in einer mit einem Neigungswinkel gegenüber der Rotationsebene geneigten Neigungsebene so angeströmt wird, dass in der Rotationsebene eine aus dem dynamisch bewirkten Auftrieb des Laufringflügels resultierende, in Drehrichtung des Laufrads wirkende tangentiale Antriebskraft und parallel zu der Rotationsachse eine am Strömungseinlass des Gehäuses wirkende Saugkraft erzeugt werden. Daraus ergibt sich die weitere Aufgabe der Erfindung, Profile für die Leitringflügel und für die Laufringflügel zu finden, sodass der Laufringflügel in der mit einem definierten Neigungswinkel gegenüber der Rotationsebene geneigten Neigungsebene strömungsdynamisch als Auftriebsläufer wirkt und ein asymmetrisches Flügelprofil aufweist.

[0015] Diese Aufgaben werden mit den in Anspruch 1 genannten Merkmalen erfüllt. Weitere Aufgaben und vorteilhafte Eigenschaften der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

[0016] Im Einzelnen löst die Erfindung die folgenden Aufgaben:

- Aktivierung von dynamischem Auftrieb an den Laufringflügeln der Laufräder des Laufwerks einer Turbine
- Bereitstellung einer aus dem dynamischen Auftrieb einer Vielzahl von Laufringflügeln des Laufwerks resultierenden tangentialen Antriebskraft, die eine Rotationsleistung an der Welle einer mehrstufig aufgebauten Turbine bewirkt
- Bereitstellung einer aus dem dynamischen Auftrieb einer Vielzahl von Laufringflügeln des Laufwerks resultierenden Saugkraft am Strömungseinlass der mehrstufig aufgebauten Turbine
- Angabe eines von mehreren Leitringflügeln und einer Vielzahl von radialen Leitschaufeln gebildeten Profilgitters
- Angabe eines Leitrads mit mindestens einem Leitringflügel, der strömungsdynamisch mit dem Laufringflügel des Laufrads zusammenwirkt
- Angabe eines biege-, schub- und torsionssteifen Schaufelgitters für ein Leitrad des Leitwerks und eines biege-, schub- und torsionssteifen Turbinenschaufelgitters für ein Laufrad des Laufwerks einer Turbine
- Angabe eines Laufrads mit mindestens einem Laufringflügel für eine niedrige Reynolds-Zahl im subsonischen Bereich
- Angabe eines von mehreren Laufringflügeln und einer Vielzahl von radialen Turbinenschaufeln gebildeten Turbinenschaufelgitters
- Angabe einer Verbindungstechnik für einen Kreissektor eines Laufrads des Laufwerks der Turbine, die die Auswechslung einer einzelnen radialen Turbinenschaufel ermöglicht
- Vermeidung der Wirbelbildung und Wirbelablösung an den Enden der radialen Turbinenschaufeln
- Angabe einer leisen Turbine mit vergleichsweise sehr geringer Geräuscentwicklung
- Verbesserung des Wirkungsgrads eines thermodynamischen Luftstrahltriebwerks für Luftfahrzeuge um bis zu 25%
- Angabe eines elektrisch angetriebenen Turbinen-Strahltriebwerks
- Angabe eines elektrisch angetriebenen Niederdruck-Verdichtungsmoduls für einen Turbinensauger

Das Leitwerk der Turbine

[0017] Das Gehäuse der Turbine nimmt mindestens ein mehrstufiges Verdichtungsmodul oder mindestens ein mehrstufiges Expansionsmodul auf, welche Module jeweils von einer inneren und einer äußeren, rotationssymmetrisch ausgebildeten Strömungsleitfläche begrenzt werden. An einem mehrstufigen Verdichtungsmodul verengt sich der Querschnitt des Gehäuses in Strömungsrichtung, wobei der Konuswinkel der Strömung entweder von den Strömungsleitflächen und von den Leitringflügeln des Leitwerks der Turbine vorgegeben wird. An dem mehrstufigen Verdichtungsmodul sind die konvexen Seiten der radialen Leitschaufeln und die konvexen Seiten der radialen Turbinenschaufeln jeweils gegen die Drehrichtung der Laufräder orientiert. An dem mehrstufigen Expansionsmodul dagegen sind die konvexen Seiten der radialen Leitschaufeln gegen die Drehrichtung der Laufräder und die konvexen Seiten der radialen Turbinenschaufeln in Drehrichtung der Laufräder orientiert. An dem mehrstufigen Expansionsmodul bildet sich der Konuswinkel strömungsdynamisch bei ansteigendem Druck und abnehmender Geschwindigkeit eines strömenden Fluids von selbst aus, wobei sich der Querschnitt des Gehäuses in Strömungsrichtung mit einem Konuswinkel erweitert. Erfindungsgemäß weist das dem Laufrad in Strömungsrichtung vorangestellte Leitrad mindestens einen Leitringflügel mit einem asymmetrischen Flügelprofil auf. Der Leitringflügel ist entweder einteilig oder zweiteilig ausgebildet und verleiht dem in dem Gehäuse strömenden Fluid den Konuswinkel für die resultierende Anströmung des nachfolgenden Laufringflügels. Ein zweiteiliger Leitringflügel hat ein Tandemflügelprofil aus zwei hintereinander angeordneten und sich gegenseitig überlappenden asymmetrischen Flügelprofilen, jeweils mit einer bzgl. der Rotationsachse geneigten Profildhne, die den Konuswinkel für die resultierende Anströmung des stromab angeordneten Laufringflügels vorgibt. Die Profildhnen der Leitringflügel sind steiler geneigt als die Profildhnen der Laufringflügel. An dem Leitschaufelgitter des Leittrads entsteht eine Düsenströmung, die mit dem Nachlauf des Turbinenschaufelgitters des Laufrads interagiert, sodass eine beschleunigte Strömung die Anströmung der Laufringflügel des Laufrads mit einem maximalen Konuswinkel ermöglicht. Die innere und die äußere Strömungsleitfläche des Gehäuses können in diesem Fall parallel zueinander angeordnet werden. Mit der Überströmung des Laufringflügels wird die Strömung an jeder Stufe eines mehrstufigen Verdichtungs- oder Expansionsmoduls wieder parallel zu der Rotationsachse ausgerichtet, sodass sich die aus der Überströmung des stromab folgenden Leitringflügels resultierenden Kräfte gegenseitig aufheben. An einer Verdichtungsstufe und an einer Expansionsstufe wechselt die konvexe Saugseite an dem Leitringflügel und an dem Laufringflügel jeweils von der der Rotationsachse zugewandten Innenseite auf die der Rotationsachse abgewandte Außenseite oder umgekehrt von der Außenseite auf die Innenseite.

Das Laufwerk der Turbine

[0018] Die radialen Leitschaufeln der Leiträder geben den Neigungswinkel für die aus der Strömungsgeschwindigkeit, aus der Umlaufgeschwindigkeit und aus dem Konuswinkel resultierende Anströmung der Laufringflügel in der gegenüber der Rotationsebene mit einem Neigungswinkel geneigten Neigungsebene vor. Dabei sind die radialen Leitschaufeln des Leittrads und die radialen Turbinenschaufeln des Laufrads jeweils als in sich verwundene asymmetrische Flügelprofile ausgebildet, deren Anstellwinkel gegenüber der Rotationsebene von ihrem der Welle zugekehrten Ende zu ihrem äußeren Ende hin jeweils kontinuierlich abnimmt. Die radialen Turbinenschaufeln und die Laufringflügel durchdringen einander so dass die Flügelnasen der Turbinenschaufeln und die Flügelnasen der Laufringflügel möglichst in einer Ebene liegen. Das Laufwerk des mehrstufigen Verdichtungsmoduls und des mehrstufigen Expansionsmoduls besteht jeweils aus einer Kaskade von Laufrädern. Ein einzelner und mehrere Laufringflügel eines Laufrads, die in der Rotationsebene mit einer Mehrzahl von radialen Turbinenschaufeln verbunden sind, haben jeweils ein Ringprofil, das in dem Querschnitt entlang der Rotationsachse und senkrecht zu der Rotationsebene so ausgebildet ist, dass der Schrägschnitt des Laufringflügels in einer mit einem Neigungswinkel gegenüber der Rotationsebene geneigten Neigungsebene ein strömungsdynamisch wirksames, asymmetrisches Flügelprofil aufweist. In der Rotationsebene des Laufrads weisen die radialen Turbinenschaufeln einen von der jeweiligen Umlaufgeschwindigkeit abhängigen Anstellwinkel auf, dessen Betrag vom wellenseitigen zum äußeren Ende der radialen Turbinenschaufeln hin abnimmt. Die radialen Turbinenschaufeln eines Laufrads sind in der Rotationsebene entweder mit nur einem einzelnen Laufringflügel kraftschlüssig verbundenen oder das Laufrad weist eine Mehrzahl konzentrisch zueinander angeordneter Laufringflügel auf, die in der Rotationsebene jeweils mit den radialen Turbinenschaufeln verbunden sind. Der Laufringflügel hat eine leicht nach Luv geneigte, sich zwischen der Flügel Nase und der Flügelhinterkante erstreckende Profildhne sowie eine kreisförmig ausgebildete Druckpunktlinie und wird über seinen gesamten Umfang von der resultierenden Anströmung angeströmt, sodass der Laufringflügel in der Neigungsebene einen senkrecht zu der resultierenden Anströmung an der kreisförmigen Druckpunktlinie angreifenden dynamischen Auftrieb erzeugt.

Strömungsdynamisch bewirkte Kräfte

[0019] In der Neigungsebene teilt sich der dynamische Auftrieb des Laufringflügels in die senkrecht zu der Rotationsachse wirkende Sogkraft und in den Widerstand sowie in die Vortriebskraft, die ihrerseits in eine in der Rotationsebene in Drehrichtung des Laufringflügels wirkende und an der Welle ein Drehmoment erzeugende, tangentiale Antriebskraft und in eine der Strömung entgegenwirkende Saugkraft aufteilbar ist, wobei der tangentialen Antriebskraft in der Rotationsebene der Rotationswiderstand und der senkrecht zu der Rotationsebene wirkenden Saugkraft die Schubkraft entgegenwirkt. Während die tangentiale Antriebskraft ein Drehmoment an der Welle erzeugt, sodass eine vorgegebene Drehzahl mit weniger Energieaufwand erreicht wird, addiert sich die Saugkraft einer Vielzahl, jeweils aus einem Leit- und einem Laufrad bestehender Stufen des Verdichtungs- und /oder des Expansionsmoduls zu der am Strömungseinlass des Gehäuses wirkenden Saugkraft der Turbine. Die Antriebsleistung einer Strömungsmaschine oder eine Turbinen-Strahltriebwerks kann deshalb um bis zu 25% reduziert werden.

Herstellung, Montage und Wartung der Turbine

[0020] Das Laufrad einer elektrisch angetriebenen Turbine kann aus einem Stück aus Kunststoff in einem Spritzgussverfahren oder aus Metall in einem Druckgussverfahren hergestellt werden. Thermisch beanspruchte Laufräder einer Turbine bestehen aus speziellen Metalllegierungen und können z.B. aus einer strömungszugewandten und einer strömungsabgewandten Hälfte, die untereinander verschweißt werden, aufgebaut werden. Ein Laufrad einer thermodynamisch angetriebenen Turbine kann aber auch aus radialen Segmenten bestehen, wobei eine obere und eine untere Hälfte des Laufrads die Wartung und Reparatur des Laufrads ermöglichen, indem das Leitwerk von dem Turbinenschaft abgehoben wird. Um den Austausch einer einzelnen radialen Turbinenschaufel zu ermöglichen, benötigt der Laufringflügel jeweils eine Fuge mit einer Ausnehmung für die Aufnahme einer Feder zur Herstellung einer Nut-und-Feder-Verbindung zwischen zwei benachbarten Turbinenschaufeln. Für den Austausch einer einzelnen Turbinenschaufel werden die Schraubverbindungen der linken und rechten Feder mit dem Laufringflügel gelöst, wobei die Federn vollständig in die Ausnehmung des Hohlkammerprofils geschoben werden um die Turbinenschaufel aus den Nuten der Welle herauschieben zu können. In der Arbeitsstellung ist die Feder kraftschlüssig mit dem Laufringflügelsegment einer ersten Turbinenschaufel verbunden und ragt zur Hälfte in das anschließende Laufringflügelsegment einer zweiten Turbinenschaufel hinein, sodass die Verbindung einander benachbarter Turbinenschaufeln jeweils ein Fest- und ein Gleitlager aufweisen. Ein Laufrad, bei dem die Flügelnasen und die Flügelhinterkanten der radialen Turbinenschaufeln und der Laufringflügel jeweils in einer Ebene liegen, bildet eine biege-, schub- und torsionssteife Scheibe, die sich durch hohe Stabilität und geringes Gewicht auszeichnet. Die Scheibe kann an einem Stück oder, wie beschrieben aus einer Mehrzahl untereinander verbundener Kreissektoren hergestellt werden. Zum Auswechseln eines Laufrads kann eine genutete Welle vorgesehen sein, die in Richtung der Rotationsachse aus dem Laufwerk herausgeschoben wird. Zwischen der Welle und einer einzelnen Turbinenschaufel ist eine dem Stand der Technik entsprechende hinterschnittene Verbindung vorgesehen.

Turbinen-Strahltriebwerke

[0021] Bei einem thermodynamisch oder elektrisch angetriebenen Turbinen-Strahltriebwerk bildet am Strömungseinlass des Gehäuses ein Laufrad zusammen mit dem sich stromab anschließenden Leitrad die erste Stufe eines mehrstufigen Verdichtungsmoduls. Die radialen Turbinenschaufeln des Laufrads sind an ihrem äußeren Ende mit einem Laufringflügel verbunden, dessen konvexe Saugseite zur Rotationsachse orientiert ist. Bei einem thermodynamischen Turbinen-Strahltriebwerk schließt sich in Richtung der Strömung mindestens eine Brennkammer sowie mindestens ein mehrstufiges Expansionsmodul mit einer Schubdüse als Strömungsauslass an das mehrstufige Verdichtungsmodul an. Das Turbinen-Strahltriebwerk ist entweder als ein Mantelstromtriebwerk oder als ein Propfan-Triebwerk oder als eine Wellenturbine oder als ein Turboprop-Triebwerk oder als ein Einstrom-Strahltriebwerk ausgebildet.

[0022] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsvariante eines Turbinen-Strahltriebwerks besteht das Gehäuse der Turbine aus zwei konzentrisch zueinander angeordneten Schalen und weist entweder am Strömungseinlass oder am Strömungsauslass eine von einem Leit- und einem Laufrad gebildete Schubstufe auf. Bei einem Mantelstromtriebwerk ist die Schubstufe am Strömungseinlass des Gehäuses unmittelbar vor dem mehrstufigen Verdichtungsmodul und bei einem Propfan-Triebwerk ist die Schubstufe unmittelbar hinter dem Expansionsmodul am Strömungsauslass des Gehäuses angeordnet. Das als Fan ausgebildete Laufrad am Strömungseinlass des Gehäuses bildet zusammen mit dem stromab folgenden Leitrad die erste Stufe des Verdichtungsmoduls eines Turbinen-Strahltriebwerks, das von einer Brennkammer und einem mehrstufigen Expansionsmodul thermodynamisch angetrieben wird. Die hohe Drehzahl des Fans beschleunigt die anströ-

mende Luft und bewirkt in der Rotationsebene einen schlagartigen Druckabfall in der Strömung, sodass sich der Konuswinkel für die Anströmung des Laufringflügels strömungsdynamisch einstellt. An einem elektrisch angetriebenen Mantelstromtriebwerk bildet die Schubstufe den Strömungseinlass der Turbine und ist unmittelbar vor dem mehrstufig aufgebauten Verdichtungsmodul angeordnet. Das Verdichtungsmodul ist dazu ausgebildet, den Druck der Luft stufenweise zu erhöhen, sodass die vorgespannte Strömung an der Schubdüse als kalter Luftstrahl mit hoher Geschwindigkeit in die Atmosphäre ausgestoßen wird und ein Fahrzeug nach dem Rückstoßprinzip beschleunigt. Bei einem Mantelstrom- und bei einem Propfan-Triebwerk sind aufgrund der unterschiedlichen Umlaufgeschwindigkeiten des Fans und der Laufräder der Verdichtungs- und Expansionsmodule zwei Wellen vorgesehen, wobei der Fan von einem Niederdruck-Expansionsmodul und das Verdichtungsmodul von einem Hochdruck-Expansionsmodul angetrieben werden.

Strömungsmaschinen

[0023] Eine Dampf- oder Gasturbine weist mindestens ein mehrstufig aufgebautes Expansionsmodul auf, das dazu ausgebildet ist, ein mit hohem Druck und hoher Temperatur beaufschlagtes Arbeitsmedium zwischen dem Strömungseinlass und dem Strömungsauslass des Gehäuses der Turbine in mehreren, jeweils von einem Leitrad und einem Laufrad gebildeten Stufen zu entspannen und die dabei gewonnene Rotationsleistung an der Welle der Turbine z.B. für den Antrieb eines Generators zur Verfügung zu stellen. Die rotative Wirkung der Laufringflügel an einer Mehrzahl von Laufrädern des Laufwerks der Strömungsmaschine ermöglicht es, eine vorgegebene Drehzahl mit weniger Energieaufwand zu erreichen. Dies bedeutet umgekehrt, dass bei einer Dampfturbine in einer Abfolge von Hoch-, Mittel- und Niederdruck- Expansionsmodulen bei einer bestimmten Dampftemperatur und einem bestimmten Dampfdruck aus dem Entspannungsprozess mehr Energie gewonnen werden kann. Bei einer Gasturbine wird eine vorgegebene Leistung entsprechend mit weniger Brennstoff erreicht. Thermodynamisch beschreiben Strömungsmaschinen und Turbinen-Strahltriebwerke einen rechtsdrehenden Kreisprozess, bei dem Wärme in Arbeit umgewandelt wird.

Lüfter und Turbinensauger

[0024] Die Saugwirkung zusammen mit der antreibenden Wirkung eines Laufringflügels kann mit Vorteil auch für den Betrieb eines Lüfters, eines Ventilators und allgemein eines Gebläses genutzt werden. Ein erfindungsgemäßer Turbinensauger besteht in Strömungsrichtung aus einem dem Strömungseinlass des Gehäuses vorangestellten Saugschlauch mit einem durchströmten Auffangbehälter sowie aus dem elektrisch angetriebenen Niederdruck-Verdichtungsmodul und dem Strömungsauslass des Gehäuses.

[0025] Die Figuren zeigen unterschiedliche Ausführungsmöglichkeiten und Anwendungen der Erfindung.

[0026] Es zeigen:

Fig. 1 eine dem Stand der Technik entsprechende Stufe des Expansionsmoduls einer Dampfturbine mit Querschnitten der Laufringflügel des Laufrads und mit Darstellung der strömungsdynamisch bewirkten Kräfte in der perspektivischen Übersicht

Fig. 2 eine erfindungsgemäße Stufe des Expansionsmoduls einer Dampfturbine mit Querschnitten der Leitringflügel des Leittrads und der Laufringflügel des Laufrads mit Darstellung der strömungsdynamisch bewirkten Kräfte in der perspektivischen Übersicht

Fig. 3 ein Niederdruck-Expansionsmodul einer Dampfturbine mit Leit- und Laufringflügeln im schematischen Längsschnitt

Fig. 4 eine Stufe des Expansionsmoduls einer Dampfturbine mit Tandemflügelprofilen der Leitringflügel des Leittrads in der perspektivischen Übersicht

Fig. 5 ein aus zwei Kreissektoren aufgebautes Laufrad in der perspektivischen Übersicht

Fig. 6 eine Stufe des Expansionsmoduls einer Gasturbine mit Querschnitten der Leitringflügel des Leittrads und der Laufringflügel des Laufrads mit Darstellung der strömungsdynamisch bewirkten Kräfte in der perspektivischen Übersicht

Fig. 7 eine Stufe des Verdichtungsmoduls einer Gasturbine mit Querschnitten der Leitringflügel des Leittrads und der Laufringflügel des Laufrads mit Darstellung der strömungsdynamisch bewirkten Kräfte in der perspektivischen Übersicht

Fig. 8 den Längsabschnitt einer elektrisch oder thermodynamisch angetriebenen Verdichtungsmoduls mit Leit- und Laufringflügeln im schematischen Längsschnitt

Fig. 9 eine Stufe des Verdichtungsmoduls einer Gasturbine mit Querschnitten der Tandemflügelprofile an den Leitringflügeln des Leittrads und der asymmetrischen Flügelprofile an den Laufringflügeln des Laufrads in der perspektivischen Übersicht

Fig. 10 den Längsabschnitt eines elektrisch oder thermodynamisch angetriebenen Verdichtungsmoduls mit Tandemflügelprofilen an den Leitringflügeln und asymmetrischen Flügelprofilen an den Laufringflügeln im schematischen Längsschnitt

Fig. 11 ein thermodynamisches Turbinen-Strahltriebwerk mit Darstellung der strömungsdynamisch bewirkten Kräfte an dem Laufringflügel des Fans in der Ausschnittsperspektive

Fig. 12 ein thermodynamisches Mantelstromtriebwerk im schematischen Längsschnitt

Fig. 13 ein Propfan-Triebwerk im schematischen Längsschnitt

Fig. 14 ein Einstromstrahltriebwerk im schematischen Längsschnitt

Fig. 15 eine Wellenturbine im schematischen Längsschnitt

Fig. 16 einen Turbinensauger in der perspektivischen Übersicht

Fig. 17 das elektrisch angetriebene Verdichtungsmodul des Turbinensaugers nach **Fig. 16** in der Ausschnittsperspektive

Fig. 18 ein elektrisches Mantelstromtriebwerk mit Darstellung der strömungsdynamisch bewirkten Kräfte an dem Laufringflügel des Fans in der Ausschnittsperspektive

Fig. 19 das Mantelstromtriebwerk nach **Fig. 18** im schematischen Längsschnitt

Fig. 20 ein Flugzeug mit zwei Mantelstromtriebwerken, die in ihrem Aufbau dem in **Fig. 18** und **Fig. 19** gezeigten Ausführungsbeispiel entsprechen, in der perspektivischen Übersicht

[0027] **Fig. 1** zeigt eine dem Stand der Technik entsprechende von einem Leitrad **10** und von einem Laufrad **11** gebildete Stufe eines mehrstufigen Expansionsmoduls **15** einer Strömungsmaschine **16**, die als Dampfturbine **160** ausgebildet ist. Das Leitrad **10** besteht aus einem von einer Mehrzahl von radialen Leitschaufeln **100** gebildeten Schaufelgitter, das mit dem Gehäuse **101** starr verbunden ist, während das Laufrad **11** eine Mehrzahl radialer Turbinenschaufeln **111** aufweist, die auf Seiten der Welle **110** mit einem nicht näher bezeichneten Ring und an ihrem äußeren Ende mit einem Laufringflügel **2** verbunden sind. Zwei weitere Laufringflügel **2** unterteilen das Laufrad **11** in drei Felder. Die drei konzentrisch zueinander und zu der Rotationsachse x angeordneten Laufringflügel **2** weisen in der mit dem Neigungswinkel β gegenüber der Rotationsebene R geneigten Neigungsebene N , wie in dem Detailschnitt gezeigt, ein asymmetrisches Flügelprofil **21** auf, dessen konvexe Saugseite auf der Außenseite des Laufringflügels **2** liegt. Die Flügel Nase n des asymmetrischen Flügelprofils **21** ist zum Strömungseinlass **102** und die Flügelhinterkante e zum Strömungsauslass **103** des Expansionsmoduls **15** ausgerichtet. Die Dampfturbine **160** läuft im subsonischen Bereich, wobei der Dampfdruck von Stufe zu Stufe abnimmt und sich die Strömung S innerhalb des Gehäuses **101** mit dem Konuswinkel α ausdehnt. Aus der Strömungsgeschwindigkeit A , der Umlaufgeschwindigkeit B und aus dem Konuswinkel α resultiert in der Neigungsebene N die Anströmung C des Laufringflügels **2**. Die Profilschne p des Laufringflügels **2** ist, wie im Detailschnitt des asymmetrischen Flügelprofils **21** in der Neigungsebene N gezeigt, mit einem im Vergleich zu dem Konuswinkel α der resultierenden Anströmung C flacheren Steigungswinkel δ von etwa 15 Grad nach Luv zur Rotationsachse x hin geneigt und deshalb mit einem Anstellwinkel zu der resultierenden Anströmung C ausgerichtet. Senkrecht zu der Anströmung C greift der Auftrieb D an der kreisförmigen Druckpunktlinie q an und bewirkt in der Neigungsebene N eine Vortriebskraft E , die sich in eine in der Rotationsebene R wirksame tangentielle Antriebskraft F und in eine parallel zur Rotationsachse x in Richtung des Strömungseinlasses **102** des Expansionsmoduls **15** gerichtete Saugkraft G aufteilt. In der Neigungsebene N wirkt der Vortriebskraft E der Widerstand J entgegen, während in der Rotationsebene R der Rotationswiderstand K und in Richtung der Strömung S die Schubkraft L wirksam ist. Radial zur Rotationsachse x wirkt der Sog H .

[0028] **Fig. 2** zeigt eine erfindungsgemäße Stufe des Expansionsmoduls **15** einer Dampfturbine **160**. Im Unterschied zu der in **Fig. 1** gezeigten Stufe weist das Leitrad **10** bei diesem Ausführungsbeispiel drei konzentrisch zu der Rotationsachse x angeordnete Leitringflügel **20** auf, die mit den drei Laufringflügeln **2** des Laufrads **11** zusammenwirken. Während die konvexen Saugseiten der Leitringflügel **20** zur Rotationsachse x hin orientiert sind, sind die konvexen Saugseiten der Laufringflügel **2** jeweils nach außen, zu dem Gehäuse **101** hin orientiert. Die sich zwischen dem Strömungseinlass **102** und dem Strömungsauslass **103** eines mehrstufigen Expansionsmoduls **15** entspannende Strömung S wird, wie auch in **Fig. 3** gezeigt, mit einem Konuswinkel α von der Rotationsachse x weggelenkt. An den Leitringflügeln **20** erhält die Strömung S einen Drall, der sie ebenfalls von der Rotationsachse x weglenkt und so den Konuswinkel α der resultierenden Anströmung C des

Lauftringflügels **2** erhöht. Für die in der Neigungsebene N aus dem Auftrieb D abgeleitete Vortriebskraft E ist der Konuswinkel α der resultierenden Anströmung C von entscheidender Bedeutung und bewirkt in der Rotationsebene R die tangentielle Antriebskraft F und die entgegen der Strömung S wirkende Saugkraft G . Wie der Detailschnitt des asymmetrischen Flügelprofils **21** in der Neigungsebene N zeigt, ist die Profilschne p mit einem Steigungswinkel δ gegenüber der Rotationsachse x geneigt, der mit einer Steigung von etwa 18 Grad flacher ausgebildet ist als der Konuswinkel α der resultierenden Anströmung C selbst. Die radialen Turbinenschaufeln **111** des Laufrads **11** sind als in sich verwundene Schaufelprofile ausgebildet und mit einem von der Blattwurzel zur Blattspitze kontinuierlich flacher werdenden Anstellwinkel gegenüber der Rotationsebene R geneigt.

[0029] Fig. 3 zeigt eine Kaskade von drei jeweils aus einem Leitrad **10** und einem Laufrad **11** gebildeten Stufen des Expansionsmoduls **15** einer Strömungsmaschine **16**, die als Dampfturbine **160** ausgebildet ist. Die Anordnung der Leitringflügel **20** und der Lauftringflügel **2** einer Stufe entspricht dem in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel. Die konvexen Saugseiten der asymmetrischen Flügelprofile **21** der Leitringflügel **20** sind jeweils zur Rotationsachse x hin orientiert, während die konvexen Saugseiten der Lauftringflügel **2** zu dem sich in Richtung der Strömung S erweiternden Gehäuse **101** hin orientiert sind. Wie in Fig. 2 gezeigt, bilden jeweils ein Leitringflügel **20** und ein Lauftringflügel **2** eine funktionale Einheit, die dazu ausgebildet ist, den Konuswinkel α der resultierenden Anströmung C des Lauftringflügels **2** zu erhöhen. Die Profilschnen p des asymmetrischen Flügelprofils **21** der Lauftringflügel **2** weisen einen flacheren Steigungswinkel δ gegenüber der Rotationsachse x auf als die Profilschnen p des asymmetrischen Flügelprofils **21** der Leitringflügel **20**.

[0030] Fig. 4 zeigt eine von einem Leitrad **10** und einem Laufrad **11** gebildete Stufe des Expansionsmoduls **15** einer Dampfturbine **160**, bei der der Leitringflügel **20** ein Tandemflügelprofil **210** aus zwei asymmetrischen Flügelprofilen **21** aufweist. Ein Schnitt des Tandemflügelprofils **210** ist in Fig. 10 dargestellt. Das Tandemflügelprofil **210** des Leitringflügels **20** hat die Aufgabe, der Strömung S einen maximalen Drall zu verleihen, sodass das asymmetrische Flügelprofil **21** des Lauftringflügels **2**, wie in Fig. 2 gezeigt, in der Neigungsebene N mit einem möglichst steilen Konuswinkel α angeströmt wird, wobei die Tandemflügelprofile **210** des Leitrads **10** und das asymmetrische Flügelprofil **21** des Laufrads **11** jeweils unterschiedliche Steigungswinkel δ gegenüber der Rotationsachse x aufweisen. Der Detailschnitt zeigt den Steigungswinkel δ des strömungsdynamisch wirksamen asymmetrischen Flügelprofil **21** in der Neigungsebene N .

[0031] Fig. 5 zeigt das Laufrad **11** einer Dampfturbine **160**, bei dem sich ein Vielzahl von radialen Turbinenschaufeln **111** des Laufrads **11** mit insgesamt drei konzentrisch um die Rotationsachse x angeordneten Lauftringflügel **2** durchdringen und ein biege-, schub- und torsionssteifes Turbinenschaufelgitter bilden. Das Laufrad **11** ist aus zwei halbkreisförmigen Segmenten aufgebaut, die in der Rotationsebene R untereinander durch die Federn **211** einer Nut- und Feder-Verbindung verbunden werden. Durch Keil- oder Schraubverbindungen sind die Federn **211** mit einer Hälfte des Laufrads **11** starr verbunden, während mit der zweiten Hälfte des Laufrads **11** eine gleitende Verbindung hergestellt wird.

[0032] Fig. 6 zeigt eine von einem Leitrad **10** und einem Laufrad **11** gebildete Stufe des Expansionsmoduls **15** einer Strömungsmaschine **16**, die als Gasturbine **161** ausgebildet ist. Das Leitrad **10** besteht aus einer Vielzahl von radialen Leitschaufeln **100**, die zusammen mit den drei konzentrisch um die Rotationsachse x angeordneten Leitringflügel **20** ein Schaufelgitter bilden. Die drei Leitringflügel **20** beeinflussen die resultierende Anströmung C der drei zugeordneten Lauftringflügel **2** des sich stromab an das Leitrad **10** anschließenden Laufrads **11**, indem die Strömung S einen Drall von der Rotationsachse x weg erhält. Die resultierende Anströmung C strömt den Lauftringflügel **2** in der Neigungsebene N mit einem Konuswinkel α an und setzt sich aus der Strömungsgeschwindigkeit A und der Umlaufgeschwindigkeit B zusammen. Der von dem asymmetrischen Flügelprofil **21** bewirkte Auftrieb D ist in Drehrichtung T des Laufrads **11** nach Luv geneigt. Aus dem Auftrieb D leiten sich in der Neigungsebene N der Sog H und die Vortriebskraft E ab. In der Rotationsebene R wirkt an der Druckpunktlinie q eine Komponente der Vortriebskraft E als tangentielle Antriebskraft F . Parallel zu der Rotationsachse x wirkt die zweite Komponente der Vortriebskraft E als eine zum Strömungseinlass **102** gerichtete Saugkraft G . In der Neigungsebene N wirkt der Vortriebskraft E der Widerstand J entgegen, der sich in der Rotationsebene R entsprechend in den Rotationswiderstand K und parallel zu der Rotationsachse x in die Schubkraft L aufteilt. Die Profilschnen p des asymmetrischen Flügelprofils **21** der Lauftringflügel **2** weisen, wie auch in Fig. 8 gezeigt, einen Steigungswinkel δ gegenüber der Rotationsachse x auf, der flacher ausgebildet ist als der Steigungswinkel δ der Profilschnen p des asymmetrischen Flügelprofils **21** der Leitringflügel **20**.

[0033] Fig. 7 zeigt eine von einem Leitrad **10** und einem Laufrad **11** gebildete Stufe des Verdichtungsmoduls **13** einer Strömungsmaschine **16**, die als Gasturbine **161** ausgebildet ist. Das Leitrad **10** besteht aus einer Vielzahl von radialen Leitschaufeln **100**, die zusammen mit drei konzentrisch um die Rotationsachse x angeordneten Leitringflügel **20** ein Schaufelgitter bilden. Die drei Leitringflügel **20** beeinflussen die resultierende Anströmung

C von drei Laufringflügeln **2** des sich stromab an das Leitrad **10** anschließenden Laufrads **11**, indem die Strömung S einen Drall von der Rotationsachse x weg erhält. Die von dem Laufringflügel **2** strömungsdynamisch bewirkten Kräfte A bis L entsprechen dem in **Fig. 6** erläuterten Ausführungsbeispiel. An dem Verdichtungsmodul **13** ist die konkave Seite der radialen Turbinenschaufeln **111** in Drehrichtung T des Laufrads **11** ausgerichtet. Insgesamt drei Laufringflügel **2** sind jeweils kraftschlüssig mit den radialen Turbinenschaufeln **111** des Laufrads **11** verbunden, wobei an dem asymmetrischen Flügelprofil **21** der Laufringflügel **2** jeweils eine Nut- und Federverbindung zwischen den radialen Turbinenschaufeln **111** vorgesehen ist, sodass die Auswechslung einer einzelnen radialen Turbinenschaufel **111** ermöglicht wird. An jeder Fuge weist die Feder **211** ein Fest- und ein Loslager auf, sodass für den Austausch einer radialen Turbinenschaufel **111** das Festlager gelöst und die Feder **211** in eine Ausnehmung des Laufringflügels **2** zurück geschoben werden kann, um die radiale Turbinenschaufel **111** parallel zu der Rotationsachse x aus einer Nut an der Wurzel der radialen Turbinenschaufel **111** herauschieben zu können.

[0034] **Fig. 8** zeigt am Beispiel eines schematischen Längsschnitts durch zwei Stufen des Verdichtungsmoduls **13** einer thermodynamisch oder elektrisch angetriebenen Turbine **1** die Überströmung der asymmetrischen Flügelprofile **21** der Leiträder **10** und der Laufräder **11**. Die starr mit dem Gehäuse **101** verbundenen Leiträder **10** weisen jeweils drei starre Leitringflügel **20** mit einem asymmetrischen Flügelprofil **21** auf, deren Profilschne p mit einem Steigungswinkel δ von ca. 20 Grad in Richtung des Strömungseinlasses **102** zur Rotationsachse x hin geneigt ist, wobei die Saugseite des asymmetrischen Flügelprofils **21** zur Welle **110** ausgerichtet ist. Das Laufrad **11** weist jeweils drei konzentrisch zur Rotationsachse x rotierende Laufringflügel **2** mit asymmetrischen Flügelprofilen **21** auf, deren Profilschnen p mit einem Steigungswinkel δ von ca. 7 Grad in Richtung des Strömungseinlasses **102** zur Rotationsachse x hin geneigt sind, wobei die Saugseiten der asymmetrischen Flügelprofile **21** auf der dem Gehäuse **101** zugewandten Außenseite liegen. Zusammen mit den radialen Leitschaufeln **100** bilden die Leitringflügel **20** ein Schaufelgitter, das dazu ausgebildet ist, die Strömung S auf das Laufrad **11** zu leiten. An dem Laufrad **11** bilden die Laufringflügel **2** zusammen mit den radialen Turbinenschaufeln **111** ein zu dem Schaufelgitter des Leitrads **10** komplementäres Turbinenschaufelgitter, das dazu ausgebildet ist, die kinetische Energie der Strömung S in eine Drehbewegung mit Drehrichtung T zu wandeln. Der im Betrag geringere Steigungswinkel δ der Profilschnen p der Laufringflügel **2** wirkt an den asymmetrischen Flügelprofilen **21** der Laufringflügel **2** als Anstellwinkel in Bezug zu der resultierenden Anströmung C, sodass die Laufringflügel **2** einen maximalen Auftrieb D liefern, aus dem sich, wie auch in **Fig. 7** gezeigt, die tangentielle Antriebskraft F und eine luvseitige Saugkraft G ableiten.

[0035] **Fig. 9** zeigt eine von einem Leitrad **10** und einem Laufrad **11** gebildete Stufe des Verdichtungsmoduls **13** einer Strömungsmaschine **16** am Beispiel einer Gasturbine **161**, bei der im Unterschied zu dem in **Fig. 7** gezeigten Ausführungsbeispiel die drei Leitringflügel **20** des Leitrads **10** ein Tandemflügelprofil **210** aufweisen. Wie auch in **Fig. 10** gezeigt, beeinflusst das Tandemflügelprofil **210** des Leitringflügels **20** den Konuswinkel α der resultierende Anströmung C des Laufringflügels **2**. Die vektorielle Darstellung der Kräfte A-L an einem Ausschnitt des Laufringflügels **2** zeigt den Konuswinkel α der resultierenden Anströmung C als Vektorsumme aus der Strömungsgeschwindigkeit A und der Umlaufgeschwindigkeit B des Laufrads **11**. Die diagonale Überströmung des Laufringflügels **2** bewirkt einen in Drehrichtung T des Laufrads **11** geneigten Auftrieb D, aus dem sich die tangentielle Antriebskraft F und die zum Strömungseinlass **102** orientierte Saugkraft G ableiten.

[0036] **Fig. 10** zeigt am Beispiel eines schematischen Längsschnitts durch zwei Stufen des Verdichtungsmoduls **13** einer thermodynamisch oder elektrisch angetriebenen Turbine **1** die Überströmung der Tandemflügelprofile **210** der Leiträder **10** und der asymmetrischen Flügelprofile **21** der Laufräder **11**. Das Tandemflügelprofil **210** besteht aus zwei sich einander übergreifenden asymmetrischen Flügelprofilen **21**, die, wie auch in **Fig. 9** gezeigt, einen maximalen Konuswinkel α für die resultierende Anströmung C des Laufringflügels **2** bewirken. Die Profilschnen p der Laufringflügel **2** sind mit einem Steigungswinkel δ von ca. 12 Grad in Richtung des Strömungseinlasses **102** zur Rotationsachse x hin geneigt, während die Profilschnen p der asymmetrischen Flügelprofile **21** des Tandemflügelprofils **210** jeweils einen steileren Steigungswinkel δ gegenüber der Rotationsachse x aufweisen. Die Strömung S wird an den Laufringflügeln **2** der Laufräder **11** regelmäßig wieder parallel zu der Rotationsachse x ausgerichtet, sodass sich die strömungsdynamisch bewirkten Kräfte an den Tandemflügelprofilen **210** gegenseitig weitgehend aufheben.

[0037] **Fig. 11** zeigt ein thermodynamisch angetriebenes Turbinen-Strahltriebwerk **17**, das als Mantelstromtriebwerk **170** ausgebildet ist. Der Strömungseinlass **102** weist eine von einem Laufrad **11** und einem Leitrad **10** gebildete Schubstufe **12** auf, an die sich in Richtung der Strömung S mehrere aufeinanderfolgende Verdichtungsmoduls **13**, mehreren Brennkammern **14** und mindestens ein Expansionsmodul **15** am Strömungsauslass **103** des Gehäuses **101** der Turbine **1** anschließen. Das Laufrad **11** der Schubstufe **12** besteht aus einer Mehrzahl radialer Turbinenschaufeln **111**, die als Fan **112** wirken und an ihrem äußeren Ende mit einem

Lauftringflügel **2** verbunden sind. Die Beschleunigung der Strömung **S** durch die radialen Turbinenschaufeln **111** geht in der Rotationsebene **R** mit einem schlagartigen Druckabfall einher, sodass die aus der Strömungsgeschwindigkeit **A** und der Umlaufgeschwindigkeit **B** gebildete resultierende Anströmung **C** einen zur Rotationsachse **x** geneigten Konuswinkel α aufweist. Die Saugseite des Lauftringflügels **2** liegt deshalb auf der Innenseite des asymmetrischen Flügelprofils **21**. An dem Lauftringflügel **2** bewirkt die resultierende Anströmung **C** in der Neigungsebene **N** einen in Drehrichtung **T** geneigten Auftrieb **D**, der sich in die Vortriebskraft **E** und den Sog **H** aufteilen lässt. Eine Komponente der Vortriebskraft **E** wirkt in der Rotationsebene **R** als tangentielle Antriebskraft **F**, während die zweite Komponente der Vortriebskraft **E** als Saugkraft **G** entgegen der Richtung der Strömung **S** in Flugrichtung wirkt. Wie in den vorangehenden Ausführungsbeispielen in **Fig. 6-10** gezeigt, weisen auch die sich an die Schubstufe **12** anschließenden Verdichtungsmodule **13** und das sich an die Brennkammer **14** anschließende Expansionsmodul **15** jeweils mehrere Lauftringflügel **2** auf, die ebenfalls jeweils rotativ und saugend wirken.

[0038] **Fig. 12** zeigt ein Turbinen-Strahltriebwerk **17** als Mantelstromtriebwerk **170** in einem schematischen Längsschnitt, das dem in **Fig. 11** erläuterten Ausführungsbeispiel weitgehend entspricht.

[0039] **Fig. 13** zeigt den Aufbau eines Turbinen-Strahltriebwerks **17**, das als Propfan-Triebwerk **171** ausgebildet ist, in einem schematischen Längsschnitt. In Richtung der Strömung **S** folgt auf den von einem Laufrad **11** und einem Leitrad **10** gebildeten Fan **112** am Strömungseinlass **102** das mehrstufige Verdichtungsmodul **13**, die Brennkammer **14**, das mehrstufige Expansionsmodul **15** sowie eine von einem Leitrad **10** und von einem Laufrad **11** gebildete 12 am Strömungsauslass **103** des aus zwei konzentrischen Schalen aufgebauten Gehäuses **101** der Turbine **1**. Die Welle des Propfan-Triebwerks **171** ist stromab des Strömungsauslasses **103** mit dem Laufrad **11** der Schubstufe **12** verbunden, dessen radiale Turbinenschaufeln **111** an ihrem äußeren Ende einen Lauftringflügel **2** aufweisen. Der Druckabfall in der Rotationsebene des Laufrads **11** bewirkt, wie in **Fig. 11** erläutert, die resultierende Anströmung **C** des Lauftringflügels **2** mit einem Konuswinkel α .

[0040] **Fig. 14** zeigt den Aufbau eines Turbinen-Strahltriebwerks **17**, das als Einstromstrahltriebwerk **173** ausgebildet ist, in einem schematischen Längsschnitt. In Richtung der Strömung **S** folgt auf die von einem Fan **112** und einem Leitrad **10** gebildete erste Stufe am Strömungseinlass **102** das mehrstufige Verdichtungsmodul **13**, die Brennkammer **14** und das mehrstufige Expansionsmodul **15** am Strömungsauslass **103** des Gehäuses **101** der Turbine **1**. Die Lauftringflügel **2** der Laufräder **11** des Verdichtungsmoduls **13** und des Expansionsmoduls **15** sind jeweils am äußeren Ende der radialen Turbinenschaufeln **111** mit einem Lauftringflügel **2** verbunden, wobei die Saugseite des asymmetrischen Flügelprofils **21** an dem Verdichtungsmodul **13** der Rotationsachse **x** und an dem Expansionsmodul **15** dem Gehäuse **101** zugewandt ist. Wie in **Fig. 11** gezeigt, wird der für die Wirksamkeit der Lauftringflügel **2** erforderliche Konuswinkel α an den Lauftringflügeln **2** der Laufräder **11** am Strömungseinlass **102** durch den Druckabfall der Strömung **S** in der Rotationsebene **R** des Fans **112** und im weiteren Verlauf der Strömung **S** in dem Verdichtungsmodul **13** durch die äußere Strömungsleitfläche **105** des Gehäuses **101**, und an dem Expansionsmodul **15** durch den Druckanstieg der Strömung **S** bewirkt.

[0041] **Fig. 15** zeigt ein Turbinen-Strahltriebwerk **17** als Wellenturbine **172** in einem schematischen Längsschnitt mit Darstellung eines Verdichtungsmoduls **13** am Strömungseinlass **102** und eines Expansionsmoduls **15** am Strömungsauslass **103** der Turbine **1** mit dazwischenliegender Brennkammer **14**. Funktion und Anordnung der Lauftringflügel **2** entsprechen dem in **Fig. 12** erläuterten Einstromstrahltriebwerk **174**.

[0042] **Fig. 16** zeigt einen Turbinensauger **19** für den gewerblichen oder häuslichen Gebrauch. Wie in **Fig. 17** gezeigt, wird die hohe Saugleistung des von einem Elektromotor **18** angetriebenen Verdichtungsmoduls **13**, dem der Saugschlauch **190** und der durchströmte Auffangbehälter **191** vorangestellt sind, z.B. für die Gebäudereinigung genutzt.

[0043] **Fig. 17** zeigt das von dem Elektromotor **18** angetriebene Verdichtungsmodul **13**, bei dem in Richtung der Strömung **S** mehrere jeweils von einem Leitrad **10** und einem Laufrad **11** gebildete Stufen hintereinander angeordnet sind. Die Saugwirkung der Turbine beruht auf dem in **Fig. 8** beschriebenen strömungsdynamischen Zusammenwirken der Leitringflügel **20** der Leiträder **10** mit den Lauftringflügeln **2** der Laufräder **11**. Bei dem Turbinensauger **19** ist am Strömungseinlass **102** der Turbine **1** ein durchströmter, z.B. von einem Papiersack gebildeter Auffangbehälter **191** angeordnet, während am Strömungsauslass **103** das Gehäuse **101** mit der Welle und dem Elektromotor **18** verbunden ist.

[0044] **Fig. 18** zeigt eine Turbine **1** mit einem Turbinen-Strahltriebwerk **17**, das als elektrisch angetriebenes Mantelstromtriebwerk **170** ausgebildet ist. Am Strömungseinlass **102** der Turbine ist ein als Fan **112** ausgebildetes Laufrad **11** vorgesehen, dessen radiale Turbinenschaufeln **111** an ihrem äußeren Ende mit einem

Lauftringflügel **2** verbunden sind. Stromab des Fans **112** teilt sich die Strömung S an dem zweischalig aufgebauten Gehäuse **101** und an dem auf das Laufrad **11** folgenden Leitrad **10** in eine äußere Mantelströmung und eine Innenströmung, die das mehrstufig aufgebaute Verdichtungsmodul **13** durchströmt. Eine Stufe des Verdichtungsmoduls **13** besteht jeweils aus einem Leitrad **10** mit Leitringflügeln **20** und aus einem Laufrad **11** mit Lauftringflügeln **2** und entspricht im Wesentlichen dem in **Fig. 8** näher erläuterten Ausführungsbeispiel. Der Elektromotor **18** treibt das Verdichtungsmodul **13** an. Eine separate Welle ist für den Antrieb der von dem Fan **112** und dem Leitrad **10** gebildeten Schubstufe **12** vorgesehen. Wie im Detail gezeigt, bewirkt der Konuswinkel α der resultierenden Anströmung C des Lauftringflügels **2** einen in Drehrichtung T und nach Luv geneigten Auftrieb D , der sich in der Neigungsebene N in eine Vortriebskraft E und einen zur Rotationsachse x gerichteten Sog H teilt. In der Rotationsebene R treibt die tangentielle Antriebskraft F den Fan **112** an, während parallel zu der Rotationsachse x die Saugkraft G wirksam ist und für zusätzlichen Schub an dem Turbinen-Strahltriebwerk **17** sorgt.

[0045] **Fig. 19** zeigt das von einem Elektromotor **18** angetriebene Mantelstromtriebwerk **170** nach **Fig. 18** in einer schematischen Schnittansicht entlang der Rotationsachse x . Die radialen Turbinenschaufeln **111** des Fans **112** beschleunigen die Strömung S , sodass der in der Rotationsebene R schlagartig eintretende Druckabfall die Strömung S , wie gezeigt, als konvergente Strömung S zur Rotationsachse x hinlenkt. Der Druckabfall in der Strömungsröhre bewirkt, wie in **Fig. 18** gezeigt, den Konuswinkel α der resultierenden Anströmung C , die in der Rotationsebene R an dem Lauftringflügel **2** die tangentielle Antriebskraft F und parallel zu der Rotationsachse x die Saugkraft G erzeugt. Das Laufrad **11** und das nachfolgende Leitrad **10** bilden die Schubstufe **12** des elektrischen Mantelstromtriebwerks **170**, wobei sich die Strömung S in eine äußere Mantelströmung und in eine innere, das Verdichtungsmodul **13** durchquerende Teilströmung aufteilt. Das Verdichtungsmodul **13** besteht aus einer kaskadenartigen Abfolge von insgesamt vier Stufen, die jeweils von Leiträdern **10** und Laufrädern **11** gebildet werden, wobei, wie in **Fig. 8** gezeigt, die Leiträder **10** konzentrisch zu der Rotationsachse x angeordnete Leitringflügel **20** und die Laufräder **11** konzentrisch zu der Rotationsachse x angeordnete Lauftringflügel **2** aufweisen. Der Elektromotor **18** treibt jeweils eine Welle für die Schubstufe **12** und für das Verdichtungsmodul **13** an. Sowohl die äußere Mantelströmung als auch die verdichtete Innenströmung des elektrischen Turbinen-Strahltriebwerks **17** erzeugen Schub in Flugrichtung nach dem Rückstoßprinzip.

[0046] **Fig. 20** zeigt ein Flugzeug **22**, das von zwei elektrischen Turbinen **1** angetrieben wird, die als Turbinen-Strahltriebwerke **17** ausgebildet sind und jeweils ein Mantelstromtriebwerk **170** aufweisen, das dem in **Fig. 18** und **Fig. 19** gezeigten Ausführungsbeispiel entspricht.

Bezugszeichenliste

Turbine	1	Lauftringflügel	2
Leitrad	10	Leitringflügel	20
Radiale Leitschaufel	100	Asymmetrisches Flügelprofil	21
Gehäuse	101	Tandemflügelprofil	210
Strömungseinlass	102	Feder	211
Strömungsauslass	103	Flügel Nase	n
Innere Strömungsleitfläche	104	Flügelhinterkante	e
Äußere Strömungsleitfläche	105	Profilsehne	p
Laufrad	11	Druckpunktlinie	q
Welle	110	Strömung	S
Radiale Turbinenschaufel	111	Rotationsachse	x
Fan	112	Rotationsebene	R
Schubstufe	12	Neigungsebene	N
Verdichtungsmodul	13	Drehrichtung	T
Brennkammer	14	Konuswinkel	α
Expansionsmodul	15	Neigungswinkel	β
Strömungsmaschine	16	Steigungswinkel	δ

Turbine	1	Lauftringflügel	2
Dampfturbine	160	Strömungsgeschwindigkeit	A
Gasturbine	161	Umlaufgeschwindigkeit	B
Turbinen-Strahltriebwerk	17	Resultierende Anströmung	C
Mantelstromtriebwerk	170	Auftrieb	D
Propfan-Triebwerk	171	Vortriebskraft	E
Wellenturbine	172	Tangentiale Antriebskraft	F
Einstromstrahltriebwerk	173	Saugkraft	G
Elektromotor	18	Sog	H
Turbinensauger	19	Widerstand	J
Saugschlauch	190	Rotationswiderstand	K
Auffangbehälter	191	Schubkraft	L

Patentansprüche

1. Turbine (1) mit einem Antrieb für die einzelnen, jeweils von einem Leitrad (10) und von einem Laufrad (11) gebildeten Stufen eines mehrstufig aufgebauten Verdichtungsmoduls (11) oder eines mehrstufig aufgebauten Expansionsmoduls (15) der Turbine (1), die ein Gehäuse (101) hat, das für die Führung eines mit der Strömung (S) zwischen einem Strömungseinlass (102) und einem Strömungsauslass (103) strömenden Fluids und für die Aufnahme eines von mehreren, jeweils mit einem Abstand zueinander angeordneten und starr mit dem Gehäuse (101) verbundenen Leiträdern (10) mit radialen Leitschaufeln (100) gebildeten Leitwerks, sowie für die Aufnahme eines von mehreren zwischen den Leiträdern (10) jeweils in einer Rotationsebene (R) auf mindestens einer um die Rotationsachse (x) rotierenden Welle (110) angeordneten Laufrädern (11) mit radialen Turbinenschaufeln (111) und mit mindestens einem konzentrisch zu der Rotationsachse (x) angeordneten Lauftringflügel (2) gebildeten Laufwerks ausgebildet ist, welcher Lauftringflügel (2) eine konvexe Saugseite, eine konkave Druckseite, eine kreisförmige Druckpunktlinie (q) sowie eine zum Strömungseinlass (102) des Gehäuses (101) orientierte Flügel Nase (n) und eine zum Strömungsauslass (103) des Gehäuses (101) orientierte Flügelhinterkante (e) besitzt, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem mindestens einen Lauftringflügel (2) des Laufrads (11) in Richtung der Strömung (S) mindestens ein konzentrisch zu der Rotationsachse (x) angeordneter Leitringflügel (20) mit einem in einer Neigungsebene (N) wirksamen asymmetrischen Flügelprofil (21) und mit einem Steigungswinkel (δ) gegenüber der Rotationsachse (x) vorangestellt ist, wobei die konvexe Saugseite des Leitringflügels (20) und des Lauftringflügels (2) jeweils entgegengesetzt zueinander auf der Außenseite oder der Innenseite des Leit- oder des Lauftringflügels (20,2) angeordnet sind und der Lauftringflügel (2) in der mit einem Neigungswinkel (β) gegenüber der Rotationsebene (R) geneigten Neigungsebene (N) ein strömungsdynamisch wirksames, asymmetrisches Flügelprofil (21) aufweist, das von dem in dem Gehäuse (101) strömenden Fluid mit einer aus der Strömungsgeschwindigkeit (A) und der Umlaufgeschwindigkeit (B) des Laufrads (11) resultierenden Anströmung (C) mit einem Konuswinkel (α) derart angeströmt wird, dass an der Druckpunktlinie (q) über den gesamten Umfang des Lauftringflügels (2) eine aus dem dynamischen Auftrieb (D) abgeleitete, in Drehrichtung (T) wirkende tangentielle Antriebskraft (F) und eine am Strömungseinlass (102) der Turbine (1) wirkende Saugkraft (G) erzeugt werden.

2. Turbine (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das asymmetrische Flügelprofil (21) des Lauftringflügels (2) eine sich zwischen der Flügel Nase (n) und der Flügelhinterkante (e) erstreckende und mit einem Steigungswinkel (δ) gegenüber der Rotationsachse (x) geneigte Profilverse (p) hat und in der Neigungsebene (N) von einer aus der Strömungsgeschwindigkeit (A) des Fluids, aus der Umlaufgeschwindigkeit (B) des Laufrads (11) und aus dem in der Rotationsebene (R) vorhandenen Konuswinkel (α) der Strömung (S) gebildeten resultierenden Anströmung (C) derart angeströmt wird, dass in der Neigungsebene (N) senkrecht zu der resultierenden Anströmung (C) der dynamische Auftrieb (D) an einer kreisförmigen Druckpunktlinie (q) des Lauftringflügels (2) angreift.

3. Turbine (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Neigungsebene (N) aus dem dynamischen Auftrieb (D) des Lauftringflügels (2) die Vortriebskraft (E), der Widerstand (J) und die Sogkraft (H) hervorgehen, welche Vortriebskraft (E) in der Rotationsebene (R) die in Drehrichtung (T) des Lauftringflügels (2) wirkende und an der Welle (110) ein Drehmoment erzeugende tangentielle Antriebskraft (F) und eine am Strömungseinlass (102) der Turbine (1) wirkende Saugkraft (G) aufweist, wobei der tangentialen Antriebskraft

(F) in der Rotationsebene (R) der Rotationswiderstand (K) und der parallel zu der Rotationsachse (x) am Strömungseinlass (102) wirkenden Saugkraft (G) die Schubkraft (L) entgegenwirken.

4. Turbine (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das von den radialen Turbinenschaufeln (111) und einer Mehrzahl von konzentrisch zueinander angeordneten Laufringflügeln (2) gebildete Laufrad (11) als eine biege-, schub- und torsionssteife Scheibe ausgebildet ist, welche Scheibe entweder als ein Stück oder als eine aus einer Mehrzahl von Kreissektoren zusammengesetzte Scheibe ausgebildet ist, wobei ein Kreissektor mindestens aus einer Turbinenschaufel (111) und aus einem Ringsegment des Laufringflügels (2) besteht und die Ringsegmente untereinander durch die Federn (211) einer Nut- und Feder-Verbindung verbunden werden, sodass der Austausch einer einzelnen Turbinenschaufel (111) ermöglicht wird.

5. Turbine (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Leitringflügel (20) der Strömung (S) den Konuswinkel (α) für die resultierende Anströmung (C) des sich in Richtung der Strömung (S) an den Leitringflügel (20) anschließenden Laufringflügels (2) verleiht und der Steigungswinkel (δ) der Profilschne (p) des asymmetrischen Flügelprofils (21) des Leitringflügels (20) größer ist als der Steigungswinkel (δ) der Profilschne (p) des asymmetrischen Flügelprofils (21) eines Laufringflügels (2).

6. Turbine (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das mehrstufige Verdichtungsmodul (11) oder das mehrstufige Expansionsmodul (15) der Turbine (1) jeweils eine innere und eine äußere Strömungslleitfläche (104,105) haben, die der Strömung (S) den Konuswinkel (α) vorgeben, wobei sich an dem mehrstufigen Verdichtungsmodul (13) der Querschnitt der Strömung (S) verjüngt und sich an dem mehrstufigen Expansionsmodul (15) der Querschnitt der Strömung (S) erweitert.

7. Turbine (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anstellwinkel der radialen Leitschaufeln (100) und der radialen Turbinenschaufeln (111) gegenüber der Rotationsebene (R) von dem der Welle (110) zugekehrten Ende zu dem äußeren Ende hin kontinuierlich abnimmt und die Leit- und Turbinenschaufeln (100, 111) jeweils als in sich verwundene Profile ausgebildet sind, wobei an einem mehrstufigen Verdichtungsmodul (13) die konvexe Seite der radialen Leitschaufeln (100) und die konvexe Seite der radialen Turbinenschaufeln (111) gegen die Drehrichtung (T) des Laufrads (11) und an einem mehrstufigen Expansionsmodul (15) die konvexe Seite der radialen Turbinenschaufeln (111) in Drehrichtung (T) des Laufrads (11) und die konvexe Seite der radialen Leitschaufeln (100) gegen die Drehrichtung (T) des Laufrads (11) ausgerichtet ist.

8. Turbine (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Turbine (1) als Strömungsmaschine (16) ausgebildet ist, die als Dampfturbine (160) ein mehrstufiges Expansionsmodul (15) oder als Gasturbine (161) ein mehrstufiges Expansionsmodul (15) aufweist, welche Strömungsmaschinen (16) dazu ausgebildet sind, ein mit Druck und Wärme beaufschlagtes Arbeitsmedium zwischen dem Strömungseinlass (102) und dem Strömungsauslass (103) des Gehäuses (101) in mehreren jeweils von einem Leitrad (10) und einem Laufrad (11) gebildeten Stufen zu entspannen, wobei die Strömung (S) an den radialen Turbinenschaufeln (111) und an den Laufringflügeln (2) der Laufräder (11) des Laufwerks Arbeit verrichtet, die z.B. für den Antrieb eines Generators genutzt wird.

9. Turbine (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein elektrisch angetriebenes, mehrstufiges Verdichtungsmodul (13) einen Lüfter, einen Ventilator, ein Gebläse und einen Turbinensauger (19) aufweist, wobei der Turbinensauger (19) aus einem mit dem Strömungseinlass (102) des Gehäuses (101) verbundenen Saugschlauch (190) mit einem durchströmten Auffangbehälter (191) und aus dem mehrstufigen Verdichtungsmodul (13) aufgebaut ist.

10. Turbine (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Turbine (1) als ein thermodynamisch oder elektrisch angetriebenes Turbinen-Strahltriebwerk (17) ausgebildet ist, bei dem am Strömungseinlass (102) des Gehäuses (101) ein als Fan (112) ausgebildetes Laufrad (11) mit radial angeordneten Turbinenschaufeln (111), die an ihrem äußeren Ende mit einem Laufringflügel (2) verbunden sind, zusammen mit einem sich stromab anschließenden Leitrad (10) die erste Stufe eines mehrstufigen Verdichtungsmoduls (11) bildet, wobei sich bei einem thermodynamischen Turbinen-Strahltriebwerk (17) in Richtung der Strömung (S) mindestens eine Brennkammer (14) sowie mindestens ein mehrstufiges Expansionsmodul (15) mit einer Schubdüse als Strömungsauslass (103) an das mehrstufige Verdichtungsmodul (13) anschließen und das Turbinen-Strahltriebwerk (17) entweder als ein Mantelstromtriebwerk (170) oder als ein Propfan-Triebwerk (171) oder als eine Wellenturbine (172) oder als ein Turboprop-Triebwerk oder als ein Einstrom-Strahltriebwerk (173) ausgebildet ist.

11. Turbine (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Turbine (1) als ein Turbinen-Strahltriebwerk (17) ausgebildet ist und eine Schubstufe (12) aufweist, die innerhalb eines zweischalig ausgebildeten Gehäuses (101) von einem Laufrad (11) und einem Leitrad (10) gebildet wird, welche Schubstufe (12) bei einem Mantelstromtriebwerk (170) am Strömungseinlass (102) des Gehäuses (101) vor dem Verdichtungsmodul (13) und bei einem Propfan-Triebwerk (171) am Strömungsauslass (103) des Gehäuses (101) unmittelbar hinter dem Expansionsmodul (15) angeordnet ist, wobei das Laufrad (11) der Schubstufe (12) als Fan (112) mit einem äußeren Laufringflügel (2), dessen konvexe Saugseite auf der der Rotationsachse (x) zugekehrten Innenseite liegt, ausgebildet ist.

Es folgen 16 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

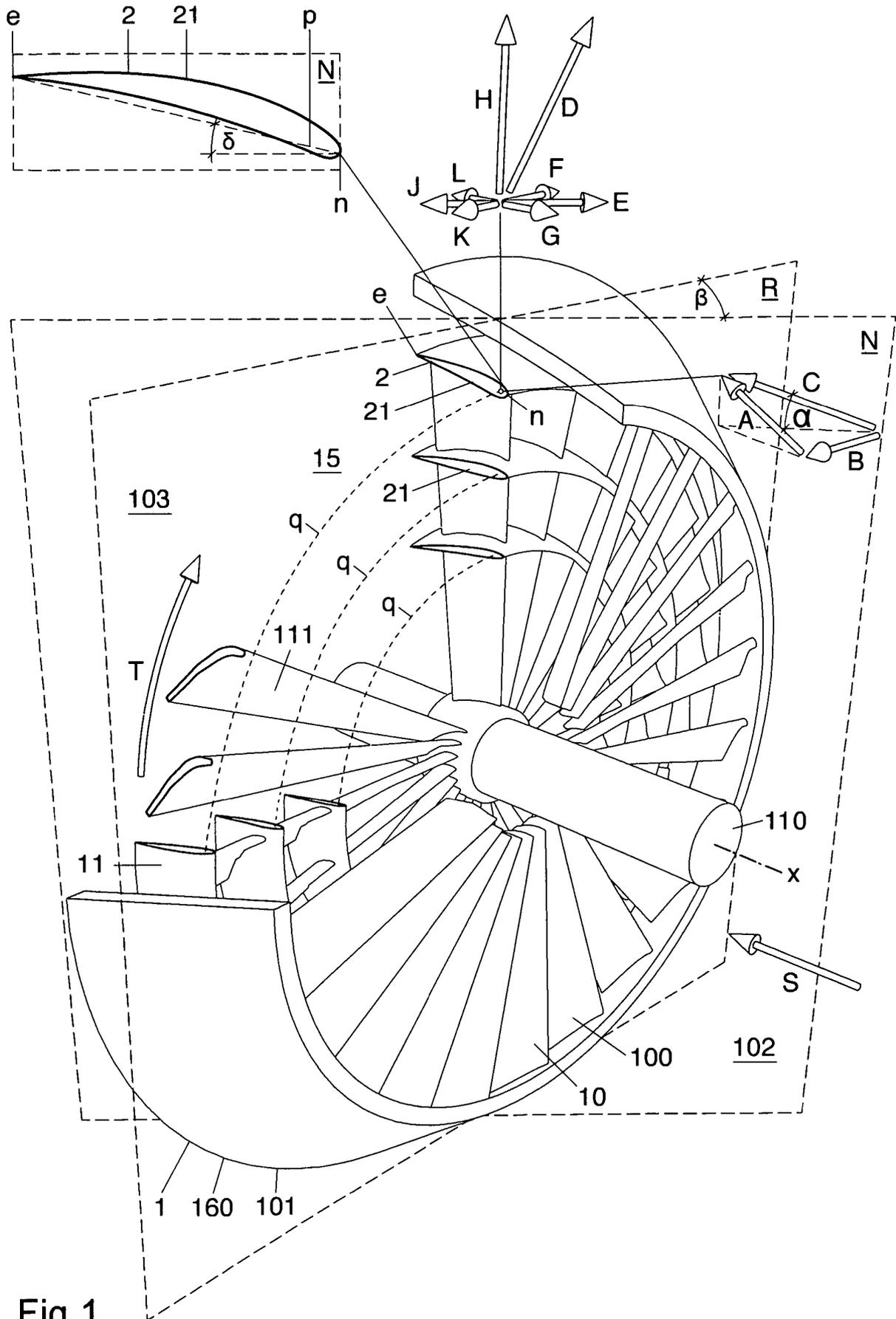


Fig.1

Stand der Technik

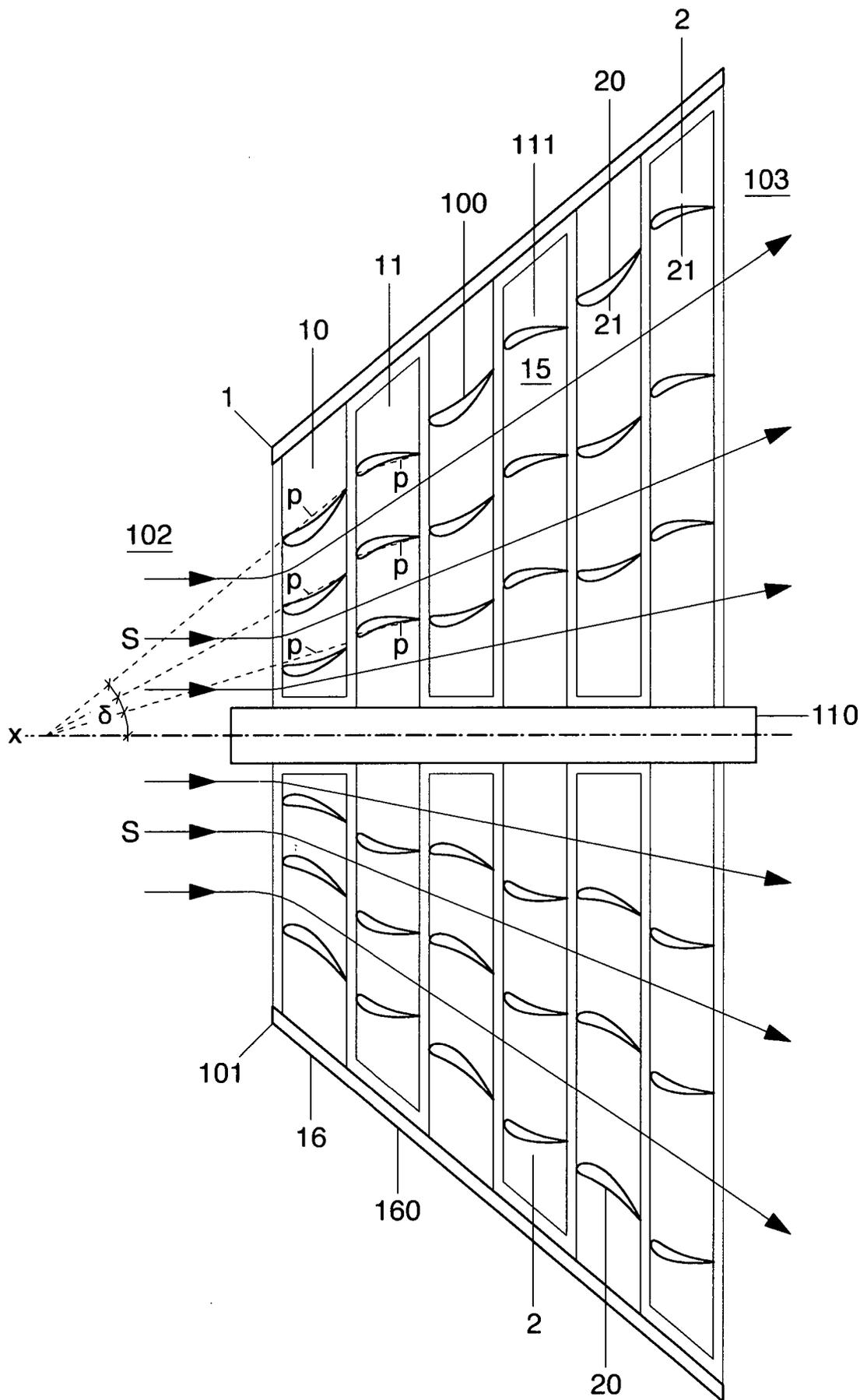


Fig.3

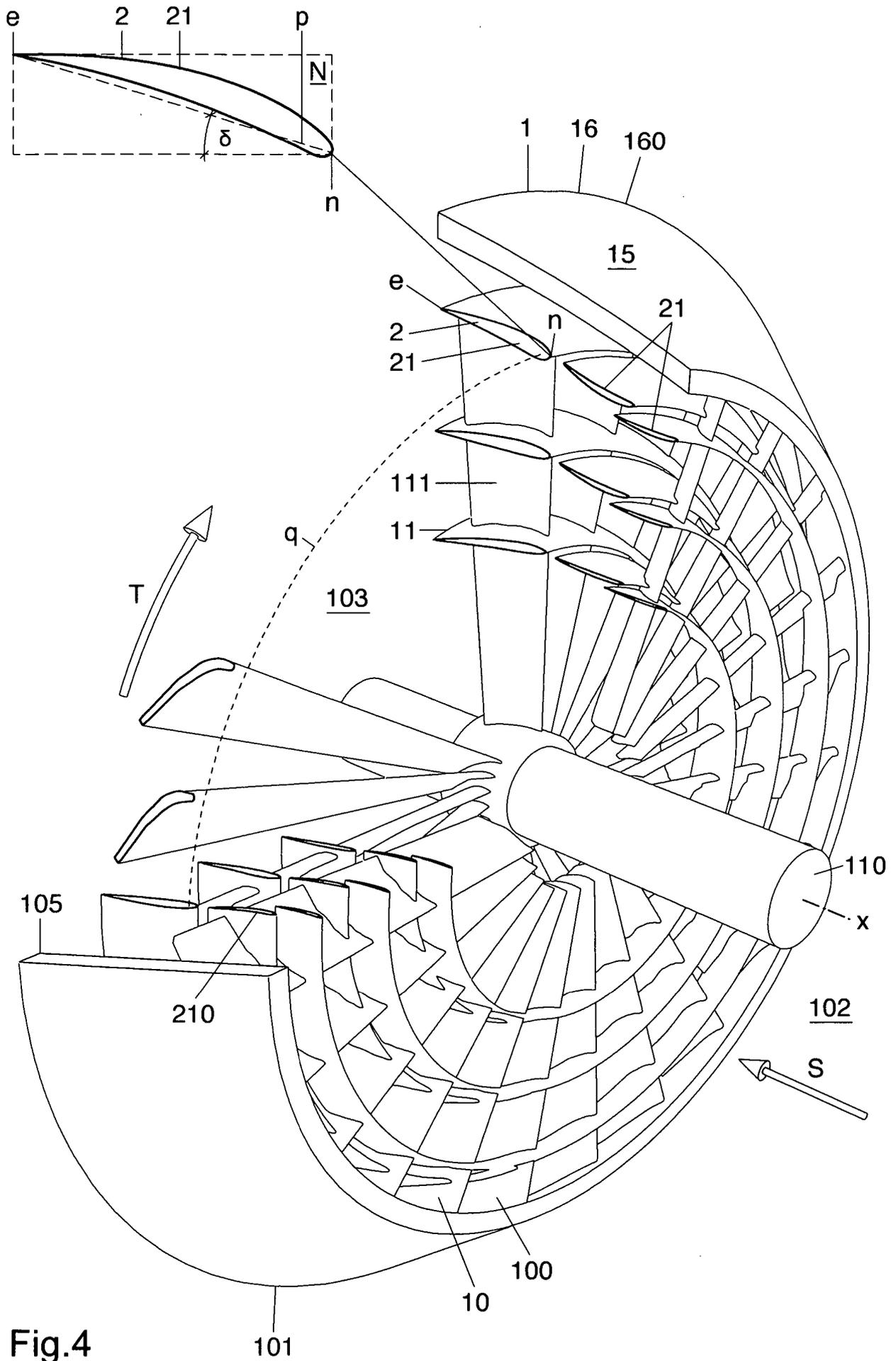


Fig.4

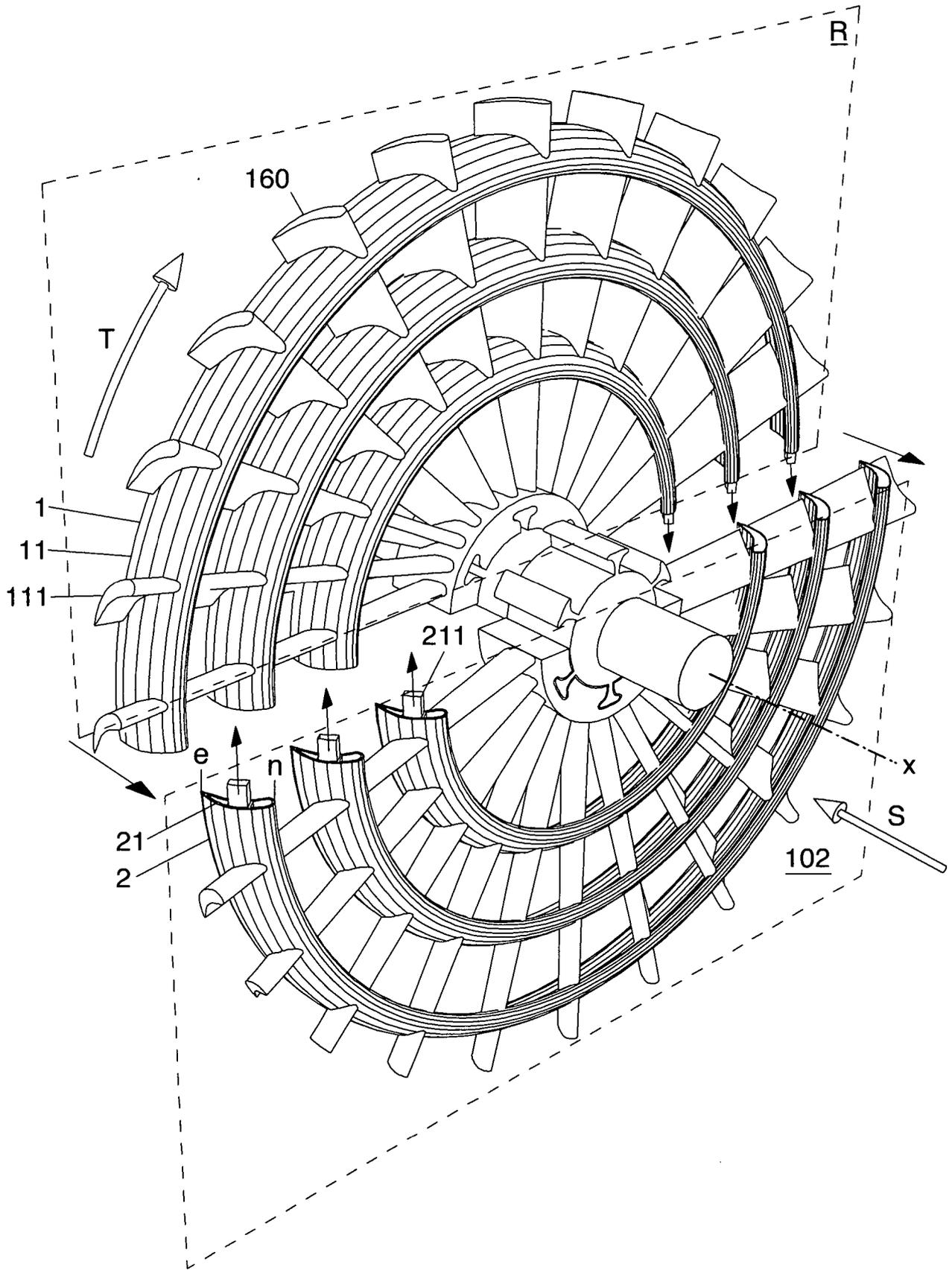


Fig.5

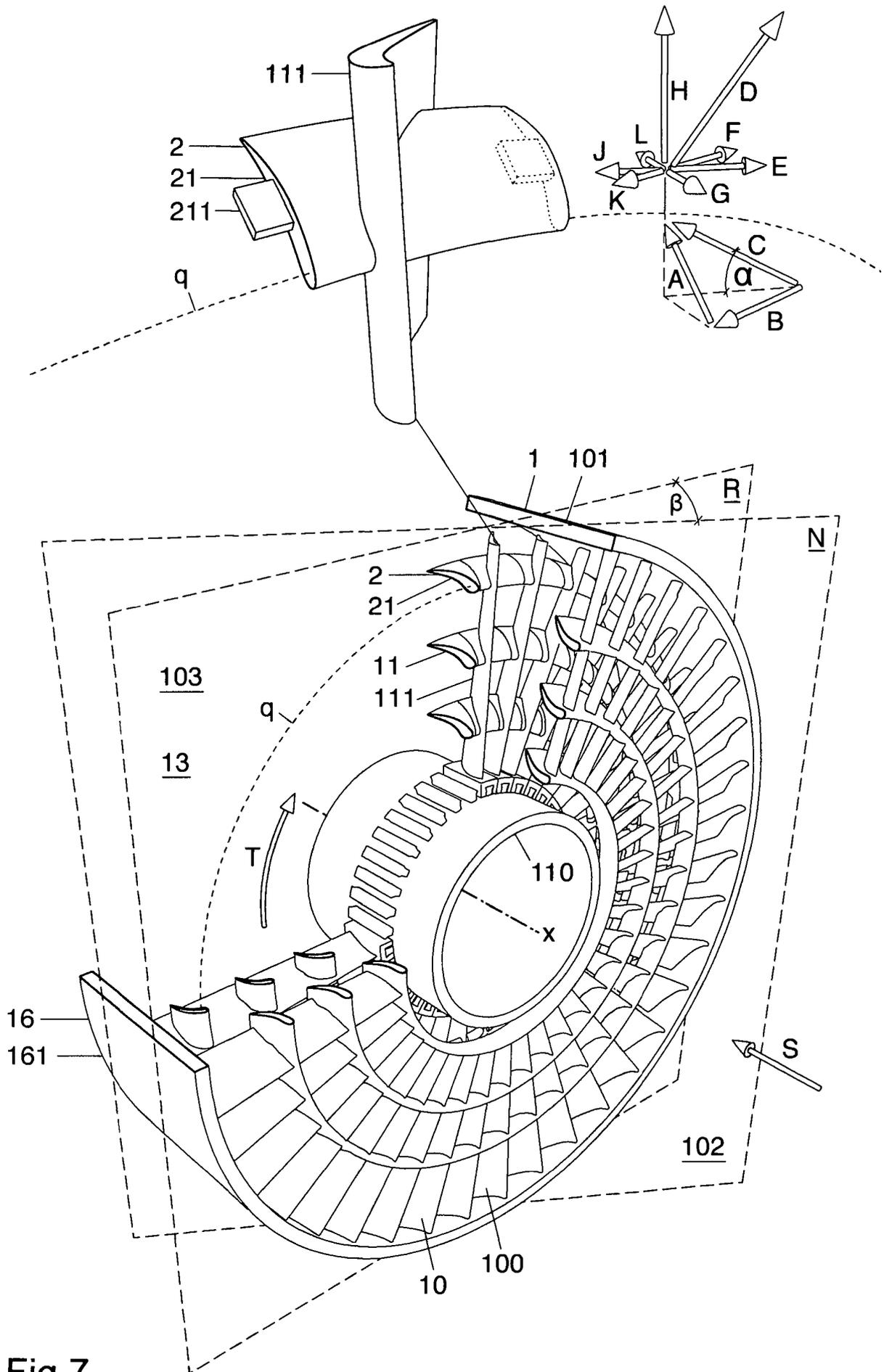


Fig.7

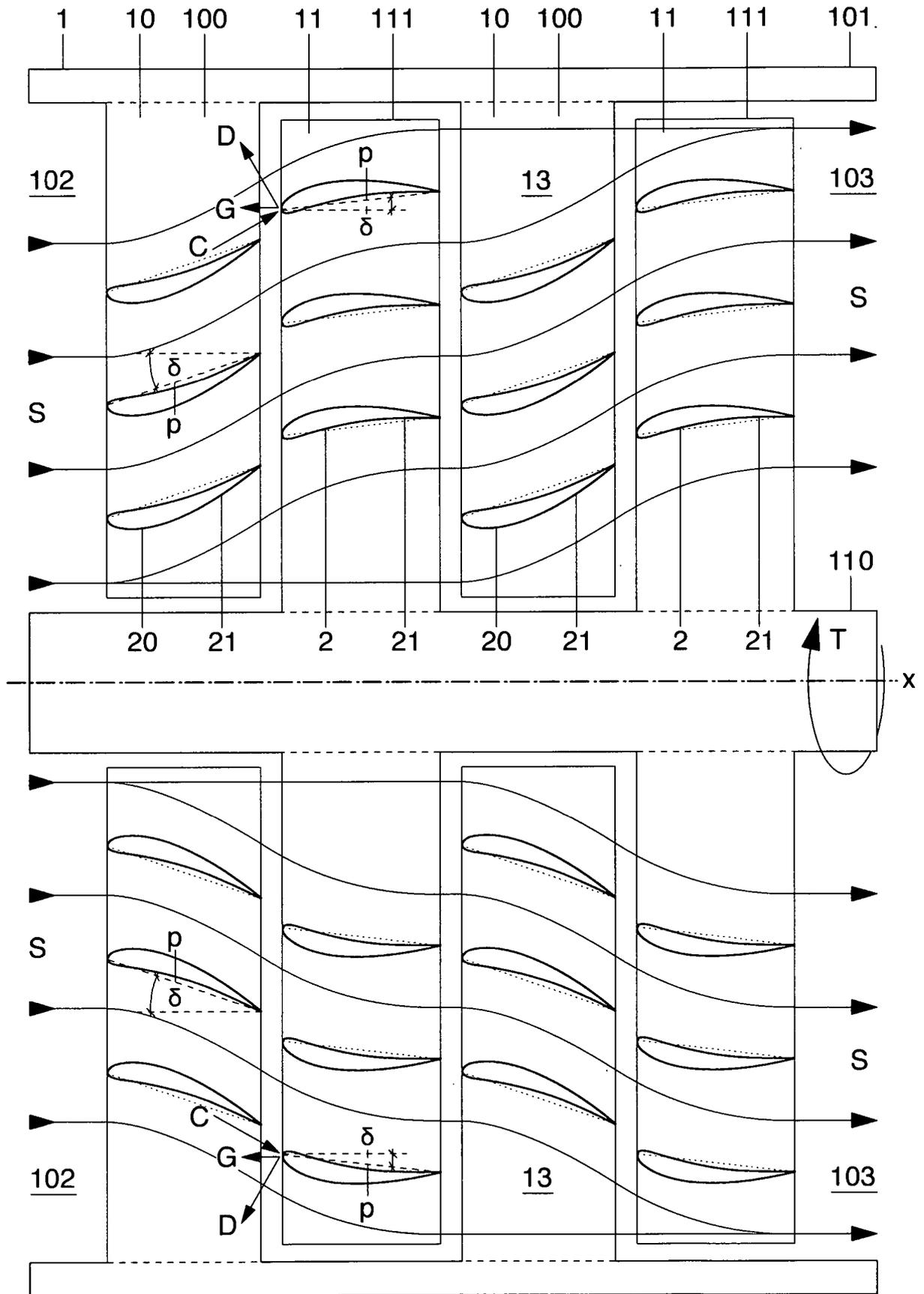


Fig.8

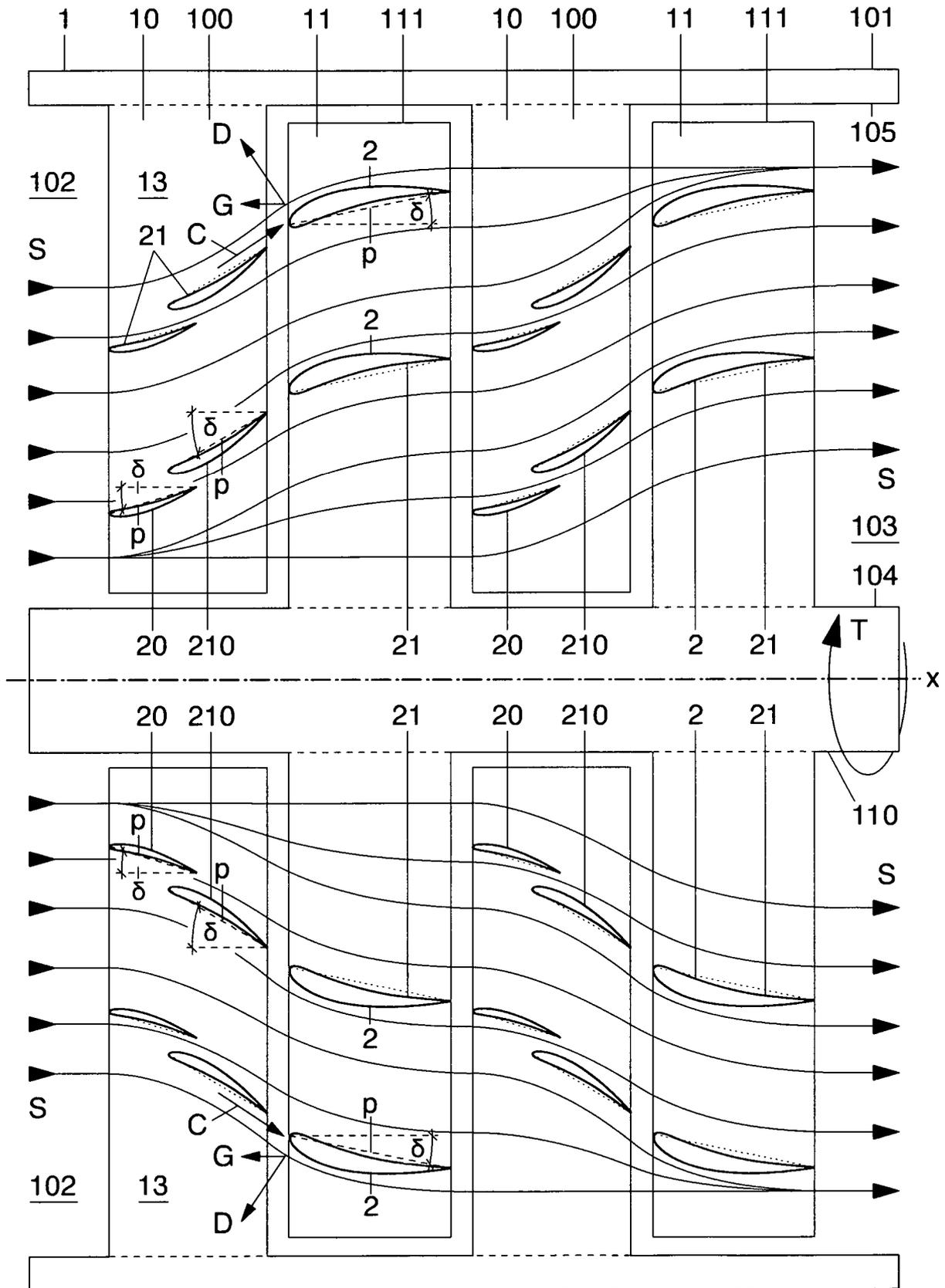


Fig.10

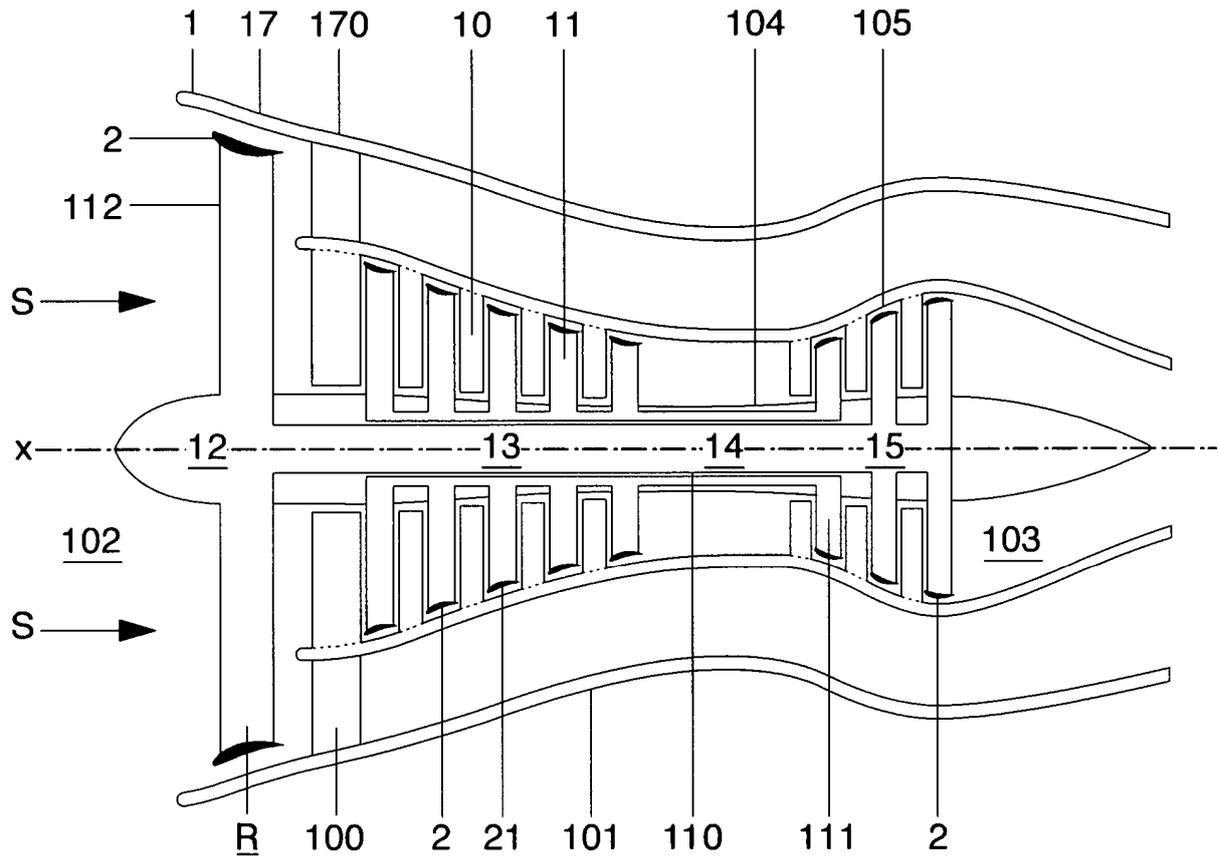


Fig.12

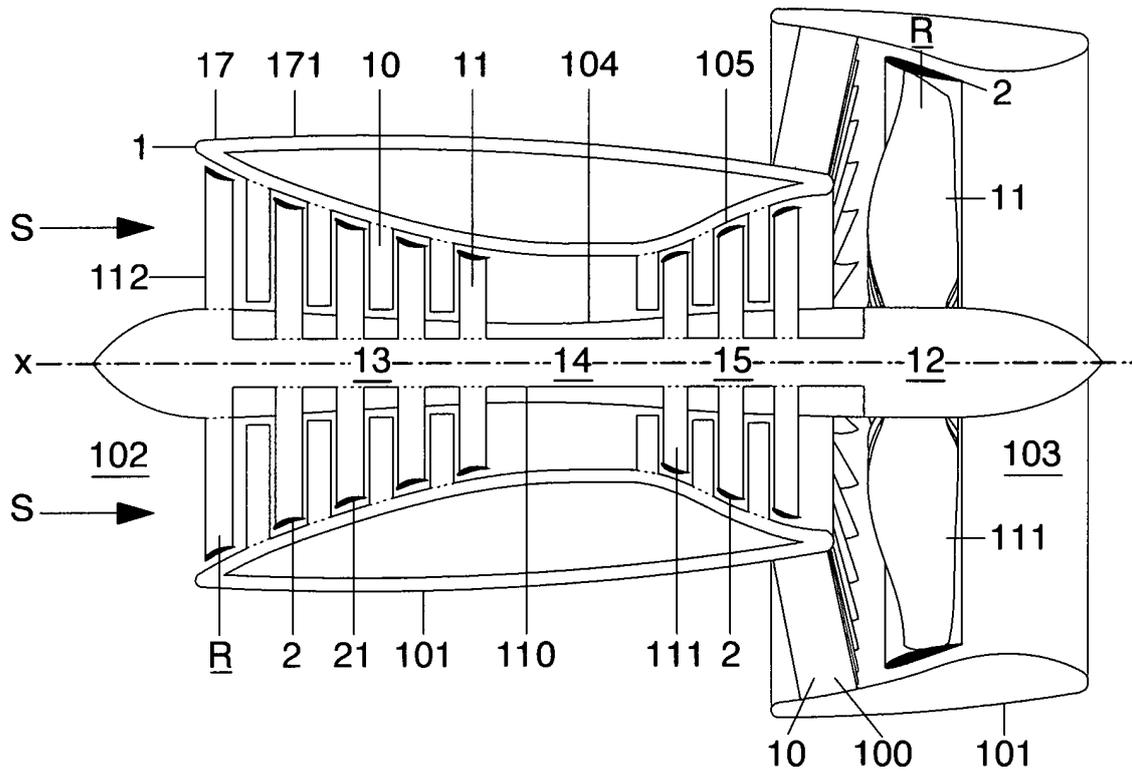


Fig.13

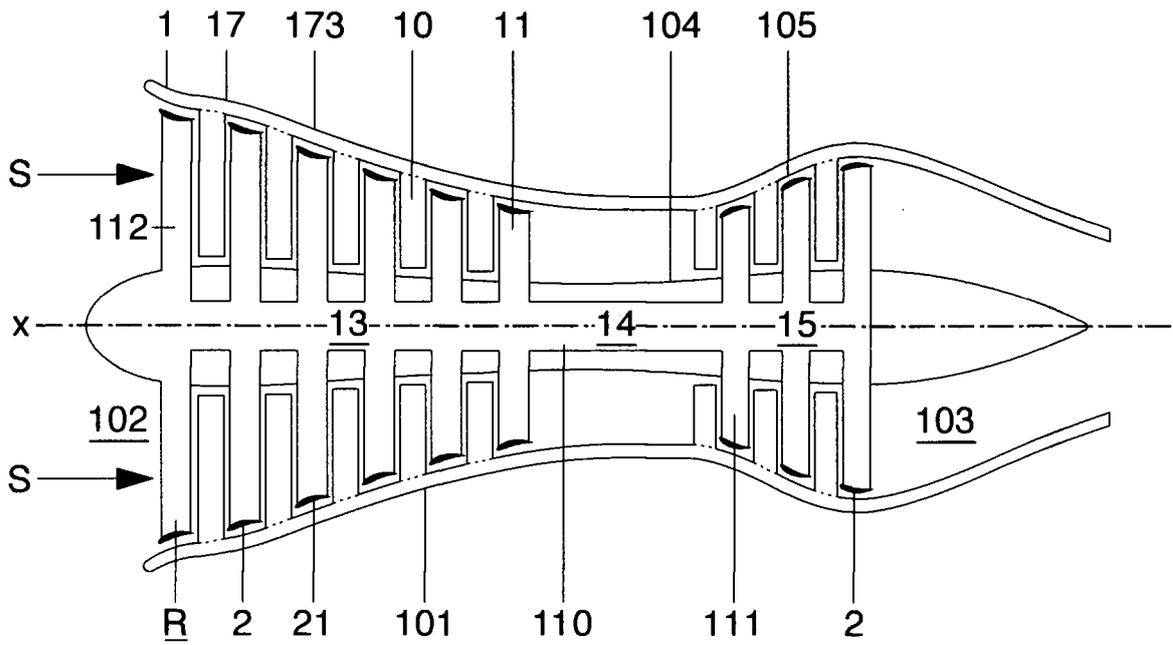


Fig.14

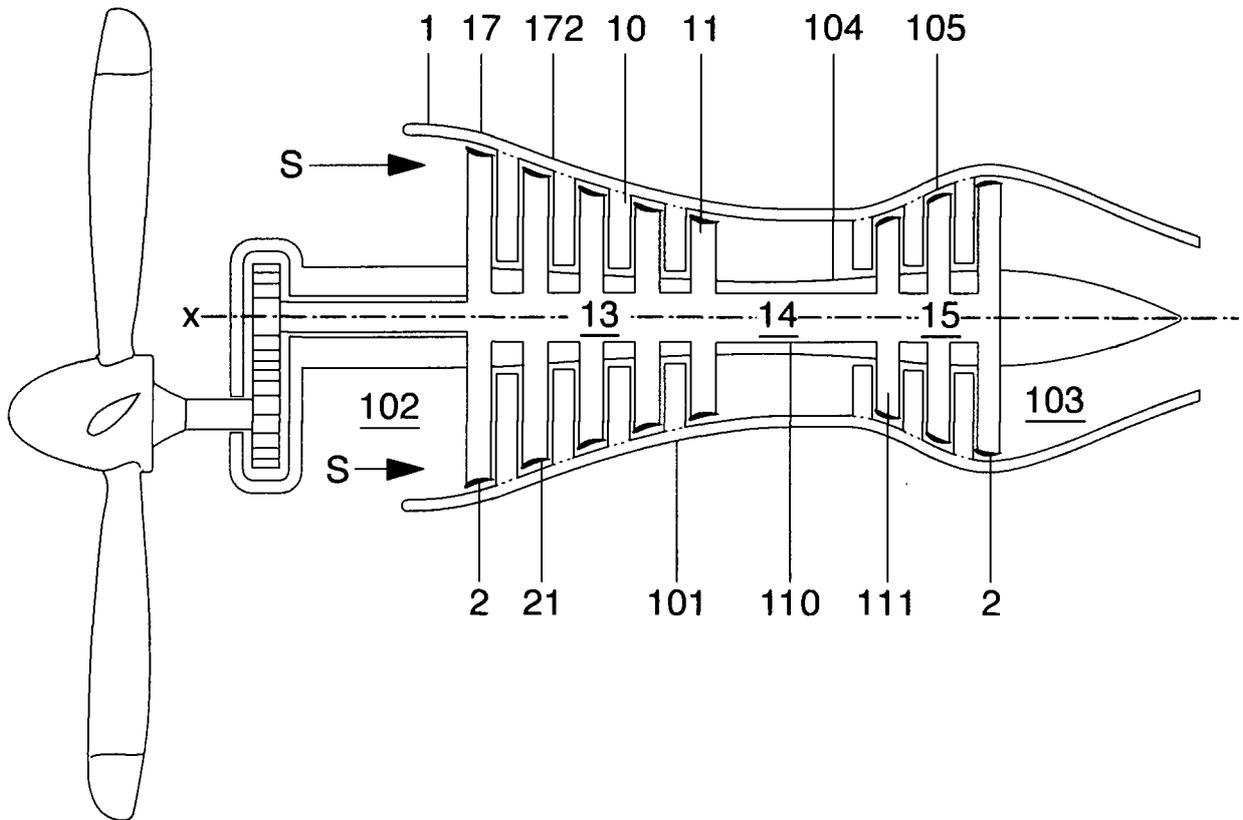


Fig.15

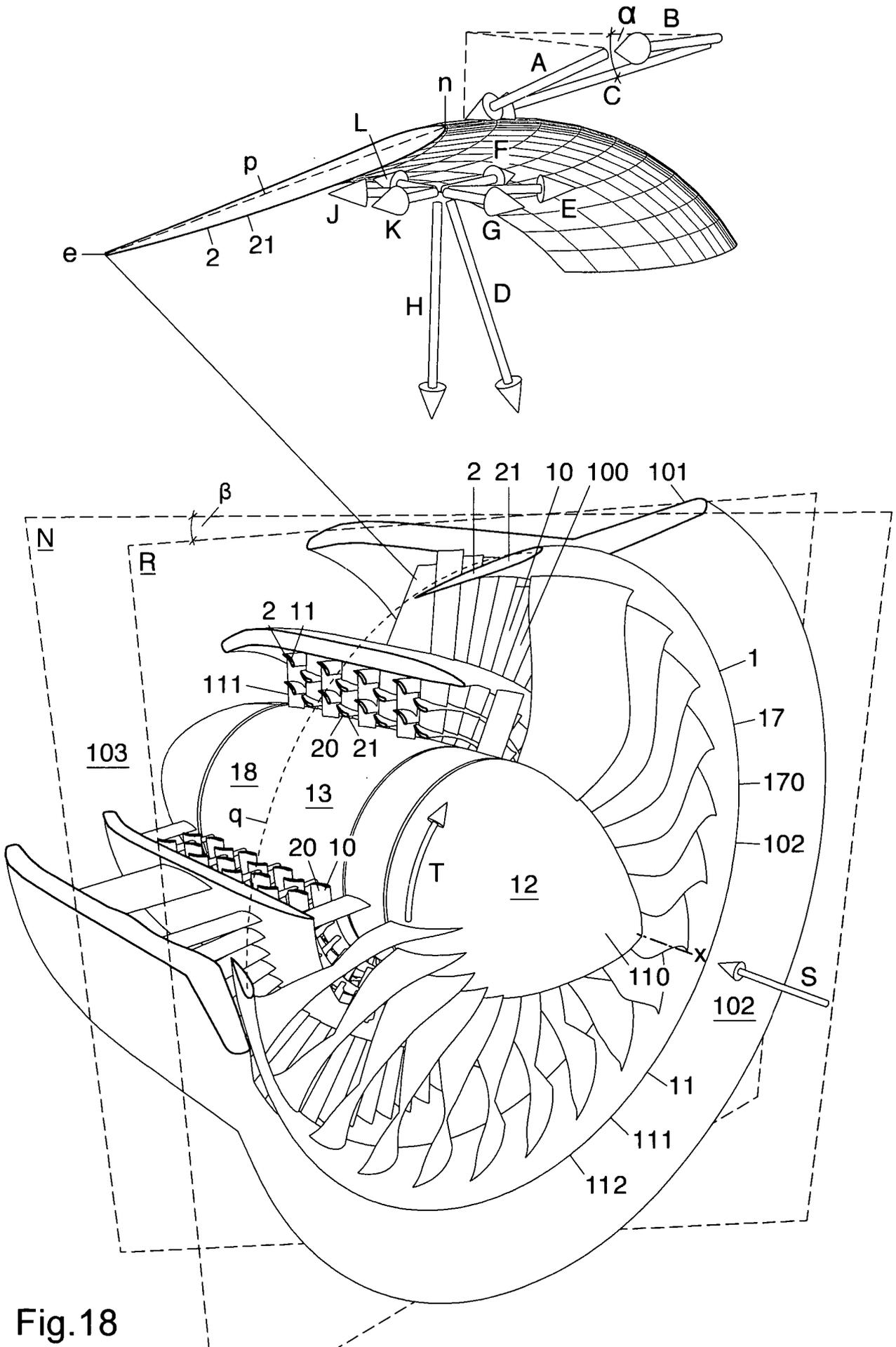


Fig.18

