(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2021 004 136 B4** 2023.03.09

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2021 004 136.4**
(22) Anmeldetag: **09.08.2021**
(43) Offenlegungstag: **09.02.2023**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **09.03.2023**

(51) Int Cl.: ***B64C 27/10*** (2023.01)
B64C 27/32 (2006.01)
B64C 39/00 (2023.01)

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).

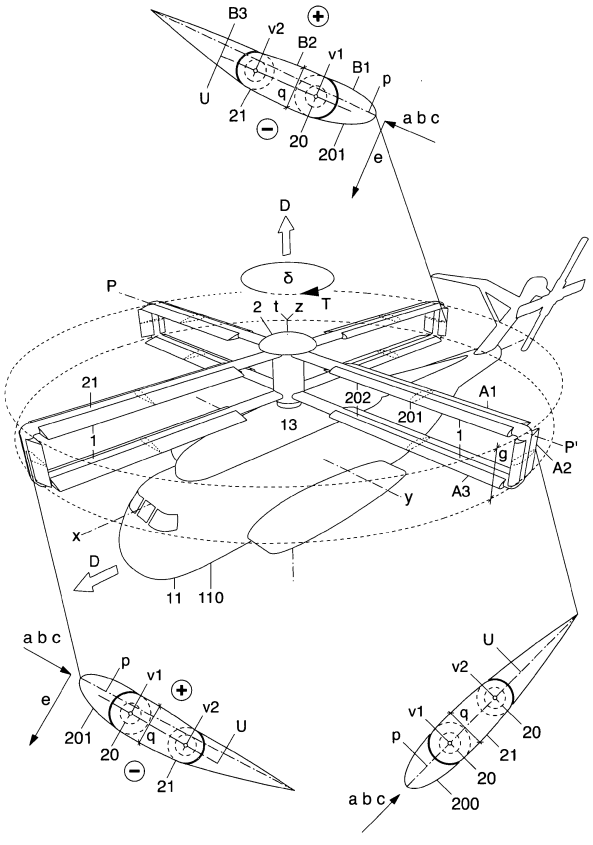
(73) Patentinhaber:
Grimm, Friedrich B., 70376 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Erfinder gleich Patentinhaber

(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung für ein Drehflügelfahrzeug oder für eine Drehflügelturbine**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung für ein Drehflügelfahrzeug (11) oder für eine Drehflügelturbine (12), welche Vorrichtung mindestens ein Rotormodul (2) mit einer Drehflügelkinematik (10) für mindestens zwei mit einem Motorgenerator (13) verbundene und auf einer Umlaufbahn (U) um eine Rotationsachse (t) rotierende kinematische Rotorblätter (1) aufweist. Die Rotorblätter (1) sind in eine Mehrzahl von Längsabschnitten (Al-An) für die Aufnahme von jeweils mindestens einem in einen Längs- oder Querträger (21,22) des Rotorblatts (2) integrierten Aktuator (20) untergliedert und ein variables asymmetrisches Flügelprofil (201) aufweisen, das in einem Umlauf des Rotorblatts (1) an einem innerhalb eines Verstellbereichs (δ) frei orientierbaren Durchmesser der Umlaufbahn (U) mit Wendepunkten (P,P') in mindestens einem Längsabschnitt (Al-An) des Rotorblatts (1) mit einer Länge (g) verstellbar ist, wobei die Vorrichtung an dem Drehflügelfahrzeug (11) derart ausgebildet ist, dass aus der an dem asymmetrischen Flügelprofil (201) erzeugten Auftriebskraft (d) eine in Fahrtrichtung (D) wirkende Schubkraft (e) resultiert, und wobei die Vorrichtung an der Drehflügelturbine (12) derart ausgebildet ist, dass aus der von dem asymmetrischen Flügelprofil (201) erzeugten Auftriebskraft (d) eine tangentiale Antriebskraft (f) für die Drehflügelturbine (12) resultiert.



(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	**10 2007 009 951**	**B3**
DE	**10 2017 002 797**	**B3**
DE	**10 2007 030 095**	**A1**
DE	**10 2008 057 212**	**A1**
DE	**10 2010 011 708**	**A1**
DE	**10 2011 016 141**	**A1**
DE	**10 2017 011 890**	**A1**
US	**9 346 535**	**B1**
US	**2008 / 0 011 900**	**A1**
US	**4 383 801**	**A**
US	**5 263 846**	**A**
US	**5 265 827**	**A**
US	**5 269 647**	**A**
US	**4 134 708**	**A**
WO	**2014/ 048 468**	**A1**
WO	**2017/ 089 047**	**A1**
WO	**2017/ 112 973**	**A1**
WO	**2019/ 155 656**	**A1**

Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) - § 32 Abmessungen von Fahrzeugen und Fahrzeugkombinationen. Ausfertigungsdatum: 26.04.2012. Zuletzt geändert durch Art. 1 V v. 26.11.2019 | 2015. Änderung durch Art. 1 V v. 25.6.2021 | 2204 (Nr. 38). Änderung durch Art. 11 G v. 12.7.2021 | 3091 (Nr. 48). 4 S. URL: https://www.gesetze-im-internet.de/stvzo_2012/__32.html [abgerufen am 2021-09-06]

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung für ein Drehflügelfahrzeug oder für eine Drehflügelturbine, welche Vorrichtung mindestens ein Rotormodul mit einer Drehflügelkinematik für mindestens zwei mit einem Motorgenerator verbundene und auf einer Umlaufbahn um eine Rotationsachse rotierende kinematische Rotorblätter aufweist. Die Rotorblätter sind in eine Mehrzahl von Längsabschnitten für die Aufnahme von jeweils mindestens einem in einen Längs- oder Querträger des Rotorblatts integrierten Aktuator untergliedert und weisen ein variables asymmetrisches Flügelprofil auf. An einem innerhalb eines Verstellbereichs der Umlaufbahn frei orientierbaren Durchmesser mit Wendepunkten ist das Rotorblatt in mindestens einem Längsabschnitt des Rotorblatts mit einer definierten Länge derart verstellbar, dass die Saugseite und die Druckseite des variablen asymmetrischen Flügelprofils mittels der Drehflügelkinematik an den Wendepunkten von der Außenseite zu der Innenseite der Umlaufbahn wechselt, oder umgekehrt, und das variable Flügelprofil des Rotorblatts in einer Übergangsstellung an den Wendepunkten temporär ein mit seiner Profilsehne tangential zu der Umlaufbahn ausgerichtetes symmetrisches Flügelprofil aufweist. An dem Drehflügelfahrzeug ist die Vorrichtung derart ausgebildet, dass der Durchmesser mit den Wendepunkten an dem Rotormodul in dem mindestens einen Längsabschnitt der Rotorblätter mit der definierten Länge quer zu der Fahrtrichtung ausrichtbar ist, sodass die Saugseite des asymmetrischen Flügelprofils in beiden Hälften der Umlaufbahn in Fahrtrichtung orientiert ist und aus der an dem asymmetrischen Flügelprofil erzeugten Auftriebskraft eine in Fahrtrichtung wirkende Schubkraft resultiert. An der Drehflügelturbine ist die Vorrichtung derart ausgebildet, dass der Durchmesser mit den Wendepunkten an dem Rotormodul in allen Längsabschnitten eines Rotorblatts orthogonal zu der Strömung ausrichtbar ist, sodass die Saugseite des asymmetrischen Flügelprofils in beiden Hälften der Umlaufbahn zu der Leeseite orientierbar ist und aus der von dem asymmetrischen Flügelprofil erzeugten Auftriebskraft eine tangentiale Antriebskraft für die Drehflügelturbine resultiert. Im Rahmen der Erfindung betrifft der Oberbegriff Drehflügelfahrzeug sowohl Luft- als auch Wasserfahrzeuge, während der Oberbegriff Drehflügelturbine sowohl Wasserturbinen als auch Windturbinen betrifft, die jeweils exemplarisch dargestellt und erläutert sind. Als Ausführungsbeispiele für Luftfahrzeuge werden ein Hubschrauber, ein Lufttaxi, ein flug- und straßenverkehrstaugliches Fahrzeug, und als Ausführungsbeispiele für Wasserfahrzeuge ein Schlepp- und Bugsierschiff, ein Schiffsrumpf für Binnengewässer sowie ein Containerschiff näher erläutert.

[0002] Verstellbare Rotorblätter für Strömungskonverter, Wasserfahrzeuge und auch für Luftfahrzeuge sind an sich bekannt. Bekannte Lösungen für die Blattverstellung von Rotorblättern mit einem symmetrischen oder asymmetrischen Flügelprofil nutzen ein Gestänge, sodass die Rotorblätter in einem Umlauf einer bestimmten Kinematik unterworfen sind. Das wohl prominenteste Beispiel eines Drehflügelflugzeugs ist ein Hubschrauber. Gegenüber einem Starrflügelflugzeug hat der Hubschrauber den Vorteil, dass er ohne Lande- und Startbahn auskommt und senkrecht starten und landen kann. Die Fähigkeit des Schwebeflugs, d.h. im Stand in der Luft stehen zu bleiben, und die Möglichkeit seitwärts zu fliegen oder eine langsame Drehung um die Hochachse auszuführen, sind weitere spezifische Vorteile dieses Drehflügelfahrzeugs. Diesen Vorteilen stehen jedoch einige Nachteile entgegen, die im Folgenden kurz erwähnt werden. Der Hubschrauber ist nicht eigenstabil, sein Schwerpunkt liegt oberhalb des Rumpfs, sodass der Pilot durch kontinuierliches Steuern die jeweilige Fluglage nachjustieren muss. Durch Verschiebung der Taumelscheibe nach oben oder unten wird der Anstellwinkel der Rotorblätter global geändert, wodurch sich der Auftrieb des Hauptrotors erhöht oder vermindert, sodass der Hubschrauber steigt oder sinkt. Allein dieses Flugmanöver ist mit einer Änderung der Motor- bzw. Turbinenleistung verbunden und erfordert ein Gegensteuern mittels des Heckrotors. Beim Geradeausflug wird die Taumelscheibe und die Rotorebene in Flugrichtung geneigt. Die Höchstgeschwindigkeit eines Hubschraubers ist durch die Aerodynamik der Rotorblätter begrenzt, da das jeweils nach vorne laufende Blatt durch die anströmende Luft eine höhere Geschwindigkeit hat als das nach hinten laufende Rotorblatt. Dadurch entsteht ein Ungleichgewicht zwischen dem vorlaufenden Blatt und dem nachlaufenden Blatt. Bei dem vorlaufenden Blatt überlagern sich die Fahrtgeschwindigkeit und die Umlaufgeschwindigkeit, sodass bei einem Rotordurchmesser von z.B. zehn Metern an den Blattspitzen sehr schnell die Schallgeschwindigkeit überschritten wird. Wird dieser Punkt erreicht, sind damit nicht nur aerodynamische Nachteile sondern auch eine unangenehme Lärmentwicklung verbunden. Deshalb liegt die Spitzengeschwindigkeit eines Hubschraubers bei etwa 200-300 km/h, wobei ein Kampfhubschrauber eine Geschwindigkeit von mehr als 400 km/h erreichen kann. Dabei ist der Hubschrauber sehr starken Vibrationen ausgesetzt, die durch die Taumelscheibe verursacht werden. Zu der im Vergleich zu einem Starrflügelflugzeug geringeren Fahrtgeschwindigkeit dieses Luftfahrzeugs kommt eine begrenzte Gipfelhöhe, die typischerweise bei 5.000 Metern liegt und bei einem Kampfhubschrauber bis zu 12.000 Meter betragen kann. Die Flugleistung geht mit einem erhöhten Treibstoffverbrauch

einher. Als eine Sonderform des Hubschraubers hat sich der Gyrokopter als Kleinflugzeug etabliert. Die Fähigkeit der Autorotation bei Triebwerksausfall und die Möglichkeit die Rotorblätter an der Rotationsachse platzsparend zusammenzulegen, eröffnet die Möglichkeit eines individuellen Mobilitätsangebots, das die Vorteile eines Kraftfahrzeugs mit den Vorteilen eines Kleinflugzeugs auf sich vereinigt. Die systembedingten Nachteile der Drehflügelkinematik eines Hubschraubers bleiben jedoch erhalten. Aktuelle Entwicklungen für Drehflügelfahrzeuge greifen das Prinzip des Voith-Schneider-Propellers als Flugzeugantrieb auf. Der Voith-Schneider-Propeller ist kein reiner Auftriebsläufer, sondern stößt sich mit seiner speziellen Drehflügelkinematik an bestimmten Umlaufpositionen des Rotors von dem jeweiligen Fluid ab, woraus große Belastungen des Getriebes und eine nach oben begrenzte Umlaufgeschwindigkeit resultieren. Der Voith-Schneider-Propeller hat zwar einen guten Wirkungsgrad bei geringer Fahrtgeschwindigkeit, die Antriebsleistung nimmt jedoch mit zunehmender Fahrtgeschwindigkeit eines Wasserfahrzeugs rapide ab, sodass bei etwa sieben Knoten eine Obergrenze erreicht wird und deshalb die Anwendung dieses Schiffspropellers auf langsam fahrende Wasserfahrzeuge wie Schlepp- und Bugsierfahrzeuge sowie auf pendelnde Fähren und andere auf kurze Fahrstrecken spezialisierte Wasserfahrzeuge beschränkt ist. Windkraftanlagen mit einer vertikalen Rotationsachse sind als sog. Darrieus-Rotoren nach ihrem Erfinder benannt und haben im Vergleich zu Windkraftanlagen mit einer horizontalen Rotationsachse den großen Vorteil, dass sie nicht zu der jeweiligen Strömungsrichtung ausgerichtet werden müssen. Der Darrieus-Rotor läuft leise, da er sein Leistungsoptimum bereits bei einer Schnelllaufzahl erreicht, die dem drei- bis vierfachen der Windgeschwindigkeit entspricht. Die Rotorblätter sind mit einem radialen Abstand zu der Rotationsachse angeordnet und haben ein symmetrisches Flügelprofil. Ausgehend von dem Betz'schen Gesetz, das für die Nutzung der in einer Strömung gespeicherten kinetischen Energie eine theoretische Obergrenze von knapp 60% feststellt, erreichen bekannte Vertikalachsrotoren nur einen Wirkungsgrad von etwa 30% bis maximal 45%, während der maximale Wirkungsgrad bei Horizontalachsrotoren mit einem asymmetrischen Flügelprofil bei mehr als 50% liegt. Als Möglichkeit einer extensiven Nutzung der Wasserkraft kommen Küstenabschnitte in Betracht, an denen bestimmte Reliefausbildungen hohe, durch Ebbe und Flut hervorgerufene Strömungsgeschwindigkeiten bewirken. Deshalb werden Gezeitenkraftwerke und Meeresströmungskraftwerke in Zukunft eine entscheidende Rolle bei der Gewinnung regenerativer Energie spielen. Der weitere Ausbau der Wasserkraft im Inland leidet unter dem Zielkonflikt zwischen der Stromgewinnung an Querbauwerken der Flussläufe und der damit verbundenen Konsequenz einer Unterbrechung der natürlichen Wanderwege für Fische und kann deshalb mit den bisherigen Techniken so nicht einfach fortgesetzt werden. Auf dem Gebiet der Steuerungstechnik sind hier aktuelle Entwicklungen zu Aktuatoren für eine elektromagnetische Ventilsteuerung bei Verbrennungsmotoren zu nennen. Bei Verbrennungsmotoren sind Drehzahlen von 7000 U/min üblich, sodass die dort benötigte hohe Frequenz und Standfestigkeit eines elektromagnetischen Aktuators für die Steuerung der Drehflügelkinematik besonders geeignet erscheint.

[0003] Aus der DE 10 2007 009 951 B3 geht ein Fluggerät hervor, bei dem antreibbare und mit einem Gebläse anströmbare Zylinder quer zu einem in Flugrichtung ausgerichteten Rumpf eines Fluggeräts angeordnet sind um unter Nutzung des Magnuseffekts Auftrieb zu erzeugen, wobei einteilig ausgebildete, um die Querachse der Zylinder rotierende Rotorblätter mit einem symmetrischen Flügelprofil dazu ausgebildet sind Auftrieb und Vortrieb zu erzeugen.

[0004] Aus der DE 2017 002 797 B3 geht ein Strömungskonverter mit mindestens einem in sich starr ausgebildeten Wendeflügel hervor, bei dem eine Hälfte des Rotorblatts zur Innenseite und eine zweite Hälfte des Rotorblatts zur Außenseite einer Umlaufbahn orientiert ist.

[0005] Aus der DE 10 2010 011 708 A1 geht eine Turbine mit Rotorblättern hervor, die eine passive, biegeelastisch vermittelte Wölbungsänderung aufweisen.

[0006] Aus der DE 10 2017 011 890 A1 geht eine Drehflügelanordnung für ein Fluggerät hervor, bei dem eine Drehflügelkinematik für einteilig ausgebildete Rotorblattprofile mit einem außerhalb des Rotorblatts liegenden Gestänge realisiert wird.

[0007] Aus der US 9 346 535 B1 geht ein Drehflügelflugzeug hervor, bei dem starre Tragflächen durch eine steuer- und backbordseitige Drehflügelanordnung ersetzt sind und ein Gestänge mit einem Getriebe bewirkt, dass Drehflügel auf der Evolvente einer Kreiskurve rotieren.

[0008] Aus der US 2008 / 0 011 900 A1 geht ein Luftschiff mit einer Drehflügelanordnung hervor, bei der die Rotorblätter an ein Gestänge mit einem Getriebe verstellbar angelenkt sind.

[0009] Aus der US 4 383 801 A geht eine Windturbine mit einer Mehrzahl vertikal angeordneter Rotorblätter hervor, die drehbar an einem Querträger gelagert sind und in einem Rotorumlauf eine für die Anströmung günstige Stellung einnehmen. Aus den **Fig. 7-10** gehen zwei- und dreiteilig ausgebildete Rotorblätter hervor, deren Blattsegmente mittels

eines außerhalb der Blätter angeordneten Gestänges verstellbar sind.

[0010] Aus der US 5 265 827 A geht ein Luftfahrzeug mit einer links und rechts des Rumpfs angeordneten Drehflügelanordnung hervor. In einem Umlauf der Drehflügelrotors werden die einteilig ausgebildeten Rotorblätter mittels von an ein zentrales Getriebe angelenkten Schubstangen verstellt.

[0011] Aus der WO 2017/ 089 047 A1 geht eine Windkraftanlage mit einteiligen Rotorblättern hervor, die jeweils mittels von außerhalb der Rotorblätter angeordneten Stellelementen um die Blattlängsachse drehbar sind.

[0012] Aus der WO 2017 112 973 A1 geht ein Hubschrauber mit eiinem Hauptrotor und seitlich des Rumpfs angeordneten Nebenrotoren hervor. Die Nebenrotoren weisen eine Drehflügelkinematik für Rotorblätter auf, die mittels eines Getriebes und eines Gestänges verstellbar sind.

[0013] Aus der DE 10 2007 030 095 A1 geht ein Rotorblatt für ein Drehflügelfahrzeug hervor, bei dem ein Profilgrundkörper mit einem Profilkern ein Widerlager für einen beweglichen Profilhinterkantenbereich bildet, wobei Aktuatoren für ein verbiegbares Trägerelement eine Längenänderung an dem Profilhinterkantenbereich bewirken.

[0014] Aus der US 5 263 846 A geht ein in Längsabschnitte untergliedertes Rotorblatt für Drehflügelluftfahrzeuge hervor, bei denen einteilig ausgebildete Blattsegmente eines Hauptrotors mittels von Kupplungen untereinander verbunden und jeweils einzeln verstellbar sind.

[0015] Aus der DE 10 2011 016 141 A1 geht eine Windturbine mit einem Düsenkörper hervor, der als Konfusor oder als Diffusor ausbildbar ist.

[0016] Aus der DE 10 2008 057 212 A1 geht eine Windturbine mit horizontaler Rotationsachse und schlaufenförmig ausgebildeten Rotorblättern hervor.

[0017] Aus der US 5 269 647 A geht eine Windturbine mit vertikaler Rotationsachse hervor, bei der die Rotorblätter schlaufenförmig ausgebildet sind.

[0018] Aus der US 4 134 708 A geht eine Windkraftanlage mit verstellbaren Rotorblättern hervor deren Oberflächen von einer Membran gebildet wird.

[0019] Aus der WO 2019/ 155 656 A1 geht ein schlaufenförmiges Rotorblatt hervor.

Aufgabenstellung

[0020] Ausgehend von dem dargestellten Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Drehflügelfahrzeug und eine Drehflügelturbine anzugeben, bei welchem Drehflügelfahrzeug und bei welcher Drehflügelturbine ein Rotormodul mit einer Drehflügelkinematik für Rotorblätter eine Vorrichtung bildet die an einem Drehflügelfahrzeug dazu ausgebildet ist, aus dem fluiddynamisch erzeugten Auftrieb der Rotorblätter Schub für den Antrieb des Drehflügelfahrzeugs zu erzeugen, und welche Vorrichtung an einer Drehflügelturbine dazu ausgebildet ist, eine tangentiale Antriebskraft für ein Rotormodul oder für eine Mehrzahl von Rotormodulen der Drehflügelturbine zu erzeugen. Bei dem Drehflügelfahrzeug besteht die Aufgabe der Erfindung insbesondere darin, eine Arbeitsmaschine zu finden, die den aus dem Auftrieb des variablen asymmetrischen Flügelprofils der Rotorblätter fluiddynamisch erzeugten Schub für den Antrieb eines Drehflügelfahrzeugs nutzt und den Schub mittels der Drehflügelkinematik in unterschiedliche Fahrtrichtungen lenken kann. Bei der Drehflügelturbine besteht die Aufgabe der Erfindung insbesondere darin, eine Drehflügelkinematik für eine Kraftmaschine zu finden, die eine fluiddynamisch erzeugte tangentiale Antriebskraft für die Konversion der in einer Strömung enthaltenen kinetischen Energie in eine Drehbewegung nutzten kann. Diese Aufgaben werden mit den in Anspruch eins genannten Merkmalen der Erfindung gelöst. Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung für ein Drehflügelfahrzeug oder für eine Drehflügelturbine, welche Vorrichtung mindestens ein Rotormodul mit einer Drehflügelkinematik für mindestens zwei mit einem Motorgenerator verbundene und auf einer Umlaufbahn um eine Rotationsachse rotierende kinematische Rotorblätter aufweist. Die Rotorblätter sind in eine Mehrzahl von Längsabschnitten für die Aufnahme von jeweils mindestens einem in einen Längs- oder Querträger des Rotorblatts integrierten Aktuator untergliedert und haben ein variables asymmetrisches Flügelprofil, das in einem Umlauf des Rotorblatts an einem innerhalb eines Verstellbereichs frei orientierbaren Durchmesser der Umlaufbahn mit Wendepunkten in mindestens einem Längsabschnitt des Rotorblatts mit einer definierten Länge derart verstellbar ist, dass die Saugseite und die Druckseite des asymmetrischen Flügelprofils mittels der Drehflügelkinematik an den Wendepunkten von der Außenseite zu der Innenseite der Umlaufbahn wechselt, oder umgekehrt, und das variable Flügelprofil des Rotorblatts in einer Übergangsstellung an den Wendepunkten temporär ein mit seiner Profilsehne tangential zu der Umlaufbahn ausgerichtetes symmetrisches Flügelprofil aufweist. Im Fall der Ausbildung der Vorrichtung an dem Drehflügelfahrzeug ist der Durchmesser mit den Wendepunkten an dem Rotormodul in dem mindestens einen Längsabschnitt der Rotorblätter mit der

definierten Länge quer zu der Fahrtrichtung ausrichtbar, sodass die Saugseite des asymmetrischen Flügelprofils in beiden Hälften der Umlaufbahn in Fahrtrichtung orientierbar ist und aus der an dem asymmetrischen Flügelprofil erzeugten Auftriebskraft eine in Fahrtrichtung wirkende Schubkraft resultiert. Im Fall der Ausbildung der Vorrichtung an der Drehflügelturbine ist der Durchmesser mit den Wendepunkten an dem Rotormodul in allen Längsabschnitten des Rotorblatts orthogonal zu der Strömung ausrichtbar, sodass die Saugseite des asymmetrischen Flügelprofils in beiden Hälften der Umlaufbahn zu der Leeseite orientierbar ist und aus der von dem asymmetrischen Flügelprofil erzeugten Auftriebskraft eine tangentiale Antriebskraft für die Drehflügelturbine resultiert. Im Rahmen der Erfindung betrifft der Oberbegriff Drehflügelfahrzeug sowohl Luft- als auch Wasserfahrzeuge, während der Oberbegriff Drehflügelturbine sowohl Wasserturbinen als auch Windturbinen betrifft, die jeweils exemplarisch dargestellt und erläutert sind. Als Ausführungsbeispiele für Luftfahrzeuge werden ein Hubschrauber, ein Lufttaxi, ein flug- und straßenverkehrstaugliches Fahrzeug, und als Ausführungsbeispiele für Wasserfahrzeuge ein Schlepp- und Bugsierschiff, ein Schiffsrumpf für Binnengewässer sowie ein Containerschiff näher erläutert.

[0021] Weitere Aufgaben und vorteilhafte Eigenschaften der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor. Im Einzelnen betrifft die Erfindung folgende vorteilhafte Merkmale für die folgenden Aufgaben:

- Angabe einer Drehflügelkinematik für reine Auftriebsläufer,

- Angabe eines kinematischen Rotorblatts, das mindestens an einem Ende mit einem Motorgenerator verbunden ist,

- Angabe einer Unterteilung des Rotorblatts in eine Mehrzahl von Längsabschnitten, die jeweils mindestens einen Aktuator für jede Drehachse aufweisen,

- Angabe einer mechanischen, elektromagnetischen, elektropneumatischen, elektrohydraulischen Verstellvorrichtung für jeden einzelnen Längsabschnitt eines Rotorblatts,

- Angabe eines gerade, bügelförmig, bogenförmig, oder schlaufenförmig ausgebildeten Rotorblatts,

- Angabe eines bezüglich seiner Umlaufbahn in sich starren Längsträgers für die Aufnahme der Aktuatoren,

- Angabe eines in einen Längsträger des Rotorblatts integrierten Aktuators für die Blattverstellung,

- Angabe eines ring- oder scheibenförmigen Querträgers für die Aufnahme eines elektromagnetischen Aktuators,

- Angabe eines Rotorblatts, dessen Längsabschnitte jeweils einen unterschiedlichen Neigungswinkel gegenüber der Rotationsachse aufweisen,

- Angabe eines Hubschraubers mit bügelförmigen Rotorblättern, deren Längsabschnitte arbeitsteilig Auftrieb und Schub erzeugen,

- Angabe eines Drehflügelflugzeugs, das als Hubschrauber oder als Lufttaxi ausbildbar ist,

- Angabe eines flug- und straßenverkehrstauglichen Fahrzeugs, das von der Straße aus in den Flugmodus wechseln kann,

- Angabe eines Drehflügelfahrzeugs, dessen Abmessungen die Vorgaben der StVZO § 32 erfüllt,

- Angabe eines Drehflügelfahrzeugs, das die Zulassungsbedingungen des Luftfahrtbundesamts erfüllt,

- Angabe eines Drehflügelfahrzeugs, mit bügelförmigen Rotorblättern, dessen Rotormodule um parallel zu der Querachse angeordnete Rotationsachsen rotieren,

- Angabe eines Drehflügelfahrzeugs mit bügelförmigen Rotorblättern, deren mittlerer Längsabschnitt Auftrieb und Schub erzeugt und deren seitliche Längsabschnitte ein Seitenleitwerk bilden,

- Angabe eines Strömungsleitwerks für ein Wasserfahrzeug, das von einem flachen Schiffsboden sowie von mit dem Schiffsboden verbundenen horizontalen und vertikalen Strömungsleitflächen gebildet wird,

- Angabe eines Wasserfahrzeugs für die Flussschifffahrt mit einem geringen Tiefgang und mit einem bug- und heckseitigen Spantausfall für die von den Rotormodulen gebildeten Antriebsmaschinen,

- Angabe eines Strömungsleitwerks, das von einem innerhalb der Umlaufbahn des Rotormoduls angeordneten Strömungsleitkörper gebildet wird,

- Angabe einer Antriebsmaschine mit zwei gegensinnig rotierenden Rotormodulen,

- Angabe einer Antriebsmaschine mit einem Gehäuse für das Rotormodul, das eine entgegen der Drehrichtung des Rotormoduls rotierende zirkulare Gegenströmung erzeugt,

- Angabe einer Antriebsmaschine mit einem Gehäuses für ein Rotormodul, das einen druck-

seitigen Eingang und einen saugseitigen Ausgang für die Strömung hat,

- Angabe eines Antriebskanals für ein Wasserfahrzeug, der eine Mehrzahl von Rotormodulen mit Gehäusen aufnimmt,

- Angabe einer Drehflügelkinematik für die Schubumkehr eines Rotormoduls,

- Angabe einer Drehflügelkinematik für das Rotormodul einer Windkraftanlage, die nach der Beaufort-Skala bei Windstärken von 3-12 betrieben werden kann,

- Angabe eines Motorgenerators, dessen Stator mit einem Tragwerk und dessen Läufer mit dem Rotormodul verbunden ist.

Das kinematische Rotorblatt

[0022] Bei einer ersten vorteilhaften Ausführungsvariante ist das kinematische Rotorblatt zweiteilig ausgebildet und hat ein vorderes, als Längsträger des Rotorblatts ausgebildetes Blattsegment. An das vordere Blattsegment ist ein hinteres Blattsegment an einer hinteren Drehachse angelenkt. Bei einer zweiten vorteilhaften Ausführungsvariante ist das Rotorblatt des Rotormoduls dreiteilig ausgebildet, wobei an ein mittleres, als Längsträger des variablen Rotorblatts ausgebildetes Blattsegment ein vorderes, um eine vordere Drehachse drehbares Blattsegment mit der Nase und ein hinteres, um eine hintere Drehachse drehbares Blattsegment mit der Hinterkante angelenkt sind. Bei beiden Ausführungsbeispielen weist das asymmetrische Flügelprofil in einem Umlauf des Rotorblatts jeweils an dem Durchmesser mit den Wendepunkten temporär ein symmetrisches Flügelprofil mit einer tangential zu der Umlaufbahn des Rotormoduls ausgerichteten Profilsehne auf, wobei das zweiteilig ausgebildete Rotorblatt durch Ein- oder Ausdrehen des hinteren Blattsegments jeweils mit gegensinniger Drehrichtung um bis zu 6 Grad im luv- und leeseitigen Umlauf ein asymmetrisches Flügelprofil aufweist, bei dem die Profilsehne in beiden Hälften der durch den Durchmesser mit den Wendepunkten geteilten Umlaufbahn einen positiven Anstellwinkel von bis zu 3,5 Grad gegenüber einer Tangente an den Umlaufbahn aufweist und das dreiteilig ausgebildete Rotorblatt im luv- und leeseitigen Umlauf ein asymmetrisches Flügelprofil hat, das weitgehend einem Clark-YM-15-Profil entspricht, dessen Profilsehne mit einem positiven Anstellwinkel von bis zu 2 Grad gegenüber einer Tangente an den Umlaufbahn geneigt ist. Bei vorausgehend beschriebenen Ausführungsvarianten ist das kinematische Rotorblatt des Rotormoduls entweder gerade oder bügelförmig oder bogenförmig oder schlaufenförmig ausgebildet und in einzelne Längsabschnitte untergliedert, die eine Flügelkette bilden. Bei dem geraden Rotorblatt ist die Flügelkette gerade und bei einem bügel-, bogen- oder schlaufenförmigen Rotorblatt polygonzugförmig ausgebildet und hat jeweils unterschiedlich geneigte Drehachsen für die drehbaren vorderen und hinteren Blattsegmente der Rotorblätter.

Die Aktuatoren für die Drehflügelkinematik des Rotormoduls

[0023] Die Aktuatoren für die Blattverstellung sind entweder in die Längsträger oder in die Querträger der Rotorblätter jeweils zwischen den geraden Längsabschnitten der von den einzelnen Längsabschnitten gebildeten Flügelkette integriert. Im Fall eines ring- oder scheibenförmig ausgebildeten Querträgers ist der Aktuator als ein elektromagnetisch betätigter Stellhebel ausgebildet, der an beiden Enden eines Längsabschnitts des Rotorblatts senkrecht zu der vorderen und der hinteren Drehachse angeordnet ist. Im Fall eines Längsträgers, der von dem vorderen oder dem mittleren Blattsegment gebildet wird, weist der Aktuator für einen Längsabschnitt des Rotorblatts entweder einen pneumatischen Muskel oder einen Hydraulikzylinder oder einen schaltbaren Elektromagnet mit einer Erregerwicklung auf. Mittels einer Rechner gesteuerten Drehflügelkinematik kann jeder einzelne Längsabschnitt der Flügelkette individuell angesteuert werden. Haarfugen zwischen den Blattsegmenten und elastische Scheiben zwischen den einzelnen gerade ausgebildeten Längsabschnitten oder eine elastische Hülle der Flügelkette ermöglichen die laminare Umströmung des Rotorblatts. Bei einer vorteilhaften Ausführungsvariante für die Drehflügelkinematik sind die Aktuatoren einschließlich der Leitungen, Energiespeicher und Stellmotoren vollständig in interne Hohlräume des Längsträgers der zwei- oder dreiteilig ausgebildeten Rotorblätter integriert, wobei die Hohlräume durch mindestens ein koaxial und konzentrisch zu einer Drehachse des Rotorblatts angeordneten hohlen Scharnierbolzen untereinander verbunden sind. Die Aktuatoren des dreiteilig ausgebildeten Rotorblatts sind jeweils paarweise angeordnet und betätigen zylinderförmige Schlitten, die an ihren Innenseiten an den koaxial und konzentrisch zu den Drehachsen angeordneten Scharnierbolzen linear geführt werden und an ihren Außenseiten in Gewindeabschnitte des vorderen und des hinteren Blattsegments eingreifen. Die Aktuatoren werden elektromagnetisch, hydraulisch, pneumatisch oder mechanisch angetriebenen. Durch die linearen Translationsbewegung des Schlittens wird das Ein- und Ausdrehen der beweglichen Blattsegmente gegenüber dem in sich starren Längsträger bewirkt, der bei dem zweiteilig ausgebildeten Rotorblatt von dem vorderen Blattsegment und bei dem dreiteilig ausgebildeten Rotorblatt von dem mittleren Blattsegment gebildet wird. Die geringe Steigung der Gewindeabschnitte ermöglicht eine Übersetzung von 1 zu 10 für die Kraft der Aktuatoren. Die Aktuatoren können z.B. als pneumatische Muskeln oder als synchrone Linearmotoren ausgebildet

werden. Ein Linearmotor wird dadurch gebildet, dass das Scharnierbolzen in dem betreffenden Längsabschnitt des Rotorblatts eine Mehrzahl bezüglich der Drehachsen radial angeordneter Erregerwicklungen trägt, die zusammen mit ringförmigen Permanentmagneten des Schlittens einen synchronen dreiphasigen Linearmotor bilden. Damit ist sowohl die exakte Verstellung der vorderen und hinteren Blattsegmente als auch die Einhaltung des Verstellwinkels ohne zusätzlichen Kraftaufwand möglich. In einer vereinfachten Ausführungsvariante ist der Aktuator als ein schaltbarer Elektromagnet ausgebildet, wobei der Scharnierbolzen eine koaxial und konzentrisch zu den Drehachsen angeordnete Erregerwicklung für die Induktion einer Eisenhülse des Schlittens aufweist. Der von dem Scharnierbolzen gebildete Medienkanal erstreckt sich zwischen beiden Enden des Rotorblatts. Bei dem zweiteilig ausgebildeten Rotorblatt sind die Schlitten der Aktuatoren in Taschen des vorderen Blattsegments angeordnet, sodass nur das hintere Blattsegment um die hintere Drehachse gedreht wird.

[0024] Die Drehflügelkinematik für Antriebs- und für Kraftmaschinen Drehflügelfahrzeuge und Drehflügelturbinen haben jeweils einen Motorgenerator mit Stator und Läufer und sind als Induktionsmaschinen oder als permanent erregte Synchronmaschinen entweder mit einer Welle für ein Rotorblatt oder mit zwei Wellen und zwei Getrieben für zwei koaxial und konzentrisch zueinander angeordnete und gegensinnig rotierende Rotorblätter ausgebildet. Der Motorgenerator eines Drehflügelfahrzeugs wechselt dann von dem Motorbetrieb in den Generatorbetrieb, wenn die Saugseiten des variablen Flügelprofils in beiden Hälften der Umlaufbahn der Rotorblätter entgegen der Fahrtrichtung ausgerichtet sind und das Drehflügelfahrzeug im Sinkflug oder im freien Fall durch Autorotation der Rotorblätter mit einer entgegen der Sink- oder Fallrichtung wirkenden Schubkraft abgebremst wird. Der Motorgenerator einer Drehflügelturbine beschleunigt im Motorbetrieb als eine Arbeitsmaschine das Rotormodul auf eine Anlaufdrehzahl und wechselt dann als eine Kraftmaschine in den Generatorbetrieb, wenn die tangentiale Antriebskraft größer ist als der Rotationswiderstand des Rotormoduls. Die Drehflügelkinematik des Rotormoduls einer Wind- oder Wasserturbine wird mittels von Sensoren und Aktuatoren dadurch gesteuert, dass zunächst die Richtung der Strömung detektiert und dann die Position der Wendepunkte auf der Umlaufbahn mittels der Aktuatoren senkrecht zu der jeweiligen Richtung der Strömung eingestellt wird. Für die Begrenzung der Drehzahl der Drehflügelturbine ist vorgesehen, die Saugseite des asymmetrischen Flügelprofils im luvseitigen Umlauf zu der Außenseite und im leeseitigen Umlauf des Rotormoduls zu der Innenseite der Umlaufbahn zu orientieren. In dieser im Rahmen der Erfindung als Orkanstellung bezeichneten Stellung der asymmetrischen Flügelprofile erzeugt die Drehflügel-Windturbine ein reduziertes, an die extreme Strömungsgeschwindigkeit angepasstes Drehmoment und muss nicht abgeschaltet werden. Das Rotormodul ist mit einem Tragwerk verbunden, das im Falle einer Windturbine von einem in einem Baugrund verankerten Mast und im Falle einer Wasserturbine mit horizontaler oder vertikaler Rotationsachse von einer Brücke oder von einem Mast gebildet wird. Die einzelnen Längsabschnitte des Rotorblatts sind individuell steuerbar, wobei ein Pilot oder eine Fernsteuerung den elektromechanischen, elektromagnetischen, elektropneumatischen oder elektrohydraulischen Antrieb der Aktuatoren steuert. An dem für die Schubkrafterzeugung vorgesehenen, parallel oder geneigt zu der Rotationachse ausgerichteten Längsabschnitt der Rotorblätter ist die Saugseite des variablen Flügelprofils in die jeweilige Fahrtrichtung des Fahrzeugs ausrichtbar. Das Drehflügelfahrzeug hat eine Längs-, eine Quer- und eine Hochachse und kann als ein Luftfahrzeug oder als ein Wasserfahrzeug ausgebildet werden, wobei das Luftfahrzeug einen Hubschrauber, ein senkrecht startendes Lufttaxi oder ein flug- und straßenverkehrstaugliches Fahrzeug und das Wasserfahrzeug ein Schlepp- und Bugsierschiff oder ein Fracht- oder Passagierschiff aufweist. Bei den genannten, anhand von Ausführungsbeispielen beschriebenen Drehflügelfahrzeugen rotieren die Rotormodule als Arbeitsmaschinen bzw. als Antriebsmaschinen um koaxial und konzentrisch oder parallel zu der Längs-, Quer- oder Hochachse angeordnete Rotationsachsen. Im Regelbetrieb der Drehflügelfahrzeuge sind die Saugseiten der asymmetrischen Flügelprofile in Fahrtrichtung orientiert, wobei die Fahrtrichtung dadurch geändert wird, dass der Durchmesser mit den Wendepunkten senkrecht zu der jeweils neuen Fahrtrichtung orientiert wird. Dabei werden Aktuatoren betätigt, die als elektromechanische, elektromagnetische, elektropneumatische oder elektrohydraulische Steuerungselemente für die Verstellung der Rotorblätter ausgebildet sind. Bei Ausfall der Antriebsmaschinen konvertieren die Rotorblätter der Rotormodule bis zum Stillstand des Fahrzeugs die kinetische Energie des Drehflügelfahrzeugs in elektrische Energie, wobei der Motorgenerator in den Generatorbetrieb wechselt.

Luftfahrzeuge

[0025] Bei einem ersten vorteilhaften Ausführungsbeispiel ist das Drehflügelfahrzeug als ein Hubschrauber mit einer konzentrisch und koaxial zu der Hochachse angeordneten Rotationsachse für ein Rotormodul ausgebildet, dessen Rotorblätter bügelförmig ausgebildet und der Höhe nach in einen oberen, einen mittleren und ein unteren Längsabschnitt unterteilt sind und eine polygonzugförmige Flügelkette bilden. In den oberen und unteren Längsabschnitten wird der Durchmesser mit den Wendepunkten weitgehend parallel zur der Flugrichtung

ausgerichtet. Im Steigflug des Hubschraubers sind die Auftriebskräfte in der linken und in der rechten Hälfte des Rotormoduls gleich groß, sodass die Drehflügelkinematik im Standby-Betrieb verharren kann. In dem mittleren Längsabschnitt der Rotorblätter beträgt der Verstellbereich für die Wendepunkte 360 Grad, sodass die Saugseiten der asymmetrischen Flügelprofile mittels der Drehflügelkinematik in jede beliebige Fahrtrichtung ausrichtbar sind und die Rotorblätter in beiden Hälften der Umlaufbahn eine in die jeweilige Flugrichtung gerichtete Schubkraft erzeugen. Im Geradeausflug wird die unterschiedliche Geschwindigkeit der in Fahrtrichtung vor- und nachlaufenden Rotorblätter des Hubschraubers durch Anpassung des jeweiligen Anstellwinkels in den für den Auftrieb zuständigen oberen und unteren Längsabschnitten der Rotorblätter ausgeglichen, sodass die linke und die rechte Hälfte des Rotormoduls jeweils gleichviel Auftrieb liefern. Alternativ zu dem bügelförmigen Rotorblatt kann ein schlaufenförmiges Rotorblatt ausgebildet werden, bei dem der obere und der untere Längsabschnitt nicht in einer vertikalen Ebene übereinander liegen, sondern gegeneinander versetzt angeordnet sind, sodass der mittlere Längsabschnitt eine Neigung gegenüber der Rotationsachse aufweist. Bei einem zweiten vorteilhaften Ausführungsbeispiel für ein senkrecht startendes Drehflügelfahrzeug, das als ein Lufttaxi für sechs Personen ausgebildet ist, rotieren zwei Rotorblätter mit gegensinniger Drehrichtung um die von der Hochachse gebildete Rotationsachse um eine ellipsoid- oder diskusförmig ausgebildeten Rotationskörper, der die Kabine des Luftfahrzeugs bildet. Zwei oder drei bügelförmig ausgebildete Rotorblätter eines Rotormoduls sind jeweils an dem oberen und unteren Scheitel des Rotationskörpers mit Motorgeneratoren verbunden, die als Antriebsmaschinen für die mit gegenläufiger Drehrichtung rotierenden Rotorblätter ausgebildet sind. Die Längsträger der bügelförmigen Rotorblätter sind der Länge nach in drei Längsabschnitte untergliedert, wobei die Drehflügelkinematik für das variable asymmetrische Flügelprofil in den oberen und unteren Längsabschnitten Auftrieb und in den mittleren Längsabschnitten der Rotorblätter eine in Flugrichtung ausrichtbare Schubkraft erzeugt. Für das Halten einer bestimmten Standposition des Flugbetrieb ist die Drehflügelkinematik so programmierbar, dass die Rotorblätter in den mittleren Längsabschnitten ausgleichende Schubkräfte erzeugen, die bei Seitenwind, Turbulenzen und anderen äußeren Kräften gezielt entgegenwirken, sodass der Drehflügler im Schwebeflug seine jeweilige Position exakt einhalten kann. Aus dem Stand ist das Fahrzeug im Flugbetrieb sehr agil und kann z.B. mit einer Joysticksteuerung sehr schnell die Flugrichtung im Umkreis von 360 Grad in jede beliebige Richtung ändern. Bei dem Lufttaxi werden mittels der Flügelkette der Rotorblätter jeweils arbeitsteilig große Auftriebskräfte und hohe Schubkräfte erzeugt, sodass bei einem derartigen Lufttaxi für sechs Personen eine Antriebsleistung von nur 300-400 kW erforderlich ist, die sich auf zwei Motorgeneratoren verteilt. Diese Anordnung von Rumpf und Rotoren kann mit Vorteil auch für größere Luftfahrzeuge genutzt werden. Bei einem dritten vorteilhaften Ausführungsbeispiel ist das Drehflügelfahrzeug als ein flug- und straßenverkehrstaugliches Fahrzeug ausgebildet, bei dem jeweils zwei mit gegensinniger Drehrichtung rotierende Rotorblätter um eine vordere und um eine hintere, jeweils parallel zu der Querachse des Fahrzeugs angeordnete Rotationsachse rotieren. Die Rotorblätter der zwei Rotormodule sind bügelförmig ausgebildet und bilden eine polygonzugförmige Flügelkette, die im Fahrbetrieb des flug- und straßenverkehrstauglichen Fahrzeugs in die Front- und Heckpartie des Fahrzeugs eingeklappt ist, sodass das Fahrzeug als ein Pkw mit vier Rädern ausgebildet werden kann. Vier Teleskopstützen des Fahrzeug werden in der Startphase des Flugbetriebs soweit ausgefahren, dass die ausgeklappten Rotormodule frei rotierbar sind und das Fahrzeug bei einer Drehzahl von 800 Umdrehungen pro Minute abhebt und die Teleskopstützen eingezogen werden. Im Flugbetrieb steuert die Drehflügelkinematik die Rotormodule des Fahrzeugs derart, dass für den Geradeausflug in dem mittleren Längsabschnitt der bügelförmigen Rotorblätter der Verstellbereich für die Erzeugung der Auftriebskraft und der in Fahrtrichtung wirkenden Schubkraft genutzt wird. Die seitlichen Längsabschnitte der bügelförmigen Rotorblätter stabilisieren das Drehflügelfahrzeug um die Längs-, Quer- und Hochachse und dienen als Seitenleitwerk.

Wasserfahrzeuge

[0026] Bei den erfindungsgemäßen Wasserfahrzeugen ist ein Strömungsleitwerk für die Anströmung der von den Rotormodulen gebildeten Antriebsmaschinen vorgesehen, das als ein integraler Bestandteil des Rumpfs oder als ein integraler Bestandteil des Rotormoduls ausgebildet ist. Das Strömungsleitwerk des Rumpfs kann als ein flacher Schiffsboden mit Strömungsleitflächen oder als ein bug- und heckseitiger Spantausfall oder als ein vom Bug bis zum Heck des Wasserfahrzeugs sich erstreckender Antriebskanal ausgebildet werden. Von besonderem Vorteil ist ein Strömungsleitwerk des Rotormoduls, das einen interner Strömungsleitkörper oder ein externes Gehäuse aufweist.

[0027] In einer ersten vorteilhaften Ausführungsvariante für die Antriebsmaschine eines langsam fahrenden und sehr wendigen Wasserfahrzeugs weist das Strömungsleitwerk für das Rotormodul einen flach ausgebildeten Schiffsboden mit horizontal und vertikal angeordnete Strömungsleitflächen auf. Die Rotormodule haben bevorzugt senkrecht zu dem flachen Schiffsboden ausgerichtete Rotationachsen

und rotieren jeweils mit gegensinniger Drehrichtung, wobei sie entweder in einer Reihe koaxial zu der Längsachse des Schiffs oder paarweise parallel zu der Längsachse des Schiffs angeordnet sind. Dabei werden die einzelnen Rotorblätter der Rotormodule frei angeströmt. Der Durchmesser mit den Wendepunkten kann im Umkreis von 360 Grad einen beliebigen Winkel bezüglich der Längsachse des Wasserfahrzeugs einnehmen, sodass die Schubkraft in Sekundenschnelle in jede beliebige Richtung gelenkt werden kann und das Wasserfahrzeug vorwärts, rückwärts und seitwärts fahren kann. Da die Rotorblätter mit den variablen asymmetrischen Flügelprofilen dazu ausgebildet sind, fluiddynamisch Auftrieb zu erzeugen, wird die daraus abgeleitete Schubkraft unmittelbar auf den Rumpf des Wasserfahrzeugs übertragen, sodass kein Propellerstrahl erzeugt wird, hohe Drehzahlen des Rotormoduls ermöglicht und Erschütterungen des Rumpfs vermieden werden. Auch die hydrodynamische Belastung des Rotorblatts selbst ist gering, sodass Kavitation und andere durch Überbeanspruchung hervorgerufene Schäden vermieden werden. Bei einer zweiten besonders vorteilhaften Ausführungsvariante der Antriebsmaschine für ein schnellfahrendes Wasserfahrzeug mit einem sehr geringen Tiefgang hat das Rotormodul einen internen Strömungsleitkörper, der als ein um die Rotationachse des Rotormoduls drehbarer Profilabschnitt eines Reuleaux-Dreiecks ausgebildet ist und innerhalb der Umlaufbahn des Rotormoduls drehbar mit dem Schiffsboden verbunden ist. Der Rumpf des für Binnengewässer ausgelegten Wasserfahrzeugs weist an Bug und Heck jeweils einen entsprechenden steuer- und backbordseitigen Spantausfall für die Anordnung der Rotormodule auf. Bei einer dritten besonders vorteilhaften Ausführungsvariante der Antriebsmaschine für ein schnellfahrendes seegängiges Wasserfahrzeug weist das Strömungsleitwerk ein Gehäuse für das Rotormodul auf, das von einem mit seiner Druckseite in Fahrtrichtung ausgerichteten Flügelstumpf gebildet wird und einen Eingang und einen Ausgang für die Strömung hat. Der Eingang für die Strömung liegt an der Druckseite des Flügelstumpfs und weist eine Mehrzahl kammartig ausgebildeter Strömungsleitkörper auf, die dazu ausgebildet sind, die Rotorblätter innerhalb des Gehäuses mit einer zirkularen Strömung entgegen der Drehrichtung des Rotormoduls anzuströmen. Der Ausgang für die Strömung liegt am unteren Ende des Flügelstumpfs im Totwasserbereich, sodass der dort vorhandene Sog die Durchströmung des Gehäuses befördert. Bei einer vierten besonders vorteilhaften Ausführungsvariante der Antriebsmaschine für ein schnellfahrendes seegängiges Wasserfahrzeug weist das Strömungsleitwerk einen sich vom Bug bis zum Heck koaxial zu der Längsachse erstreckenden Antriebskanal auf, der an seiner Oberseite von einem flachen Schiffsboden und seitlich von tieferreichenden steuer- und backbordseitig angeordneten Auftriebskörpern begrenzt wird. In den Auftriebskörper sind über die gesamte Länge des Schiffs Wasserstofftanks für Brennstoffzellen angeordnet, sodass eine Mehrzahl von in Gehäusen angeordneten Rotormodulen mit Strom versorgt werden können. Die Gehäuse weisen einen Flügelstumpf auf und sind in dem Antriebskanal in Fahrtrichtung in Reihe hintereinander parallel zu der Längsachse des Wasserfahrzeugs so angeordnet, dass der Flügelstumpf eine in Fahrtrichtung ausgerichtete Druckseite mit einem oberen Eingang für die Strömung und eine Saugseite mit einem unteren Ausgang für die Strömung hat. Im Betrieb der Antriebsmaschinen wird ein den Motorgenerator umgebender, parallel zu der vertikalen Rotationsachse des Rotormoduls angeordneter Ringkanal vertikal durchströmt, sodass die variablen asymmetrischen Flügelprofile der Rotorblätter unabhängig von der Fahrtgeschwindigkeit des Wasserfahrzeugs abgeströmt werden. Die vertikale Durchströmung des Gehäuses verhindert den Aufbau einer unerwünschten Zirkulationsströmung in Drehrichtung der Rotormodule innerhalb des Ringkanals. Das Tragwerk des Wasserfahrzeugs hat eine wasserdichte Hülle und ein tragendes Skelett aus in Längs- und Querrichtung angeordneten Fachwerkscheiben, die untereinander zu einem räumlichen Fachwerkträger und an Knotenpunkten innerhalb des Antriebskanals mit den oberen Enden der Gehäuse für die Rotormodule verbunden sind, sodass die Belastungen des Rumpfs an den Knotenpunkten des Tragwerks von der Hülle auf den räumlichen Fachwerkträger übertragen werden. Der von den Rotormodulen bewirkte Schub kann mit der vorgeschlagenen Skelettbauweise besonders effektiv auf den Rumpf des Wasserfahrzeugs übertragen werden.

[0028] Weitere vorteilhafte Eigenschaften der Erfindung gehen aus den Figuren hervor.

[0029] Es zeigen:

Fig. 1 ein Drehflügelfahrzeug, das als ein Hubschrauber mit vier bügelförmigen Rotorblättern ausgebildet ist,

Fig. 2 den Hubschrauber nach **Fig. 1** im Steigflug mit Darstellung der aerodynamisch bewirkten Kräfte an den oberen und unteren Längsabschnitten der Rotorblätter in einer schematischen Aufsicht und in Detailschnitten der Rotorblätter,

Fig. 3 den Hubschrauber nach **Fig. 1-2** im Geradeausflug mit Darstellung der aerodynamisch bewirkten Kräfte an den oberen und unteren Längsabschnitten der Rotorblätter in einer schematischen Aufsicht und in Detailschnitten der Rotorblätter,

Fig. 4 den Hubschrauber nach **Fig. 1-3** im Geradeausflug mit Darstellung der aerodynamisch

bewirkten Kräfte an den mittleren Längsabschnitten der Rotorblätter in einem Horizontalschnitt,

Fig. 5 ein zweiteiliges kinematisches Rotorblatt mit einer hinteren Drehachse für ein hinteres Blattsegment, oben als symmetrisches Flügelprofil, in der Mitte und unten jeweils als asymmetrisches Flügelprofil im schematischen Querschnitt,

Fig. 6 das zweiteilige Rotorblatt nach **Fig. 5** mit integrierten Aktuatoren, oben als symmetrisches Flügelprofil, in der Mitte und unten als asymmetrisches Flügelprofil in einer Ausschnittisometrie,

Fig. 7 ein zweiteiliges kinematisches Rotorblatt mit einer vorderen Drehachse, oben mit einem symmetrischen Flügelprofil, in der Mitte und unten jeweils mit einem asymmetrischen Flügelprofil im schematischen Querschnitt,

Fig. 8 das zweiteilige Rotorblatt nach **Fig. 7** mit integrierten Aktuatoren, oben mit einem symmetrischen Flügelprofil, in der Mitte und unten mit einem asymmetrischen Flügelprofil, jeweils in einer Ausschnittisometrie,

Fig. 9 ein dreiteiliges Rotorblatt, oben mit einem symmetrischen Flügelprofil, in der Mitte und unten mit einem asymmetrischen Flügelprofil, jeweils im schematischen Querschnitt,

Fig. 10 das dreiteilige Rotorblatt nach **Fig. 9**, oben als symmetrisches Flügelprofil und unten als asymmetrisches Flügelprofil in einer Ausschnittisometrie,

Fig. 11 ein dreiteiliges Rotorblatt, oben mit einem elektromagnetischen Aktuator und unten einen elektromagnetischen Aktuator in einer Ausschnittisometrie,

Fig. 12 ein Drehflügelfahrzeug, das als Lufttaxi für sechs Personen ausgebildet ist, in einer perspektivischen Übersicht und mit Detailschnitten der Rotorblätter,

Fig. 13 ein flug- und straßenverkehrstaugliches Fahrzeug, oben im Fahrbetrieb und unten in der Startphase des Flugbetriebs, jeweils in einer perspektivischen Übersicht,

Fig. 14 das Fahrzeug nach **Fig. 13** im Steigflug mit Darstellung der aerodynamisch bewirkten Kräfte an einem Längsabschnitt der Rotorblätter des Fahrzeugs im schematischen Querschnitt,

Fig. 15 das Fahrzeug nach **Fig. 13-14** im Geradeausflug mit Darstellung der aerodynamisch bewirkten Kräfte an einem Längsabschnitt der Rotorblätter im schematischen Querschnitt,

Fig. 16 ein Drehflügelfahrzeug, das als ein Schlepp- und Bugsierschiff mit zwei Rotormodulen ausgebildet ist, in einer Übersichtsansicht in der Mitte und mit Detailschnitten der Rotorblätter oben und unten,

Fig. 17 ein Rotormodul für ein langsam fahrendes Wasserfahrzeug in der isometrischen Ausschnittdarstellung,

Fig. 18 zwei gegensinnig rotierende Rotormodule für Wasserfahrzeug in der isometrischen Ausschnittdarstellung,

Fig. 19 die elektromagnetische Blattverstellung für einen Schiffsantriebs nach **Fig. 16-18**, oben im Detailschnitt und darunter in der Ausschnittperspektive,

Fig. 20 die hydrodynamisch bewirkten Kräfte des Rotormoduls nach **Fig. 16-19** im Anfahrbetrieb in einem schematischen Querschnitt,

Fig. 21 die hydrodynamisch bewirkten Kräfte des Rotormoduls nach **Fig. 16-20** im Fahrbetrieb in einem schematischen Horizontalschnitt,

Fig. 22 den Rumpf eines Wasserfahrzeugs mit vier Rotormodulen, oben in der Untersicht, in der Mitte in einer perspektivischen Untersicht und unten in einer Frontalansicht,

Fig. 23 ein Rotormodul des Rumpfs nach **Fig. 22** mit Darstellung der von einem Strömungsleitkörper des Rotormoduls an den Rotorblättern hydrodynamisch bewirkten Kräfte in zwei exemplarischen Horizontalschnitten,

Fig. 24 ein seegängiges Wasserfahrzeug, oben in einem Längs- und unten in einem schematischen Querschnitt,

Fig. 25 das Gehäuse für ein Rotormodul des Wasserfahrzeugs nach **Fig. 24**, oben in dem schematischen Horizontalschnitt und unten in der perspektivischen Ausschnittdarstellung,

Fig. 26 ein alternatives Gehäuse für das Rotormodul des Wasserfahrzeugs nach **Fig. 24**, oben im schematischen Längsschnitt und unten in einer perspektivischen Ausschnittdarstellung,

Fig. 27 eine Drehflügelturbine als eine Wasserturbine mit horizontaler Rotationsachse, oben mit Detailschnitten der Rotorblätter und unten in der perspektivischen Ausschnittdarstellung,

Fig. 28 eine Drehflügelturbine als eine Wasserturbine mit vertikaler Rotationsachse, oben mit Detailschnitten der Rotorblätter und unten in der perspektivischen Übersichtsdarstellung,

Fig. 29 einen Aktuator der Wasserturbine nach **Fig. 28** in der perspektivischen Ausschnittdarstellung,

Fig. 30 eine Drehflügelturbine als eine Windturbine mit vertikaler Rotationsachse in der perspektivischen Übersichtsdarstellung,

Fig. 31 die Drehflügelkinematik der Turbinen nach **Fig. 27-30** für den Regelbetrieb mit Darstellung der fluiddynamisch bewirkten Kräfte im schematischen Querschnitt,

Fig. 32 die Drehflügelkinematik für eine gedrosselte Drehzahl der Turbinen nach **Fig. 27-30** mit Darstellung der fluiddynamisch bewirkten Kräfte im schematischen Querschnitt,

Fig. 33 die Drehflügelkinematik für eine weiter gedrosselte Drehzahl für den Ausnahmebetrieb der Turbinen nach **Fig. 27-30** mit Darstellung der fluiddynamisch bewirkten Kräfte im schematischen Querschnitt.

[0030] Fig. 1 zeigt ein Drehflügelfahrzeug 11, das als ein Hubschrauber mit vier bügelförmig ausgebildeten Rotorblättern 1 ausgebildet ist. Die Längsabschnitte A1-A3 der Rotorblätter 1 bilden eine polygonzugförmige Flügelkette 203. Während der obere Längsabschnitt A1 und der untere Längsabschnitt A3 dazu ausgebildet sind, eine Auftriebskraft d, wie in **Fig. 2-3** gezeigt, zu erzeugen, ist die Drehflügelkinematik 10 in dem Längsabschnitt A2 dazu ausgebildet, eine Schubkraft e in die Fahrtrichtung D des Hubschraubers zu erzeugen. Dabei kann der Durchmesser mit den Wendepunkten P,P' innerhalb eines Verstellbereichs δ im Umkreis von 360 Grad in jede beliebige Fahrtrichtung D orientiert werden, sodass der Längsabschnitt A2 mit der Länge g die Funktion eines Schubkrafterzeugers hat. Das Rotormodul 2 ist über eine Welle mit dem Motorgenerator 13 verbunden und hat eine Rotationsachse t, die von der Hochachse z des Hubschraubers gebildet wird und rotiert oberhalb der von dem Rumpf 110 umschlossenen Kabine 117. Die Drehflügelkinematik 10 ersetzt eine Taumelscheibe und steuert in den oberen und unteren Längsabschnitten A1,A3 den Auftrieb und in dem mittleren Längsabschnitt A2 die Schubkraft des Rotormoduls 2. Die Längsabschnitten A1,A3 sind in einer Ebene übereinander angeordnet, können aber auch radial gegeneinander versetzt angeordnet werden, sodass der mittlere Längsabschnitt A2 das äußere obere und das äußere untere Ende der Längsabschnitte A1,A3 schräg verbindet und das Rotorblatt 1 schlaufenförmig ausgebildet ist. Mit zwei Lagen von Auftrieb erzeugenden Längsabschnitten A1,A3 Rotorblättern 1 kann der Hubschrauber mit Vorteil als ein Lastenhubschrauber eingesetzt werden, der im Schwebeflug mit der Drehflügelkinematik 10 in dem Längsabschnitt A2 seine Position stabil halten kann. Ohne Taumelscheibe zeichnet sich das Rotormodul 2 durch eine hohe Laufruhe aus und ist frei von unerwünschten Vibrationen.

[0031] Fig. 2 zeigt den Hubschrauber nach **Fig. 1** mit einer schematischen Darstellung der Längsabschnitte A1,A3 der bügelförmigen Rotorblätter 1, oben in der Übersichtsdarstellung und unten in Detailschnitten des variablen asymmetrischen Flügelprofils 201 jeweils für die linke und die rechte Hälfte der Umlaufbahn U. Im Steigflug ist die Summe der Auftriebskräfte d in beiden Hälften der Umlaufbahn U gleich groß, sodass im Steigflug in den Längsabschnitten A1,A3 des Rotorblatts 1 keine Verstellung der Blattsegmente B1,B3 erforderlich ist.

[0032] Fig. 3 zeigt den Hubschrauber nach **Fig. 1-2** mit einer schematischen Darstellung der Längsabschnitte A1,A3 der bügelförmigen Rotorblätter 1, oben in der Übersichtsdarstellung und unten in Detailschnitten des variablen asymmetrischen Flügelprofils 201 jeweils für die, bezogen auf die Flugrichtung D, linke und die rechte Hälfte der Umlaufbahn U. Im Geradeausflug des Hubschraubers setzt sich die resultierende Anströmung c aus der Drehzahl a und der Fahrtgeschwindigkeit b zusammen, sodass bezüglich der Fahrtrichtung D in der linken und rechten Hälfte der Umlaufbahn U an den Rotorblättern 1 jeweils unterschiedliche Auftriebskräfte d resultieren. Durch eine entsprechende Blattverstellung des vorderen und des hinteren Blattsegments B1,B3 gegenüber dem mittleren Blattsegment B2 werden die in beiden Hälften der Umlaufbahn U bewirkten Auftriebskräfte d ausgeglichen, sodass der Hubschrauber eine stabile Fluglage einnimmt. In dem Längsabschnitt A2 des Rotorblatts 1 ist, wie in **Fig. 24** gezeigt, eine Blattverstellung vorgesehen, bei der entsprechend dem Anspruch 1 der Erfindung die Schubkraft e in Fahrtrichtung d ausrichtbar ist, wobei bei diesem Ausführungsbeispiel der Verstellbereich δ 360 Grad beträgt, sodass der Hubschrauber in jede beliebige Fahrtrichtung D gelenkt werden kann. Dies ist insbesondere für einen präzisen Landeanflug und auch für das Einhalten einer bestimmten Flugposition z.B. bei Seitenwind von Vorteil.

[0033] Fig. 4 zeigt den Geradeausflug des Hubschraubers nach **Fig. 1-3** in einem schematischen Horizontalschnitt in dem Längsabschnitt A2 mit der Länge g. Der Durchmesser mit den Wendepunkten P,P' kann in dem Längsabschnitt A2 jede beliebige Umlaufposition I-XII einnehmen, sodass der Verstellbereich δ in diesem Fall 360 Grad beträgt. Während die Rotorblätter 1 der Flügelkette 203 in den Längsabschnitten A1,A3 für die notwendige Auftriebskraft d sorgen, wie in **Fig. 2-3** gezeigt, dient der Längsabschnitt A2 der Erzeugung einer Schubkraft e, die im Umkreis von 360 Grad in jede beliebige Fahrtrichtung gelenkt werden kann. Im Standflug wird bei Windstille die Drehflügelkinematik 10 in den Längsabschnitten A2 der Rotorblätter 1 abgeschaltet, sodass sich die von den variablen asymmetrischen Flügelprofilen 201 bewirkten Schubkräfte e gegenseitig aufheben. Mittels der Drehflügelkinematik 10 ist der Hubschrauber sehr gut manöverierbar und kann eine Flugposition sehr genau einhalten, was für Start und Landung von besonderem Vorteil ist.

[0034] **Fig. 5** zeigt ein zweiteilig aufgebautes Rotorblatt 1, oben mit einem symmetrischen Flügelprofil 200, in der Mitte und unten mit einem asymmetrischen Flügelprofil 201 mit getauschten Saug- und Druckseiten. Das vordere Blattsegment B1 ist als Längsträger 21 des Rotorblatts 1 ausgebildet. An der hinteren Drehachse v2 des Rotorblatts 1 ist das hintere Blattsegment B3 an das vordere Blattsegment B1 angelenkt. Ein koaxial und konzentrisch zu der Drehachse v2 angeordneter Aktuator 20 betätigt im Inneren des Rotorblatts 1 einen Schlitten 207, der in **Fig. 6** näher dargestellt ist.

[0035] **Fig. 6** zeigt einen Aktuator 20 für die Blattverstellung, der von zwei koaxial und konzentrisch zu der hinteren Rotationsachse v2 des hinteren Blattsegments B3 angeordneten pneumatischen Muskeln 204, die jeweils mit den Stirnseiten des Schlittens 207 verbunden sind, gebildet wird. In jedem Längsabschnitt Al-An des Rotorblatts 1 kann jeweils mindestens eine derartige Verstellvorrichtung angeordnet werden.

[0036] **Fig. 7** zeigt ein zweiteilig ausgebildetes Rotorblatt 1, oben als symmetrisches Flügelprofil 200, in der Mitte und unten als asymmetrisches Flügelprofil 201, bei dem das vordere und das hintere Blattsegment B1,B3 rotierbar an einen von einem Rundhohlprofil gebildeten Längsträger 21 angelenkt sind, sodass die Längsmittelachse des Längsträgers 21 eine vordere Drehachse v1 des Rotorblatts A bildet. Für die Blattverstellung werden das vordere und das hintere Blattsegment B1,B3 in einer Drehbewegung mit gegensinniger Drehrichtung T,T' um maximal 6 bis 7 Grad um die Drehachse v1 mit Bezug zu der Umlaufbahn U jeweils nach außen oder nach innen gedreht. Während das symmetrische Flügelprofil 200 tangential zu der Umlaufbahn U ausgerichtet ist, bewirkt die Verdrehung des vorderen und des hinteren Blattsegments B1,B3 einen positiven Anstellwinkel α von etwa 2 Grad gegenüber einer Tangente an der Umlaufbahn U.

[0037] **Fig. 8** zeigt die Verstellvorrichtung des zweiteiligen Rotorblatts 1 nach **Fig. 7** mit Darstellung eines konzentrisch und koaxial zu der vorderen Drehachse v1 angeordneten Aktuators 20, der von einem pneumatischen Muskel 204 gebildet wird. Der koaxial und konzentrisch zu der Drehachse v1 angeordnete pneumatische Muskel 204 schiebt den Schlitten 207 auf dem Scharnierbolzen 205 mit einer Frequenz von 20-30 Hz hin und her, sodass gegensinnig orientierte Gewindeabschnitte des Schlittens 207 an dem vorderen und dem hinteren Blattsegment B3 etwa 20 mal pro Sekunde eine Drehbewegung mit gegensinniger Drehrichtung T,T' bewirken. Die Profilsehne p des asymmetrischen Flügelprofils 201 weist dabei einen positiven Anstellwinkel α von 2 bis 3 Grad gegenüber der Tangente zur Umlaufbahn U auf.

[0038] **Fig. 9** zeigt ein dreiteilig ausgebildetes Rotorblatt 1 mit den Blattsegmenten B1-B3, oben als symmetrisches Flügelprofil 200, in der Mitte und unten als asymmetrisches Flügelprofil 201. An der vorderen Drehachse v1 ist das vordere Blattsegment B1 mit der Nase und an der hinteren Drehachse v2 ist das hintere Blattsegment B3 mit der Hinterkante an das von dem Längsträger 21 gebildete mittlere Blattsegment B2 angelenkt. Durch gegenläufiges Drehen des vorderen Blattsegments B1 und des hinteren Blattsegments B3 um jeweils maximal 7 Grad erhält das variable asymmetrische Flügelprofil 201 jeweils einen positiven Anstellwinkel α von 2,5 Grad gegenüber der Tangente der Umlaufbahn U. Die Profilsehne p des symmetrischen Flügelprofils 200 ist tangential zur Umlaufbahn U ausgerichtet. Die jeweils gegensinnige Drehrichtung T,T' des vorderen und hinteren Blattsegments B1,B2 bewirkt einen Wechsel der Saugseite (-) und der Druckseite (+) von der Außenseite zur Innenseite der Umlaufbahn U und umgekehrt.

[0039] **Fig. 10** zeigt einen Längsabschnitt Al-An des dreiteiligen Rotorblatts 1, oben mit dem symmetrischen Flügelprofil 200 der Übergangsstellung, die das Rotorblatt 1 temporär dann aufweist, wenn die Saugseite (-), wie in **Fig. 4** gezeigt, an dem Durchmesser mit den Wendepunkten P,P' von der Außenseite zur Innenseite der Umlaufbahn U wechselt. Unten ist das Auftrieb erzeugende asymmetrische Flügelprofil 201 des Rotorblatts 1 dargestellt. Die in das Rotorblatt 1 integrierten Aktuatoren 20 werden von zwölf pneumatischen Muskeln 204 gebildet, wobei jeweils sechs pneumatische Muskeln 204 an die Stirnseiten des Schlittens 207 angreifen. Die pneumatischen Muskeln 204 sind jeweils parallel zu den Drehachsen v1,v2 des dreiteiligen Rotorblatts 1 angeordnet. Die Schlitten 207 werden an ihrer Innenseite an den Scharnierbolzen 205 linear geführt, während sie an ihren Außenseiten in Gewinde des vorderen und des hinteren Blattsegments B1,B3 derart eingreifen, dass durch die lineare Translationsbewegung des Schlittens 207 auf den Scharnierbolzen 205 das Ein- und Ausdrehen des vorderen und des hinteren Blattsegments B1,B2 jeweils mit gegensinniger Drehrichtung T,T' gegenüber dem invarianten mittleren Blattsegment B3 bewirkt wird. Die geringe Steigung der blattseitigen Gewinde ermöglicht eine Übersetzung von 1 zu 10 für jeweils sechs an den beiden Stirnseiten des Schlittens 207 angreifende pneumatische Muskeln 204. Drehlager 206 an den Scharnierbolzen 205 ermöglichen die Drehbewegung der Blattsegmente B1,B3. Die konzentrisch und koaxial zu den Drehachsen v1,v2 angeordneten Scharnierbolzen 205 dienen als Medienkanäle der Stromversorgung der pneumatischen Muskeln 204. Die Abluft der pneumatischen Muskeln 204 wird für eine Luftlagerung des Schlittens 207 an den Scharnierbolzen 205 und der Blattsegmente B1,B3 an den Schlitten 207 genutzt.

[0040] Fig. 11 zeigt jeweils einen elektromagnetischen Aktuator 20 exemplarisch für einen Längsabschnitt Al-An des Rotorblatts 1, oben in der Übergangsstellung mit dem symmetrischen Flügelprofil 200. Die Scharnierbolzen 205 sind jeweils konzentrisch und koaxial zu den Drehachsen v1,v2 für das vordere Blattsegment B1 und das hintere Blattsegment B3 angeordnet und dienen als Kabelkanäle für die Stromversorgung der beiden elektromagnetischen Aktuatoren 20. Bei der oben dargestellten einfachen Ausführung trägt eine Eisenhülse des Scharnierbolzens 205 eine Erregerwicklung 208 für die Induktion einer Eisenhülse des Schlittens 207. Durch Umpolung des elektromagnetischen Aktuators 20 führt der Schlitten 207 eine oszillierende Bewegung mit einer Frequenz von 20-30 Hz auf dem Scharnierbolzen 205 aus, sodass Gewinde der Aktuatoren 20 zusammen mit den Gewinden des vorderen und hinteren Blattsegments B1,B3 die Drehbewegung mit gegensinniger Drehrichtung T,T' an dem vorderen und hinteren Blattsegment B1,B3, bewirken, die jeweils mittels von Drehlagern 206 an das mittlere Blattsegment B2 angelenkt sind. Luftlager zwischen dem Scharnierbolzen 205 und dem Schlitten 207 sowie zwischen dem Schlitten 207 und den Blattsegment B1,B3 werden durch das Scharnierbolzen 205 mit Druckluft versorgt. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist das elektromagnetisch induzierte Feld parallel zu den Drehachsen v1,v2 ausgerichtet, während der Aktuator 20, unten, einen Linearmotor aufweist, bei dem eine Vielzahl von Erregerwicklungen 208 des Stators jeweils radial zu den Drehachsen v1,v2 der Blattsegmente B1,B3 ausgerichtet sind, und der konzentrisch und koaxial zu dem Scharnierbolzen 205 angeordnete Schlitten 207 eine Vielzahl korrespondierender ringförmiger Permanentmagnete 209 aufweist. Der Linearmotor erlaubt eine exakte Positionierung des Schlittens 207, sodass der Verstellwinkel δ für die Blattsegmente B1,B3 sehr exakt eingestellt und variiert werden kann. Die Verstellvorrichtung ist dazu ausgebildet, beträchtlichen aerodynamisch bewirkten Sogkräften sowie Zentrifugalkräften standzuhalten, wobei die Flügelsegmente B1,B3 in jedem Längsabschnitt A1-An des Rotorblatts 1 individuell verstellbar und arretierbar sind.

[0041] Fig. 12 zeigt den Flugbetrieb eines Drehflügelfahrzeugs 11 mit einer besonders vorteilhaften Drehflügelkinematik 10 für zwei Rotormodule 2 mit den Radien r2,r3, die mit gegensinniger Drehrichtung T,T' um eine von der Hochachse z gebildeten Rotationsachse t und um eine Kabine 117 für sechs Passagiere rotieren. Die Kabine 117 hat die Form eines Ellipsoids, das an einem oberen und unteren Scheitel jeweils eine Nabe mit Motorgeneratoren 13 aufweist, an die zwei Rotormodule 2 mit jeweils zwei bügelförmig ausgebildeten Rotorblättern 1 angeschlossen sind. Die Motorgeneratoren 13 treiben die mit gegenläufiger Drehrichtung T,T' rotierenden Rotormodule 2 an. Die bügelförmig ausgebildeten Rotorblätter 1 sind in drei Längsabschnitte A1-A3 untergliedert. Während das variable, asymmetrische Flügelprofil 201 in den oberen und unteren Längsabschnitten A1,A3, wie am oberen und unteren Blattrand gezeigt, die Auftriebskraft d erzeugen, bewirkt die Drehflügelkinematik 10 in den mittleren Längsabschnitten A2 mit der Länge g eine in Fahrtrichtung D ausrichtbare Schubkraft e. Für die Einhaltung einer bestimmten Standposition des Flugbetriebs schaltet die Drehflügelkinematik 10 die Längsabschnitte A2 der Rotorblätter 1 in den Standby-Betrieb, sodass sich die Schubkräfte e mit einer neutralen Blattstellung gegenseitig eliminieren und bei Seitenwind, Turbulenzen und anderen äußeren Kräften das variable, asymmetrische Flügelprofil 201 genutzt wird, um gezielt Schubkräfte e als Gegenkräfte zu aktivieren, sodass das Drehflügelfahrzeug 11 die jeweilige Flugposition exakt einhalten kann. Bei dem Lufttaxi werden mittels der Flügelkette 203 in den Längsabschnitten A1,A3 der Rotorblätter 1 große Auftriebskräfte und in dem Längsabschnitt A2 mit der Länge g hohe Schubkräfte arbeitsteilig erzeugt. Der Elektroantrieb mittels der Motorgeneratoren 13 benötigt mit einer Antriebsleistung von 150 kW für jeden der beiden Motorgeneratoren 13 vergleichsweise wenig Energie.

[0042] Fig. 13 zeigt ein Drehflügelfahrzeug 11, das als ein flug- und straßenverkehrstauglicher Pkw für vier Personen ausgebildet ist. Der Pkw ist 5,9 m lang, 1,9 m hoch und 2,1 m breit. Am vorderen Ende der Frontpartie und am hinteren Ende der Heckpartie ist jeweils eine parallel zu der Querachse y angeordnete Rotationsachse t für von Motorgeneratoren 13 angetriebene und mit gegensinniger Drehrichtung T,T' rotierende front- und heckseitige Rotormodule 2 vorgesehen. Im Fahrbetrieb des Pkw sind die insgesamt acht bügelförmigen Rotorblätter 1 jeweils in einen Hohlraum der Front- und Heckpartie eingeklappt und werden durch nicht näher bezeichnete Schiebehauben abgedeckt. Das Drehflügelfahrzeug 11 hat vier Teleskopstützen 116, die für den Startbetrieb ausgefahren werden, sodass die Rotormodule 2 ausgeklappt werden und frei rotieren können, um mittels der Motorgeneratoren 13 an den Drehachsen t angetrieben und auf Drehzahl gebracht werden zu können. Mit einer Drehzahl von 800 Umdrehungen pro Minute hebt das Fahrzeug ab und wechselt in den Flugbetrieb, wobei die Teleskopstützen 116 hydraulisch eingezogen werden. Die Rotorblätter 1 weisen jeweils drei Blattsegmente B1-B3 auf, deren Drehflügelkinematik 10 in **Fig. 14-15** näher erläutert wird. Im Flugbetrieb bewirken die Längsabschnitte A2 der bügelförmig ausgebildeten Rotorblätter 1 den notwendigen Auftrieb, wobei sie an den Wendepunkten P,P' des Durchmessers der Umlaufbahn U, wie in **Fig. 14** gezeigt, jeweils ihre Orientierung von der Außenseite zu der Innenseite der Umlaufbahn U wechseln. Die Längsabschnitte

A1,A3 der bügelförmigen Rotorblätter 1 dienen als Leitwerk des Drehflügelfahrzeugs 11.

[0043] Fig. 14 zeigt den Steigflug des Drehflügelfahrzeugs 11 nach **Fig. 13** in einem schematischen Vertikalschnitt. Man erkennt die mit gegensinniger Drehrichtung T,T' auf getrennten Umlaufbahnen U rotierenden Rotormodule 2 mit den Radien r2,r3. Im Steigflug nimmt der Durchmesser mit den Wendepunkten P,P' eine horizontale Stellung ein, sodass die resultierende Anströmung c der Rotorblätter 1 in den Umlaufpositionen I-XII der Umlaufbahnen U,U' mit Ausnahme der Umlaufpositionen III,IX für den Durchmesser mit den Wendepunkten P,P' eine aus der Auftriebskraft d des asymmetrischen Flügelprofils 201 abgeleitete Schubkraft e erzeugt, mit der das Drehflügelfahrzeug 11 aus dem Stillstand in den Steigflug übergehen kann. Dazu ist mindestens eine Leistung von jeweils 150kW der beiden in **Fig. 13** dargestellten Motorgeneratoren 13 an der vorderen und hinteren Rotationsachse t erforderlich, wobei die beiden Rotormodule 2 mit einer Drehzahl von 800 Umdrehungen pro Minute rotieren. Für die Drehflügelkinematik 10 bedeutet dies 26 Lastwechsel pro Sekunde.

[0044] Fig. 15 zeigt exemplarisch zwei mit gegensinniger Drehrichtung T,T' auf getrennten Umlaufbahnen U rotierende Rotormodule 2 mit den Radien r2,r3 des Drehflügelfahrzeugs 11 nach **Fig. 13-14** in einem schematischen Vertikalschnitt. Gegenüber dem Vertikalschnitt nach **Fig. 14** nimmt der Durchmesser mit den Wendepunkten P,P' eine durch die Ziffern IV, X gekennzeichnete Umlaufposition der Umlaufbahnen U ein, wobei aus der Auftriebskraft d in allen Umlaufpositionen I-XII mit Ausnahme der Umlaufpositionen IV, X, eine nach oben und in Fahrtrichtung D gerichtete Schubkraft e resultiert. Der Verstellbereich für den Durchmesser mit den Wendepunkten P,P' ist durch den Verstellwinkel δ gekennzeichnet. Im Geradeausflug rotieren die beiden Rotormodule 2 mit 800 Umdrehungen pro Minute um die Rotationsachse t.

[0045] Fig. 16 zeigt ein Drehflügelfahrzeug 11, das als ein Schlepp- und Bugsierschiff ausgebildet ist und zwei elektrisch angetriebene Rotormodule 2 mit jeweils sechs zweiteilig ausgebildeten kinematischen Rotorblättern 1 aufweist. Die Saugseiten (-) der insgesamt sechs Rotorblätter 1 eines Rotormoduls 2 sind in Fahrtrichtung D ausgerichtet. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist das vordere Blattsegment B1 als ein Längsträger 21 ausgebildet, an den an der hinteren Drehachse v2 ein hinteres Blattsegment B3 angelenkt ist. Die Rotormodule 2 sind in der vorderen Hälfte des Schiffs steuer- und backbordseitig der Längsachse x angeordnet und rotieren jeweils mit gegensinniger Drehrichtung T,T'. Der flache Schiffsboden 112 bildet zusammen mit horizontalen und vertikalen Leitflächen ein Strömungsleitwerk S für die Anströmung der sechs kinematischen Rotorblätter 1 des Rotormoduls 2. Die Detailschnitte zeigen eine zweiteilige Ausbildung der Rotorblätter 1, die jeweils an ihrem oberen und unteren Ende Aktuatoren 20 aufweisen, die dem in **Fig. 19** gezeigten Ausführungsbeispiel entsprechen. Wie in **Fig. 17** gezeigt, rotieren die Rotorblätter 1 um die vertikale Rotationsachse t und werden von einem innerhalb des Rumpfs 111 angeordneten Motorgenerator 13 elektrisch angetrieben. Im Unterschied zu einem Voith-Schneider-Propeller arbeiten die kinematischen Rotorblätter 1 als Auftriebsläufer und können mit einer vergleichsweise wesentlich höheren Drehzahl betrieben werden. Dabei erzeugt jedes Rotorblatt 1 mit dem variablen asymmetrischen Flügelprofil 201 eine Auftriebskraft d, aus der eine Schubkraft e resultiert. Wie in **Fig. 20-21** gezeigt, ist die Schubkraft e in jede beliebige Fahrtrichtung d ausrichtbar, sodass das Schlepp- und Bugsierschiff seine Fahrtrichtung D in Sekundenschnelle in jede beliebige Richtung ändern kann.

[0046] Fig. 17 zeigt ein alternatives Rotormodul 2 für den Antrieb des Schlepp- und Bugsierschiffs nach **Fig. 16**. Das Rotormodul 2 besitzt jeweils sechs kinematische Rotorblätter 1 mit einem vorderen B1, mittleren B2 und einem hinteren Blattsegment B3. Das mittlere Blattsegment B2 bildet einen in sich starren Längsträger 21, an den, wie in **Fig. 9-11** gezeigt, das vordere Blattsegment B1 und das hintere Blattsegment B3 angelenkt sind. Die Drehflügelkinematik 10 des Rotormoduls 2 wird so gesteuert, dass der Durchmesser mit den Wendepunkten P,P' in die jeweils gewünschte Fahrtrichtung D ausrichtbar ist. An dem Durchmesser mit den Wendepunkten P,P' wechselt jeweils die Saugseite (-) und die Druckseite (+) des Rotorblatts 1 die Orientierung zu der Umlaufbahn U, sodass die Saugseiten (-) der Rotorblätter 1 in beiden Hälften der Umlaufbahn U zur Fahrtrichtung D orientiert sind. Die Rotorblätter 1 sind der Länge g nach in vier Längsabschnitte A1-A4 untergliedert, sodass jeder Längsabschnitt mindestens zwei Aktuatoren 20 für die Blattverstellung aufnehmen kann. Die oberen Enden des Längsträgers 21 sind mit einem scheibenförmigen Querträger 22 biegesteif verbunden, während die unteren Enden der Längsträger 21 mit einem ringförmigen Querträger 22 biegesteif verbunden sind, sodass ein in sich biege-, schub- und torsionssteifes Rotormodul 2 gebildet wird.

[0047] Fig. 18 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel für den Antrieb des Schlepp- und Bugsierschiffs nach **Fig. 16**. Zwei mit gegensinniger Drehrichtung rotierende Rotormodule 2 werden von einem innerhalb des Rumpfs 110 angeordneten Motogenerator 13 mit zwei konzentrisch und koaxial zueinander angeordneten Wellen und einem Getriebe angetrieben. Auch hier sind die Rotorblätter 1 in Längsabschnitte Al-An untergliedert, sodass jeder Längsab-

schnitt mindestens zwei Aktuatoren 20 für die Blattverstellung aufweist. Die Aktuatoren werden, wie in **Fig. 9-11** gezeigt, an einem Scharnierbolzen 205 linear geführt. Die Längsträger 21 der Rotorblätter 1 der beiden Rotormodule 2 sind jeweils an ihrem oberen und unteren Ende biegesteif mit Querträgern 22 verbunden, die entweder scheibenförmig oder ringförmig ausgebildet sind.

[0048] Fig. 19 zeigt eine Ausführungsvariante des Rotormoduls 2 für ein Wasserfahrzeug nach **Fig. 16-18**, bei dem die Aktuatoren 20 für die Blattverstellung der Rotorblätter 1 ferromagnetische Stellhebel 203 aufweisen, die jeweils am oberen und am unteren Ende eines Rotorblatts 1 mittels von zwei einander gegenüber liegenden eines Elektromagneten mit Erregerwicklungen 208 geschaltet werden. Die elektromagnetischen Aktuatoren 20 sind jeweils in die als Hohlkörper ausgebildeten scheibenförmigen Querträger 22 des Rotormoduls 2 integriert.

[0049] Fig. 20 zeigt exemplarisch zwölf unterschiedliche Umlaufpositionen I-XII des variablen Flügelprofils 201 auf der kreisförmigen Umlaufbahn U für das Wasserfahrzeug nach **Fig. 16** im Anfahrbetrieb. Wie in **Fig. 16** dargestellt wechselt die Saugseite (-) des variablen asymmetrischen Flügelprofils 201 bezogen auf die Fahrtrichtung D im vorderen Umlauf zur Außenseite der Umlaufbahn U und im hinteren Umlauf zur Innenseite der Umlaufbahn U, sodass das variable Flügelprofil 22 in Form eines Clark-YM-15-Profils bei einer Umlaufgeschwindigkeit b eine aus der Auftriebskraft d resultierende, durch Pfeile in Fahrtrichtung D gekennzeichnete Schubkraft e bewirkt. An der Umlaufposition III wechselt die Saugseite (-) des variablen Flügelprofils 20 von der Außenseite auf die Innenseite der Umlaufban U, während an der Umlaufposition IX die Saugseite (-) des variablen Flügelprofils 20 von der Innenseite auf die Außenseite der Umlaufban U wechselt und dabei jeweils in einer Übergangsstellung ein symmetrisches Flügelprofil 200 aufweist. Im luv- und leeseitigen Umlauf bewirkt deshalb die resultierende Anströmung c als Vektorsumme aus der Strömungsgeschwindigkeit a und der Umlaufgeschwindigkeit b des Rotormoduls 2 eine in Fahrtrichtung D gerichtete Schubkraft e, die bei dem asymmetrischen Flügelprofil 201 etwa um ein Drittel größer ist als bei einem symmetrischen Flügelprofil 200. Daraus folgt ein wesentlich verbesserter Wirkungsgrad des Schiffsantriebs.

[0050] Fig. 21 zeigt exemplarisch zwölf unterschiedliche Umlaufpositionen I-XII des variablen Flügelprofils 201 für das Wasserfahrzeug nach **Fig. 16** im Fahrbetrieb. Im Vergleich zu dem in **Fig. 20** dargestellten Anfahrbetrieb reduziert sich im Fahrbetrieb, wie an den zwölf dargestellten Umlaufpositionen I-XII gezeigt, die von dem variablen Flügelprofil 201 bewirkte Schubkraft e unter dem Einfluss der als Strömungsgeschwindigkeit a bezeichneten Fahrtgeschwindigkeit. Aus diesem Grund eignet sich diese Art des Schiffsantriebs für langsam fahrende Wasserfahrzeuge mit einer auf etwa sieben bis acht Knoten begrenzten Fahrtgeschwindigkeit. Die im Vergleich zum Voith-Schneider-Propeller größere Umlaufgeschwindigkeit b verringert jedoch den negativen Einfluss der Fahrtgeschwindigkeit.

[0051] Fig. 22 zeigt den Rumpf 110 eines Wasserfahrzeugs für Binnengewässer, oben in einer schematischen Untersicht, in der Mitte als perspektivische Untersicht und unten in einer Frontalansicht. Der Rumpf 110 weist an Bug und Heck einen Spantausfall 111 auf, sodass steuer- und backbordseitige Einbuchtungen für die Installation von insgesamt vier Rotormodulen 2 gebildet werden. Die an Bug und Heck paarweise angeordneten Rotormodule 2 rotieren jeweils mit dem Radius r1 mit gegensinniger Drehrichtung T,T' um eine vertikale Rotationsachse t und weisen innerhalb des Radius r1 einen Strömungsleitkörper 113 mit einem Reuleaux-dreieckförmigen Querschnitt auf, der zusammen mit dem Spantausfall 111 das Strömungsleitwerk S für ein Rotormodul 2 bildet. Das Reuleaux-Dreieck des Strömungsleitkörpers 113 ist drehbar mit dem Rumpf 110 verbunden, sodass die Spitze des Reuleaux-Dreiecks, wie hier gezeigt, in Fahrtrichtung D ausgerichtet werden kann. Das Wasserfahrzeug hat eine Längsachse x, eine Querachse y und eine Hochachse z. Der Rumpf 110 weist einen U-Spant auf und kann an unterschiedliche Funktionen angepasst werden, sodass das Wasserfahrzeug als ein schnellfahrendes Frachtschiff, als ein Passagierschiff oder als eine Fähre ausgebildet werden kann. Mit der in **Fig. 23** näher dargestellten Drehflügelkinematik 10 der Rotormodule kann das Wasserfahrzeug die Fahrtrichtung D sehr schnell ändern und vorwärts, rückwärts oder seitwärts fahren. Der Strömungsleitkörper 113 bewirkt eine günstige Anströmung der sechs Rotorblätter des Rotormoduls 2, die in **Fig. 23** am Beispiel von zwölf Umlaufpositionen I-XII näher erläutert wird.

[0052] Fig. 23 zeigt ein Rotormodul 2 des Rumpfs 110 nach **Fig. 22**, das mit dem Radius r2 auf der Umlaufbahn U um eine vertikale Rotationsachse t rotiert und einen innerhalb der Umlaufbahn U angeordneten Strömungsleitkörper 113 mit dem Radius r1 aufweist, der im Querschnitt ein Reuleaux-Dreieck aufweist. Der Strömungsleitkörper 113 ist an einer koaxial und konzentrisch zu der Rotationsachse t des Rotormoduls 2 ausgerichteten Drehachse drehbar an dem in **Fig. 22** gezeigten flachen Schiffsboden 112 im Bereich des Spantausfalls 111 gelagert und kann unterschiedliche Positionen bezüglich der Fahrtrichtung D einnehmen. Oben ist eine Stellung des Strömungsleitkörpers 113 dargestellt, bei der die Spitze des Reuleaux-Dreiecks in Fahrtrichtung D ausgerichtet ist, während unten das Reuleaux-

Dreieck mit der stumpfen Seite in Fahrtrichtung D ausgerichtet ist. Zwar erhöht der Strömungsleitkörper 113 den Strömungswiderstand des Wasserfahrzeugs - oben deutlich weniger als unten - andererseits führt die Umlenkung der Strömung F zu einer günstigen Anströmung der asymmetrischen Flügelprofile 201, deren Saugseiten (-) erfindungsgemäß in beiden Hälften der Umlaufbahn U zu der jeweiligen Fahrtrichtung D ausrichtbar sind. An den Wendepunkten P,P' nimmt das asymmetrische Flügelprofil 201 temporär die Gestalt eines symmetrischen Flügelprofils 200 an. Aufgrund der Umleitung der Strömung F bewirkt das asymmetrische Flügelprofil 201 des Rotorblatts 1 in beiden Hälften der Umlaufbahn U eine resultierende Anströmung c, sodass das Rotorblatt 1 an allen zwölf Umlaufpositionen I-XII eine Auftriebskraft d erzeugt, die eine in Fahrtrichtung gerichtete Schubkraft e bewirkt. Die Kräfte c,d,e sind jeweils für einige Umlaufpositionen exemplarisch bezeichnet.

[0053] Fig. 24 zeigt ein Wasserfahrzeug, das als ein seegängiges schnellfahrendes Containerschiff ausgebildet ist, dessen Rumpf 110 ein Strömungsleitwerk S aufweist. Das Unterwasserschiff des Rumpfs 110 weist getauchte steuer- und backbordseitigen Auftriebskörper auf, die z.B. als großvolumige Wasserstofftanks 119 genutzt werden können und die zusammen mit dem flachen Schiffsboden 112 in der Mitte einen Antriebskanal 115 bilden. Koaxial zu der Längsachse x des Schiffs sind insgesamt sechs Gehäuse 114 innerhalb dieses Antriebskanals 115 angeordnet und nehmen, wie in **Fig. 25-26** gezeigt, jeweils ein Rotormodul 2 auf. Die elektrische Energie für den Betrieb der Motorgeneratoren 13 der Rotormodule 2 wird von Brennstoffzellen bereitgestellt, die aus den Wasserstofftanks 119 gespeist werden. Die sechs Gehäuse 114 nehmen jeweils ein Rotormodul 2 auf und haben einen in Fahrtrichtung D orientierten Eingang IN und einen stromabseitigen Ausgang EX, wobei sie, wie in **Fig. 25** näher erläutert, vertikal durchströmt werden. Das Containerschiff ist im Wesentlichen symmetrisch zu der Hochachse z ausgebildet, sodass es in Flussmündungen und Häfen gleichermaßen vorwärts wie rückwärts fahren kann und ist mittels der Drehflügelkinematik 10 für die Rotormodule 2 mit sehr gut manöverierbar.

[0054] Fig. 25 zeigt das Gehäuse 114 für eines der sechs Rotormodule 2 des Wasserfahrzeugs nach **Fig. 22**, oben in einem schematischen Querschnitt und unten in einer perspektivischen Ausschnittdarstellung, mit Darstellung eines in Fahrtrichtung D ausgerichteten oberen Eingangs IN und eines unteren Ausgangs EX für die Strömung F. An der Druckseite (+) des als ein symmetrischer Flügelstumpf 118 ausgebildeten Gehäuses 114 ist der Eingang IN für die Strömung F am oberen Ende des Gehäuses 114 angeordnet, während der Ausgang EX für die Strömung F am unteren Ende des Flügelstumpfs 118 an der Saugseite (-) im Totwasser liegt. Die Strömung F durchströmt das Gehäuse 114 in einem vertikal angeordneten, hohlzylinderförmigen Antriebskanal 115 von oben nach unten, wobei ein getauchter Motorgenerator 13 konzentrisch und koaxial zu der Rotationsachse t in der Mitte des Antriebskanals 115 angeordnet und an seinem oberen Ende mit dem Rumpf 110 des Wasserfahrzeugs verbunden ist. Sechs Rotorblätter 1 des Rotormoduls 2 sind bügelförmig ausgebildet und der Länge g nach in drei Längsabschnitte A1-A3 untergliedert. Die Rotorblätter 1 an den Längsabschnitte A1 und A3 treiben die vertikale Strömung F innerhalb des Antriebskanals 115 an, während die Rotorblätter 1 in den Längsabschnitten A2 mit der Länge g für die Erzeugung der Schubkraft e in Fahrtrichtung D ausgebildet sind, wie in **Fig. 20** gezeigt.

[0055] Fig. 26 zeigt eine alternative Ausbildung des Gehäuses 114 für eines der sechs Rotormodule 2 des Wasserfahrzeugs nach **Fig. 24**. Das Gehäuse 114 ist als ein mit seiner Längsachse x koaxial zu der Längsachse x des Wasserfahrzeugs ausgerichteter Flügelstumpf 118 ausgebildet und weist in seinem Inneren einen hohlzylinderförmigen, senkrecht zu der Längsachse x angeordneten Antriebskanal 115 auf, in dem das Rotormodul 2 um die Rotationsachse t des getauchten Motorgenerators 13 rotiert. Kammartig ausgebildete Strömungsleitkörper 113 an der in Fahrtrichtung D ausgerichteten Druckseite (+) des Flügelstumpfs 118 bewirken innerhalb des Antriebskanals 115 eine entgegen der Drehrichtung T des Rotormoduls 2 gerichtete zirkulare Strömung F'. Der Ausgang EX für die Strömung F liegt auf der strömungsabgewandten Saugseite (-) des Flügelstumpfs 118 am unteren Ende des Gehäuses 114 und begünstigt den Abfluss der Strömung aus dem Antriebskanal 115. Mit dieser Anordnung für das Rotormodul 2 wird der in **Fig. 21** beschriebene negative Einfluss der Fahrtgeschwindigkeit auf die durch das Rotormodul 2 erzeugte Schubkraft e aufgehoben, sodass der Schiffsantrieb auch für hohe Fahrtgeschwindigkeiten besonders geeignet erscheint.

[0056] Fig. 27 zeigt eine Drehflügelturbine 12 die als eine Wasserturbine mit horizontaler Rotationsachse t ausgebildet ist und deren Tragwerk L eine Balkenbrücke als ein in eine Richtung erweiterbares Bausystem aufweist. Ein einzelnes Rotormodul 2 der Drehflügelturbine 12 hat vier kinematische Rotorblätter 1 mit der Länge g, die jeweils in vier Längsabschnitt A1-A4 untergliedert sind und eine gerade Flügelkette 202 bilden. In jedem der vier Längsabschnitte A1-A4 sind mindestens zwei paarweise den Drehachsen v1,v2 zugeordnete Aktuatoren 20, die den in **Fig. 9-11** beschriebenen Ausführungsbeispielen entsprechen, für die Betätigung der Drehflügelkinematik 10 vorgesehen. Zwischen den als Längsträger 21 ausgebildeten, mittleren Blattsegmenten B2 der Rotorblätter 1 und scheibenförmigen

Querträgern 22 ist eine biegesteife Verbindung vorgesehen, sodass ein in sich biege-, schub- und torsionssteifes trommelförmiges Rotormodul 2 gebildet wird, das mit einem konzentrisch und koaxial zu der Rotationsachse t angeordneten Motorgenerator 13 verbunden ist. An einem Fließgewässer rotiert die Drehflügelturbine 12 quer zur Strömung F. Die Saugseiten (-) der Rotorblätter 1 wechseln jeweils an einem oberen und einem unteren Wendepunkt P,P' des Durchmessers der Umlaufbahn U ihre Orientierung von der Außenseite zu der Innenseite der Umlaufbahn U, wobei im luvseitigen Umlauf die Saugseite (-) der Rotorblätter 1 zu der Innenseite der Umlaufbahn U und die Saugseite (-) im leeseitigen Umlauf zu der Außenseite der Umlaufbahn U orientiert ist. Die Detailschnitte des variablen asymmetrischen Flügelprofils 201 der verstellbaren Rotorblätter 1 zeigen exemplarisch die strömungsdynamische Wirkung der asymmetrischen Flügelprofile 201 für den luv- und leeseitigen Umlauf. Wie in **Fig. 31** gezeigt, bewirkt die aus der Strömungsgeschwindigkeit a und der Umlaufgeschwindigkeit b resultierende Anströmung c an dem variablen Flügelprofil 201 in jeder Umlaufposition I-XII eine aus der Auftriebskraft d abgeleitete tangentiale Antriebskraft f. Wechselt die Strömung F wie bei einem Gezeitenkraftwerk regelmäßig für mehrere Stunden die Richtung, können die Rotorblätter 1 an den Richtungswechsel der Strömung F angepasst werden und behalten dabei Ihre Drehrichtung T' bei, wobei bei einer Drehflügelturbine 12 die Saugseiten (-) der Rotorblätter 1 immer auf der Leeseite angeordnet sind. Die Anzahl der Rotorblätter 1 wächst mit der Größe der Drehflügelturbine 12, deren Tragwerk Lein skalierbares Bausystem aufweist.

[0057] Fig. 28 zeigt eine Drehflügelturbine 12, die als eine Wasserturbine mit vertikaler Rotationsachse t ausgebildet ist. Insgesamt vier dreiteilig ausgebildete, kinematische Rotorblätter 1 wechseln jeweils an einem zur Strömung F ausrichtbaren Durchmesser mit Wendepunkten P,P' der Umlaufbahn U die Orientierung der Saugseite (-) von der Innenseite zur Außenseite der Umlaufbahn U. Die resultierende Anströmung c setzt sich dabei aus der Strömungsgeschwindigkeit a und der Umlaufgeschwindigkeit des Rotormoduls 2 zusammen und bewirkt an dem asymmetrischen Flügelprofil 201 der Rotorblätter eine Auftriebskraft d, aus der eine tangentiale Antriebskraft f ableitbar ist. Das Rotormodul 2 wird durch insgesamt drei Querträger 22 ausgesteift, wobei die beiden oberen Querträger 22 ringförmig ausgebildet, während der untere Querträger 22 scheibenförmig ausgebildet ist. Ein Rotorblatt 1 der Drehflügelturbine 12 mit der Länge g ist in vier Längsabschnitte A1-A4 untergliedert, wobei jeder Längsabschnitt A1-A4 paarweise angeordnete in die Querträger 22 integrierte Aktuatoren 20 aufnimmt, die dem in **Fig. 29** erläuterten Ausführungsbeispiel entsprechen.

[0058] Fig. 29 zeigt eine vertikale Ausschnittperspektive des Rotorblatts 1 nach **Fig. 28** mit Darstellung eines in einem ringförmigen Querträger 22 integrierten Aktuators 20, der einen elektromagnetisch steuerbaren Stellhebel 203 aufweist. Schaltbare Erregerwicklungen 208 sind jeweils auf der Innen- und Außenseite der Umlaufbahn U in den als Hohlprofil ausgebildeten ringförmigen Querträger 22 integriert und gegenüber den beweglichen Blattsegmenten B1,B3 wasserdicht abgeschottet. Diese Form des elektromagnetisch betätigten Aktuators 20 eignet sich insbesondere für Wasserturbinen.

[0059] Fig. 30 zeigt eine Drehflügelturbine 12, die als eine Windturbine mit vertikaler Rotationsachse t ausgebildet ist, bei der vier Rotorblätter 1 um eine vertikale Rotorachse t rotieren und mit zwei ringförmigen Querträgern 22 untereinander und mit acht radialen Querträgern 22 am Kopf des von einem Mast gebildeten Tragwerks L mit einem koaxial und konzentrisch zu der Rotationsachse t angeordneten Motorgenerator 13 verbunden sind. Die Rotorblätter 1 bestehen jeweils aus einem vorderen Blattsegment B1, einem mittleren Blattsegment B2 und einem hinteren Blattsegment B3. Die mittleren Blattsegmente B2 sind als Längsträger 21 der Rotorblätter 1 ausgebildet und an beiden Enden mit den ringförmigen Querträgern 22 biegesteif verbunden, sodass ein in sich biege-, schub- und torsionssteifes Rotormodul 2 gebildet wird. Fünf Längsabschnitte A1-A5 des Rotorblatts 1 bilden eine Flügelkette 202 mit der Länge g. Jeder Längsabschnitt A1-A5 nimmt mindestens zwei Aktuatoren 20, entsprechend den in **Fig. 9-11** beschriebenen Ausführungsbeispielen auf. Die Saugseiten (-) der Rotorblätter 1 wechseln an einem mit einem Verstellbereich δ von 360 Grad in Richtung der Strömung F ausrichtbaren Durchmesser mit den Wendepunkten P,P' jeweils die Orientierung von der Innenseite im luvseitigen Umlauf zu der Außenseite im leeseitigen Umlauf. Die dabei aerodynamisch hervorgerufenen Kräfte sowie unterschiedliche Betriebsstellungen der Rotorblätter 1 gehen aus **Fig. 31-33** hervor.

[0060] Fig. 31 zeigt zwölf unterschiedliche Umlaufpositionen I-XII des variablen asymmetrischen Flügelprofils 201 der in **Fig. 27-30** dargestellten Drehflügelturbinen 12 auf der durch den Radius r2 definierten kreisförmigen Umlaufbahn U. Bezogen auf die Richtung der Strömung F ist die Saugseite (-) des variablen asymmetrischen Flügelprofils 201 im luvseitigen Umlauf zur Innenseite der Umlaufbahn U und im leeseitigen Umlauf zur Außenseite der Umlaufbahn U ausgerichtet, sodass das variable Flügelprofil 201 im Fall der in **Fig. 30** dargestellten Windturbine als Clark-YM-15-Profil bei Windstärken 3-6 eine durch Pfeile in Drehrichtung T gekennzeichnete tangentiale Antriebskraft f bewirkt. An der Umlaufposition III wechselt die Saugseite (-) des variablen Flügelprofils 20 von der Außenseite auf die Innenseite

der Umlaufban U, während an der Umlaufposition IX die Saugseite (-) des variablen Flügelprofils 201 von der Innenseite auf die Außenseite der Umlaufban U wechselt und dabei jeweils in einer Übergangsstellung ein symmetrisches Flügelprofil 200 aufweist. Im luv- und leeseitigen Umlauf bewirkt deshalb die resultierende Anströmung c als Vektorsumme aus der Strömungsgeschwindigkeit a und der Umlaufgeschwindigkeit b des Rotormoduls 2 eine in Drehrichtung T geneigte Auftriebskraft d, die bei dem asymmetrischen Flügelprofil 201 etwa um ein Drittel größer ist als bei dem in **Fig. 32** betrachteten symmetrischen Flügelprofil 200. Daraus folgt ein wesentlich verbesserter Wirkungsgrad der Drehflügelturbine 12, die als Wind- oder Wasserturbine ausgebildet werden kann, gegenüber einem herkömmlichen Darrieus-Rotor.

[0061] Fig. 32 zeigt zwölf unterschiedliche Umlaufpositionen I-XII des variablen asymmetrischen Flügelprofils 201 der Rotorblätter 1 für die in **Fig. 27-30** dargestellten Drehflügelturbinen 12 mit einem symmetrischen Flügelprofil 200. Für die in **Fig. 30** beschriebene Windturbine ist diese einheitliche Rotorblattstellung für die Windstärken 6-9 nach der Beaufort-Skala vorgesehen, um eine um ein Drittel reduzierte Auftriebskraft d für den Betrieb der Windturbine bei Sturm zu nutzen. Im Vergleich zu den in **Fig. 31** dargestellten Flügelstellungen der Rotorblätter 1 bewirkt das variable Flügelprofils 201 als symmetrisches Flügelprofil 200 eine geringere Auftriebskraft d und eine daraus resultierende reduzierte tangentiale Antriebskraft f. Die als Wind- oder Wasserturbine ausbildbare Drehflügelturbine 12 hat deshalb geringeres Kippmoment an der Basis.

[0062] Fig. 33 zeigt zwölf unterschiedliche Umlaufpositionen I-XII des variablen asymmetrischen Flügelprofils 201 der Rotorblätter 1 für die in **Fig. 27-30** dargestellten Drehflügelturbinen 12. Das variable asymmetrische Flügelprofil 201 der in **Fig. 30** dargestellten Windturbine zeigt hier gegenüber der in **Fig. 31** beschriebenen Drehflügelkinematik 10 eine inverse Stellung des variablen asymmetrischen Flügelprofils 201 der Rotorblätter 1. Bezogen auf die Richtung der Strömung F ist die Saugseite (-) des asymmetrischen Flügelprofils 201 in Form eines Clark-YM-15-Profils im luvseitigen Umlauf zur Außenseite der Umlaufbahn U und im leeseitigen Umlauf zur Innenseite der Umlaufbahn U orientiert, sodass das variable Flügelprofil 201 mit Ausnahme der Umlaufpositionen IX und III bei extremen Windstärken 9-12 nach der Beaufort-Skala an den Umlauf-Positionen V-VIII und X-I eine reduzierte tangentiale Antriebskraft f bewirkt, der auf den Umlauf-Positionen III,IV und IX ein entgegen der Drehrichtung T wirkender tangentialer Widerstand entgegen steht. Da die tangentiale Antriebskraft f jedoch überwiegt, dreht sich die Windturbine auch bei Orkan und selbst bei einem Hurrikane entsprechend der Saffir-Simpson-Hurrikanskala und wandelt einen Teil der kinetischen Energie des Sturms in eine Drehbewegung um, was gegenüber einem Stillstand der Drehflügelturbine 12 einen Vorteil bedeutet.

Bezugszeichenliste

1	Rotorblatt
10	Drehflügelkinematik
11	Drehflügelfahrzeug
12	Drehflügelturbine
13	Motorgenerator
x	Längsachse
y	Querachse
z	Hochachse
	Rotationsachse
U	Umlaufbahn
I-XII	Umlaufpositionen
D	Fahrtrichtung
T,T'	Drehrichtung
F,F'	Strömung
(-),(+)	Saugseite, Druckseite
P,P'	Wendepunkte
IN,EX	Eingang, Ausgang
L	Tragwerk
S	Strömungsleitwerk
110	Rumpf
111	Spantausfall
112	Schiffsboden
113	Strömungsleitkörper
114	Gehäuse
115	Antriebskanal
116	Teleskopstütze
117	Kabine
118	Flügelstumpf
119	Wasserstofftank
2	Rotormodul
A1-An	Längsabschnitt
B1-B3	Blattsegment
20	Aktuator
200	Symmetrisches Flügelprofil
201	Asymmetrisches Flügelprofil
202	Flügelkette

203	Stellhebel
204	Pneumatischer Muskel
205	Scharnierbolzen
206	Drehlager
207	Schlitten
208	Erregerwicklung
209	Permanentmagnet
21	Längsträger
22	Querträger
α	Positiver Anstellwinkel
δ	Verstellbereich
a	Strömungsgeschwindigkeit
b	Umlaufgeschwindigkeit
c	Resultierende Anströmung
d	Auftriebskraft
e	Schubkraft
f	Tangentiale Antriebskraft
g	Länge
p	Profilsehne
q	Profildicke
r1-r3	Radius
v1,v2	Drehachse

Patentansprüche

1. Vorrichtung für ein Drehflügelfahrzeug (11) oder für eine Drehflügelturbine (12), welche Vorrichtung mindestens ein Rotormodul (2) mit einer Drehflügelkinematik (10) für mit wenigstens zwei mit einem Motorgenerator (13) verbundenen und mit auf einer Umlaufbahn (U) um eine Rotationsachse (t) rotierenden kinematischen Rotorblättern (1) aufweist, welche Rotorblätter (1) in eine Mehrzahl von Längsabschnitte (Al-An) für die Aufnahme von jeweils mindestens einem in einen Längs- oder Querträger (21,22) des Rotorblatts (2) integrierten Aktuator (20) untergliedert sind und ein variables asymmetrisches Flügelprofil (201) aufweisen, das in einem Umlauf des Rotorblatts (1) an einem innerhalb eines Verstellbereichs (δ) frei orientierbaren Durchmesser der Umlaufbahn (U) mit zwei auf einem Durchmesser der Umlaufbahn (U) einander gegenüberliegenden Wendepunkten (P,P') in mindestens einem Längsabschnitt (Al-An) des Rotorblatts (1) mit einer Länge (g) derart verstellbar ist, dass die Saugseite (-) und die Druckseite (+) des asymmetrischen Flügelprofils (201) mittels der Drehflügelkinematik (10) an den Wendepunkten (P,P') von der Außenseite zu der Innenseite der Umlaufbahn (U) wechselt oder umgekehrt und das variable Flügelprofil (201) des Rotorblatts (1) in einer Übergangsstellung an den Wendepunkten (P,P') temporär ein mit seiner Profilsehne (p) tangential zu der Umlaufbahn (U) ausgerichtetes symmetrisches Flügelprofil (200) aufweist, wobei die Vorrichtung im Fall der Ausbildung an dem Drehflügelfahrzeug (11) derart ausgebildet ist, dass der Durchmesser mit den Wendepunkten (P,P') an dem Rotormodul (2) in dem mindestens einen Längsabschnitt (Al-An) der Rotorblätter (1) mit der Länge (g) quer zu der Fahrtrichtung (D) ausrichtbar ist, sodass die Saugseite (-) des asymmetrischen Flügelprofils (201) in beiden Hälften der Umlaufbahn (U) in Fahrtrichtung (D) orientiert ist und aus der an dem asymmetrischen Flügelprofil (201) erzeugten Auftriebskraft (d) eine in Fahrtrichtung (D) wirkende Schubkraft (e) resultiert, und wobei die Vorrichtung im Fall der Ausbildung an der Drehflügelturbine (12) derart ausgebildet ist, dass der Durchmesser mit den Wendepunkten (P,P') in allen Längsabschnitten (A1-An) des Rotorblatts (1) orthogonal zu der Strömung (F) ausrichtbar ist, sodass die Saugseite (-) des asymmetrischen Flügelprofils (201) in beiden Hälften der Umlaufbahn (U) zu der Leeseite orientierbar ist und aus der von dem asymmetrischen Flügelprofil (201) erzeugten Auftriebskraft (d) eine tangentiale Antriebskraft (f) für die Drehflügelturbine (12) resultiert.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der der Motorgenerator (13) des Rotormoduls (2) einen Stator und einen Läufer hat und als eine Induktions- oder als eine permanent erregte Synchronmaschine ausgebildet ist und eine Welle für ein Rotormodul (2) oder zwei Wellen und ein Getriebe für zwei koaxial und konzentrisch zueinander angeordnete und mit gegensinniger Drehrichtung (T,T') rotierende Rotormodule (2) mit den Radien (r2,r3) aufweist und der Motorgenerator (13) des Drehflügelfahrzeugs (11) bei Schubumkehr dann von dem Motorbetrieb in den Generatorbetrieb wechselt, wenn die Saugseiten (-) des variablen Flügelprofils (201) entgegen der Fahrtrichtung (D) ausgerichtet sind und, im Falle der Ausbildung der Vorrichtung für ein Drehflügelfahrzeug (11), das Drehflügelfahrzeug (11) im Sinkflug oder im freien Fall mit einer Schubkraft (f') abgebremst wird, wohingegen der Motorgenerator (13) im Falle der Ausbildung der Vorrichtung für eine Drehflügelturbine (12) das Rotormodul (2) auf eine Anlaufdrehzahl beschleunigt und dann in den Generatorbetrieb wechselt, wenn die tangentiale Antriebskraft (g) größer ist als der Rotationswiderstand des Rotormoduls (2).

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei der das asymmetrische Flügelprofil (201) des Rotorblatts (1) jeweils an dem Durchmesser mit den Wendepunkten (P,P') temporär ein symmetrisches Flügelprofil (200) mit einer tangential zu der Umlaufbahn (U) des Rotormoduls (2) ausgerichteten

Profilsehne (p) aufweist, wobei das Rotorblatt (1) entweder zweiteilig ausgebildet ist und ein vorderes, als Längsträger (21) des Rotorblatts (1) ausgebildetes Blattsegment (B1) aufweist, an welches vordere Blattsegment (B1) ein hinteres Blattsegment (B3) an einer hinteren Drehachse (v2) angelenkt ist und das zweiteilig ausgebildete Rotorblatt (1) durch Ein- oder Ausdrehen des hinteren Blattsegments (B3) jeweils mit gegensinniger Drehrichtung (T,T') um bis zu 6 Grad im luv- und leeseitigen Umlauf ein asymmetrisches Flügelprofil (201) aufweist, bei dem die Profilsehne (p) in beiden Hälften der durch den Durchmesser mit den Wendepunkten (P,P') geteilten Umlaufbahn (U) einen positiven Anstellwinkel (α) von bis zu 3,5 Grad gegenüber einer Tangente an der Umlaufbahn (U) aufweist, oder wobei das Rotorblatt (1) dreiteilig ausgebildet ist und an ein mittleres, als Längsträger (21) ausgebildetes Blattsegment (B2) ein vorderes, um die vordere Drehachse (v1) drehbares Blattsegment (B1) mit der Nase und ein hinteres, um die hintere Drehachse (v2) drehbares Blattsegment (B3) mit der Hinterkante angelenkt sind und das dreiteilig ausgebildete Rotorblatt (1) im luv- und leeseitigen Umlauf ein asymmetrisches Flügelprofil (201) aufweist, dessen Profilsehne (p) mit einem positiven Anstellwinkel (α) von bis zu 2 Grad gegenüber einer Tangente an der Umlaufbahn (U) geneigt ist.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Rotorblatt (1) entweder gerade oder bügelförmig oder bogenförmig oder schlaufenförmig ausgebildet ist und in eine Mehrzahl von Längsabschnitten (Al-An) derart untergliedert ist, dass ein gerades Rotorblatt (1) eine gerade Flügelkette (202) und ein bügel- oder bogen- oder schlaufenförmig ausgebildetes Rotorblatt (1) eine polygonzugförmige Flügelkette (202) mit jeweils unterschiedlich geneigten Drehachsen (v1,v2) in den geraden Längsabschnitten (A1-An) des Polygonzugs der Flügelkette (202) aufweist, wobei die Aktuatoren (20) für die drehbaren Blattsegmente (B1,B3) in die Längsträger (21) oder in die Querträger (22) der Rotorblätter (1) integriert sind und ein Aktuator (20) für den Längsträger (21) als ein pneumatischer Muskel (204) oder als ein schaltbarer Elektromagnet mit einer Erregerwicklung (208) ausgebildet ist und ein Aktuator (20) für einen ring- oder scheibenförmig ausgebildeten Querträger (22) einen an den Drehachsen (v1,v2) angreifenden elektromagnetisch betätigten Stellhebel (203) aufweist, sodass jeder einzelne Längsabschnitt (A1-An) der Flügelkette (202) individuell steuerbar ist.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Aktuatoren (20) des kinematischen Rotorblatts (1) einschließlich der Energiespeicher und Stellmotoren vollständig in interne Hohlräume der Längsträger (21) integriert sind, wobei die Aktuatoren (20) zylinderförmige Schlitten (207) betätigen, die an ihren Innenseiten an koaxial und konzentrisch zu den Drehachsen (v1,v2) angeordneten hohlen Scharnierbolzen (205) linear geführt werden und an ihren Außenseiten in Gewindeabschnitte der vorderen und der hinteren Blattsegmente (B1,B3) eingreifen und die Aktuatoren (20) mit einer elektromagnetisch oder hydraulisch oder pneumatisch oder mechanisch angetriebenen linearen Translationsbewegung des Schlittens (207) das Ein- und Ausdrehen der beweglichen Blattsegmente gegenüber dem in sich starren Längsträger (21) bewirken, wobei eine geringe Steigung der Gewindeabschnitte eine Übersetzung von 1 zu 10 für die Kraft der Aktuatoren (20) ermöglicht.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, bei der der Schlitten (207) des kinematischen Rotorblatts (1) entweder durch einen koaxial und konzentrisch zu mindestens einer der Drehachsen (v1,v2) angeordneten pneumatischen Muskel (204) oder durch mehrere parallel zu den Drehachsen (v1,v2) angeordnete pneumatische Muskeln (204) hin und her bewegt wird, oder bei dem der Schlitten (207) von einem als Linearmotor ausgebildeten Aktuator (20) bewegt wird, wobei der Scharnierbolzen (205) in dem betreffenden Längsabschnitt (Al-An) des Längsträgers (21) eine Mehrzahl bezüglich der Drehachsen (v1,v2) radial angeordneter Erregerwicklungen (208) trägt, die zusammen mit Permanentmagneten (209) des Schlittens (207) den dreiphasigen Linearmotor bilden, der für eine exakte Steuerung der Blattsegmente (B1,B3) und des Verstellbereichs (δ) ausgebildet ist, oder bei dem der Schlitten (207) durch einen von einem schaltbaren Elektromagnet gebildeten Aktuator (20) bewegt wird, wobei der Scharnierbolzen (205) eine koaxial und konzentrisch zu den Drehachsen (v1,v2) angeordnete Erregerwicklung (208) für die Induktion einer Eisenhülse des Schlittens (207) aufweist, wobei sich ein von dem Scharnierbolzen (205) gebildeter Medienkanal zwischen beiden Enden des Rotorblatts (1) erstreckt und im Fall eines zweiteilig ausgebildeten Rotorblatts (1) die Schlitten (207) in Hohlräumen des vorderen, als Längsträger (21) ausgebildeten Blattsegments (B1) angeordnet sind und das hintere Blattsegment (B3) um die Drehachse (v2) gedreht wird.

7. Vorrichtung für ein Drehflügelfahrzeug (11) nach Anspruch 1, welches Drehflügelfahrzeug (11) eine Längs-, eine Quer- und eine Hochachse (x,y,z) aufweist und als Luftfahrzeug oder als Wasserfahrzeug ausgebildet ist, wobei das mindestens eine Rotormodul (2) um koaxial und konzentrisch oder um parallel zu jeweils einer der Achsen (x,y,z) angeordnete Rotationsachsen (t) rotiert, wobei die Drehflügelkinematik (10) des Rotormoduls (2) in dem Längsabschnitt (A1-An) der Rotorblätter (1) mit der Länge (g) ausgebildet ist und von einem Pilot oder mit einer Fernsteuerung gesteuert wird,

und welches Drehflügelfahrzeug (11) im Falle der Ausbildung als Luftfahrzeug als ein Hubschrauber, als ein senkrecht startendes Flugtaxi, als ein flug- und straßenverkehrstaugliches Fahrzeug ausgebildet ist und im Falle der Ausbildung als Wasserfahrzeug als ein Schlepp- und Bugsierschiff oder als ein Fracht oder Passagierschiff ausgebildet ist.

8. Vorrichtung für ein Drehflügelfahrzeug (11) nach Anspruch 7, welches Drehflügelfahrzeug (11) als ein Hubschrauber mit einer konzentrisch und koaxial zu der Hochachse (z) angeordneten Rotationsachse (t) ausgebildet ist, bei welchem Hubschrauber die Rotorblätter (1) bügelförmig ausgebildet sind und eine polygonzugförmige Flügelkette (202) bilden, die der Höhe (h) nach in einen oberen, einen mittleren und einen unteren Längsabschnitt (A1-A3) unterteilt ist, wobei die Durchmesser mit den Wendepunkten (P,P') in den oberen und unteren Längsabschnitten (A1,A3) der Rotormodule (2) längs zur Fahrtrichtung (D) ausgerichtet werden und die Anstellwinkel (α) der asymmetrischen Flügelprofile (201) derart gesteuert werden, dass die Auftriebskräfte (d) in der linken und in der rechten Hälfte der Umlaufbahnen (U) des Rotormoduls (2) im Flugbetrieb des Hubschraubers gleich groß sind, und wobei in dem mittleren Längsabschnitt (A2) mit der Länge (g) der Verstellbereich (δ) der Drehflügelkinematik (10) für den Durchmesser mit den Wendepunkten (P,P') 360 Grad beträgt, sodass die Saugseiten (-) der asymmetrischen Flügelprofile (201) in jede beliebige Fahrtrichtung (D) ausrichtbar sind und die Rotorblätter (1) in den mittleren Längsabschnitten (A2) eine in die jeweilige Fahrtrichtung (D) gerichtete Schubkraft (e) erzeugen.

9. Vorrichtung für ein Drehflügelfahrzeug (11) nach Anspruch 7, welches Drehflügelfahrzeug (11) als ein straßenverkehrstaugliches Fahrzeug ausgebildet ist, bei dem jeweils zwei mit gegensinniger Drehrichtung (T,T') rotierende Rotormodule (2) um eine vordere und um eine ein hintere jeweils parallel zu der Querachse (y) angeordnete Rotationsachse (t) rotieren, wobei die vier Rotorblätter (1) der beiden Rotormodule (2) bügelförmig ausgebildet sind und eine polygonzugförmige Flügelkette (202) bilden, die im Fahrbetrieb des flug- und straßenverkehrstauglichen Fahrzeugs in die Front- und Heckpartie des Fahrzeugs eingeklappt ist und das Fahrzeug als ein Pkw mit vier Rädern und mit vier Teleskopstützen (116) ausgebildet ist, die das Fahrzeug in der Startphase des Flugbetriebs anheben, sodass die ausgeklappten Rotormodule (2) frei rotierbar sind und das Fahrzeug abhebt, die Teleskopstützen (116) eingezogen werden und die Rotormodule (2) den Flugbetrieb des Fahrzeugs derart steuern, dass für den Geradeausflug in dem mittleren Längsabschnitt (A2) der bügelförmigen Rotorblätter (1) der Verstellbereich (δ) für die Erzeugung der Auftriebskraft (d) und einer in Fahrtrichtung (D) wirkenden Schubkraft (e) genutzt wird und die seitlichen Längsabschnitte (A1,A3) der bügelförmigen Rotorblätter (1) für die Steuerung und Stabilisierung des Fahrzeugs um die Längs-, Quer- und Hochachse (x,y,z) vorgesehen sind, wobei das Fahrzeug bevorzugt bei einer Drehzahl von 800 Umdrehungen pro Minute abhebt.

10. Vorrichtung für ein Drehflügelfahrzeug (11) nach Anspruch 7, welches Drehflügelfahrzeug (11) entweder als ein langsam fahrendes Wasserfahrzeug ausgebildet ist, bei dem ein mindestens teilweise flach ausgebildeter Schiffsboden (112) ein Strömungsleitwerk (S) für eine Mehrzahl von Rotormodulen (2) mit senkrecht zu dem Schiffsboden (114) ausgerichteten Rotationsachsen (t) bildet und die Rotormodule (2) mit gegensinniger Drehrichtung rotieren und entweder in einer Reihe koaxial zu der Längsachse (x) des Wasserfahrzeugs oder paarweise parallel zu der Längsachse (x) des Wasserfahrzeugs angeordnet sind, sodass die einzelnen Rotorblätter (1) der Rotormodule (2) frei angeströmt werden, oder welches Drehflügelfahrzeug (11) als Wasserfahrzeug für höhere Fahrtgeschwindigkeiten ausgelegt ist, wobei das Rotormodul (2) einen Strömungsleitkörper (113) aufweist, der als ein innerhalb eines Umkreises mit dem Radius (r1) an der Rotationachse (t) des Rotormoduls (1) drehbar gelagerter Längsabschnitt eines Reuleaux-Dreiecks ausgebildet ist, wobei der Rumpf (110) des schnellfahrenden Wasserfahrzeugs an Bug und Heck jeweils einen steuer- und backbordseitigen Spantausfall (111) für die Anordnung der Rotormodule (2) mit den Strömungsleitkörpern (113) aufweist.

11. Vorrichtung für ein Drehflügelfahrzeug (11) nach einem der Ansprüche 7 bis 10, das als ein schnellfahrendes seegängiges Wasserfahrzeug ausgebildet ist, bei dem das Strömungsleitwerk (S) ein Gehäuse (114) für das Rotormodul (2) aufweist, das von einem mit seiner Druckseite (+) in Fahrtrichtung (D) ausgerichteten Flügelstumpf (118) gebildet wird und einen Eingang (IN) und einen Ausgang (EX) für die Strömung (F) hat, wobei der Eingang (IN) an der Druckseite (+) des Flügelstumpfs (118) liegt und eine Mehrzahl kammartig ausgebildeter Strömungsleitkörper (113) aufweist, die dazu ausgebildet sind, die Rotorblätter (1) innerhalb des Gehäuses (114) mit einer zirkularen Strömung (F') entgegen der Drehrichtung (T) des Rotormoduls (2) anzuströmen und wobei der Ausgang (EX) für die Strömung (F) stromab an der Saugseite (-) des Gehäuses (114) liegt.

12. Vorrichtung für ein Drehflügelfahrzeug (11) nach einem der Ansprüche 7 bis 11, welches Drehflügelfahrzeug (11) als ein seegängiges Wasserfahrzeug ausgebildet ist, das einen flachen Schiffsboden (112) zwischen tiefer reichenden, steuer- und

backbordseitig angeordneten Auftriebskörpern für die Aufnahme von Wasserstofftanks (119) aufweist und die Auftriebskörper zusammen mit dem flachen Schiffsboden (112) einen sich vom Bug bis zum Heck erstreckenden Antriebskanal (115) für die Anordnung einer Mehrzahl von Rotormodulen (2) bilden, deren Gehäuse (114) jeweils einen Flügelstumpf (118) aufweisen und in dem Antriebskanal (115) in Fahrtrichtung (D) in Reihe hintereinander parallel zu der Längsachse (x) des Wasserfahrzeugs so angeordnet sind, dass das Gehäuse (114) eine in Fahrtrichtung (D) ausgerichtete Druckseite (+) mit einem oberen Eingang (IN) für die Strömung (F) und eine Saugseite (-) mit einem unteren Ausgang (EX) für die Strömung (F) hat, sodass ein den Motorgenerator (13) umgebender, parallel zu der vertikalen Rotationsachse (t) des Rotormoduls (2) angeordneter Ringkanal vertikal durchströmt wird und das Tragwerk (L) des Wasserfahrzeugs eine wasserdichte Hülle und ein tragendes Skelett aus in Längs- und Querrichtung angeordneten Fachwerkscheiben aufweist, die untereinander zu einem räumlichen Fachwerkträger und an Knotenpunkten innerhalb des Antriebskanals (115) mit den oberen Enden der Gehäuse (114) für die Rotormodule (2) verbunden sind, sodass die Belastungen des Rumpfs (110) an den Knotenpunkten des Tragwerks (L) von der Hülle auf den räumlichen Fachwerkträger übertragen werden.

13. Vorrichtung für eine Drehflügelturbine (12) nach Anspruch 1, die als eine Wind- oder Wasserturbine ausgebildet ist, bei der Sensoren die Richtung der Strömung (F) detektieren und die Aktuatoren (20) den Durchmesser mit den Wendepunkten (P,P') auf der Umlaufbahn (U) senkrecht zu der jeweiligen Richtung der Strömung (F) ausrichten, wobei für eine Drehzahlbegrenzung der Drehflügelturbine (12) die Saugseite (-) des asymmetrischen Flügelprofils (201) des kinematischen Rotorblatts (1) im luvseitigen Umlauf zu der Außenseite und im leeseitigen Umlauf zu der Innenseite der Umlaufbahn (U) orientierbar ist und die Drehflügelturbine (12) an ein externes Tragwerk (L) angeschlossen ist, das im Falle einer Windturbine von einem in einem Baugrund verankerten Mast und im Falle einer Wasserturbine mit horizontaler oder vertikaler Rotationsachse (t) von einer Brücke oder von einem Mast gebildet wird.

Es folgen 33 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

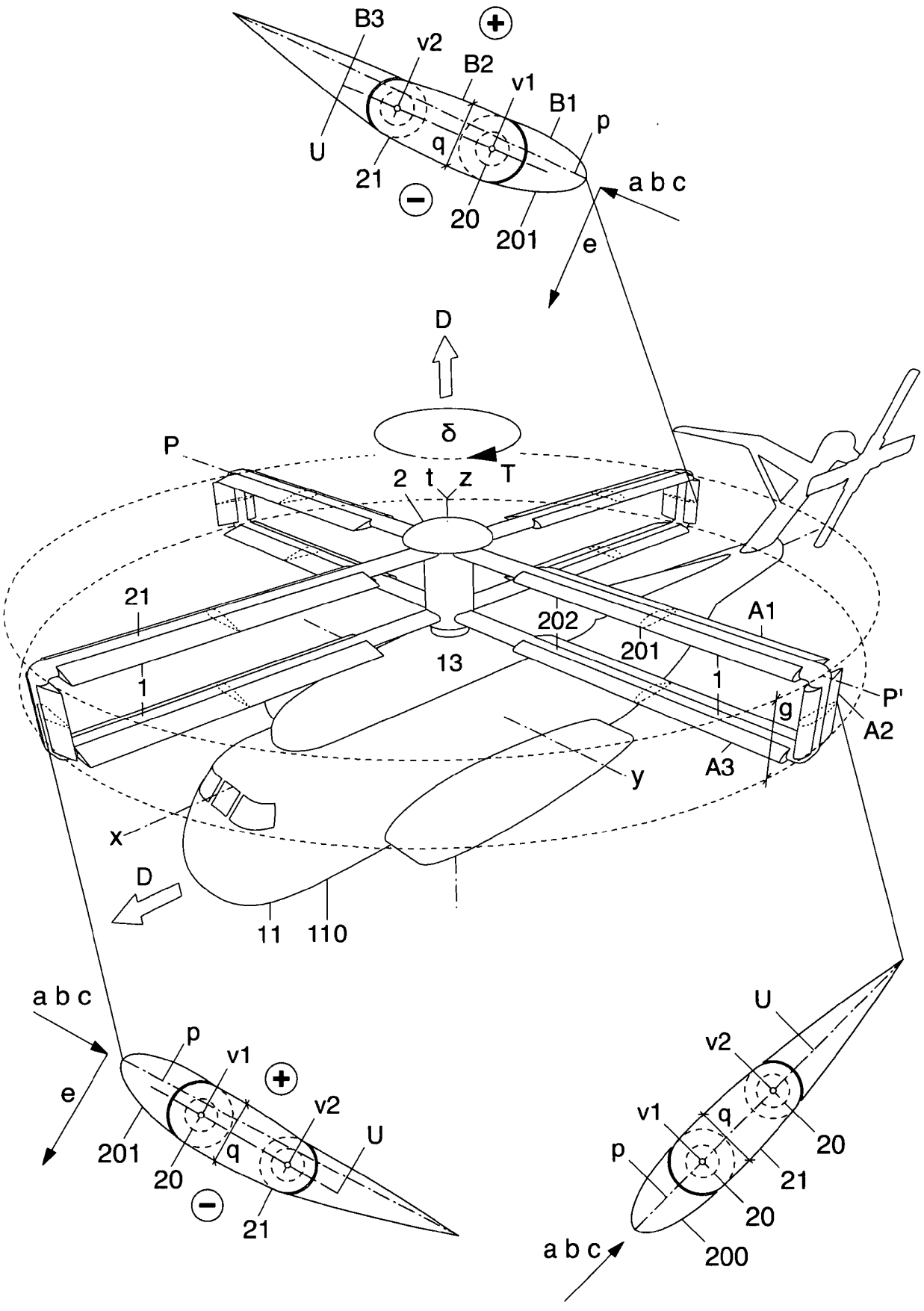


Fig.1

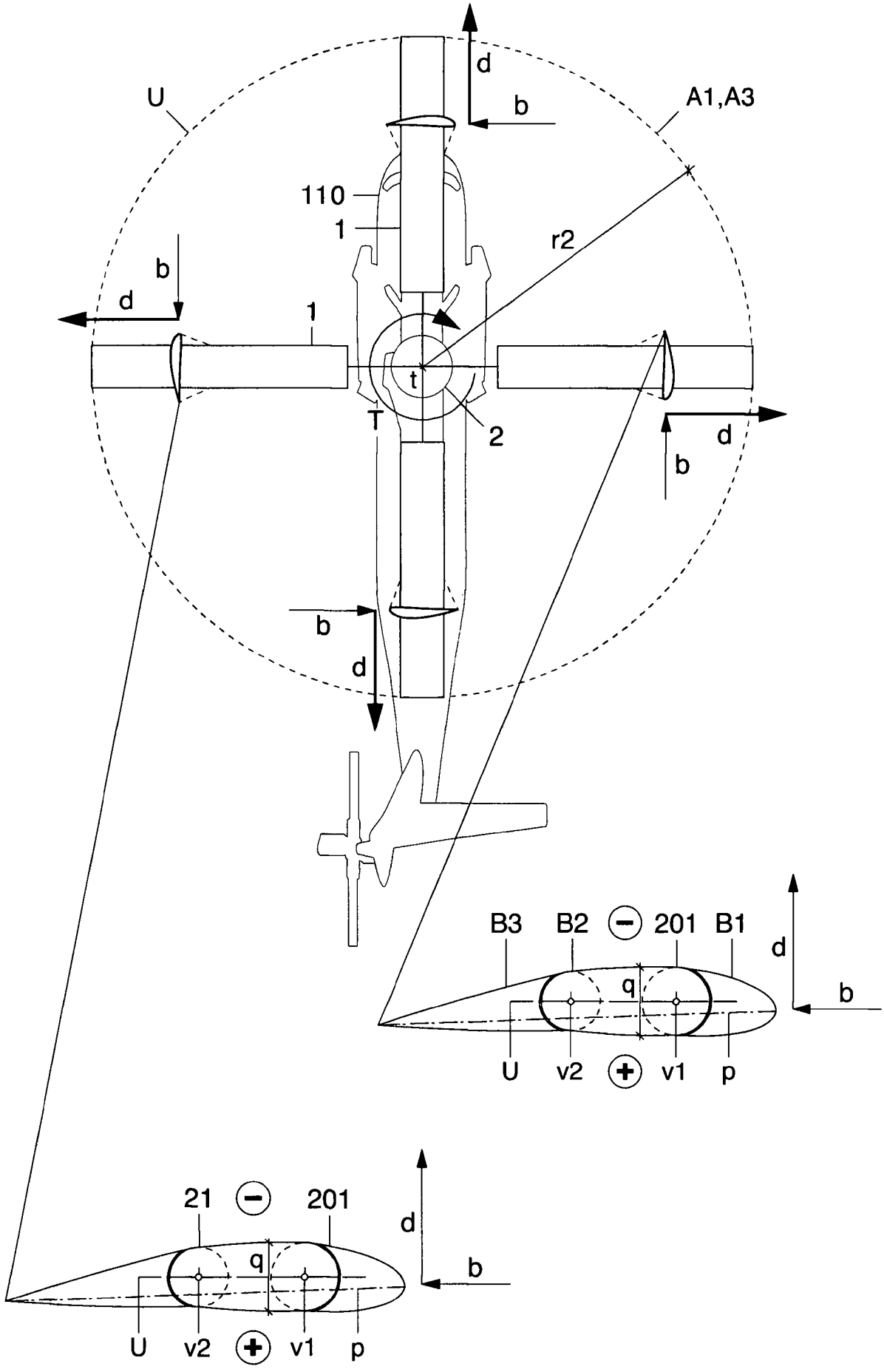

U
A1,A3
d
b
110
1
r2
b
d
1
t
T
2
d
b
b
d
B3
B2
201
B1
q
d
b
U
v2
v1
p
21
201
q
d
b
U
v2
v1
p

Fig.2

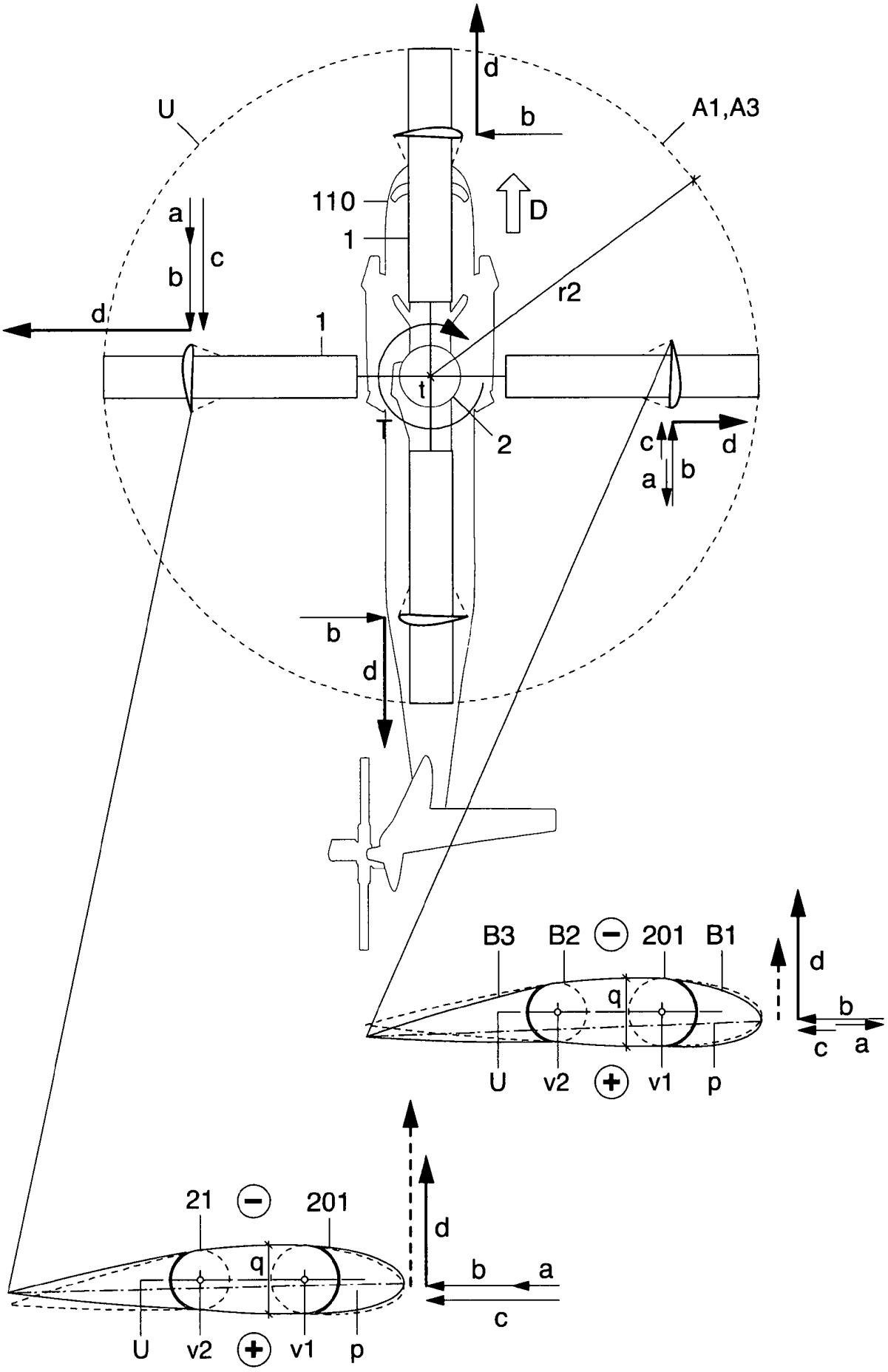

U
A1,A3
d
b
D
110
1
a
b
c
d
r2
1
t
T
2
c
d
a
b
b
d
B3
B2
201
B1
q
d
b
c
a
U
v2
v1
p
21
201
q
d
b
a
c
U
v2
v1
p

Fig.3

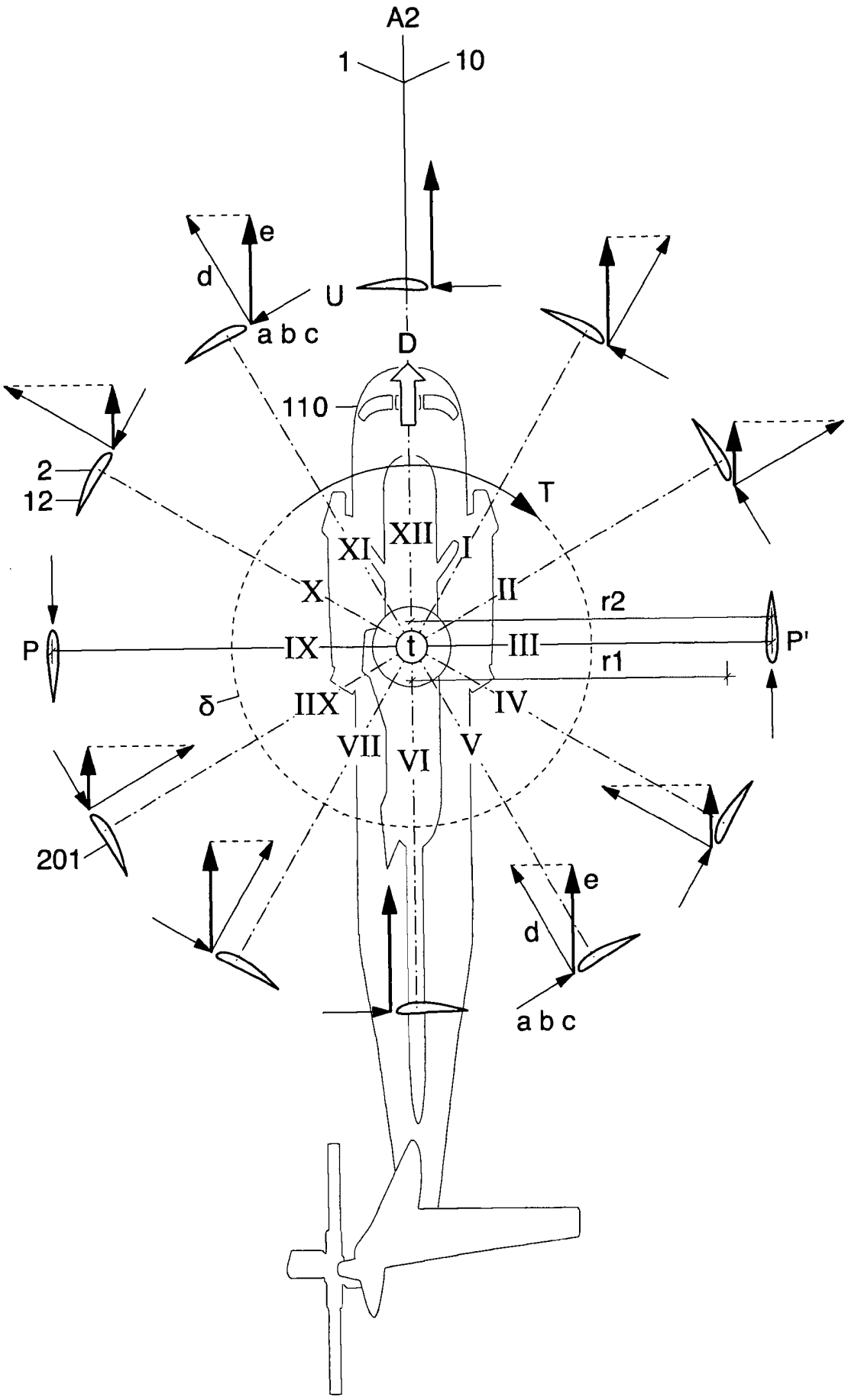

A2
1
10
e
d
a b c
U
D
110
2
12
T
XI
XII
I
X
II
r2
P
IX
t
III
P'
r1
δ
IIX
IV
VII
VI
V
201
e
d
a b c

Fig.4

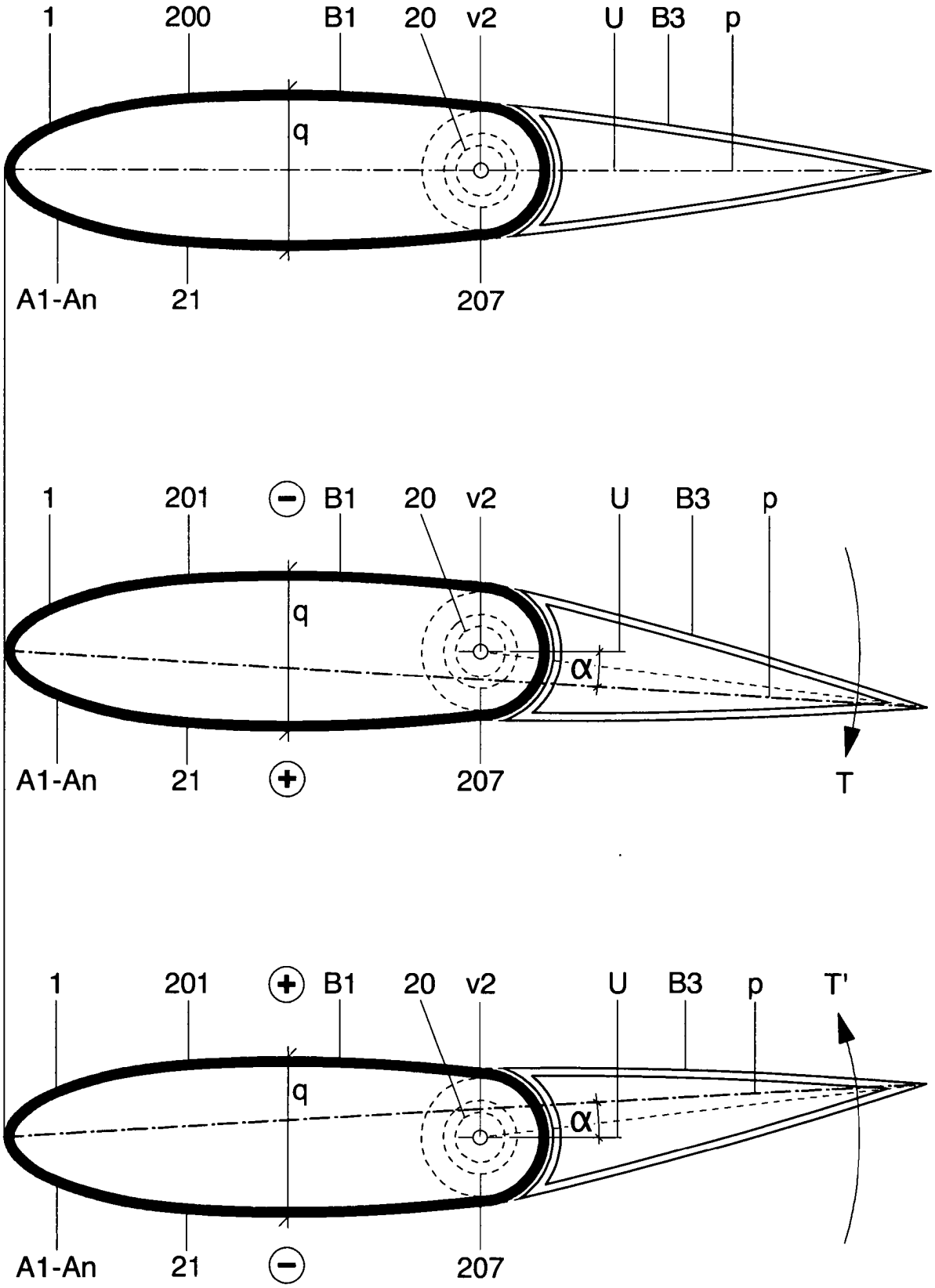

1
200
B1
20
v2
U
B3
p
q
A1-An
21
207
1
201
B1
20
v2
U
B3
p
q
α
A1-An
21
207
T
1
201
B1
20
v2
U
B3
p
T'
q
α
A1-An
21
207

Fig.5

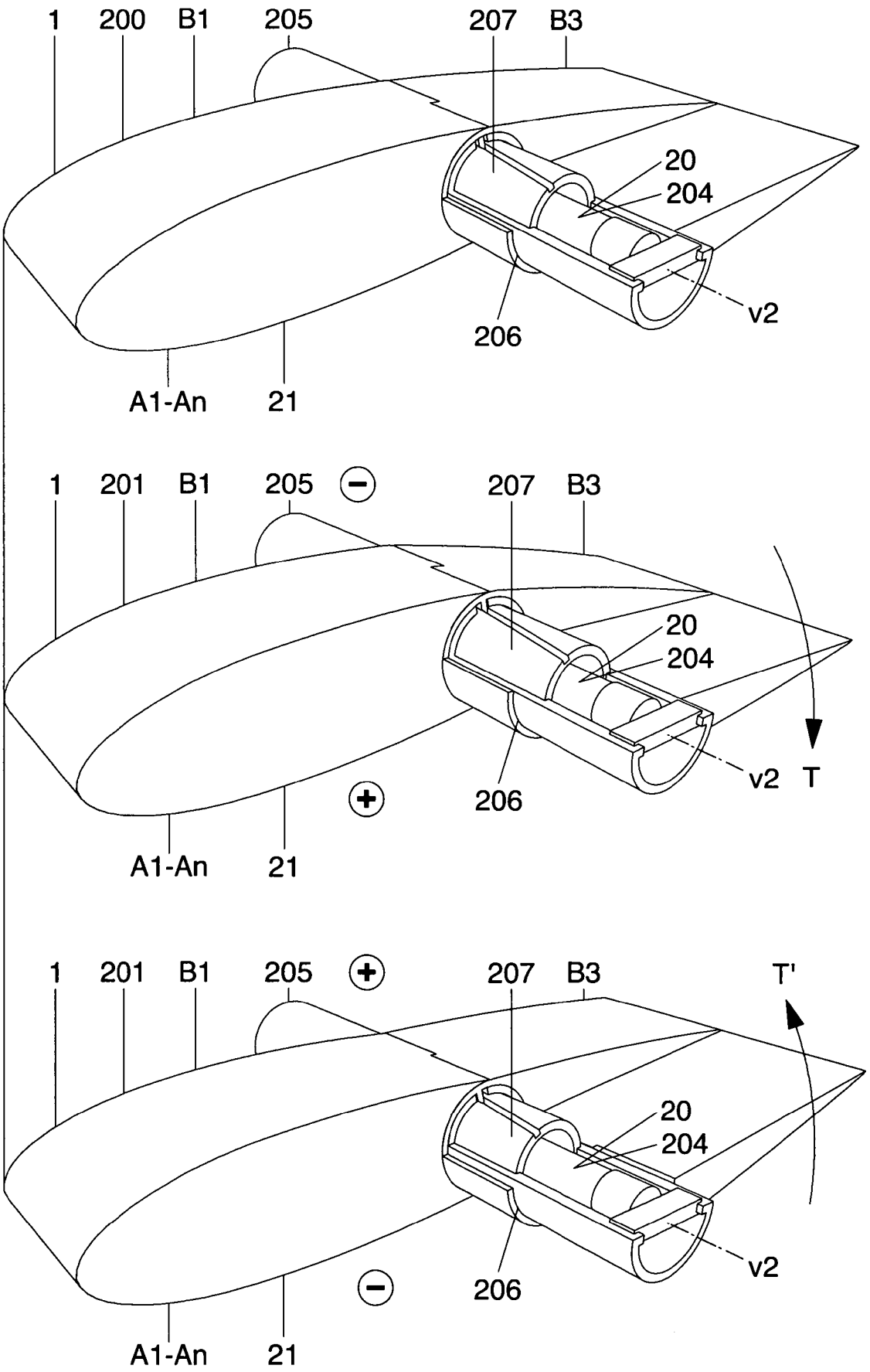

1
200
B1
205
207
B3
20
204
206
v2
A1-An
21
1
201
B1
205
207
B3
20
204
206
v2
T
A1-An
21
1
201
B1
205
207
B3
T'
20
204
206
v2
A1-An
21

Fig.6

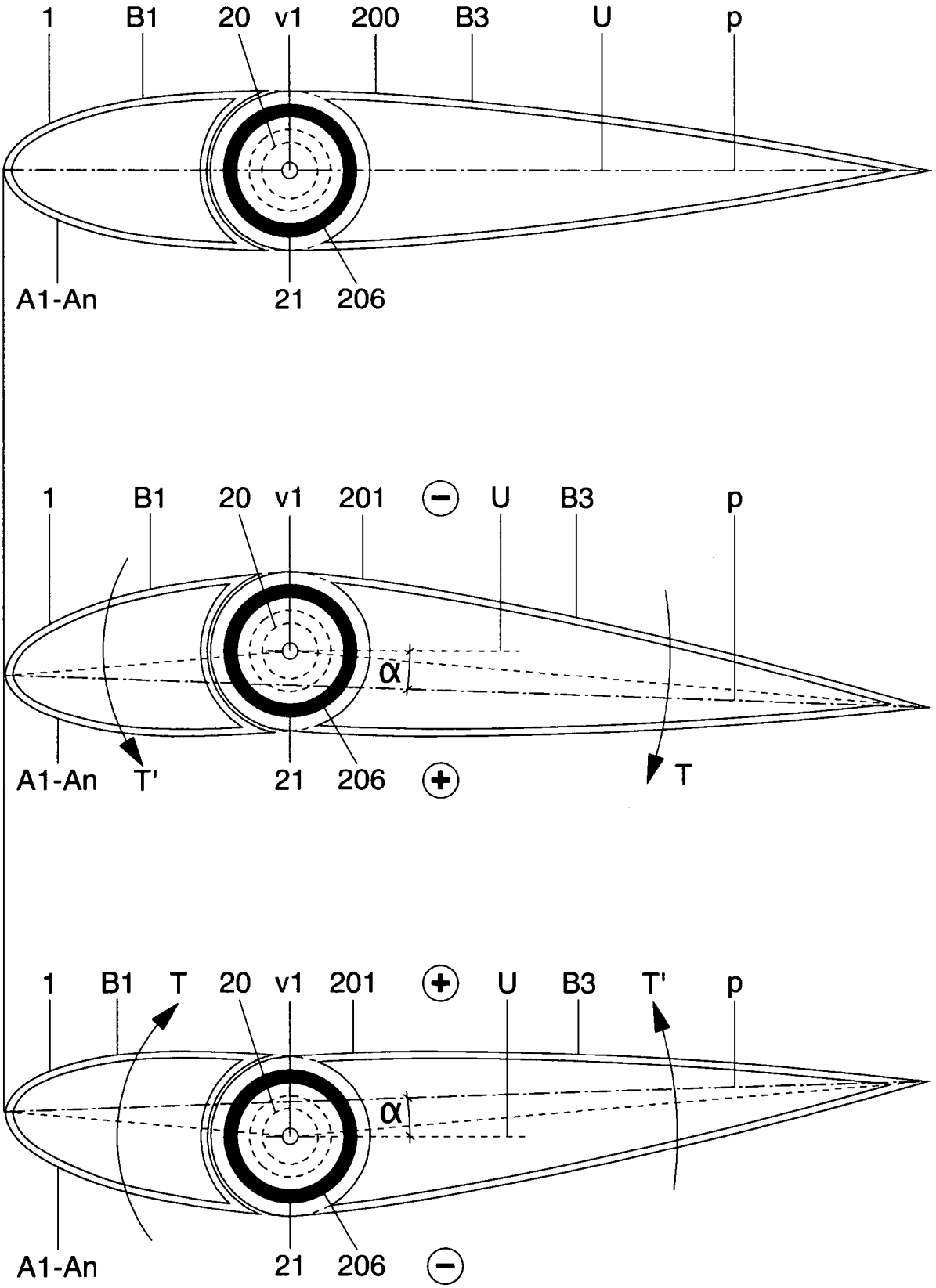

1
B1
20
v1
200
B3
U
p
A1-An
21
206
1
B1
20
v1
201
U
B3
p
α
A1-An
T'
21
206
T
1
B1
T
20
v1
201
U
B3
T'
p
α
A1-An
21
206

Fig.7

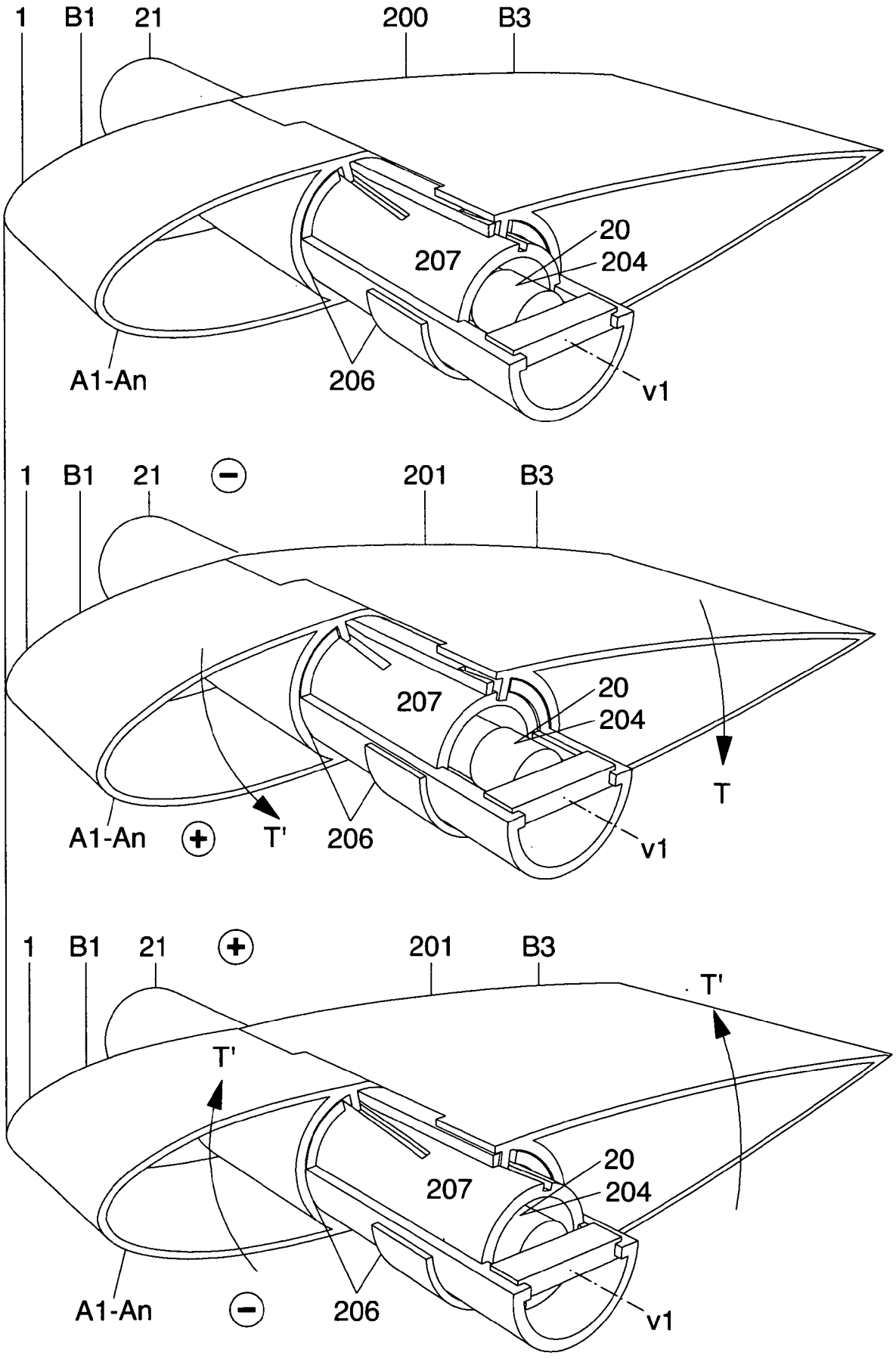

1
B1
21
200
B3
20
207
204
A1-An
206
v1
1
B1
21
201
B3
207
20
204
T
A1-An
T'
206
v1
1
B1
21
201
B3
T'
T'
20
207
204
A1-An
206
v1

Fig.8

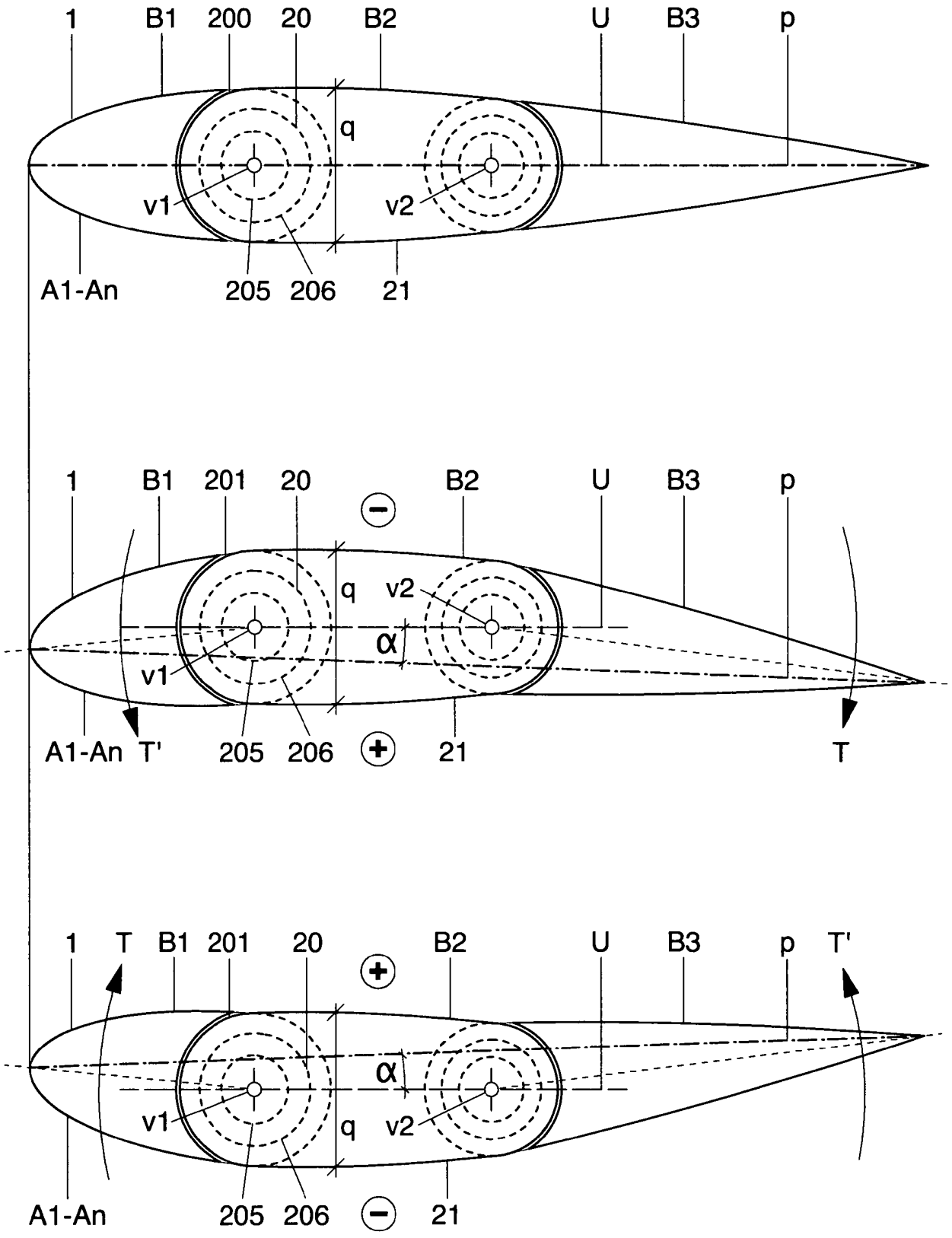

1
B1
200
20
B2
U
B3
p
q
v1
v2
A1-An
205
206
21
1
B1
201
20
B2
U
B3
p
q
v2
α
v1
A1-An
T'
205
206
21
T
1
T
B1
201
20
B2
U
B3
p
T'
α
v1
q
v2
A1-An
205
206
21

Fig.9

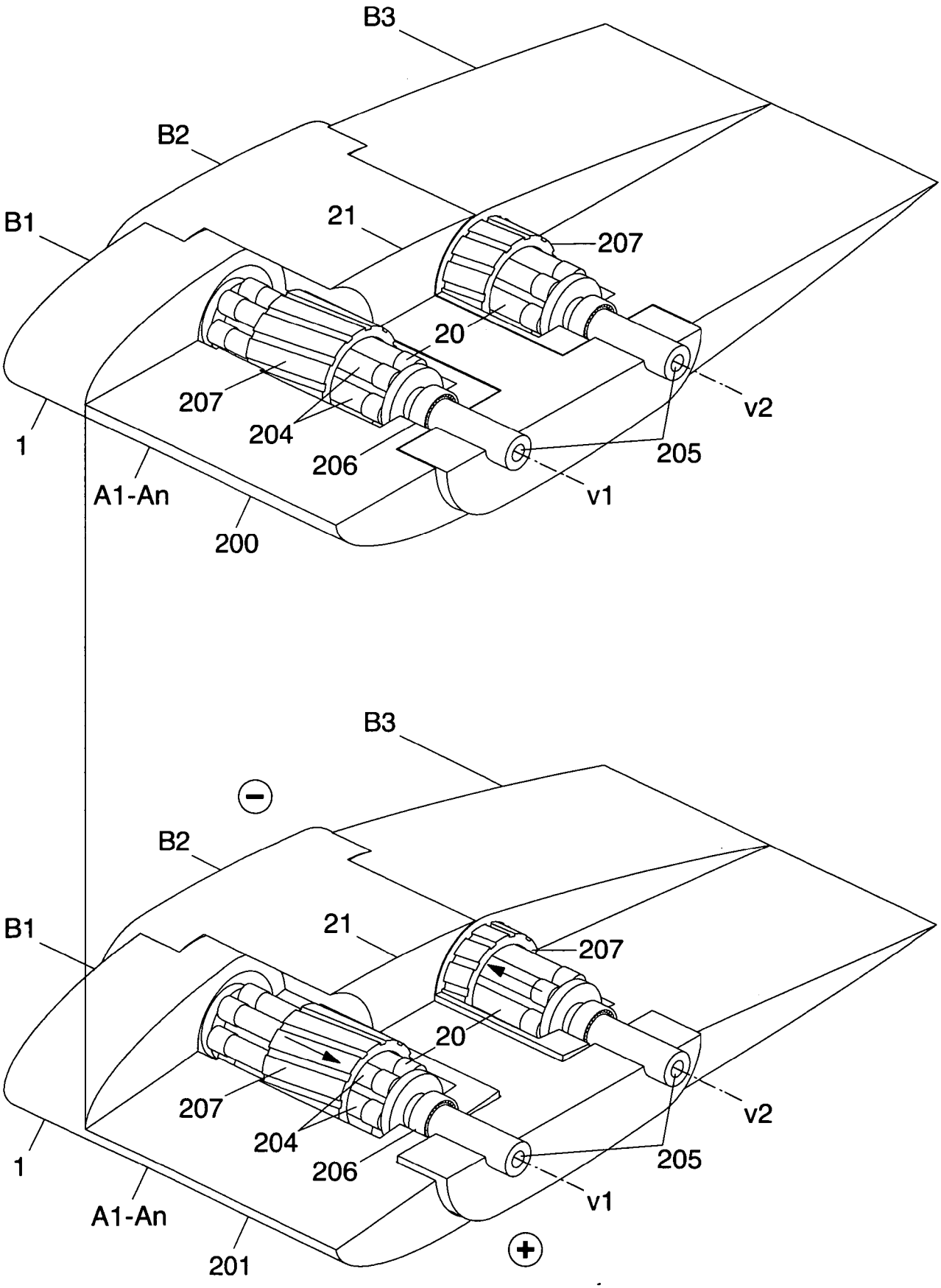

B3
B2
B1
21
207
20
207
204
206
205
v2
v1
1
A1-An
200
B3
B2
B1
21
207
20
207
204
206
205
v2
v1
1
A1-An
201

Fig.10

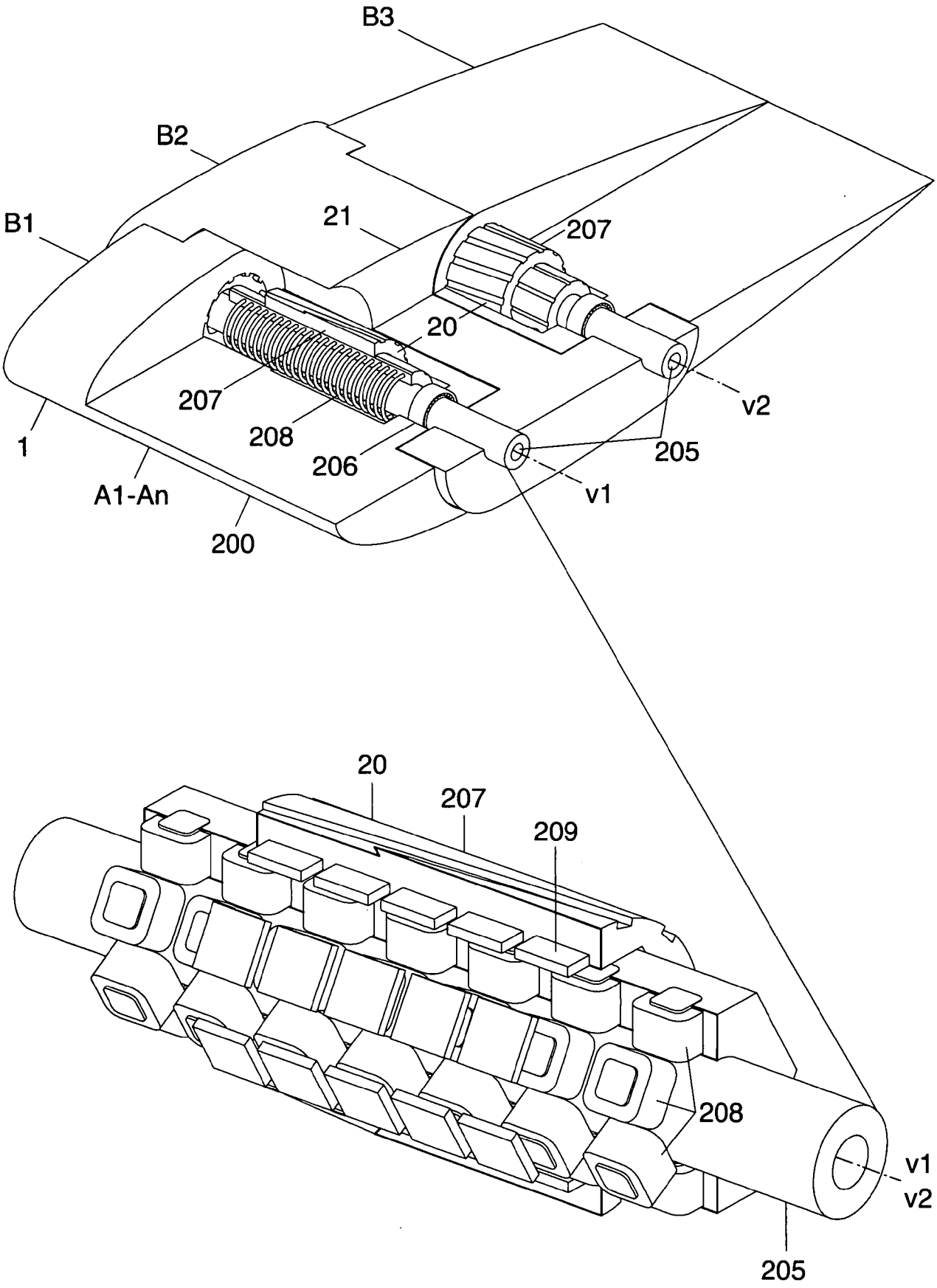

B3
B2
B1
21
207
20
207
208
206
205
v2
v1
1
A1-An
200
20
207
209
208
v1
v2
205

Fig.11

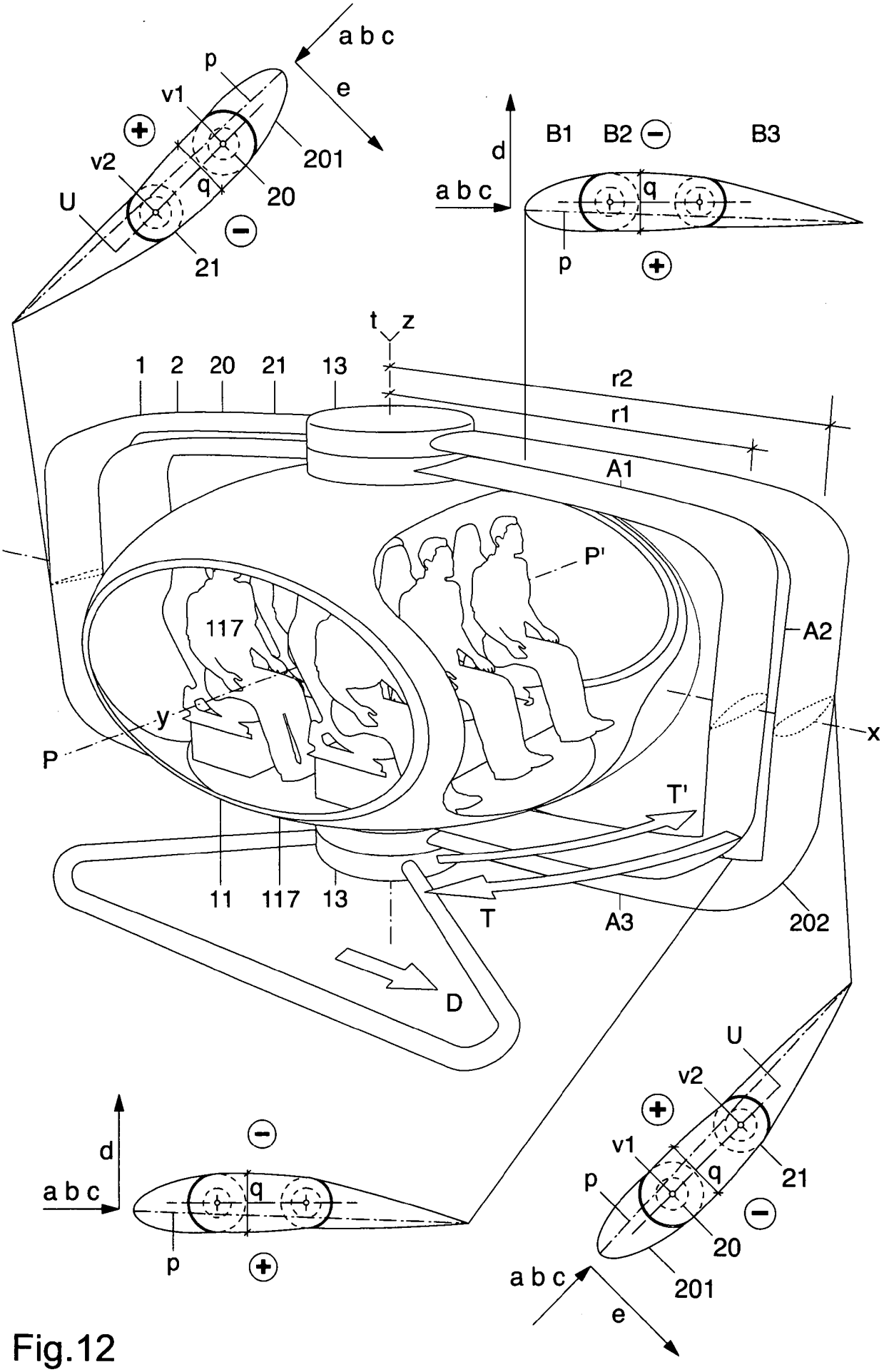

a b c
e
p
v1
v2
q
U
201
20
21
B1
B2
B3
d
t
z
1
2
20
21
13
r2
r1
A1
P'
117
A2
y
P
x
T'
11
117
13
T
A3
202
D

Fig.12

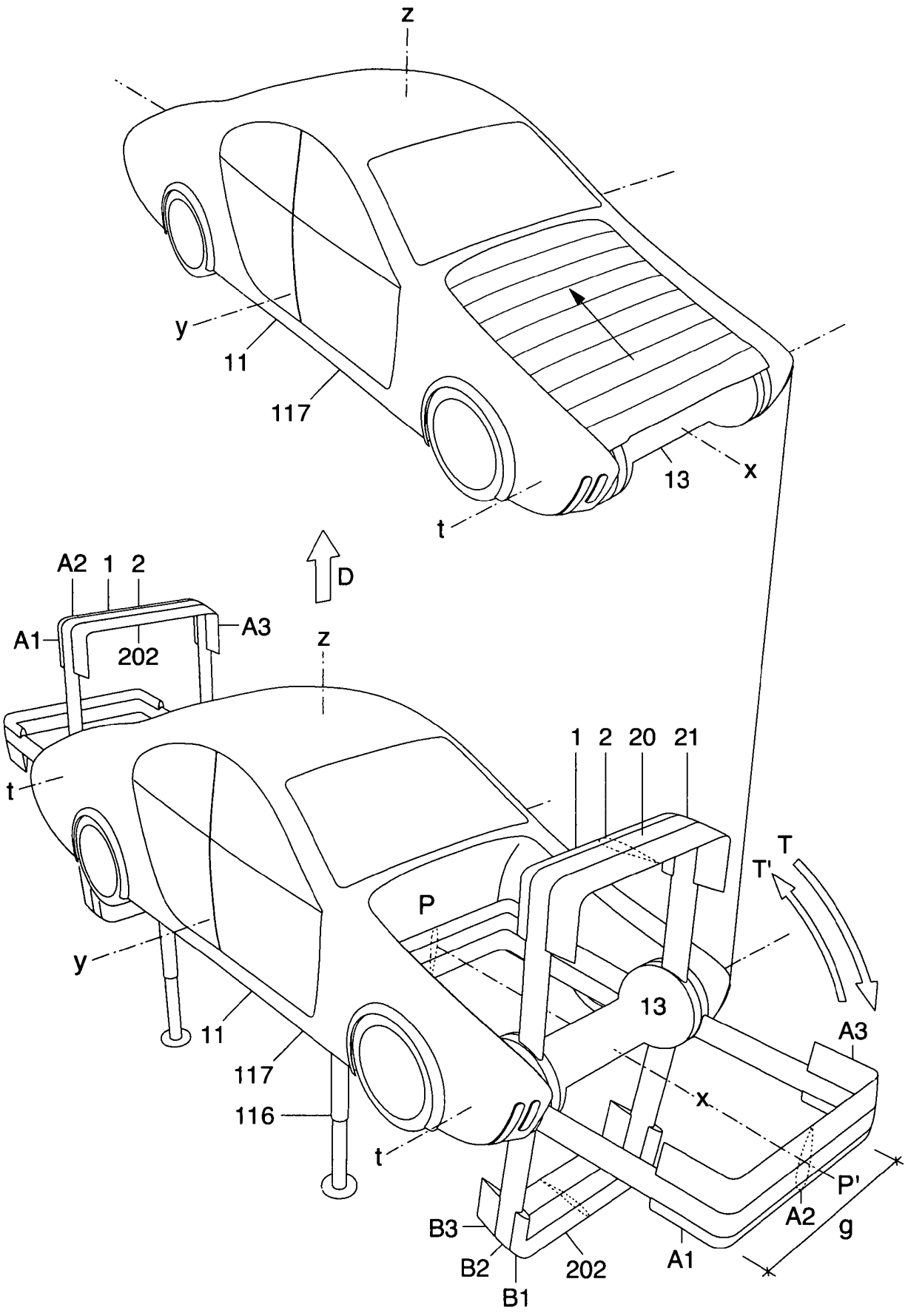

z
y
11
117
13
x
t
D
A2
1
2
A1
A3
202
z
t
1
2
20
21
T
T'
P
y
13
11
A3
117
116
x
t
P'
A2
g
B3
B2
B1
202
A1

Fig.13

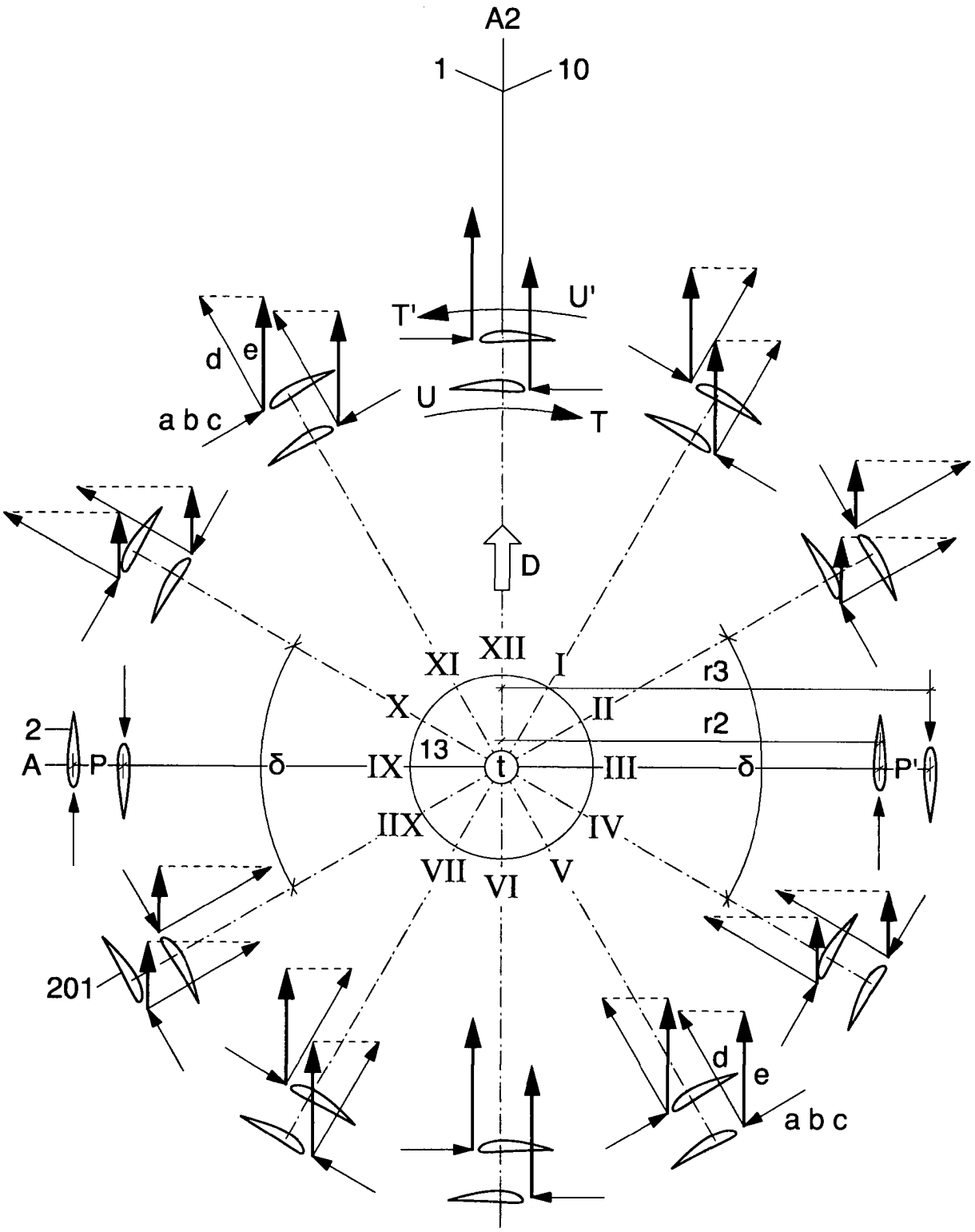

A2
1
10
T'
U'
U
T
d
e
a b c
D
XI
XII
I
X
II
r3
r2
2
A
P
δ
IX
13
t
III
δ
P'
IIX
IV
VII
VI
V
201
d
e
a b c

Fig.14

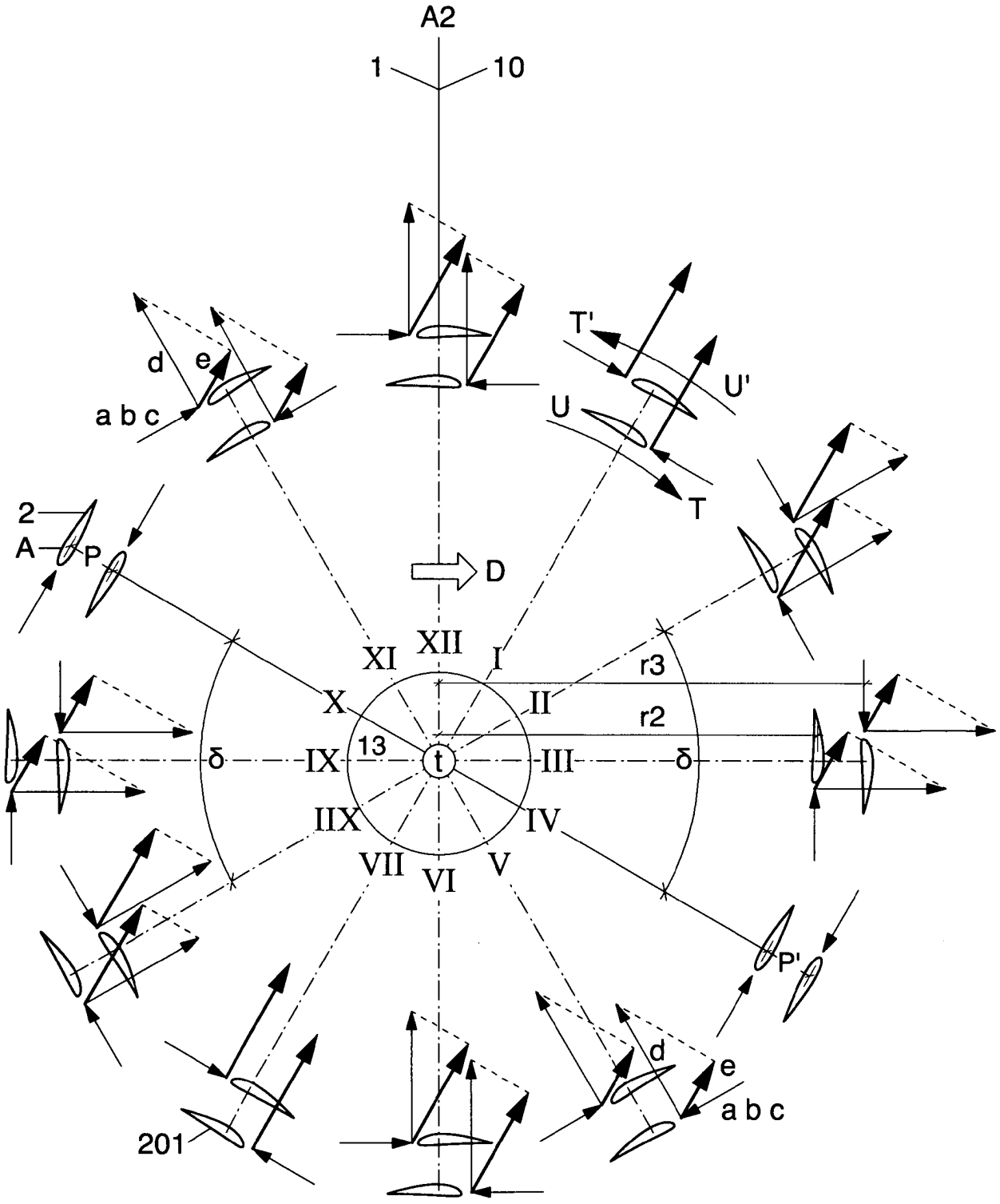

A2
1
10
T'
U'
U
T
d
e
a b c
2
A
P
D
XI
XII
I
r3
X
II
r2
δ
IX
13
t
III
δ
IIX
IV
VII
VI
V
P'
d
e
a b c
201

Fig.15

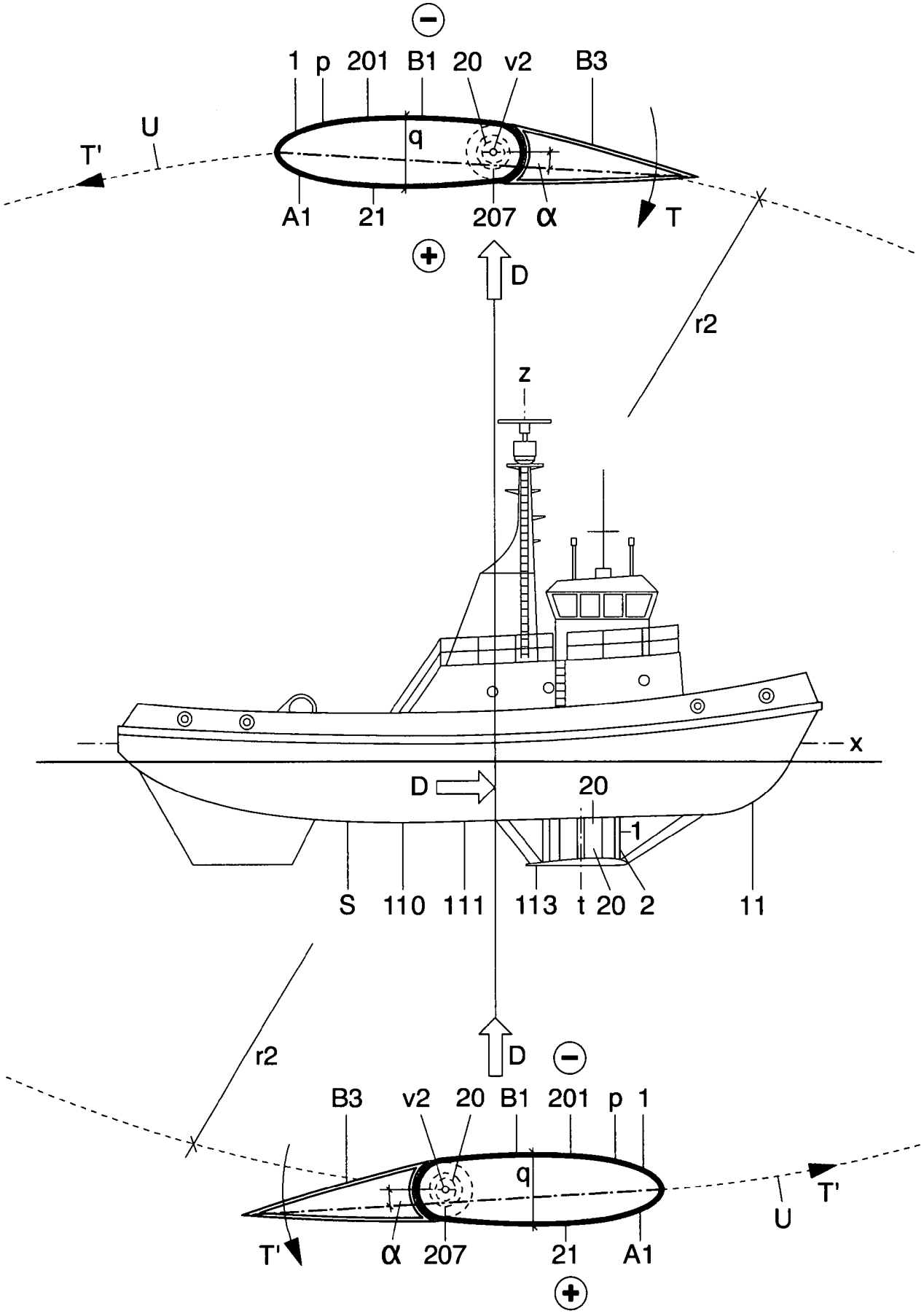

1
p
201
B1
20
v2
B3
U
T'
q
A1
21
207
α
T
D
r2
z
x
D
20
1
S
110
111
113
t
20
2
11
r2
D
B3
v2
20
B1
201
p
1
q
T'
U
T'
α
207
21
A1

Fig.16

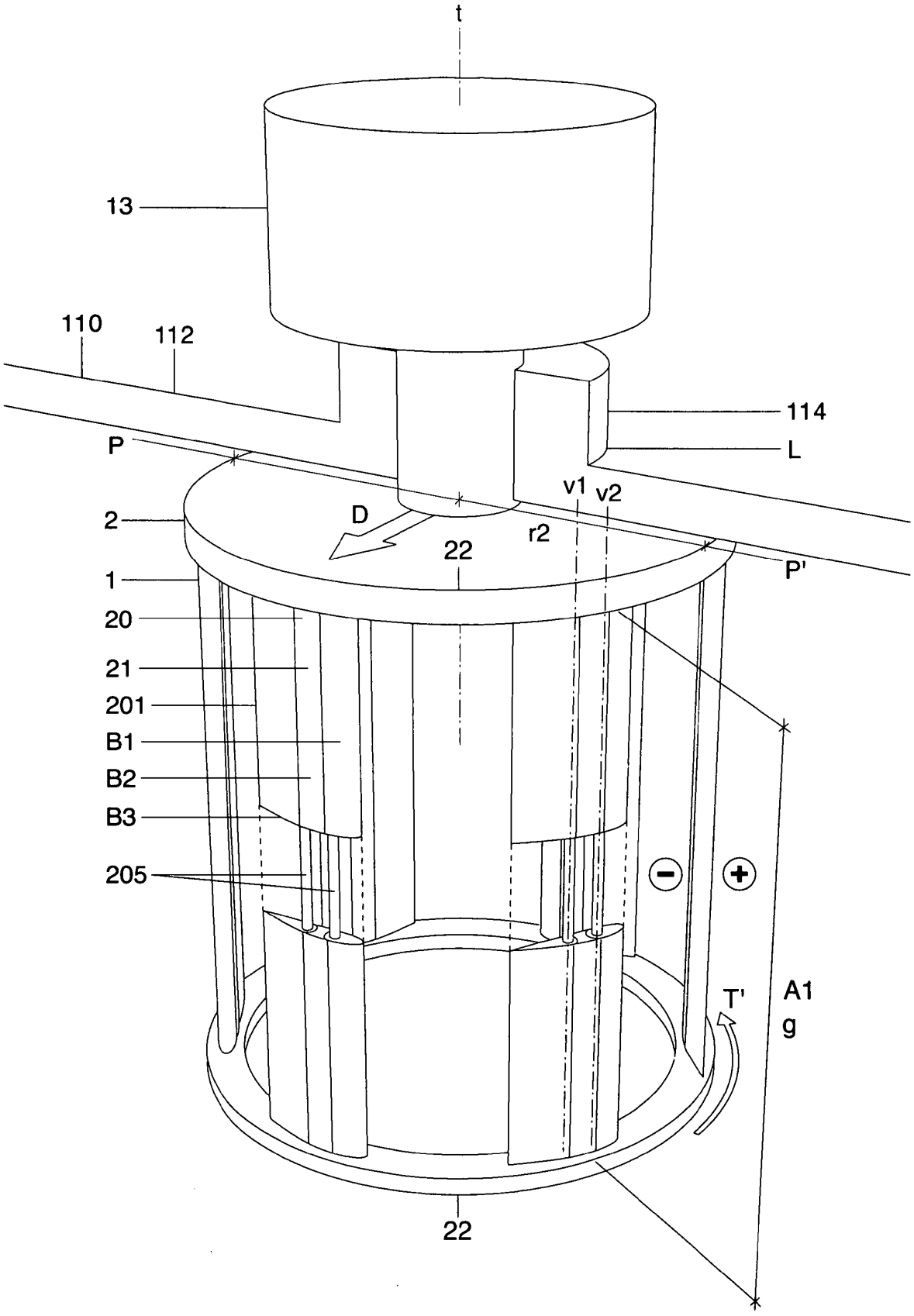


Fig.17

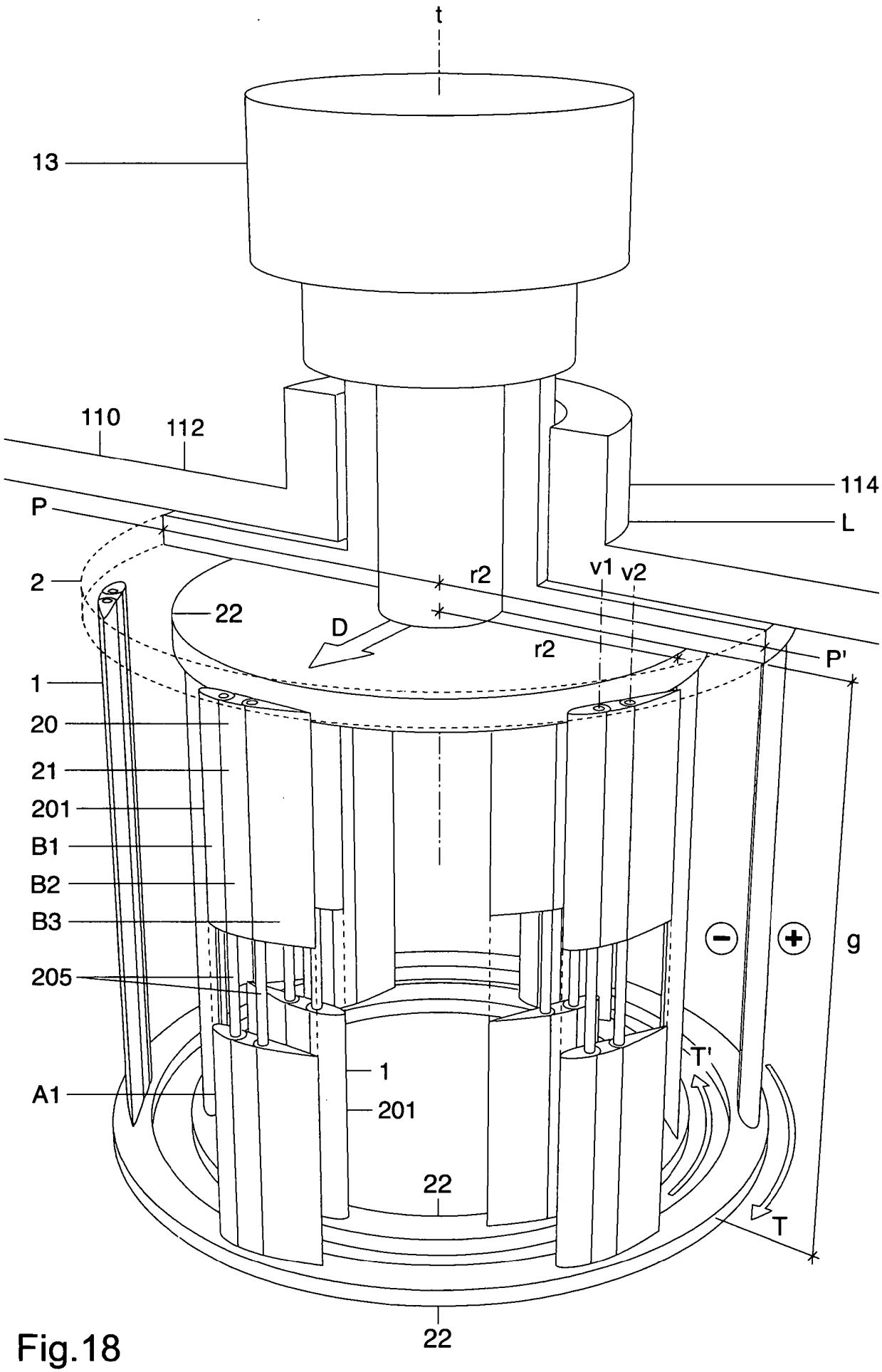

t
13
110
112
114
P
L
2
22
D
r2
r2
v1
v2
P'
1
20
21
201
B1
B2
B3
205
A1
1
201
22
22
T'
T
g

Fig.18

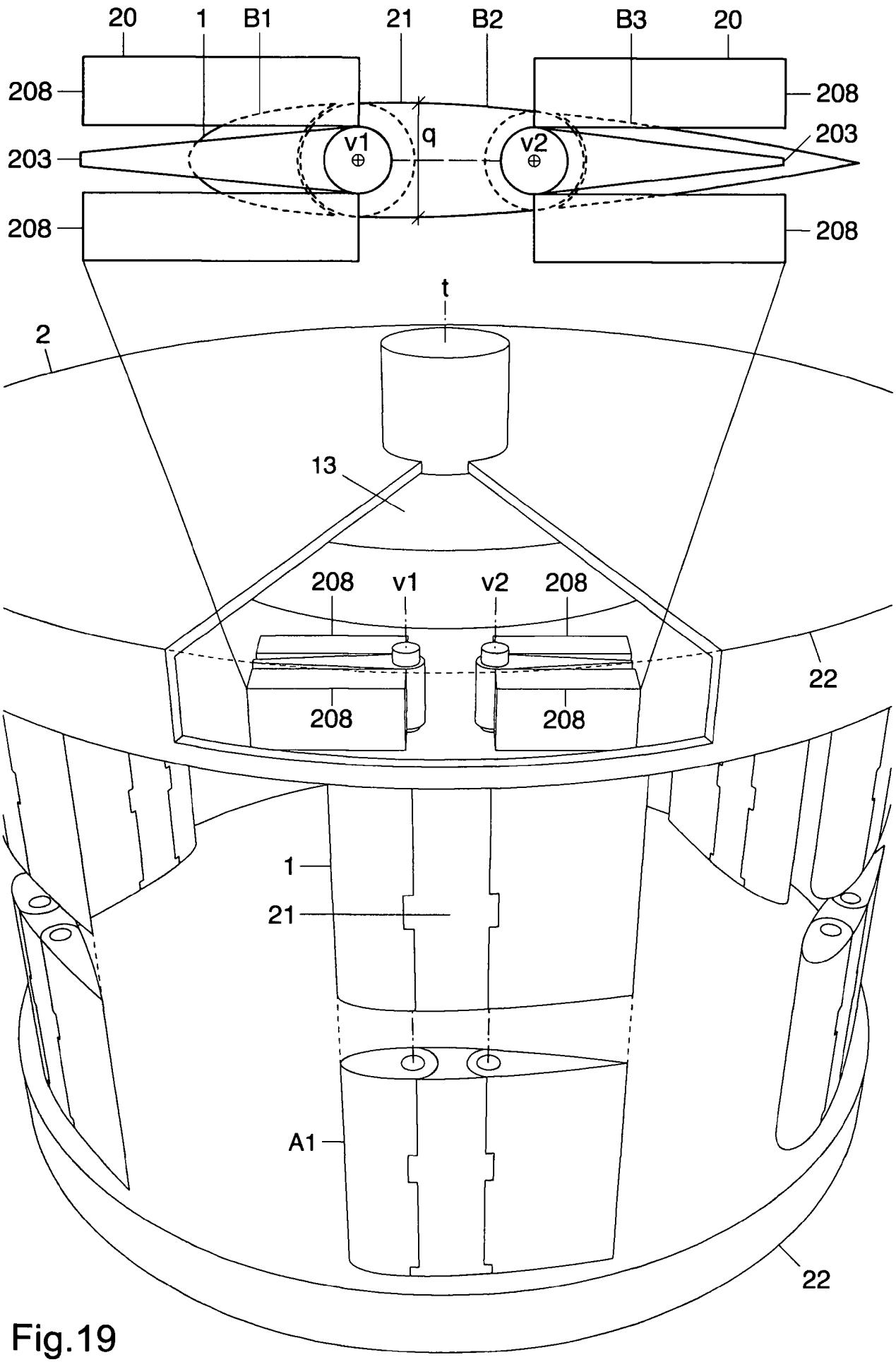

20
1
B1
21
B2
B3
20
208
208
203
v1
q
v2
203
208
208
t
2
13
208
v1
v2
208
22
208
208
1
21
A1
22

Fig.19

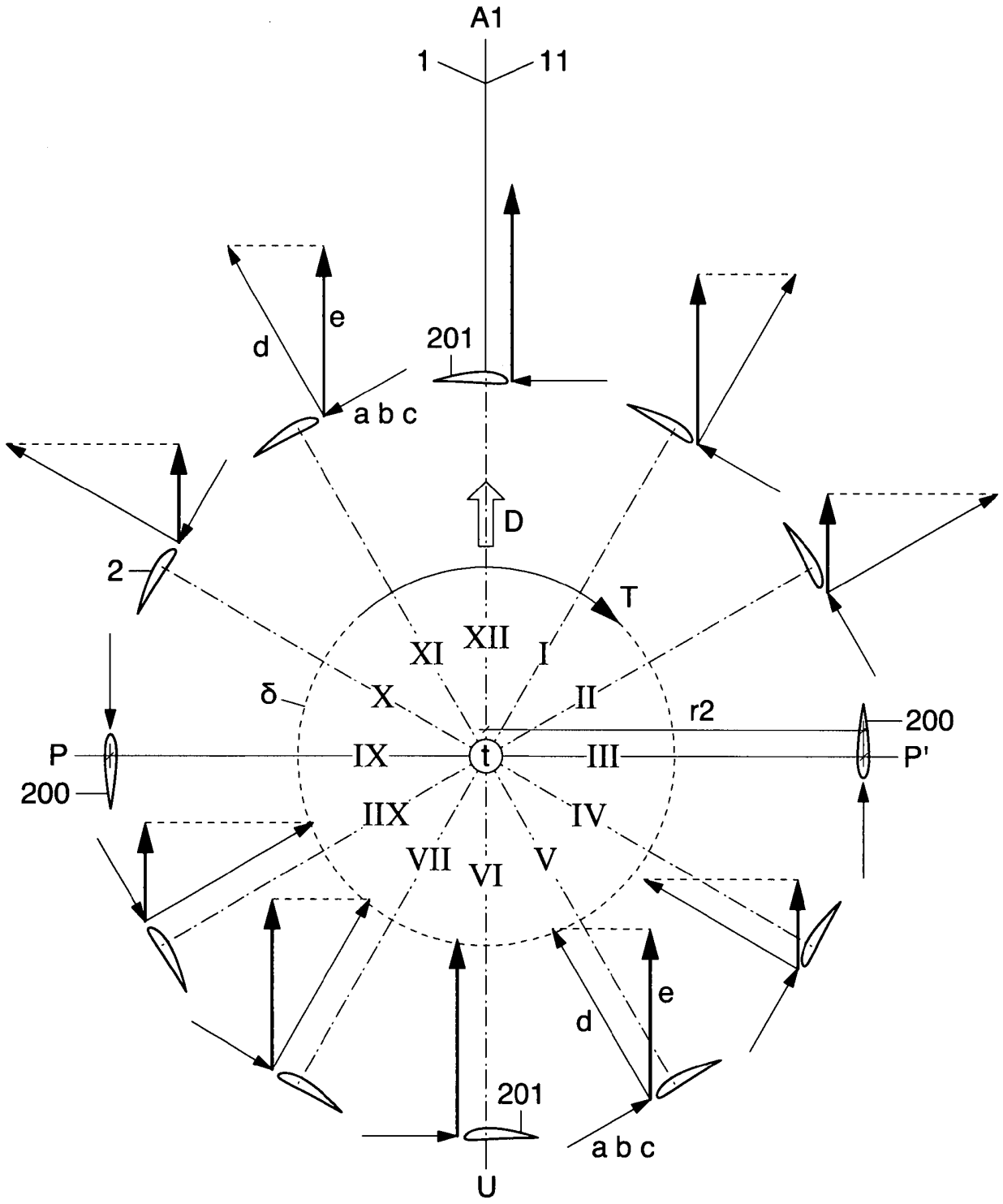

A1
1
11
201
d
e
a b c
D
2
T
XII
XI
I
δ
X
II
r2
200
P
IX
t
III
P'
200
IIX
IV
VII
VI
V
d
e
201
a b c
U

Fig.20

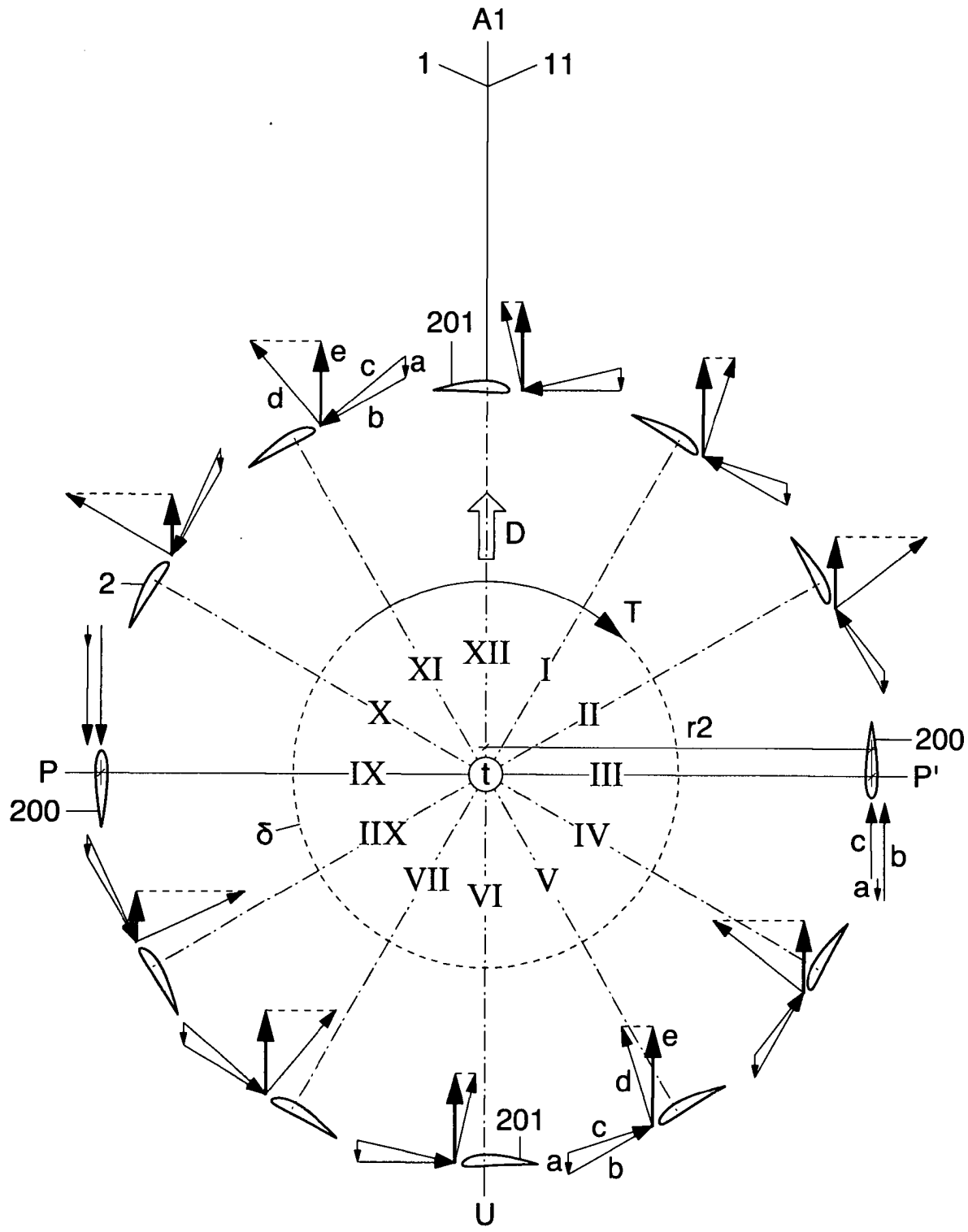

A1
1
11
201
e
c
a
d
b
D
2
T
XI
XII
I
X
II
r2
200
P
IX
t
III
P'
200
δ
IIX
IV
c
b
a
VII
VI
V
e
d
201
c
a
b
U

Fig.21

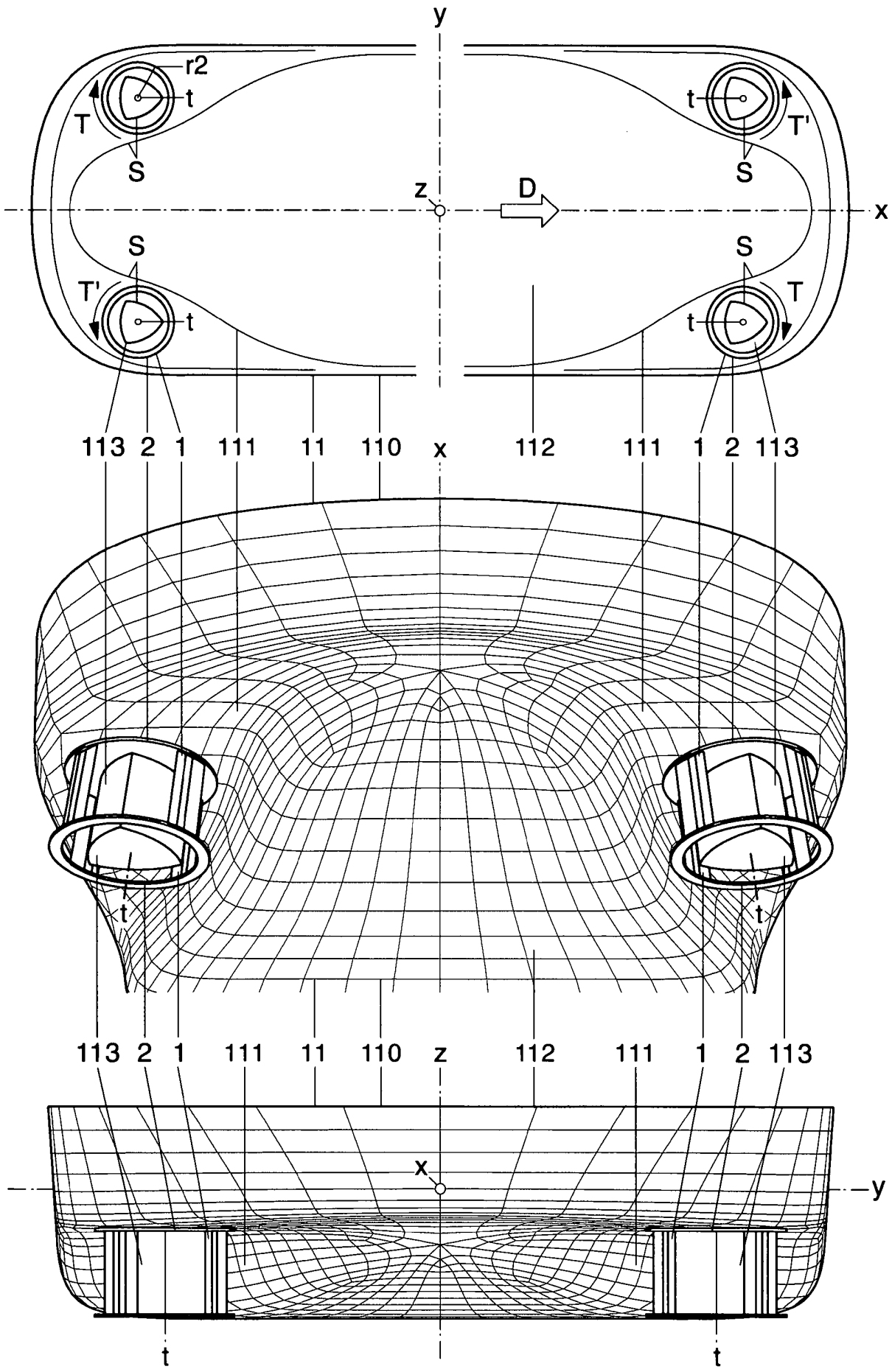

y
r2
t
T
S
t
T'
S
z
D
x
S
T'
t
S
T
t
113 2 1 111 11 110 x 112 111 1 2 113
t
t
113 2 1 111 11 110 z 112 111 1 2 113
x
y
t
t

Fig.22

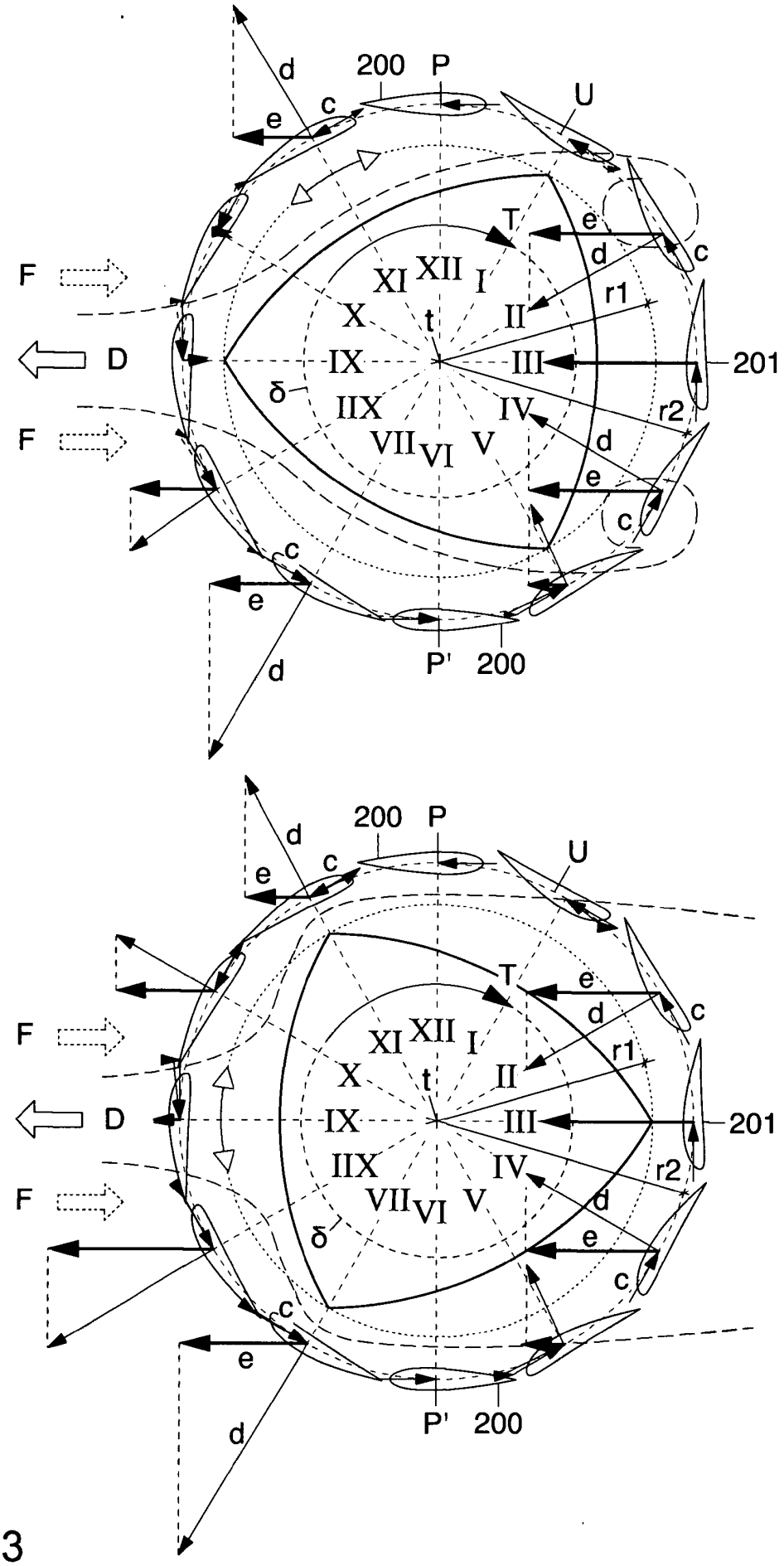

d
200
P
U
c
e
T
e
d
c
F
XI
XII
I
r1
X
t
II
D
IX
III
201
δ
IIX
IV
r2
F
VII
VI
V
d
e
c
c
e
d
P'
200

Fig.23

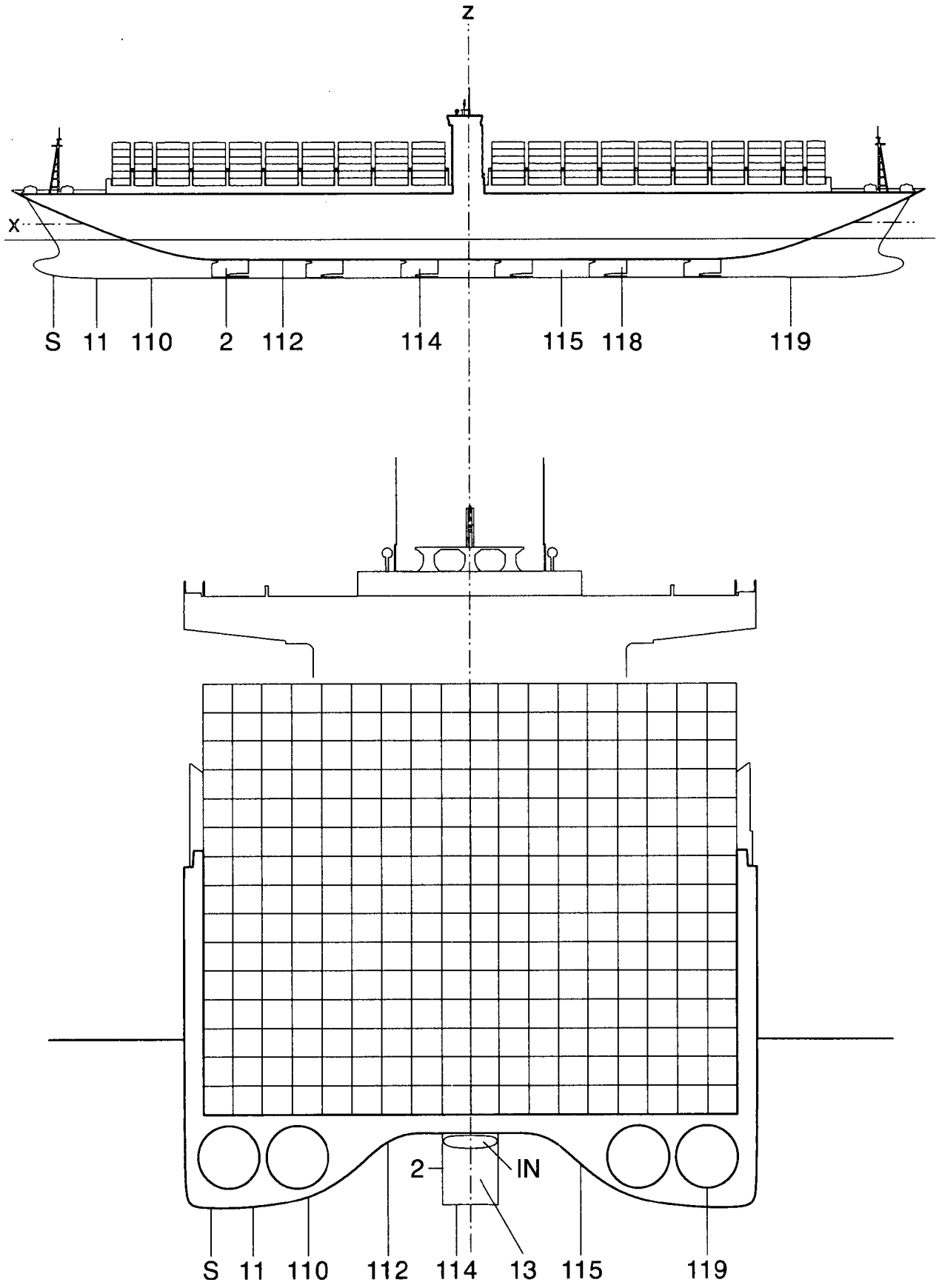


Fig.24

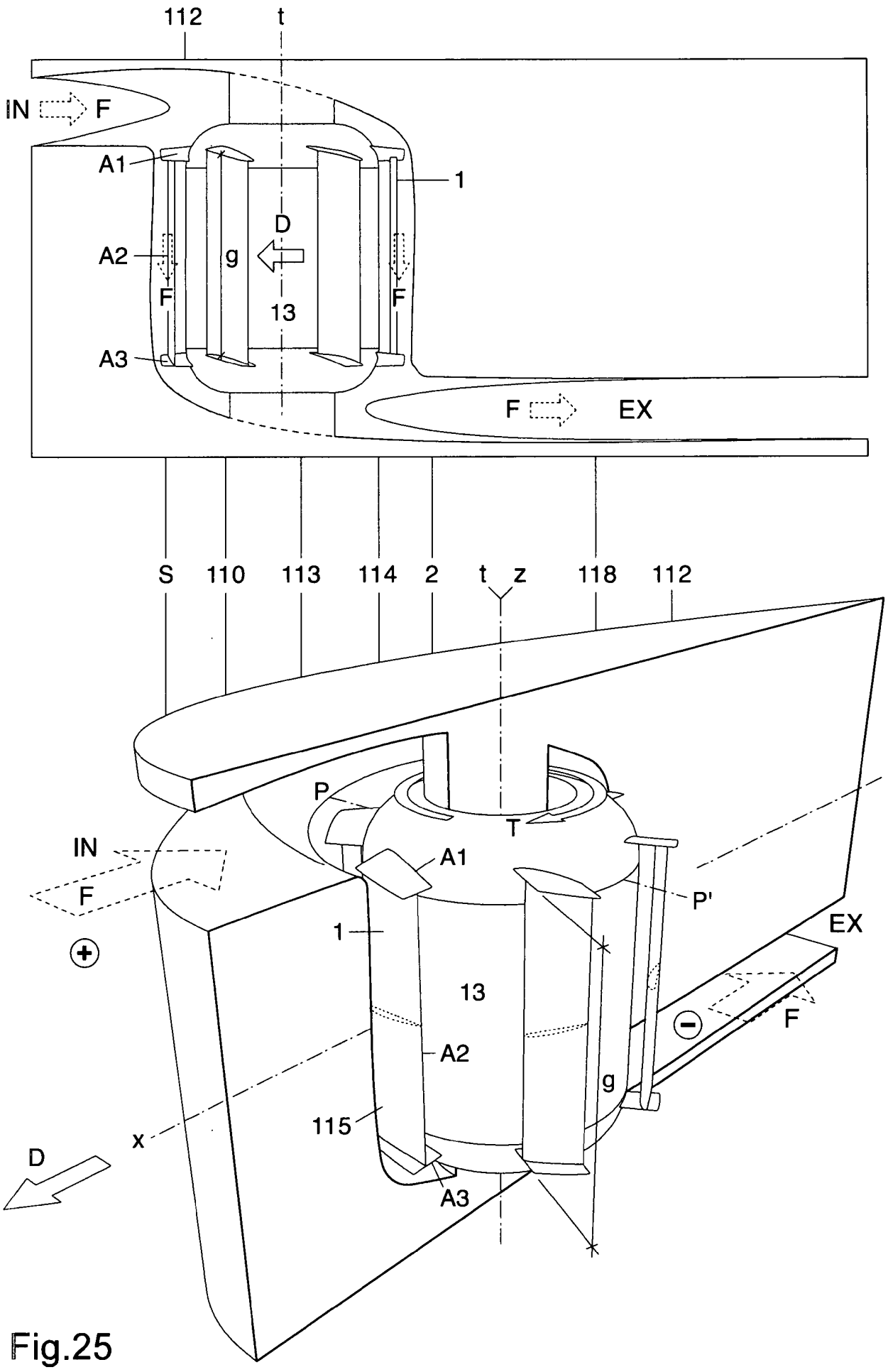

112
t
IN
F
A1
1
D
A2
g
F
F
13
A3
F
EX
S
110
113
114
2
t
z
118
112
P
T
IN
A1
F
P'
1
EX
13
F
A2
g
115
x
D
A3

Fig.25

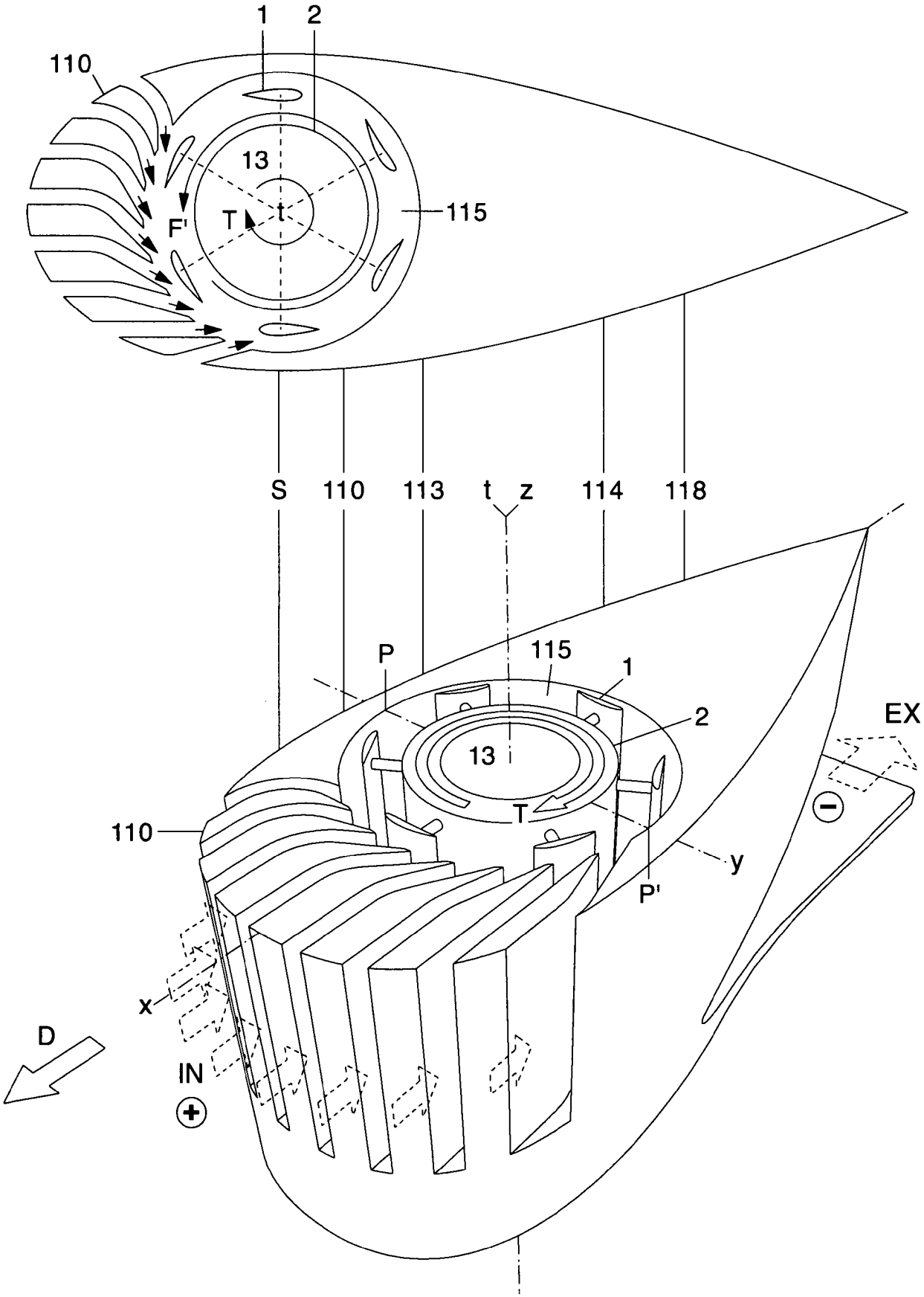


Fig.26

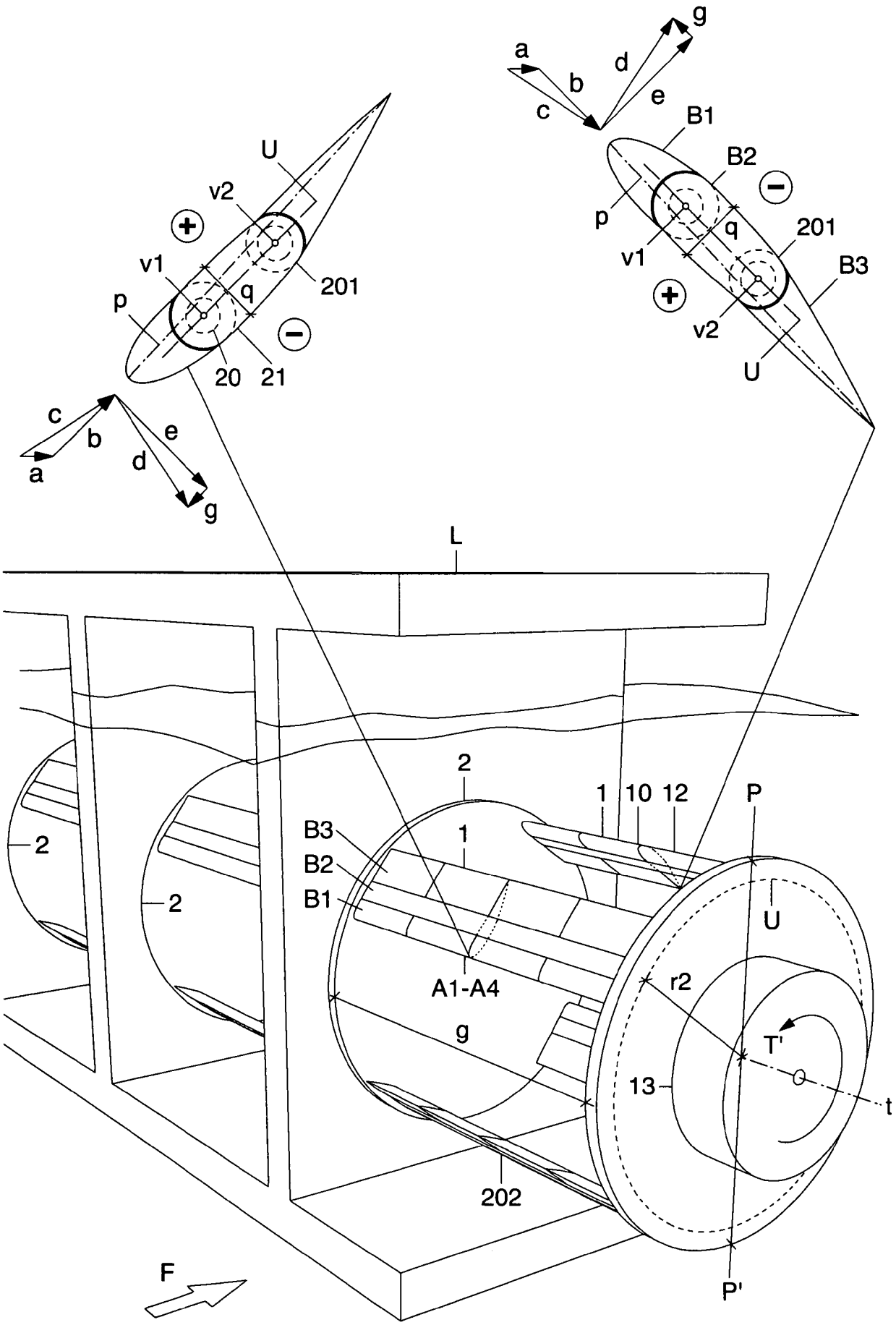

g
a
d
b
e
c
B1
B2
U
v2
p
q
201
B3
v1
v2
U
20
21
c
b
e
a
d
g
L
2
1
10
12
P
B3
B2
B1
1
2
2
U
A1-A4
r2
g
T'
13
t
202
F
P'

Fig.27

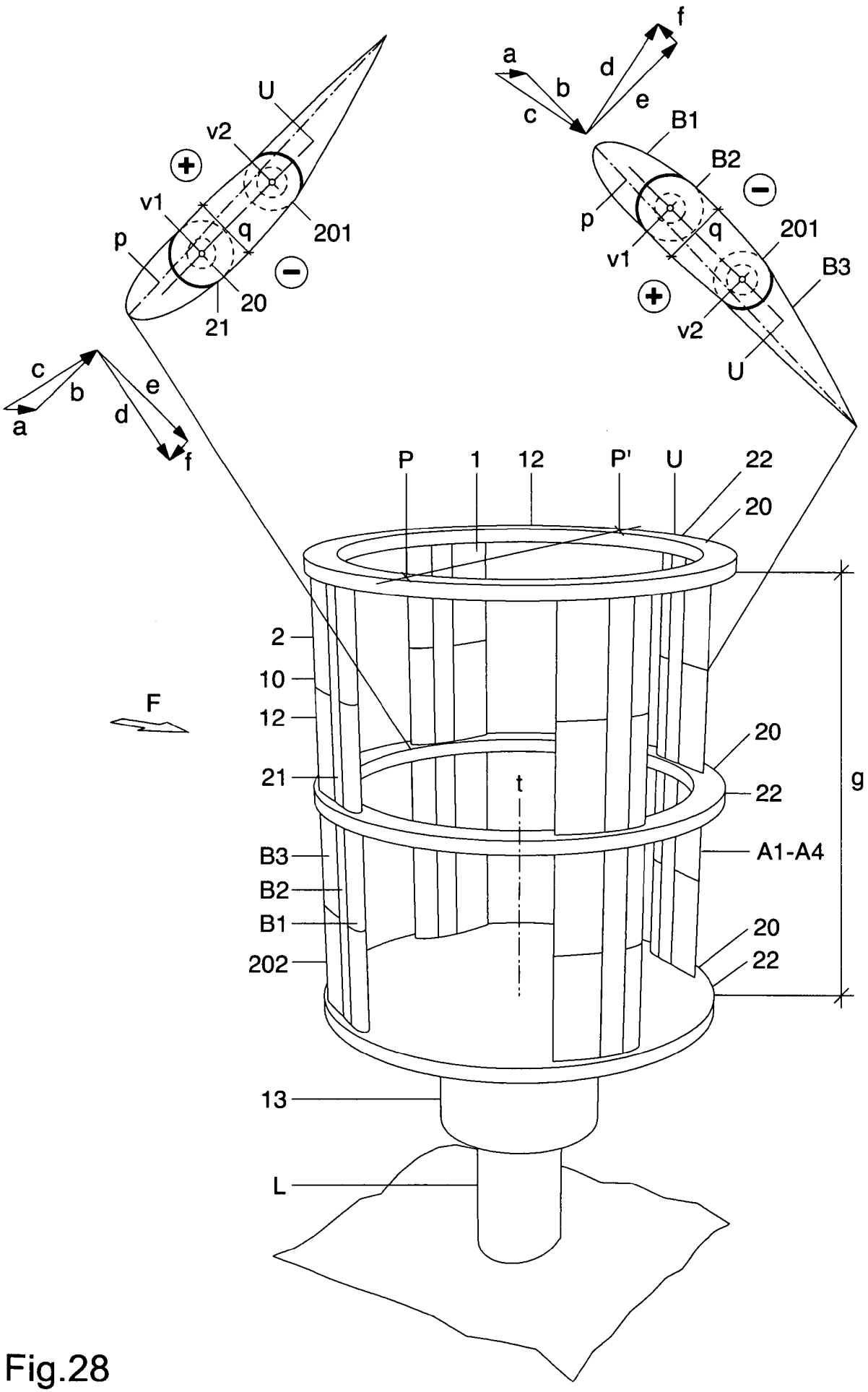


Fig.28

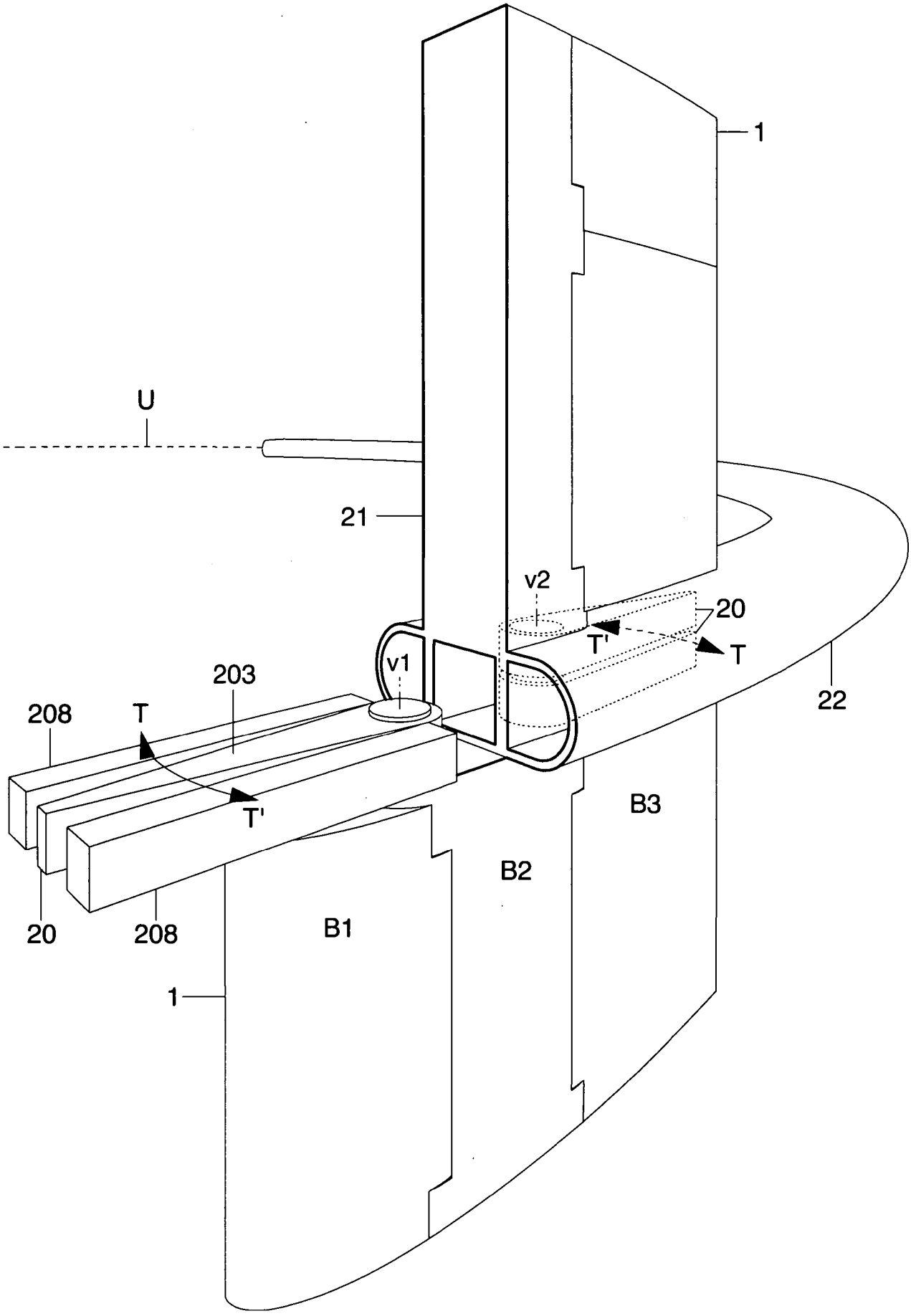


Fig.29

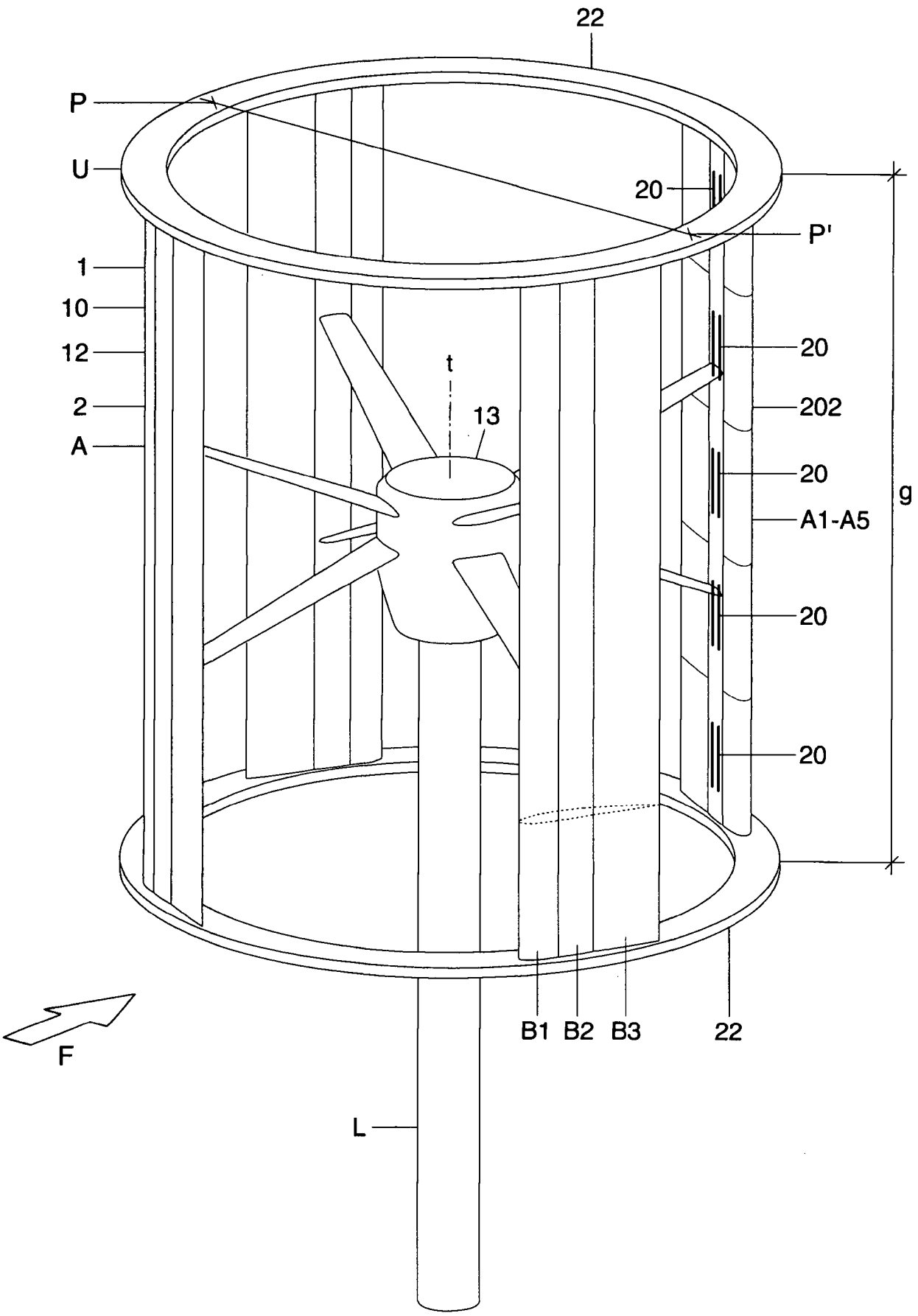


Fig.30

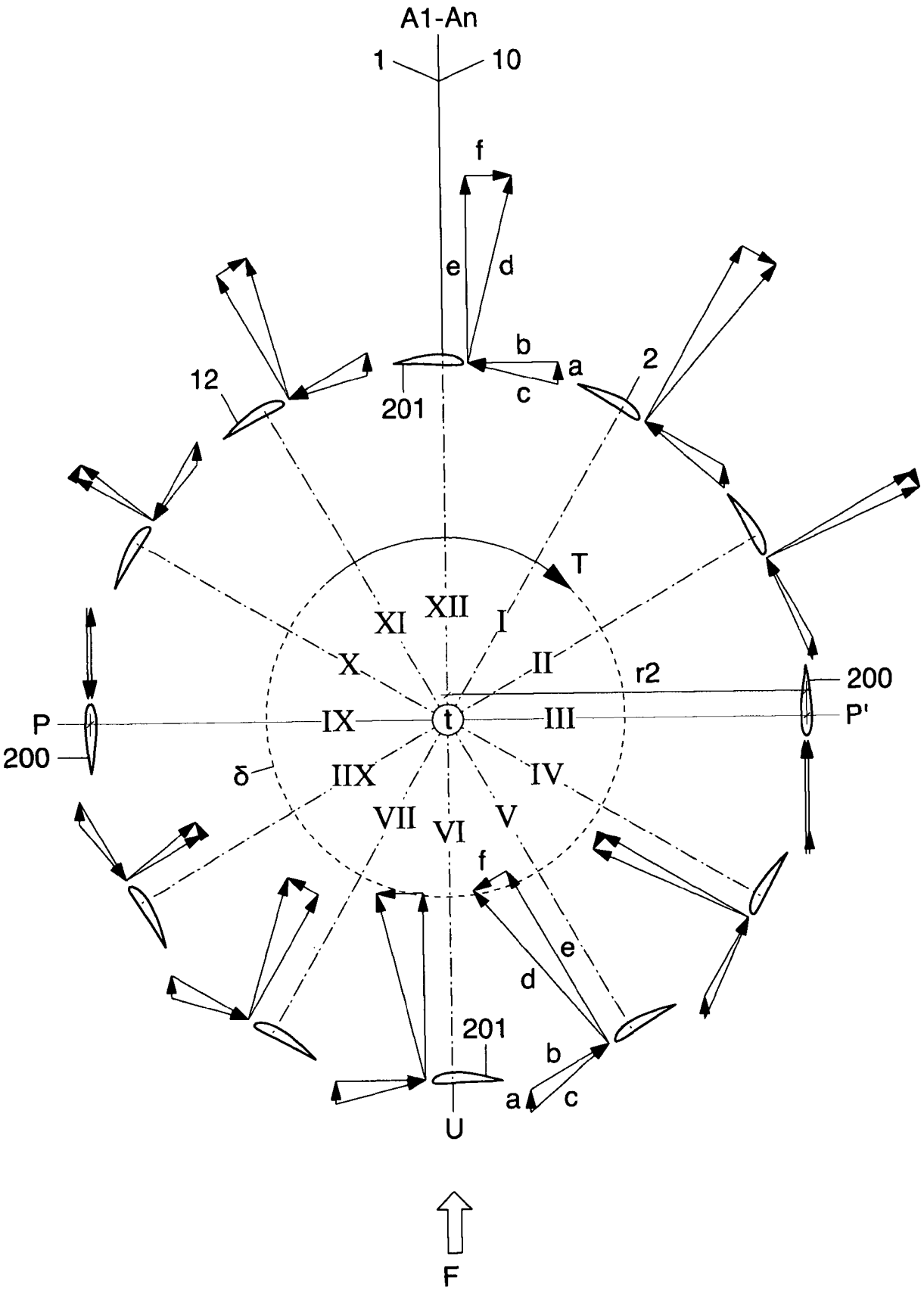

A1-An
1
10
f
e
d
b
a
c
2
12
201
T
XII
I
II
III
IV
V
VI
VII
IIX
IX
X
XI
r2
200
P
P'
δ
t
U
F

Fig.31

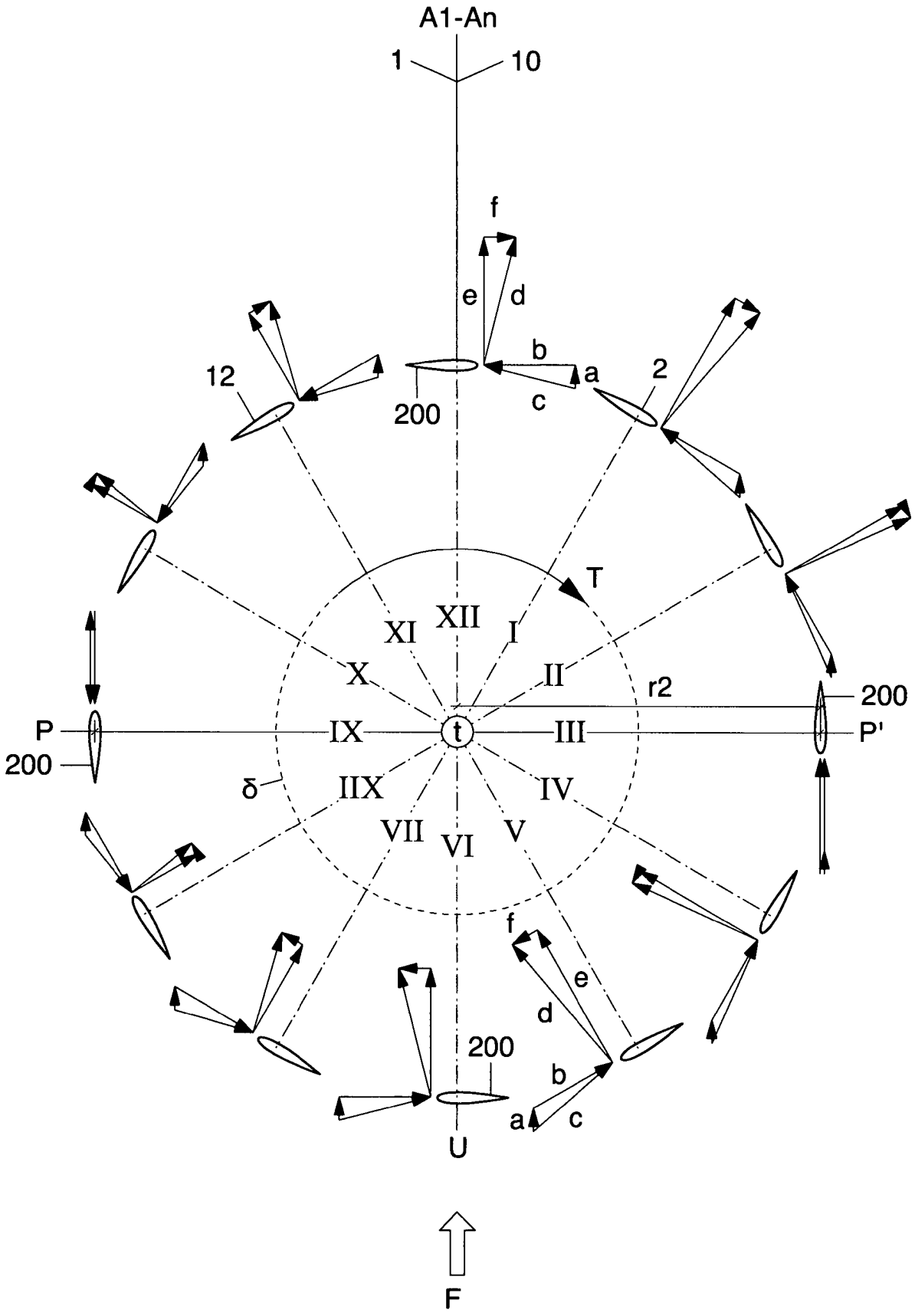

A1-An
1
10
f
e
d
b
a
c
12
200
2
T
XI
XII
I
X
II
r2
200
P
IX
t
III
P'
200
δ
IIX
IV
VII
VI
V
f
e
d
200
b
a
c
U
F

Fig.32

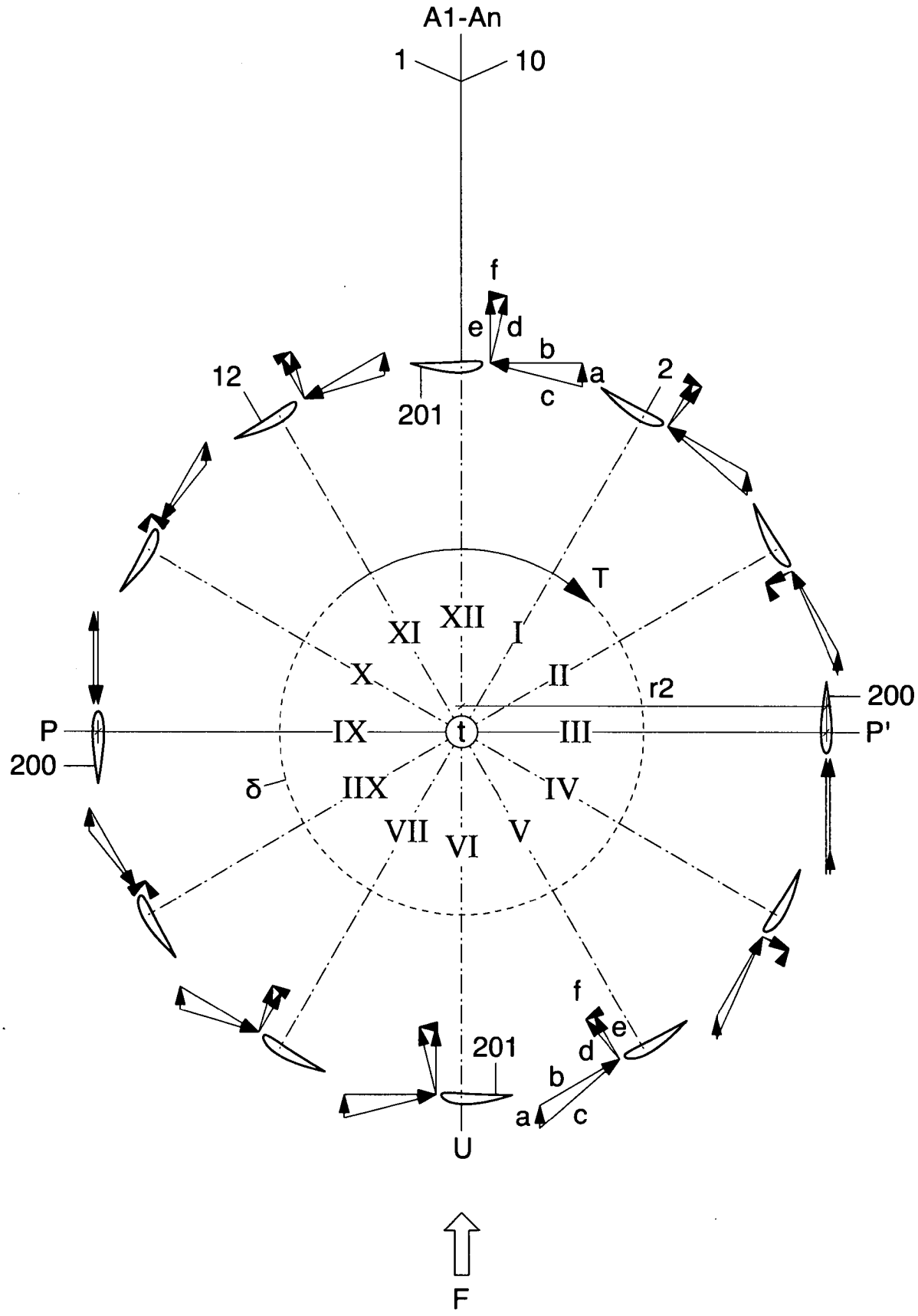


Fig.33

 Das Dokument wurde durch die Firma Luminess hergestellt.