(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2021 005 965 B3** 2022.11.10

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2021 005 965.4**
(22) Anmeldetag: **01.12.2021**
(43) Offenlegungstag: **–**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **10.11.2022**

(51) Int Cl.: ***F03D 3/06*** (2006.01)
B64C 27/64 (2006.01)

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

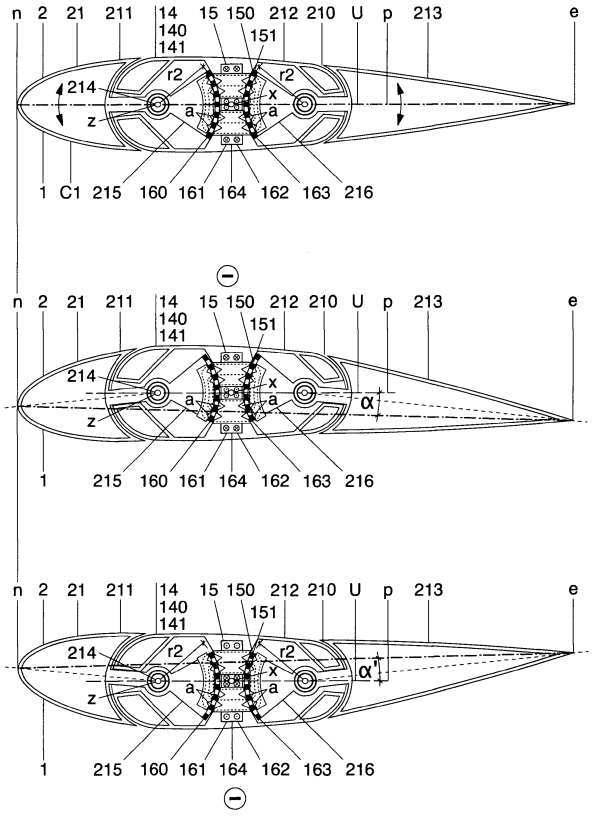
(73) Patentinhaber:
Grimm, Friedrich, 70376 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Erfinder gleich Patentinhaber

(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

(54) Bezeichnung: **ROTORBLATT FÜR EINE WIND - ODER WASSERTURBINE SOWIE FÜR EIN DREHFLÜGELFAHRZEUG UND INSBESONDERE FÜR EINEN HUBSCHRAUBER**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Rotorblatt (1) bei dem ein vorderes und ein hinteres Flügelsegment (211,213) an zwei Scharnieren (214) mit Drehachsen (z) an ein mittleres Flügelsegment (212), angelenkt sind und ein variables, dreiteiliges Flügelprofil (2) für mindestens ein aus einer Mehrzahl von Rotorblättern (1) aufgebautes Rotormodul (10) einer Wind- oder Wasserturbine (11,12) mit einem Motorgenerator oder für ein als Hubschrauber (130) ausbildbares Drehflügelfahrzeug (13) mit einem Triebwerk bilden. Das Rotorblatt (1) ist gerade, bügelförmig oder polygonzugförmig ausgebildet und weist einen von dem mittleren Flügelsegment (212) gebildeten Längsträger (14) auf, der in mindestens einem Längsabschnitt (L1-Ln) des Rotorblatts (1) eine Verstellvorrichtung (15) aufnimmt und ein Gehäuse und ein Widerlager (140) für Steller (150) mit einer Stell- und Haltefunktion bildet. Die Steller (150) werden auf einem Durchmesser der Umlaufbahn (U) mit dem Radius (r1) an einander gegenüberliegenden und im Vollwinkel frei einstellbaren Stellpositionen (C1) derart betätigt, dass die Saugseite in einem Umlauf des Rotorblatts (1) zweimal von der Außen- auf die Innenseite der Umlaufbahn (U) wechselt. Erfindungsgemäß weisen die Verstellvorrichtungen (15) für die drehbaren vorderen und hinteren Flügelsegmente (211,213) Elektromotoren (16) jeweils mit Läufer (160) und Stator (161) auf, wobei das mittlere Flügelsegment (212) starr mit dem Stator (161) verbunden ist und das Widerlager (140) für die den Läufern (160) zugeordnete Steller (150) bildet, die die drehbaren vorderen und hinteren Flügelsegmente (211,213) betätigen, und wobei im Fall der Wasserturbine (12) ein Schritt-Rastgetriebe mit einem Halteelement (151) zwischen dem Läufer (160) und dem Steller (150) angeordnet ist.



(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	**10 2020 007 543**	**B3**
DE	**38 25 241**	**A1**
DE	**10 2008 025 414**	**A1**
DE	**10 2010 011 708**	**A1**
DE	**10 2010 047 918**	**A1**
DE	**10 2017 011 890**	**A1**
DE	**699 16 360**	**T2**
US	**9 346 535**	**B1**
US	**2008 / 0 011 900**	**A1**
US	**2010 / 0 247 314**	**A1**
US	**2017 / 0 051 720**	**A1**
US	**4 383 801**	**A**
US	**5 114 104**	**A**
US	**3 716 209**	**A**
WO	**2017/ 089 047**	**A1**
WO	**2017/ 112 973**	**A1**
KR	**10 2012 0 041 722**	**A**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Rotorblatt bei dem ein vorderes und ein hinteres Flügelsegment an zwei Scharnieren mit Drehachsen an ein mittleres Flügelsegment angelenkt sind und ein variables, dreiteiliges Flügelprofil für mindestens ein aus einer Mehrzahl von Rotorblättern aufgebautes Rotormodul einer Wind- oder Wasserturbine mit einem Motorgenerator oder für ein als Hubschrauber ausbildbares Drehflügelfahrzeug mit einem Triebwerk bilden. Das Rotorblatt ist gerade, bügelförmig oder polygonzugförmig ausgebildet und weist einen von dem mittleren Flügelsegment gebildeten Längsträger auf, der in mindestens einem Längsabschnitt des Rotorblatts eine Verstellvorrichtung aufnimmt und ein Gehäuse und ein Widerlager für Steller mit einer Stell- und Haltefunktion bildet. Die Steller werden an einander gegenüberliegenden und im Vollwinkel frei einstellbaren Stellpositionen auf einem Durchmesser der Umlaufbahn derart betätigt, dass die Saugseite in einem Umlauf des Rotorblatts zweimal von der Außen- auf die Innenseite der Umlaufbahn wechselt. Erfindungsgemäß weisen die Verstellvorrichtungen für die drehbaren vorderen und hinteren Flügelsegmente der Rotorblätter Elektromotoren, jeweils mit einem Läufer und einem Stator auf. Während die mittleren Flügelsegmente das Widerlager für die drehbaren vorderen und hinteren Flügelsegmente bilden und dabei starr mit den Statoren verbunden sind, sind die Läufer jeweils den Stellern zugeordnet, wobei im Fall der Wasserturbine ein Schritt-Rastgetriebe mit einem Haltelement zwischen den Läufern und den vorderen und hinteren Flügelsegmenten angeordnet ist. An dem quer zu der Strömungsrichtung ausrichtbaren Durchmesser der Umlaufbahn wechselt die Saugseite des variablen Flügelprofils der Rotorblätter bei der Wind- oder Wasserturbine jeweils auf die Leeseite der Strömung, während bei dem als Hubschrauber ausbildbaren Drehflügelfahrzeug die Saugseite des variablen Flügelprofils in dem mindestens einen Längsabschnitt des Rotorblatts in die jeweilige Fahrt- bzw. Flugrichtung ausrichtbar ist.

Stand der Technik

[0002] Verstellbare Rotorblätter für Wind- oder Wasserturbinen und für Drehflügelfahrzeuge, wie Wasserfahrzeuge, Luftfahrzeuge und insbesondere für Hubschrauber, sind an sich bekannt. Bekannte Lösungen für die Blattverstellung von Rotorblättern mit einem symmetrischen oder asymmetrischen Flügelprofil nutzen ein Getriebe mit Schubstangen, sodass die Rotorblätter in einem Umlauf abrupten Lastwechseln unterworfen sind. Dabei ändert sich der Anstellwinkel der Profilsehne des Rotorblatts z.B. bei einem Hubschrauber oder bei einer Windturbine mit vertikaler Rotationsachse oder auch bei einem Voith- Schneiderpropeller schlagartig. Dadurch ausgelöste heftige Lastwechselreaktionen übertragen sich unmittelbar auf die Struktur eines Drehflügelfahrzeugs und einer Wind- oder Wasserturbine, bewirken dabei extreme dynamische Beanspruchungen des jeweiligen Gesamtsystems und breiten sich in dem umgebenden Fluid als Druckwellen aus. Das wohl prominenteste Beispiel einer derartigen Drehflügelkinematik 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 Drehflüglers. Den 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 Rotorblatter unmittelbar 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.

[0003] 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 Rotorblatter an der Rotationsachse platzsparend zusammenzulegen, eröffnet die Möglichkeit eines individuellen Mobilitatsangebots, das die Vorteile eines Kraftfahrzeugs mit den Vorteilen eines Kleinflugzeugs auf sich vereinigt. Die systembedingten Nachteile der Drehflügelkinematik eines Hubschraubers bleiben jedoch erhalten. 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 eines Hubschraubers besonders geeignet erscheint. 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 Stellpositionen 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 Fahren 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 einem Strömungsquerschnitt gespeicherten kinetischen Energie die theoretische Obergrenze mit 16/27-zigstel des Gesamtinhalts der kinetischen Energie des Strömungsquerschnitts feststellt, erreichen bekannte Vertikalachsrotoren mit einem symmetrischen Flügelprofil der Rotorblatter nur einen Wirkungsgrad von etwa 30% bis maximal 45%, während der maximale Wirkungsgrad bei Horizontalachsrotoren mit einem asymmetrischen Flügelprofil bei mehr als 50% liegt. Dieser deutliche Unterschied kann damit erklärt werden, dass ein symmetrisches Flügelprofil bei gleichen Anströmungsbedingungen nur etwa zwei Drittel des Auftriebs eines asymmetrischen Flügelprofils liefert. Als Möglichkeit einer extensiven Nutzung der Wasserkraft kommen Küstenabschnitte in Betracht, an denen bestimmte Reliefausbildungen hohe, durch Ebbe und Flut hervorgerufene Strömungsgeschwindigkeiten bewirken, wie dies z.B. beim Oosterscheldesperrwerk in den Niederlanden der Fall ist. Zwischen den Pfeilern dieses Sperrwerks strömt das in der Oosterschelde angestaute Wasser bei Ebbe mit einer hohen Strömungsgeschwindigkeit bisher ungenutzt in die Nordsee. Gezeitenkraftwerke und Meeresströmungskraftwerke werden 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 Flusslaufe und der damit verbundenen Konsequenz einer Unterbrechung der natürlichen Wanderwege für Fische und kann deshalb mit den bisherigen Techniken zur Gewinnung der Wasserkraft nicht einfach fortgesetzt werden.

[0004] Aus der US 4 383 801 A geht ein verschwenkbares Rotorblatt für eine Windturbine mit vertikaler Rotationsachse hervor, das in der bevorzugten Ausführungsform einteilig ausgebildet ist, aber wie in **Fig. 4** gezeigt auch zwei- oder dreiteilig ausgebildet sein kann und mittels eines externen Getriebes an der der Rotationsachse verstellt wird.

[0005] Aus der DE 10 2020 007 543 B3 geht eine Windkraftanlage mit einer vertikalen Rotationsachse hervor, bei der die die Saugseite der Rotorblätter in einem Umlauf des Rotors zweimal von der Außenseite auf die Innenseite der Umlaufbahn wechselt. Eine von Schläuchen gebildete pneumatische Verstellvorrichtung bewegt das vordere und das hintere Flügelsegment der dreiteilig aufgebauten Rotorblätter.

[0006] Aus der US 2017 / 0 051 720 A1 geht eine Windturbine mit vertikaler Rotationsachse hervor, bei der die Saugseite mehrteilig ausgebildeter, verstellbarer Rotorblätter mittels von Seilzügen oder Schubstangen und mittels von Getrieben in einem Umlauf des Rotorblatts jeweils zur Leeseite ausrichtbar ist.

[0007] Aus der DE 38 25 241 A1 geht eine Windturbine mit vertikaler Rotationsachse hervor, bei der aus Segmenten zusammengesetzte Rotorblätter mit einem tragenden Mittelholm aus Stahl und mit Ballastgewichten ausgestattet sind, wobei mindestens das Segment mit der Hinterkante beweglich ist.

[0008] Aus der DE 10 2010 047 918 A1 geht eine Windturbine mit horizontaler Rotationsachse hervor, bei der die Hinterkanten der Rotorblätter mittels von pneumatischen Muskeln beweglich ausgebildet sind,

um im Sinne einer Leistungssteigerung des Rotors die Rotorblätter an die jeweilige aerodynamische Belastung anzupassen.

[0009] Aus der US 5 114 104 A geht ein verstellbares Rotorblatt hervor, bei dem zwischen einem Nasen- und einem Hinterkantensegment des Rotorblatts eine kinematische Kette vorgesehen ist, um das in einer Grundstellung symmetrische Flügelprofil in ein asymmetrisches Flügelprofil zu wandeln.

[0010] Aus der DE 10 2008 025 414 A1 geht ein aerodynamisch verformbares Profil mit einer mittels von Aktuatoren reversibel verformbaren Kontur für Luftfahrzeuge und insbesondere für Drehflügelflugzeuge hervor, bei dem eine Deckhaut mit einem schubweichen Sandwichkern sowie mit quer zur Verformungsrichtung angeordneten biegeweichen Stegen verbunden ist..

[0011] Aus der US 2010 / 0 247 314 A1 geht ein Rotorblatt für eine Windturbine mit einer verstellbaren Hinterkante hervor, bei dem paarweise angeordnete Aktoren jeweils einen Stapel von piezoelektrischen Elementen aufweisen, sodass die Verstellung der Rotorblatthinterkante durch eine Längenänderung der piezoelektrischen Elemente bewirkt wird.

[0012] Aus der DE 699 16 360 T2 geht ein Tragflächenprofil für ein Flugzeug mit beweglicher Vorder- und Hinterkante hervor. Das Flügelprofil weist an der Flügelnase zwei elastisch verformbare Elastomerplatten auf, die mittels eines Drehaktuators verstellbar sind, während die Flügelhinterkante mittels eines Linearaktuators verstellbar ist.

[0013] Aus der US 3 716 209 A geht eine verstellbare Flügelnase für die Tragfläche eines Flugzeugs hervor, bei der die Profilkontur mittels einer von Druckstäben gebildete kinematische Struktur und mittels eines drehbaren Nasensegments aufrecht erhalten wird.

[0014] Aus der KR 10 2012 0 041 722 A geht eine Windkraftanlage mit vertikaler Rotationsachse und mit dreiteiligen Rotorblättern hervor, bei der die Blattverstellung mittels einer Translationsbewegung von Aktuatoren für das vordere und das hintere Flügelsegment bewirkt wird.

[0015] Aus der WO 2017 / 089 047 A1 geht eine Windkraftanlage mit vertikaler Drehachse hervor, bei der einteilige Rotorblätter drehbar auf einer Kreisbahn gelagert sind und mit einer gewölbten Oberseite in Leerichtung ausrichtbar sind.

[0016] Aus der DE 10 2010 011 708 A1 geht eine Turbine mit passiver Schaufelstellung hervor, bei der ein Getriebe mit einem Gestänge eine Verstellung der Rotorblatter derart ermöglicht, dass sich die Saugseite jeweils leeseitig zur Windrichtung ausrichtet.

[0017] Aus der DE 10 2017 011 890 A1 geht ein Fluggerat hervor, bei dem eine Drehflügelkinematik mit einem außerhalb des Rotorblatts liegenden Gestänge realisiert wird.

[0018] Aus der US 9 346 535 B1 geht ein Flugzeug mit einer Drehflügelanordnung hervor, bei der die Blattverstellung einteilig ausgebildeter Rotorblatter mittels eines zykloiden Getriebes mit Gestänge erfolgt.

[0019] Aus der US 2008 / 0 011 900 A1 geht eine Drehflügelanordnung für ein Luftschiff hervor, bei der die Rotorblätter mittels eines Getriebes mit Gestänge verstellt werden.

[0020] Aus der WO 2017 112 973 A1 geht ein Luftfahrzeug mit Drehflügelrotoren hervor, deren Rotorblätter mittels eines Getriebes und eines Gestänges in einem Umlauf des Drehflügelrotors verstellbar sind.

Aufgabenstellung

[0021] Ausgehend von dem dargestellten Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Rotorblatt mit einem variablen asymmetrischen Flügelprofil anzugeben. Genauer besteht die Aufgabe der Erfindung darin, ein dreiteiliges Rotorblatt für eine Wind- oder Wasserturbine und für ein Drehflügelfahrzeug und insbesondere für einen Hubschrauber anzugeben, das in einer Sekunde bis zu 15 Lastwechsel durchlaufen kann, wobei abrupte Lastwechselreaktionen an den einander gegenüberliegenden Stellpositionen eines im Vollwinkel frei einstellbaren Durchmessers der Umlaufbahn im Umlauf des Rotorblatts vermieden werden können. Fluiddynamisch erzeugte Auftriebskräfte an zwölf in den Figuren exemplarisch dargestellten Umlaufpositionen ermöglichen den Betrieb einer Wind- oder Wasserturbine durch die Ableitung einer tangentialen Antriebskraft aus dem Auftrieb des variablen asymmetrischen Flügelprofils unabhängig von der jeweiligen Strömungsrichtung und auch den Betrieb eines Drehflügelfahrzeugs durch die Ableitung einer in jede beliebige Fahrtrichtung lenkbaren Schubkraft aus dem Auftrieb des variablen asymmetrischen Flügelprofils des Rotorblatts in mindestens einem Längsabschnitt des Rotorblatts. Kurz zusammengefasst besteht die Aufgabe der Erfindung darin, eine neuartige Drehflügelkinematik mit rotorblattintegrierten Elektromotoren als Verstellvorrichtungen für das variable Flügelprofil eines Rotorblatts anzugeben. Diese Aufgaben werden mit den im Anspruch 1 genannten Merkmalen der Erfindung gelöst. Bei dem Rotorblatt bilden ein vorderes und ein hinteres Flügelsegment, die jeweils an Scharnieren mit Dreh-

achsen an ein mittleres Flügelsegment angelenkt sind ein variables, dreiteiliges Flügelprofil. Bei einer Wind- oder Wasserturbine mit einem Motorgenerator oder bei einem als Hubschrauber ausbildbaren Drehflügelfahrzeug mit einem Triebwerk sind eine Mehrzahl von Rotorblättern untereinander zu mindestens einem Rotormodul verbunden. Das Rotorblatt ist gerade, bügelförmig oder polygonzugförmig ausgebildet und weist einen von dem mittleren Flügelsegment gebildeten Längsträger auf, der in mindestens einem Längsabschnitt des Rotorblatts eine Verstellvorrichtung aufnimmt und ein Gehäuse und ein Widerlager für Steller mit einer Stell- und Haltefunktion bildet. Die Steller werden an einander gegenüberliegenden und im Vollwinkel frei einstellbaren Stellpositionen auf einem Durchmesser der Umlaufbahn derart betätigt, dass die Saugseite in einem Umlauf des Rotorblatts zweimal von der Außen- auf die Innenseite der Umlaufbahn wechselt. Die Verstellvorrichtungen für die drehbaren vorderen und hinteren Flügelsegmente werden erfindungsgemäß von Elektromotoren, jeweils mit Läufer und Stator gebildet. Dabei ist das mittlere Flügelsegment starr mit dem Stator verbunden und bildet das Widerlager für die den Läufern zugeordneten Steller, die die drehbaren vorderen und hinteren Flügelsegmente betätigen, wobei im Fall der Wasserturbine ein Schritt-Rastgetriebe mit einem Halteelement zwischen dem Läufer und dem Steller angeordnet ist.

[0022] Im Einzelnen hat die Erfindung folgende vorteilhafte Eigenschaften für die folgenden Aufgaben:

- Angabe eines Rotorblatts für Wind- oder Wasserturbinen, das an zehn von zwölf exemplarisch dargestellten Umlaufpositionen eine aus dem Auftrieb abgeleitete tangentiale Antriebskraft erzeugt,

- Angabe eines Rotorblatts für ein Drehflügelfahrzeug, das an zehn von zwölf exemplarisch dargestellten Umlaufpositionen eine aus dem Auftrieb abgeleitete in jede beliebige Fahrtrichtung wirkende Schubkraft erzeugt,

- Angabe eines gerade, bügelförmig, oder polygonzugförmig ausgebildeten Rotorblatts,

- Angabe eines Rotorblatts für eine Windturbine mit Betriebsstellungen für die Windstärken 3-5 und 5-9 sowie 9-12 entsprechend der Beaufort-Skala,

- Angabe von zwei auf der Umlaufbahn einander gegenüber liegenden Verstellsektoren für die Vermeidung abrupter Lastwechsel der Anströmung,

- Angabe eines Rotorblatts, das mindestens an einem Ende direkt oder indirekt mit einem Motorgenerator verbunden ist,

- Angabe einer vollelektrischen, berührungslosen Verstellvorrichtung für ein Rotorblatt mit einem dreiteiligen Flügelprofil,

- Angabe einer elektromechanischen Verstellvorrichtung mit Kegelradgetriebe und Zylindergesperren für das dreiteilige Flügelprofil einer Wasserturbine,

- Angabe eines von Lamellen gebildeten Blechpakets für den Stator einer elektrischen Verstellvorrichtung,

- Angabe einer Wasserturbine mit einem scheibenförmigen Schwimmkörper,

- Angabe eines für Fische passierbaren Querbauwerks mit einer Mehrzahl von Wasserturbinen,

- Angabe eines Sturmflutsperrwerks mit Wasserturbinen,

- Angabe elektromechanischer Verstellvorrichtungen für die Rotorblätter von Wasserturbinen,

- Angabe voll elektrischer Verstellvorrichtungen der Rotorblätter für Drehflügelflugzeuge und insbesondere für Hubschrauber.

Elektromechanische Verstellvorrichtungen

[0023] Eine weitere besonders vorteilhafte Ausführungsvariante betrifft eine elektromechanische Verstellvorrichtung des kinematischen Rotorblatts. Für das Ein- und Ausdrehen des vorderen und des hinteren Flügelsegments in jedem Längsabschnitt des Rotorblatts ist ein von einem Elektromotor gebildeter Steller und ein von einem Schritt-Rastgetriebe gebildetes Halteelement mit einer koaxial und konzentrisch zu der Längsachse des Rotorblatts angeordneten Antriebswelle mit Zylindergesperren für das vordere und hintere Flügelsegmente vorgesehen, wobei die Drehrichtung des Elektromotors mit dem Schritt-Rastgetriebe in einem Umlauf des Rotorblatts jeweils an den Stellpositionen der Umlaufbahn wechselt. Bei einer weiteren besonders vorteilhafte Ausführungsvariante weist der Steller des Rotorblatts einen koaxial und konzentrisch zu den Drehachsen des vorderen und des hinteren Flügelsegments angeordneten, elektromagnetisch angetriebenen Schieber auf, wobei das Halteelement der Verstellvorrichtung Gewindeabschnitten gebildet wird. Dabei werden die Schieber an den Scharnieren linear geführt und greifen mit Gewindeabschnitten an ihren Außenseiten in Gewindeabschnitte der vorderen und der hinteren Blattsegmente ein. Das Ein- und Ausdrehen des vorderen und des hinteren Flügelsegments gegenüber dem in sich starren Längsträger wird durch eine linearen Translationsbewegung des Schiebers bewirkt, wobei eine geringe Steigung der Gewindeabschnitte eine Übersetzung der Verstellkraft von 1 zu 10 ermöglicht.

Elektrische Verstellvorrichtungen

[0024] In einer ersten bevorzugten Ausführungsvariante für eine rein elektrische Blattverstellung weist der Steller einen doppelseitig wirksamen Schrittmotor mit Stator und Läufer auf. Der Schrittmotor ist in das von dem Tragprofil gebildete mittlere Flügelsegment integriert, das als Längsträger des Rotorblatts in jedem Längsabschnitt ein Gehäuse für den Stator mit zwei auf der Umlaufbahn einander gegenüber liegenden, gegensinnigen Erregerwicklungen für die beiden Läufer des radialen Schrittmotors bildet. Die Läufer sind an Hebelarme des vorderen und hinteren Flügelsegments angelenkt und drehen sich jeweils um die Drehachsen der Scharniere des mittleren Flügelsegments und bilden dabei Gegengewichte zu dem vorderen und dem hinteren Flügelsegment des Rotorblatts, sodass mit alternierend gepolten Permanentmagneten der Läufer ein beidseitiger Luftspalt für eine berührungslose elektrische Verbindung zwischen dem mittleren Flügelsegment und den vorderen und hinteren Flügelsegmenten hergestellt wird. Durch Umpolung der gegensinnigen Erregerwicklungen des Stators wird das elektrische Ein- und das Ausdrehen des vorderen und des hinteren Flügelsegments jeweils mit gegensinniger Drehrichtung simultan bewirkt. Bei einer zweiten besonders vorteilhaften Ausführungsvariante für eine rein elektrische Blattverstellung des Rotorblatts mit dem variablen dreiteiligen Flügelprofil wird die Verstellvorrichtung von zwei in das mittlere Flügelsegment des Rotorblatts integrierten Linearmotoren gebildet. Die Läufer der Linearmotoren sind dem vorderen und dem hinteren Flügelsegment zugeordnet und mit einem Hebelarm an das mittlere Flügelsegment angelenkt. Mittels einer Steuerungseinheit wechselt die Saugseite des variablen Flügelprofils jeweils an den Stellpositionen eines im Vollwinkel frei einstellbaren Durchmessers der Umlaufbahn zweimal die Orientierung von der Innenseite zur Außenseite der Umlaufbahn. Die Stellfunktion der von den beiden Läufern gebildeten Steller wird durch Anlegen einer elektrischen Spannung aktiviert, wobei alternierend gepolte Permanentmagnete mit einer umpolbaren Erregerwicklung des Stators interagieren, sodass mittels einer oszillierenden Linearbewegung der Neigungswinkel der Profilsehne des Rotorblatts z.B. an einem Hubschrauber, wie in **Fig. 7** gezeigt, in einer Sekunde 15 Lastwechsel durchlaufen kann. Jeder Läufer weist zwei Zungen jeweils mit einer Mehrzahl alternierend gepolter Permanentmagnete auf. Der beidseitige Luftspalt zwischen Läufer und Stator stellt eine berührungslose elektrische Verbindung zwischen dem mittleren Flügelsegment, dem vorderen Flügelsegment und dem hinteren Flügelsegment her.

Drehflügelfahrzeuge

[0025] Bei einem Drehflügelfahrzeug, das z.B. auch als Wasserfahrzeug ausgebildet werden kann, ist die variable Saugseite des variablen Flügelprofils der Rotorblätter mittels der Verstellvorrichtung in beiden Hälften der Umlaufbahn des Rotormoduls an den Stellpositionen der Umlaufbahn zu der jeweiligen Fahrtrichtung des Wasserfahrzeugs ausrichtbar. Ein erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel für ein Drehflügelfahrzeug betrifft einen Hubschrauber mit front- und heckseitigen, mit gegensinniger Drehrichtung rotierenden Rotormodulen. Ein Rotorblatt des Hubschraubers ist bügelförmig ausgebildet und besteht aus einem unteren Längsabschnitt, einem mittleren Längsabschnitt und einem oberen Längsabschnitt, wobei der untere Längsabschnitt gegenüber dem oberen Längsabschnitt einen radialen Versatzwinkel von etwa 10 Grad aufweist und der mittlere Längsabschnitt den unteren mit dem oberen Längsabschnitt verbindet. Dabei steigt die Profilsehne des mittleren Längsabschnitts in Drehrichtung an. In den unteren und oberen Längsabschnitten der Rotorblätter ist der Durchmesser mit den Stellpositionen für den Profilwechsel jeweils in Fahrtrichtung und in dem mittleren Längsabschnitt jeweils quer zur Fahrtrichtung ausrichtbar. Ein Freilauf zwischen dem Rotormodul und dem Motorgenerator ermöglicht den Generatorbetrieb des Motorgenerators bei einem Drehflügelfahrzeug, das z.B. in einer Strömung vor Anker liegt oder sich als Luftfahrzeug im Sinkflug befindet. Bei einer Wind- oder Wasserturbine arbeitet der Motorgenerator solange als Motor, bis die jeweilige Auslegungsschnelllaufzahl des Rotormoduls erreicht ist.

Wind- und Wasserturbinen

[0026] An dem Durchmesser mit den Stellpositionen wird bei einer Wind- oder Wasserturbine die variable Saugseite des variablen Flügelprofils des Rotorblatts mittels der Verstellvorrichtung in beiden Hälften der Umlaufbahn des Rotormoduls zu der jeweiligen Strömungsrichtung ausgerichtet. Ein erstes Ausführungsbeispiel der Wasserturbine hat an der Wasseroberfläche eines Gewässers mit einer Strömung einen Schwimmkörper, der mittels von mindestens einem Anker und Ankerseilen am Grund des Gewässers verankert ist und einen Motorgenerator mit einer Welle aufnimmt. Unterhalb des Schwimmkörpers ist die Welle mit einem definierten radialen Abstand zu einem oberen und einem unteren Ringträger des Rotormoduls angeordnet und bildet zusammen mit dem oberen und dem unteren Ringträger und mit den Längsträgern der dreiteiligen Rotorblätter ein biege-, schub- und torsionssteifes Rotormodul. Dabei sind die Längsträger für die Aufnahme der Verstellvorrichtungen des variablen Flügelprofils in Längsabschnitte untergliedert und bilden ein Widerlager für die den Längsabschnitten zugeordneten

Verstellvorrichtungen des variablen Flügelprofils. Der Schwimmkörper kann entweder als ein rechteckiges Floß mit PV-Kollektoren an seiner Oberseite oder als eine diskusförmige Scheibe, oder als ein Schwimmring ausgebildet werden. Ein zweites Ausführungsbeispiel für eine Wasserturbine betrifft ein Sturmflutsperrwerk, bei dem zwischen den Pfeilern für verschließbare Tore und einer Brücke Rotormodule mit einer horizontalen Rotationsachse angeordnet sind, die sowohl bei Ebbe als auch bei Flut von der Strömung angetrieben und für die Stromgewinnung genutzt werden.

[0027] Weitere vorteilhafte Ausführungsbeispiele und Eigenschaften der Erfindung gehen aus den Figuren hervor.

[0028] Es zeigen:

Fig. 1 einen Hubschrauber mit vier bügelförmigen Rotorblättern in der perspektivischen Übersicht und im schematischen Querscnitt,

Fig. 2 den Hubschrauber nach **Fig. 1** mit Darstellung der Auftriebskräfte in den unteren und oberen Längsabschnitten der vier bügelförmigen Rotorblätter des Rotormoduls in der Aufsicht,

Fig. 3 einen Hubschrauber mit zwei Rotormodulen mit jeweils vier bügelförmigen Rotorblättern in der perspektivischen Übersicht,

Fig. 4 den Hubschrauber nach **Fig. 3** mit Darstellung der Auftriebskräfte in dem unteren und oberen Längsabschnitt der bügelförmigen Rotorblätter in der Aufsicht,

Fig. 5 den mittleren Längsabschnitt der bügelförmigen Rotorblätter der Hubschrauber nach **Fig. 1-4** mit Darstellung der in Flugrichtung ausgerichteten Schubkräfte in dem schematischen Horizontalschnitt,

Fig. 6 eine schwimmende Wasserturbine, oben in der perspektivischen Ausschnittdarstellung und unten in einem schematischen Querschnitt,

Fig. 7 die strömungsdynamisch bewirkten Kräfte einer Windturbine an zwölf exemplarischen Umlaufpositionen des variablen asymmetrischen Flügelprofils im schematischen Schnitt,

Fig. 8 reduzierte, strömungsdynamisch bewirkte Kräfte einer Windturbine an zwölf exemplarischen Umlaufpositionen des variablen symmetrischen Flügelprofils im schematischen Schnitt,

Fig. 9 stark reduzierte, strömungsdynamisch bewirkte Kräfte einer Windturbine an zwölf exemplarischen Umlaufpositionen des variablen asymmetrischen Flügelprofils in der Betriebsstellung für Sturm,

Fig. 10 ein Rotorblatt an einer für eine voll elektrische Blattverstellung des dreiteiligen Flügelprofils vorgesehenen Stellposition der Umlaufbahn in der perspektivischen Explosionsdarstellung,

Fig. 11 das Rotorblatt nach **Fig. 10** mit der voll elektrischen Verstellvorrichtung für das dreiteilige Flügelprofil, oben an den Stellpositionen der Umlaufbahn, in der Mitte und unten jeweils in einer Hälfte der Umlaufbahn mit einem geänderten Anstellwinkel der Profilsehne im schematischen Querschnitt,

Fig. 12 ein Rotorblatt mit einer von Linearmotoren gebildeten voll elektrischen Verstellvorrichtung für das dreiteilige Flügelprofil, oben mit vertauschten Saugseiten für zwei Sektoren der Umlaufbahn und unten mit einer Darstellung eines Linearmotors im schematischen Längsschnitt,

Fig. 13 ein Rotorblatt mit einer elektromechanischen Verstellvorrichtung für das dreiteilige Flügelprofil, oben in der Übersicht und unten im Detail eines Linearmotors jeweils als Explosionsisometrie,

Fig. 14 ein Rotorblatt mit einer elektromechanischen Verstellvorrichtung mit einem Zylindergesperre für das dreiteilige Flügelprofil, oben an den Stellpositionen der Umlaufbahn, in der Mitte und unten jeweils in einer Hälfte der Umlaufbahn mit getauschten Saugseiten des variablen Flügelprofils im schematischen Querschnitt,

Fig. 15 ein Rotorblatt mit einer elektromechanischen Verstell- und Sperrvorrichtung mit einem Schneckenrad für das dreiteilige Flügelprofil in einer perspektivischen Explosionsdarstellung,

Fig. 16 ein Sturmflutsperrwerk mit einer Wasserturbine im Querschnitt.

[0029] **Fig. 1** zeigt einen Hubschrauber 130 aus der Familie der Drehflügelfahrzeuge 13 mit vier bügelförmigen, in drei Längsabschnitte L1-L3 unterteilten Rotorblättern 1, die jeweils ein dreiteiliges Flügelprofil 21 aufweisen. Die Längsträger 14 der bügelförmigen Rotorblätter 2 werden jeweils von dem mittleren Flügelsegment 212 des variablen Flügelprofils 2 gebildet und bilden ein Widerlager 140 für das an das mittlere Flügelsegment 212 mittels einer Verstellvorrichtung 15 angelenkte vordere Flügelsegment 211 und für das hintere Flügelsegment 213. Wie in **Fig. 2** gezeigt, ist der in Drehrichtung vorauslaufende, untere Längsabschnitt L1 und der in Drehrichtung nachlaufende, obere Längsabschnitt L3 eines Rotorblatts 1 dazu ausgebildet, Auftrieb und Schub in Flugrichtung D zu erzeugen, während der Längsabschnitt L2 dazu ausgebildet ist, den Hubschrauber 130 im Schwebeflug mit einer in im Umkreis von 360

Grad in jede Richtung steuerbaren Schubkraft in seiner jeweiligen Flugposition zu halten. Dabei kann die Schubkraft in den Längsabschnitten L2 der Durchmesser mit den Stellpositionen C1 in jede beliebige Flugrichtung D orientiert werden. Das Rotormodul 10 ist über eine Welle mit einem Triebwerk verbunden und hat eine Rotationsachse y, die von der Hochachse des Hubschraubers gebildet wird und rotiert oberhalb der von dem Rumpf umschlossenen Kabine. Die Drehflügelkinematik der variablen Flügelprofile 2 der Rotorblätter 1 ersetzt eine Taumelscheibe, wobei, wie in **Fig. 2** gezeigt, im Geradeausfug der Durchmesser mit den Stellpositionen C2 in dem unteren und oberen Längsabschnitt L1,L3 des bügelförmigen Rotorblatts 1 in Flugrichtung D ausgerichtet wird, um mit einem jeweils unterschiedlichen Anstellwinkel α, α' der Profilsehne p in der bezüglich der Flugrichtung D linken und rechten Hälfte des Rotormoduls 10 jeweils gleichviel Auftrieb und durch eine Neigung des Rotormoduls 10 Schub in Flugrichtung D zu erzeugen. Der in Drehrichtung vorauslaufende untere Längsabschnitt L1 und der in Drehrichtung nachlaufende, obere Längsabschnitt L3 sind durch den Längsabschnitt L2 vertikal voneinander beabstandet und mit dem Versatzwinkel β mit etwa 10 Grad radial gegeneinander versetzt, wobei der mittlere Längsabschnitt L2 das äußere untere mit dem äußeren oberen Ende der Längsabschnitte L1,L3 schräg verbindet. Mit zwei Lagen von Auftrieb erzeugenden Längsabschnitten L1,L3 der Rotorblätter 1 kann der Hubschrauber 130 mit Vorteil als ein Lastenhubschrauber eingesetzt werden, der im Schwebeflug seine Position stabil halten und aus dem Sand in jede Richtung Schub entwickeln kann.

[0030] Ohne Taumelscheibe zeichnet sich das Rotormodul 10 durch eine hohe Laufruhe aus und ist frei von unerwünschten Vibrationen.

[0031] Fig. 2 zeigt den Hubschrauber 130 nach **Fig. 1** mit einer schematischen Darstellung der Längsabschnitte L1,L3 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 130 wird die resultierende Anströmung von der Drehzahl und der Fluggeschwindigkeit bestimmt, sodass bezüglich der Flugrichtung D in der linken und rechten Hälfte der Umlaufbahn U an den Rotorblättern 1 jeweils unterschiedliche, als gestrichelte Vektoren dargestellte Auftriebskräfte resultieren würden. Durch die in **Fig. 1** beschriebene Blattverstellung an den Stellpositionen C2 der voraus- und nachlaufenden Längsabschnitte L1,L3 der Rotorblätter 1 werden in der linken und rechten Hälfte des Rotormoduls 10 gleiche Auftriebskräfte erzeugt, sodass der Hubschrauber 130 im Geradeausflug eine stabile Fluglage einnimmt.

[0032] In dem Längsabschnitt L2 mit den Stellpositionen C1 des Rotorblatts 1 ist, wie in **Fig. 5** gezeigt, eine Blattverstellung vorgesehen, bei der die Schubkraft im Umkreis von 360 Grad in jede beliebige Flugrichtung 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. Im Steigflug ist die Summe der Auftriebskräfte in beiden Hälften der Umlaufbahn U gleich groß, sodass im Steigflug in den Längsabschnitten L1,L3 des Rotorblatts 1 keine Verstellung der Flügelsegmente 211,213 erforderlich ist.

[0033] Fig. 3 zeigt einen Hubschrauber 130 mit zwei in gegensinniger Drehrichtung um die Rotationsachsen y rotierenden Rotormodulen 10. Das front- und das heckseitige Rotormodul 10 weisen jeweils vier bügelförmige Rotorblätter 1 auf, die in einen unteren in Drehrichtung vorauslaufenden Längsabschnitt L1 und einen oberen in Drehrichtung nachlaufenden Längsabschnitt L3 sowie in einen den oberen und den unteren Längsabschnitt L1,L3 miteinander verbindenden, in Drehrichtung schräg gestellten Längsabschnitt L2 untergliedert sind und ein durchgängiges, von dem mittleren Flügelsegment 212 gebildetes Tragprofil 14 aufweisen. Wie in **Fig. 1** erläutert, ist der Durchmesser mit den Stellpositionen C2 in Flugrichtung ausgerichtet, sodass durch eine Änderung des Anstellwinkels α,α' der Profilsehnen p des variablen Flügelprofils 2 im Geradeausflug des Hubschraubers 130 die Rotormodule 10 jeweils steuer- und backbordseitig gleiche Auftriebskräfte erzeugen, wobei das vordere und das hintere Rotormodul 10 in Flugrichtung D geneigt sind. Der Versatzwinkel β zwischen dem unteren Längsabschnitt L1 und dem oberen Längsabschnitt L3 bewirkt eine optimale Anströmung der vier Rotorblätter 1 des Rotormoduls 10. In dem parallel zu den Rotationsachsen y des Hubschraubers 130 ausgerichteten Längsabschnitten L2 der bügelförmigen Rotorblätter 1 wird der Durchmesser mit den Stellpositionen C1, wie in **Fig. 5** gezeigt, quer zur Flugrichtung D ausgerichtet, sodass die Saugseiten (-) des variablen Flügelprofils 2 in dem Längsabschnitt L2 der Rotorblätter 1 Schub in Flugrichtung D erzeugen. Das hier vorgeschlagene Hubschraubermodul hat den Vorteil, dass die Rotormodule 10 an Bug und Heck, nicht wie bisher üblich, in der Höhe versetzt gegeneinander, sondern bezogen auf den Abstand zur Längsachse auf einer Höhe angeordnet werden können, da sich die Umlaufbahnen U nicht überschneiden. Die zweilagige Anordnung der radialen Längsabschnitte L1,L3 bewirkt eine signifikant große Flügeloberfläche, die hohe Auftriebskräfte erzeugen kann, sodass der Hubschrauber 130 insbesondere als ein Lastenhubschrauber geeignet ist. Der gleitende Übergang des Anstellwinkels α,α' an den Stellpositionen C1 und C2 bewirkt einen leisen Rotorlauf und vermeidet auf die gesamte Struktur übertragene Vibrationen im Ver-

gleich zu dem bisher üblichen abrupten Wechsel des Anstellwinkels α, α' mittels einer Taumelscheibe des Rotors. Aus einer angenommenen Blattgeschwindigkeit von 800 km/h für den mittleren Längsabschnitt L2 des bügelförmigen Rotorblatts 1 mit einem Radius r1 von 5m resultieren 440 Umdrehungen des Rotormoduls 10 pro Minute und eine Frequenz von 20 hz für die Verstellvorrichtung des Rotorblatts 1 in dem Längsabschnitt L2. Die in **Fig. 10-13** gezeigten elektromotorischen Verstellvorrichtungen erfüllen diese Anforderung.

[0034] Fig. 4 zeigt den Hubschrauber 130 nach **Fig. 3** in einer Aufsicht der Doppelrotoren mit vektorieller Darstellung der strömungsdynamisch bewirkten Kräfte an einem Rotormodul 10 in den Längsabschnitten L1,L3 der bügelförmigen Rotorblätter 1 und mit Detailschnitten des variablen asymmetrischen Flügelprofils 2 jeweils für die, bezogen auf die Flugrichtung D, rechte und linke Hälfte der Umlaufbahn U. Im Geradeausflug des Hubschraubers 130 setzt sich die resultierende Anströmung aus der Drehzahl und der Fluggeschwindigkeit zusammen, sodass bezüglich der Flugrichtung D in der linken und rechten Hälfte der Umlaufbahn U an den Rotorblättern 1 jeweils unterschiedliche Auftriebskräfte resultieren, die an dem in Flugrichtung D orientierten Durchmesser mit den Stellpositionen C2 dadurch ausgeglichen werden, dass sich der Anstellwinkel α,α' der Profilsehne p in einem Umlauf des Rotorblatts 1 zweimal ändert und deshalb in den steuer- und backbordseitigen Hälften der beiden Rotormodule 10 jeweils eine gleich große Auftriebskraft bewirkt wird. In dem Längsabschnitt L2 des Rotorblatts 1 ist, wie in **Fig. 5** gezeigt, eine Blattverstellung vorgesehen, bei der die Schubkraft im Umkreis von 360 Grad in jede beliebige Flugrichtung 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. Im Steigflug ist die Summe der Auftriebskräfte in beiden Hälften der Umlaufbahn U gleich groß, sodass im Steigflug in den Längsabschnitten L1,L3 des Rotorblatts 1 keine Verstellung der Anstellwinkel α,α' der Profilsehne p erforderlich ist.

[0035] Fig. 5 zeigt den Geradeausflug des Hubschraubers nach **Fig. 1-4** in einem schematischen Horizontalschnitt des Längsabschnitt L2. Der Durchmesser mit den Umlaufpositionen I-XII kann in dem Längsabschnitt L2 jede beliebige Stellung von zwei einander gegenüber liegenden Stellpositionen C1 der Umlaufbahn U ausgerichtet werden. Während die Rotorblätter 1 in den Längsabschnitten L1,L3 Auftrieb bewirken, wie in **Fig. 2** bis **Fig. 4** gezeigt, dient der Längsabschnitt L2 der Erzeugung einer Schubkraft, die im Umkreis von 360 Grad in jede beliebige Flugrichtung D gelenkt werden kann. Bei Windstille ist im Standflug die Verstellvorrichtung 15 der Rotorblätter 1 in den Längsabschnitten L2 abgeschaltet, sodass sich die von den variablen asymmetrischen Flügelprofilen 2 bewirkten Schubkräfte gegenseitig aufheben. Mittels der Verstellvorrichtung 15 der Rotorblätter 1 ist der Hubschrauber 130 sehr gut steuerbar und kann auch bei starkem Seitenwind seine Flugposition sehr genau einhalten, und wie hier dargestellt aus dem Stand in Flugrichtung D beschleunigen, was auch für Start und Landung von besonderem Vorteil ist.

[0036] Fig. 6 zeigt eine schwimmende Wasserturbine 12, die am Grund eines Gewässers mit einer Strömung F verankert ist und an der Wasseroberfläche einen diskusförmigen Schwimmkörper 120 aufweist, der mittels eines Ankers 121 und mittels von Ankerseilen am Grund des Gewässers verankert ist. Ein Gehäuse des Motorgenerators ist starr mit dem diskusförmigen Schwimmkörper 120 verbunden. Die Welle des Motorgenerators weist ein oberes und ein unteres, wasserdichtes Kegelrollenlager auf und ist an dem Schwimmkörper 120 eingespannt und mittels von zwei vertikal voneinander beabstandeten Scharen von radialen Messerspeichen mit einem Rotormodul 10 torsionssteif verbunden. Das Rotormodul 10 rotiert auf einer kreisförmigen Umlaufbahn U mit dem Radius r1 um die Rotationsachse y und hat sechs Rotorblätter 1, deren Längsträger 14 jeweils mit einem oberen und einen unteren Ringträger 122 des getauchten Rotormoduls 10 verbunden sind. Für die Aufnahme der Verstellvorrichtungen 15 des variablen Flügelprofils 2 sind die Längsträgern 14 der dreiteiligen Flügelprofile 21 in fünf Längsabschnitte L1-L5 untergliedert und bilden ein Widerlager 140 und ein Gehäuse für die den Längsabschnitten L1-L5 zugeordneten Verstellvorrichtungen 15. Mit nicht näher bezeichneten Ankerseilen für den Anker 121 und mit Gelenken an dem in der Strömung F verankerten diskusförmigen Schwimmkörper 120 ist die Wasserturbine 12 in dem Fließgewässer so verankert, dass sie unterschiedlichen Wasserständen folgen kann.

[0037] Fig. 7 zeigt zwölf unterschiedliche Umlaufpositionen I-XII des variablen asymmetrischen Flügelprofils 2 für Wind- und Wasserturbinen 11,12 auf der durch den Radius r2 definierten kreisförmigen Umlaufbahn U. Bezogen auf die Richtung der Strömung F ist die Saugseite (-) des variablen asymmetrischen Flügelprofils 2 im luvseitigen Umlauf zur Innenseite der Umlaufbahn U und im leeseitigen Umlauf zur Außenseite der Umlaufbahn U ausgerichtet, sodass das variable Flügelprofil 2 im Fall einer Windturbine 11 als Clark-YM-15-Profil bei Windstärken 3-6 eine durch Pfeile in Drehrichtung gekennzeichnete tangentiale Antriebskraft bewirkt. An dem Durchmesser mit den Stellpositionen C1 wechselt die Saugseite (-) des variablen Flügelprofils 2 von der Außenseite auf die Innenseite der Umlaufban U und umgekehrt, wobei das variable Flügelprofil 2

jeweils in einer Übergangsstellung ein symmetrisches Flügelprofil 2 aufweist. Im luv- und leeseitigen Umlauf bewirkt deshalb die resultierende Anströmung als Vektorsumme aus der Strömungsgeschwindigkeit und der Umlaufgeschwindigkeit des Rotormoduls 10 eine in Drehrichtung geneigte Auftriebskraft, die bei dem asymmetrischen Flügelprofil 2 etwa um ein Drittel größer ist als bei dem in **Fig. 8** betrachteten symmetrischen Flügelprofil 2. Daraus folgt ein wesentlich verbesserter Wirkungsgrad der Drehflügelturbine, die als Wind- oder Wasserturbine 11,12 ausgebildet werden kann, gegenüber einem herkömmlichen Darrieus-Rotor. Bei einer großen Windturbine 11 mit einem Rotordurchmesser von zweihundert Metern beträgt die Umlaufzeit des Rotorblatts 1 mehr als eine Minute, sodass an den Stellpositionen C1 genügend Zeit für die Blattverstellung zur Verfügung steht. Im Unterschied zu einem Darrieus-Rotor, bei dem an den Stellpositionen C1 ein schlagartiger Lastwechsel von Nachteil ist und die Struktur der Windturbine 11 extrem beansprucht, baut die hier beschriebene allmähliche Blattverstellung an den Stellpositionen C1 aerodynamisch bewirkte Lastspitzen ab, sodass die Struktur der Windturbine 11 entlastet wird.

[0038] Fig. 8 zeigt zwölf unterschiedliche Umlaufpositionen I-XII des variablen symmetrischen Flügelprofils 2 der Rotorblätter 1 für die in **Fig. 7** dargestellten Wind- und Wasserturbinen 11,12 mit einem variablen symmetrischen Flügelprofil 2. Für die in **Fig. 7** bezeichnete Windturbine 11 ist diese einheitliche Rotorblattstellung für die Windstärken 6-9 nach der Beaufort-Skala vorgesehen, um eine um ein Drittel reduzierte Auftriebskraft für den Betrieb der Windturbine bei Sturm zu nutzen. Im Vergleich zu den in **Fig. 7** dargestellten Flügelstellungen der Rotorblätter 1 bewirkt das variable Flügelprofils 2 als ein symmetrisches Flügelprofil 2 eine geringere Auftriebskraft und eine daraus resultierende reduzierte tangentiale Antriebskraft.

[0039] Fig. 9 zeigt zwölf unterschiedliche Umlaufpositionen I-XII des variablen asymmetrischen Flügelprofils 2 der Rotorblätter 1 für die in **Fig. 7** und **Fig. 8** dargestellten Drehflügelturbinen. Das variable asymmetrische Flügelprofil 2 der in **Fig. 7** dargestellten Windturbine 11 zeigt hier gegenüber der in **Fig. 7** beschriebenen Orientierung der Saugseiten (-) des variablen asymmetrischen Flügelprofils 2 eine inverse Stellung. Bezogen auf die Richtung der Strömung F ist die Saugseite (-) des asymmetrischen Flügelprofils 2 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 2 mit Ausnahme der Stellpositionen C1 bei extremen Windstärken 9-12 nach der Beaufort-Skala an den Umlaufpositionen V-VIII und X-I eine reduzierte tangentiale Antriebskraft bewirkt, der auf den Umlaufpositionen III,IV und IX ein entgegen der Drehrichtung wirkender tangentialer Widerstand entgegen steht. Da die tangentiale Antriebskraft jedoch überwiegt, dreht sich die Windturbine 11 auch bei Orkan und selbst bei einem Hurrikan entsprechend der Saffir-Simpson-Hurrikanskala und wandelt einen Teil der kinetischen Energie des Sturms in eine Drehbewegung um, was gegenüber einem Stillstand der Windturbine 11 einen Vorteil bedeutet.

[0040] Fig. 10 zeigt in einer perspektivischen Explosionsdarstellung ein Rotorblatt 1 mit einem an den Stellpositionen C1 symmetrischen variablen Flügelprofil 2 mit Bezug zu **Fig. 7-9** als ein dreiteiliges Flügelprofil 21 an den Stellpositionen C1 eines zur Strömung F ausrichtbaren Durchmessers der Umlaufbahn U einer Wind- oder Wasserturbine 11,12. Mit Bezug zu **Fig. 5** werden bei einem Drehflügelfahrzeug 13 die Saugseiten (-) des variablen Flügelprofils 2 in beiden Hälften der Umlaufbahn U jeweils in Fahrtrichtung D ausgerichtet. In beiden Fällen weist das variable Flügelprofil 2 an den Stellpositionen C1 jeweils temporär ein symmetrisches Flügelprofil 2 auf, das spiegelsymmetrisch zu der Profilsehne p und einer Tangente an der Umlaufbahn U mit dem Radius r1 ausgerichtet ist. Das Rotorblatt 1 ist aus drei in sich starren extrudierten Hohlprofilen 141 aufgebaut, die aus einem vorderen Flügelsegment 211 mit einer Flügelnase n, einem mittleren Flügelsegment 212 im Bereich der maximalen Profildicke q und einem hinteren Flügelsegment 213 mit einer Flügelhinterkante e bestehen. Das mittlere Flügelsegment 212 weist einen Längsträger 14 auf und bildet ein Widerlager 140 für eine Verstellvorrichtung 15 mittels einer paarweisen Anordnung von Elektromotoren die als Steller 150 und als Halteelemente 151 wirken. Das vordere und das hintere Flügelsegment 211,213 sind jeweils an das mittlere, von einem extrudierten Hohlprofil 141 gebildeten Flügelsegment 212 angelenkt. Das mittlere Flügelsegment 212 bildet ein Gehäuse für zwei Statoren 161 mit Blechpaketen 162 mit einer gegensinnigen Erregerwicklung und stellt mit einem beidseitigen Luftspalt a eine berührungslose elektrische Verbindung zu dem von alternierend gepolten Permanentmagneten 163 gebildeten Läufer 160 eines sektional wirksamen Schrittmotors 164 her. Wie in **Fig. 11** näher erläutert, erfolgt das Ein- und Ausdrehen des vorderen und des hinteren Flügelsegments 211,213 um die Drehachsen z durch Umpolung der gegensinnigen Erregerwicklungen 162 an den beiden Blechpaketen des Stators 161. Die Läufer 160 bilden mit den Permanentmagneten 163 ein Gegengewicht 216 zu dem vorderen und hinteren Flügelsegment 211,213, sodass bei Rotation ein Kräftegleichgewicht herrscht. Bei einem Rotormodul mit einem Durchmesser von 3 Meter und 800 Umdrehungen pro Minute ergeben sich 20 Lastwechsel pro Sekunde, die mit dieser vollelektrischen Verstellvorrichtung 15 in 3.2 Millisekunden realisierbar sind.

[0041] **Fig. 11** zeigt das Rotorblatt 1 nach **Fig. 10** in drei schematischen Querschnitten, oben an den Stellpositionen C1 eines quer zur Fahrtrichtung D ausrichtbaren Durchmessers der Umlaufbahn U mit dem Radius r1, wie in **Fig. 5** gezeigt. In den schematischen Querschnitten des variablen Flügelprofils 2 in der Mitte und unten sind die Saugseiten (-) in beiden Hälften der Umlaufbahn U jeweils zu der Innen- und Außenseite der Umlaufbahn U ausrichtbar. An den Stellpositionen C1 ist das variable, dreiteilige Flügelprofil 21 als ein symmetrisches Flügelprofil ausgebildet, das spiegelsymmetrisch zu der Profilsehne p und einer Tangente an der Umlaufbahn U mit dem Radius r1 ausgerichtet ist. Das Rotorblatt 1 ist aus drei in sich starren extrudierten Hohlprofilen 141 aufgebaut, die ein vorderes Flügelsegment 211 mit einer Flügelnase n, ein mittleren Flügelsegment 212 im Bereich der maximalen Profildicke q für die Aufnahme der Statoren 161 und ein hinteres Flügelsegment 213 mit einer Flügelhinterkante e aufweisen. Das mittlere Flügelsegment 212 ist als Längsträger 14 des Rotorblatts 1 ausgebildet und bildet das Widerlager 140 für die von radialen Schrittmotoren 164 gebildete Verstellvorrichtung 15. Haarfugen 210 zwischen den Flügelsegmenten 211-213 ermöglichen die laminare Umströmung des variablen Flügelprofils 2 in jeder Betriebsstellung. Die Verstellvorrichtung 15 bewirkt dabei, dass die an den Stellpositionen C1 tangential zur Umlaufbahn U ausgerichtete Profilsehne p in der luv- und leeseitigen Hälfte der Umlaufbahn U jeweils einen positiven Anstellwinkel α,α' von zwei bis drei Grad gegenüber einer Tangente an der Umlaufbahn U einnimmt.

[0042] **Fig. 12** zeigt ein Rotorblatt 1 mit einem dreiteiligen Flügelprofil 21 und mit einer Verstellvorrichtung 15, die von zwei in das mittlere Flügelsegment 212 des Rotorblatts 1 integrierten Linearmotoren 165 gebildet wird. Ein Hebelarm 215 des vorderen und des hinteren Flügelsegments 211,213 ist mit dem Radius r2 an den Scharnieren 214 mit den Drehachsen z des mittleren Flügelsegments 212 angelenkt und mit den Läufern 160 der Linearmotoren 165 verbunden. Mittels einer nicht näher dargestellten Steuerungseinheit 17 wechselt die Saugseite (-) des variablen Flügelprofils 2, wie in **Fig. 5** dargestellt, jeweils an den Stellpositionen C1 eines im Vollwinkel frei einstellbaren Durchmessers der Umlaufbahn U zweimal die Orientierung von der Innenseite zur Außenseite der Umlaufbahn U. Die Stellfunktion der von den beiden Läufern 160 gebildeten Steller 150 wird durch Anlegen einer elektrischen Spannung aktiviert, wobei alternierend gepolte Permanentmagnete 163 mit umpolbaren Erregerwicklungen 162 der Statoren 161 interagieren, sodass mittels einer oszillierenden Linearbewegung der Neigungswinkel α,α' der Profilsehne p des Rotorblatts 1 eines Hubschraubers 213, wie in **Fig. 5** gezeigt, innerhalb einer Sekunde 15 mal verstellt werden kann. Dies gilt für ein Rotormodul 10 des Hubschraubers 130 mit etwa zehn Meter Durchmesser bei einer Umlaufgeschwindigkeit von 800 km/h. Jeder Läufer 160 weist zwei Zungen jeweils mit einer Mehrzahl alternierend gepolter Permanentmagnete 163 auf, die in schlitzförmige Taschen des Stators 161 eingreifen. Durch den beidseitigen Luftspalt a zwischen Läufer 160 und Stator 161 der beiden Linearmotoren 165 wird eine berührungslose elektrische Verbindung zwischen den Flügelsegmenten 212-213 hergestellt.

[0043] **Fig. 13** zeigt elektromagnetische Verstellvorrichtungen 15 exemplarisch für einen Längsabschnitt L1-Ln des Rotorblatts 1, oben an einer Stellposition C1 mit dem variablen symmetrischen Flügelprofil 2. Die Scharniere 214 sind jeweils konzentrisch und koaxial zu den Drehachsen z für das vordere Blattsegment 211 und das hintere Blattsegment 213 angeordnet und dienen als Kabelkanäle für die Stromversorgung der beiden jeweils von einem Schieber 217 gebildeten Steller 150. Bei der oben dargestellten einfachen Ausführung bildet eine Eisenhülse oder ein radiales Blechpaket des Scharniers 214 den Stator 161 mit einer Erregerwicklung 162 für den von einem Schieber 217 gebildeten Steller 150. Durch Umpolung der Erregerwicklung 162 an der Eisenhülse, wie oben gezeigt, oder an radialen Blechpaketen des Scharniers 214, wie an dem Linearmotor 165 unten gezeigt führt der Schieber 217 eine oszillierende Bewegung mit einer Frequenz von 20-30 Hz auf einem hohlen Scharnierbolzen aus, wobei Gewindeabschnitte des Läufers 160 mit Gewindeabschnitten des vorderen und hinteren Blattsegments 211,213 ineinandergreifen und die Drehbewegung mit gegensinniger Drehrichtung an dem vorderen und hinteren Blattsegment 211,213, bewirken. Luftlager zwischen den Gewindeabschnitten der Scharniere 214 sowie zwischen dem Läufer 160 und dem Stator 161 halten die Reibungskräfte gering und werden durch das Hohlprofil 141 der Scharniere 214 mit Druckluft versorgt. Bei dem oben gezeigten Ausführungsbeispiel ist das elektromagnetisch induzierte Feld parallel zu den Drehachsen z ausgerichtet, während bei dem unten dargestellten Linearmotor 165 eine Vielzahl von Erregerwicklungen 162 des Stators 161 jeweils radial zu den Drehachsen z der Blattsegmente 211,213 ausgerichtet sind, und der konzentrisch und koaxial zu den Scharnieren 214 angeordnete Läufer 160 eine Vielzahl korrespondierender Permanentmagnete 163 aufweist. Der Linearmotor 165 erlaubt eine exakte Positionierung des als Läufer 160 des Linearmotors 165 ausgebildeten Schiebers 217, sodass der Anstellwinkel α,α' für die Blattsegmente 211,213 sehr exakt eingestellt und variiert werden kann. Die Verstellvorrichtung 15 mit der Stell- und Haltefunktion ist dazu ausgebildet, beträchtliche aerodynamisch bewirkte Sogkräfte sowie Zentrifugalkräfte aufzunehmen, wobei das vordere und das hintere Flügelsegment 211,213 in jedem Längsabschnitt

L1-Ln des Rotorblatts 1 individuell verstellbar und arretierbar sind.

[0044] Fig. 14 oben zeigt ein Rotorblatt 1, bei dem der Steller 150 einen Elektromotor 16 aufweist, dessen Drehachse z' an den Stellpositionen C1 parallel zu der Profilsehne p des variablen symmetrischen Flügelprofils 2 ausgerichtet ist und bei dem das Halteelement 151 der Verstellvorrichtung 15 ein Zylindergesperre 152 aufweist. In der Mitte und unten ist das variable asymmetrische Flügelprofil 2 mit getauschten Saugseiten (-) dargestellt. Das vordere Flügelsegment 211 und das hintere Flügelsegment 213 ist jeweils an eine Drehachse z des mittleren Flügelsegments 212 angelenkt und wird mit einem von dem Elektromotor 16 angetriebenen Kegelradgetriebe derart verstellt, dass sich das vordere und das hintere Flügelsegment 211,213 an den Stellpositionen C1 jeweils mit gegensinniger Drehrichtung zur Innen- oder zur Außenseite der Umlaufbahn U ein- oder ausdrehen, wobei sich die Drehrichtung des Elektromotors 16 in einem Umlauf des Rotorblatts 1 an den Stellpositionen C1 zweimal ändert. Die perspektivische Explosionsdarstellung zeigt die Verstellvorrichtung 15 für einen Bereich innerhalb eines Längsabschnitts des Rotorblatts 1 mit Flügelsegmenten 211-213, die als Hohlprofile 141 jeweils z.B. als Aluminiumstrang-Pressprofile mit nicht näher bezeichneten Schraubkanälen zur Verbindung der einzelnen Teile des Rotorblatts 1 hergestellt werden können. Das hier dargestellte Schritt-Rast-Getriebe mit Zylindergesperren 152 benötigt für die Beibehaltung des variablen asymmetrischen Flügelprofils 2 mit getauschten Saugseiten (-) in den beiden Hälften der Umlaufbahn U keinen zusätzlichen Energieaufwand, sodass von dem Elektromotor 16 nur vergleichsweise geringe Verstellkräfte aufzubringen sind, da sich das variable Flügelprofil 2 an den Stellpositionen C1 wie in **Fig. 5** und **Fig. 7-9** gezeigt in einer Fahnenstellung befindet.

[0045] Fig. 15 zeigt ein Rotorblatt 1, bei dem der Steller 150 einen Elektromotor 16 und das Halteelement 151 ein Schneckenrad aufweist, in einer perspektivischen Explosionsdarstellung eines Abschnitts des Rotorblatts 1 an den Stellpositionen C1 der Umlaufbahn U, wie in **Fig. 7-9** gezeigt. Das Rotorblatt 1 entspricht in seinem Aufbau im Wesentlichen dem in **Fig. 14** ausführlich erläuterten Ausführungsbeispiel. Im Unterschied zu **Fig. 14** weist das Schritt-Rast-Getriebe hier einen Elektromotor 16 auf dessen Drehachse z' parallel zu den Drehachsen z des vorderen und des hinteren Flügelsegments 211,213 ausgerichtet ist und dessen Sperrvorrichtung von einem nicht näher bezeichneten Schneckenrad gebildet wird, das an den Stellpositionen C1 die Verstellkraft mittels von Kegelrädern auf das vordere und das hintere Flügelsegment 211,213 überträgt, wobei das mittlere Flügelsegment 212 ein Widerlager 140 für das Schneckenrad des Elektromotors 16 bildet und in einem Umlauf des Rotorblatts 1 die Drehrichtung des Elektromotors 16 zweimal wechselt.

[0046] Fig. 16 zeigt ein Sturmflut-Sperrwerk, wie es z.B. an der Oosterschelde errichtet ist, in einer schematischen Schnittansicht. Das Querbauwerk besteht aus Pfeilern und Brückenelementen sowie einem A-förmigen Gründungskörper, der auf Seiten der Oosterschelde rampenartig ansteigt und auf Seiten der Nordsee eine Stufe aufweist. Bei Ebbe strömt das Wasser der Oosterschelde mit einer hohen Strömungsgeschwindigkeit durch eine Engstelle zwischen dem A-förmigen Gründungskörper und einem oberen Längsträger des Sperrwerks. Zwischen den Pfeilern des Sperrwerks spannen etwa 30m lange trommelförmige Rotormodule 10 mit einem Durchmesser von etwa 10m, die im Abstand von 4m durch scheibenförmige Querträger ausgesteift sind. Insgesamt sechs Rotorblätter 1 mit einem dreiteiligen Flügelprofil 21 verbinden die scheibenförmigen Querträger untereinander, sodass eine biege-, schub- und torsionssteife Rotortrommel gebildet wird, deren Welle an einem wasserdichten Lager des Sperrwerks verankert und mit einem Motorgenerator im Inneren der Pfeiler verbunden ist. An dem Durchmesser mit den Stellpositionen C1 wechselt die Saugseite eines Rotorblatts 1 in einem Umlauf jeweils zweimal von der Innenseite auf die Außenseite der Umlaufbahn U. Die Rotorblätter haben eine Sehnenlänge von 2 m und eine Profildicke von 0,4 m.

Bezugszeichenliste

1	Rotorblatt
10	Rotormodul
11	Windturbine
12	Wasserturbine
120	Schwimmkörper
121	Anker
122	Ringträger
13	Drehflügelfahrzeug
130	Hubschrauber
14	Längsträger
140	Widerlager
141	Hohlprofil
15	Verstellvorrichtung
150	Steller
151	Halteelement
152	Zylindergesperre
16	Elektromotor

160	Läufer
161	Stator
162	Erregerwicklung
163	Permanentmagnet
164	Schrittmotor
165	Linearmotor
17	Steuerungseinheit
(-)	Saugseite
I-XII	Umlaufpositionen
2	Variables Flügelprofil
α, α'	Anstellwinkel
β	Versatzwinkel
a	Luftspalt
C1, C2	Stellpositionen
F	Strömung
D	Flugrichtung
L1–Ln	Längsabschnitt
n	Flügelnase
p	Profilsehne
q	Profildicke
r1, r2	Radius
U	Umlaufbahn
x	Längsachse
y	Rotationsachse
z, z'	Drehachse
21	Dreiteiliges Flügelprofil
210	Haarfuge
211	Vorderes Flügelsegment
212	Mittleres Flügelsegment
213	Hinteres Flügelsegment
214	Scharnier
215	Hebelarm
216	Gegengewicht
217	Schieber

Patentansprüche

1. Rotorblatt (1),bei dem ein vorderes und ein hinteres Flügelsegment (211,213) an zwei Scharnieren (214) mit Drehachsen (z) an ein mittleres Flügelsegment (212), angelenkt sind und ein variables, dreiteiliges Flügelprofil (2) für mindestens ein aus einer Mehrzahl von Rotorblättern (1) aufgebautes Rotormodul (10) einer Wind- oder Wasserturbine (11,12) mit einem Motorgenerator oder für ein als Hubschrauber (130) ausbildbares Drehflügelfahrzeug (13) mit einem Triebwerk bilden, welches Rotorblatt (1) gerade, bügelförmig oder polygonzugförmig ausgebildet ist und einen von dem mittleren Flügelsegment (212) gebildeten Längsträger (14) aufweist, der in mindestens einem Längsabschnitt (L1-Ln) des Rotorblatts (1) eine Verstellvorrichtung (15) aufnimmt und ein Gehäuse und ein Widerlager (140) für Steller (150) mit einer Stell- und Haltefunktion bildet, die auf einem Durchmesser der Umlaufbahn (U) mit dem Radius (r1) an einander gegenüberliegenden und im Vollwinkel frei einstellbaren Stellpositionen (C1) derart betätigt werden, dass die Saugseite (-) in einem Umlauf des Rotorblatts (1) zweimal von der Außen- auf die Innenseite der Umlaufbahn (U) wechselt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verstellvorrichtungen (15) für die drehbaren vorderen und hinteren Flügelsegmente (211,213) von Elektromotoren jeweils mit Läufer (160) und Stator (161) gebildet werden, wobei das mittlere Flügelsegment (212) starr mit dem Stator (161) verbunden ist und das Widerlager (140) für den Läufern (160) zugeordnete Steller (150) bildet, die die drehbaren vorderen und hinteren Flügelsegmente (211,213) betätigen, und wobei im Fall der Wasserturbine (12) ein Schritt-Rastgetriebe mit einem Halteelement (151) zwischen dem Läufer (160) und dem Steller (150) angeordnet ist.

2. Rotorblatt (1) nach Anspruch 1, bei dem das variable Flügelprofil (2) ein dreiteiliges Flügelprofil (21) mit einer variablen Saugseite (-) und einer sich zwischen einer Flügelnase (n) und einer Flügelhinterkante (e) ersteckenden Profilsehne (p) mit einem variablen Anstellwinkel (α, α') aufweist, und bei dem die Elektromotoren in den über die gesamte Länge des Rotorblatts (1) durchlaufenden Längsträger (14) integriert, und mit einer Stell- und Haltefunktion dazu ausgebildet sind, in einem Umlauf des Rotorblatts (1), an den einander gegenüber liegenden Stellpositionen (C1) des im Vollwinkel frei einstellbaren Durchmessers der Umlaufbahn (U) den Anstellwinkel (α,α') der Profilsehne (p) des variablen Flügelprofils (2) jeweils zweimal zu ändern, wobei die geänderten Anstellwinkel (α,α') der Profilsehne (p) des variablen Flügelprofils (2) mittels der von den Permanentmagneten (163) der Läufer (160) gebildeten Halteelemente (151) jeweils in beiden Hälften der Umlaufbahn (U) beibehalten werden.

3. Rotorblatt (1) nach einem der vorausgehenden Ansprüche, bei dem Haarfugen (210) zwischen dem vorderen Flügelsegment (211) mit der Flügelnase (n) und dem mittleren im Bereich der maximalen Profildicke (q) des Längsträger (14) des Rotorblatts (1) angeordneten Flügelsegment (212) und dem hinteren Flügelsegment (213) mit der Flügelhinterkante (e) ausgebildet sind und das vordere

und das hintere Flügelsegment (211,213) mittels der von den Elektromotoren gebildeten Verstellvorrichtung (15) jeweils an den Stellpositionen (C1) in den Drehachsen (z) mit gegensinniger Drehrichtung um maximal 7 Grad gegenüber dem mittleren, von dem Längsträger (14) gebildeten Flügelsegment (212) gedreht werden.

4. Rotorblatt (1) nach einem der vorausgehenden Ansprüche, bei dem der Durchmesser mit den Stellpositionen (C1) die Umlaufbahn (U) in zwei Hälften unterteilt und die Saugseiten (-) des variablen Flügelprofils (2) mittels von Halteelementen (151) der Verstellvorrichtung (15) in einer ersten Hälfte der Umlaufbahn (U) an der Außenseite und in einer zweiten Hälfte an der Innenseite der Umlaufbahn (U) festgehalten werden, wobei das variable Flügelprofil (2) an dem Durchmesser mit den Stellpositionen (C1) temporär ein symmetrisches Flügelprofil (2) aufweist, dessen Profilsehne (p) tangential zu der kreisförmigen Umlaufbahn (U) des Rotormoduls (10) ausgerichtet ist und die Profilsehne (p) durch Ein- und Ausdrehen des vorderen und hinteren Flügelsegments (211,213), jeweils mit gegensinniger Drehrichtung, in beiden Hälften der Umlaufbahn (U) einen positiven Anstellwinkel (α,α') gegenüber einer Tangente an der Umlaufbahn (U) aufweist und der Längsträger (14) des mittleren Flügelsegments (212) als ein kastenförmiges Hohlprofil (141) ausgebildet ist, dessen auf der Umlaufbahn (U) einander gegenüberliegenden Flansche einen Teil der Oberfläche des variablen Flügelprofils (2) bilden und eine Vielzahl von Hohlprofilen (141) an Knotenpunkten mit queraussteifenden Ringträgern (122) verbunden ist, sodass ein selbsttragendes, in sich biege-, schub- und torsionssteifes Rotormodul (10) gebildet wird.

5. Rotorblatt (1) nach einem der vorausgehenden Ansprüche, bei dem das vordere und das hintere Flügelsegment (211,213) des Rotorblatts (1) jeweils einen Hebelarm (215) mit einem Gegengewicht (216) aufweisen, der in das von dem Längsträger (14) gebildete mittlere Flügelsegment (212) hineinragt und die Gegengewichte (216) mit einem Radius (r2) an den Drehachsen (z) der Scharniere (214) des mittleren Flügelsegments (212) angelenkt sind, sodass an dem rotierenden Rotormodul (10) zentrifugale Kräfte des vorderen und des hinteren Flügelsegments (211,213) ausbalanciert werden.

6. Rotorblatt (1) nach einem der vorausgehenden Ansprüche, bei dem eine vollelektrische Verstellvorrichtung (15) für das variable Flügelprofil (2) von zwei in das mittlere Flügelsegment (212) integrierten und auf der Umlaufbahn (U) einander der Länge nach gegenüberliegenden und parallel zueinander angeordnete Linearmotoren (165) gebildet wird, die jeweils mit einem Hebelarm (215) an die Drehachsen (z) des vorderen und des hinteren Flügelsegments (211,212) angelenkt sind.

7. Rotorblatt (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die vollelektrische Verstellvorrichtung (15) für das variable Flügelprofil (2) des Rotorblatts (1), sektional wirksame Schrittmotoren (164) aufweist, die in das von dem Längsträger (14) gebildete mittlere Flügelsegment (212) so integriert sind, dass der Längsträger (14) in jedem Längsabschnitt (L1-Ln) ein Widerlager (140) für einen Stator (161) bildet, der zwei auf der Umlaufbahn (U) einander gegenüber liegende Blechpakete mit gegensinnigen Erregerwicklungen (162) besitzt und zusammen mit alternierend gepolten Permanentmagneten (163) der Läufer (161) des vorderen und hinteren Flügelsegments (211,213) den sektional wirksamen Schrittmotor (164) bildet, wobei die Permanentmagnete (163) mit einem um die Drehachsen (z) drehbaren Hebelarm (215) verbunden sind und Gegengewichte (216) für das vordere und das hintere Flügelsegment (211,213) des Rotorblatts (1) bilden, sodass mit einem beidseitigen Luftspalt (a) zwischen dem Stator (160) und den Permanetmagneten (163) des Läufers (161) eine direkte, berührungslose elektrische Verbindung zwischen dem mittleren Flügelsegment (212) und den vorderen und hinteren Flügelsegmenten (211,213) hergestellt wird und durch Umpolung der gegensinnigen Erregerwicklungen (162) des Stators (161) das elektrische Ein- und das Ausdrehen des vorderen und des hinteren Flügelsegments (211,213) jeweils mit gegensinniger Drehrichtung simultan bewirkt wird.

8. Rotorblatt (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, mit einer elektromechanischen Verstellvorrichtung (15) für das variable Flügelprofil (2) des Rotorblatts (1), bei dem für das Ein- und Ausdrehen des vorderen und des hinteren Flügelsegments (211,213) jeder Längsabschnitt (L1-Ln) einen von dem Elektromotor (16) gebildeten Steller (150) mit einem Schritt-Rastgetriebe als Halteelement (151) und mit einer koaxial und konzentrisch zu der Längsachse (x) des Rotorblatts (1) angeordneten Welle mit Zylindergesperren (152) für die Arretierung des vorderen und des hinteren Flügelsegments (211,213) in den beiden Hälften der Umlaufbahn (U) aufweist, wobei die Drehrichtung des Elektromotors (16) mit dem Schritt-Rastgetriebe in einem Umlauf des Rotorblatts (1) jeweils an den Stellpositionen (C1) der Umlaufbahn (U) wechselt.

9. Rotorblatt (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem der Steller (150) des dreiteiligen Rotorblatts (1) einen koaxial und konzentrisch zu den Drehachsen (z) angeordneten elektromagnetisch angetriebenen Schieber (217) und das Halteelement (151) der Verstellvorrichtung (15) Gewindeabschnitte aufweist, welche Schieber (217) an den Scharnieren (214) linear geführt werden und an

ihren Außenseiten in Gewindeabschnitte der vorderen und der hinteren Blattsegmente (211,213) eingreifen und das Ein- und Ausdrehen des vorderen und des hinteren Flügelsegments (211,213) gegenüber dem in sich starren Längsträger (14) durch die lineare Translationsbewegung des Schiebers (217) bewirkt wird, wobei eine geringe Steigung der Gewindeabschnitte eine Übersetzung der Verstellkraft von 1 zu 10 ermöglicht.

10. Rotorblatt (1) nach einem der vorausgehenden Ansprüche, bei dem an den Stellpositionen (C1) der Umlaufbahn (U) die Saugseite (-) des variablen Flügelprofils (2) der Rotorblätter (1) mittels der Verstellvorrichtung (15) in beiden Hälften der Umlaufbahn (U) des Rotormoduls (10) im Falle eines Drehflügelfahrzeugs (13) zu der jeweiligen Fahrtrichtung (D) und im Falle einer Wind- oder Wasserturbine (11,12) unabhängig von einer horizontal oder vertikal ausgerichteten Rotationsachse (y) zu der Leeseite der Strömung (F) ausrichtbar ist, wobei bei einem in einer Strömung (F) verankerten Drehflügelfahrzeug (13) der Motorgenerator als Generator betrieben wird und bei einer Wind- oder Wasserturbine (11,12) temporär als Motor arbeitet, um die Turbinen (11,12) bei schwacher Strömung (F) auf die für den Selbstlauf erforderliche Drehzahl zu beschleunigen.

11. Rotorblatt (1) für ein Drehflügelfahrzeug (13) nach Anspruch 1, das als ein Hubschrauber (130) entweder mit einem Rotormodul (10) oder mit einem front- und einem heckseitigen, jeweils mit gegensinniger Drehrichtung rotierenden Rotormodulen (10) ausgebildet ist, bei welchem Hubschrauber (130) das Rotorblatt (1) bügelförmig ausgebildet ist und einen unteren in Drehrichtung des Rotormoduls (10) vorauslaufenden Längsabschnitt (L1), einen mittleren Längsabschnitt (L2) und einen oberen, in Drehrichtung des Rotormoduls (10) nachlaufenden Längsabschnitt (L3) aufweist, wobei der untere Längsabschnitt (L1) gegenüber dem oberen Längsabschnitt (L3) einen radialen Versatzwinkel (β) von etwa 10 Grad aufweist und der mittlere Längsabschnitt (L2) den unteren mit dem oberen Längsabschnitt (L1,L3) verbindet und mit einer Steigung in Drehrichtung ausgebildet ist, bei welchen Rotormodulen (10) in den unteren und oberen Längsabschnitten (L1,L3) der Durchmesser mit den Stellpositionen (C1) jeweils in Fahrtrichtung (D) und in dem mittleren Längsabschnitt (L2) jeweils quer zur Fahrtrichtung (D) ausrichtbar ist.

12. Rotorblatt (1) für eine Wasserturbine (12) nach Anspruch 1, mit einer horizontal oder vertikal ausgerichteten Rotationsachse (y) die in einem Gewässer mit einer Strömung (F) entweder in einem Querbauwerk des Fließgewässers, oder in dem Fließgewässer schwimmend verankert ist und einen Schwimmkörper (120) an der Wasseroberfläche aufweist, der mittels von mindestens einem Anker (121) und Ankerseilen am Grund des Gewässers verankert ist und einen ringförmigen getriebelosen Motorgenerator mit einer Welle aufnimmt, die unterhalb des Schwimmkörpers (120) einen radiale Abstand mit dem Radius (r1) zu einem oberen und einem unteren Ringträger (122) des Rotormoduls (10) aufweist und welche oberen und unteren Ringträger (122) zusammen mit der Welle und mit den Längsträgern (14) der dreiteiligen Rotorblätter (1) zu einem biege-, schub- und torsionssteifen Rotormodul (10) verbunden sind und die Längsträger (14) für die Aufnahme der Verstellvorrichtungen (15) des variablen Flügelprofils (2) in Längsabschnitte (L1-Ln) untergliedert sind und ein Widerlager (140) für die den Längsabschnitten (L1-Ln) zugeordneten Verstellvorrichtungen (15) des variablen Flügelprofils (2) bilden, wobei der Schwimmkörper (120) entweder als ein rechteckiges Floß mit PV- Kollektoren an der Oberseite oder als eine diskusförmige Scheibe oder als ein Schwimmring ausgebildet ist.

Es folgen 16 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

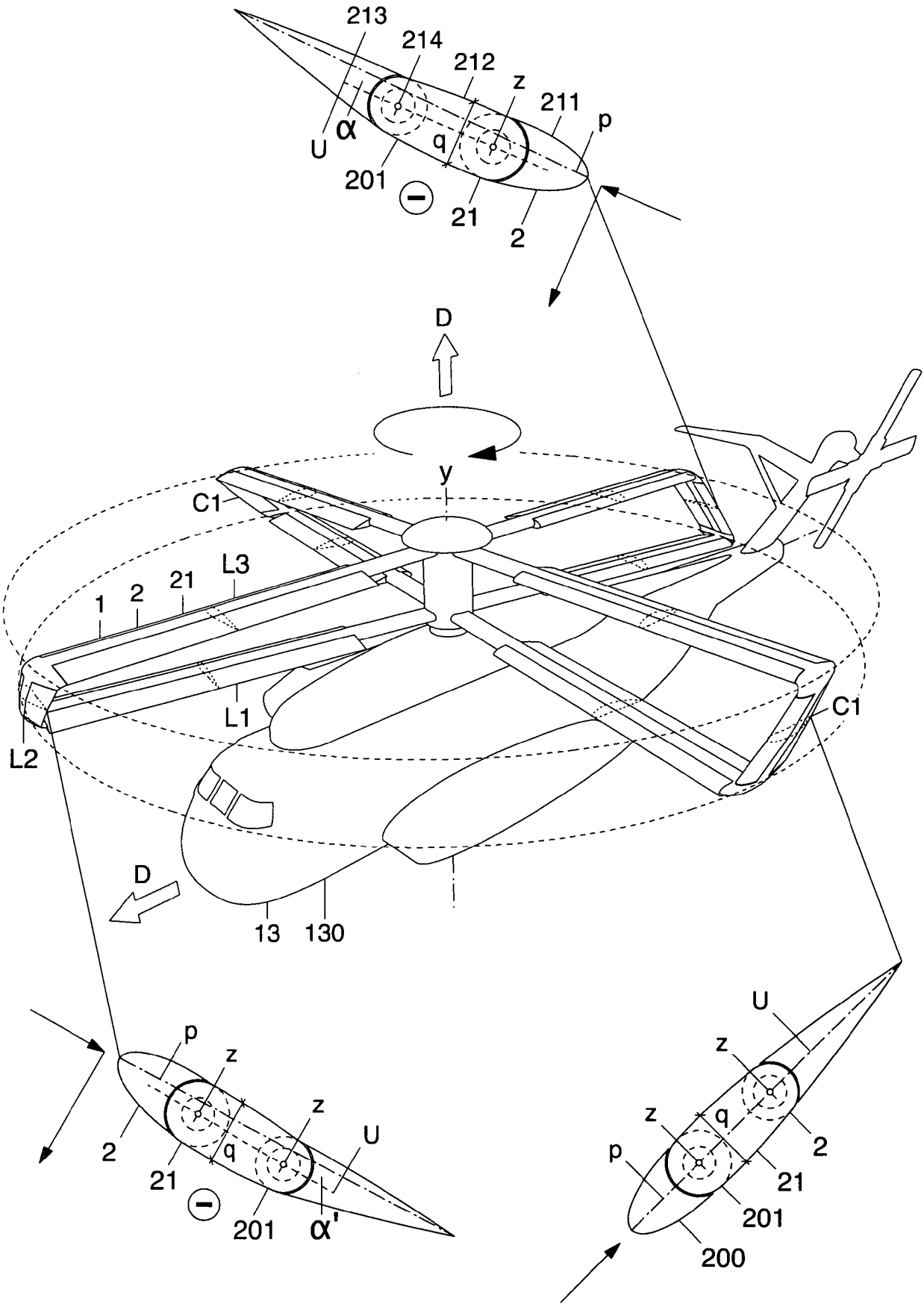


Fig.1

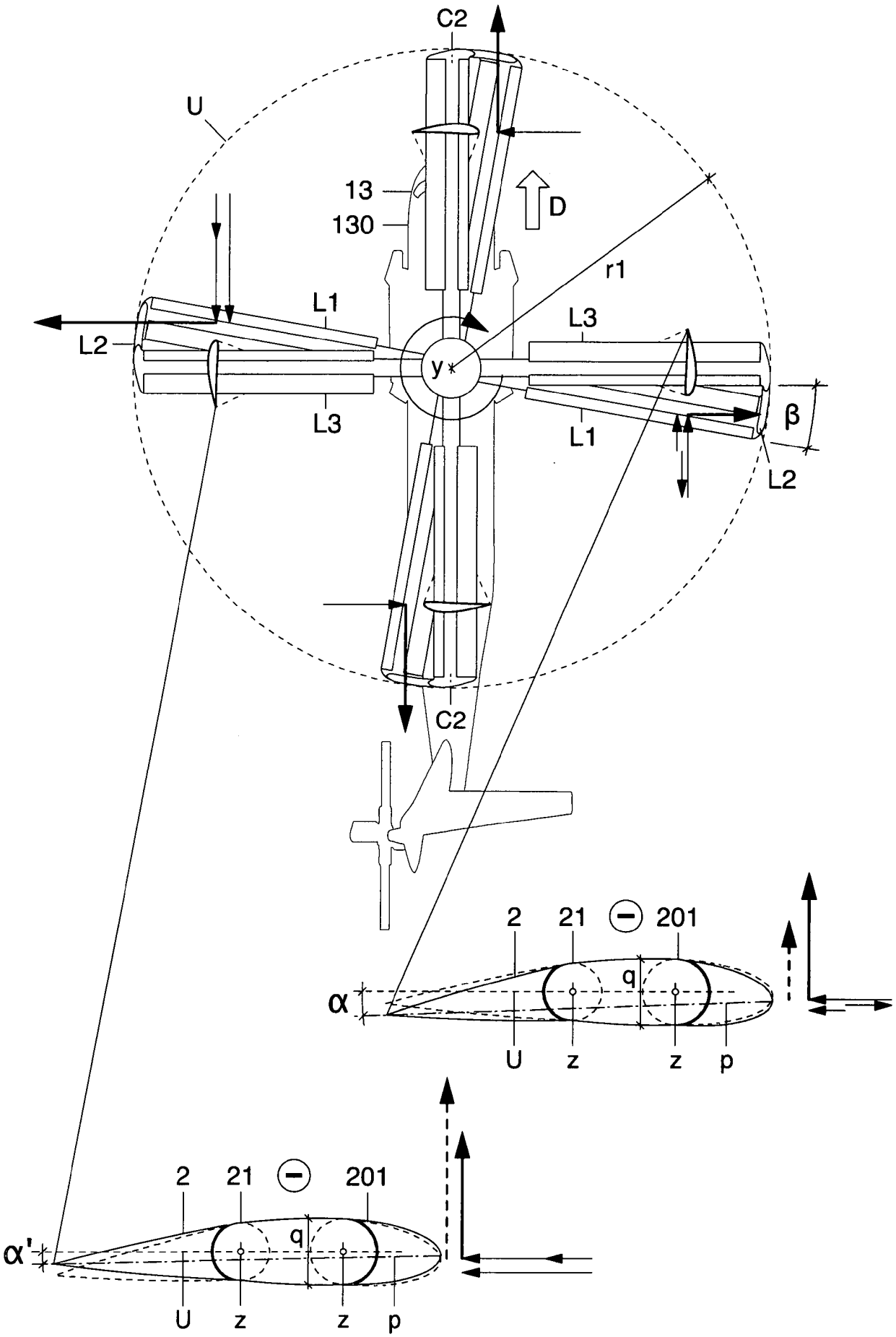

C2
U
13
130
D
r1
L1
L2
L3
y
L3
L1
L2
β
C2
2
21
201
q
α
U
z
z
p
2
21
201
q
α'
U
z
z
p

Fig.2

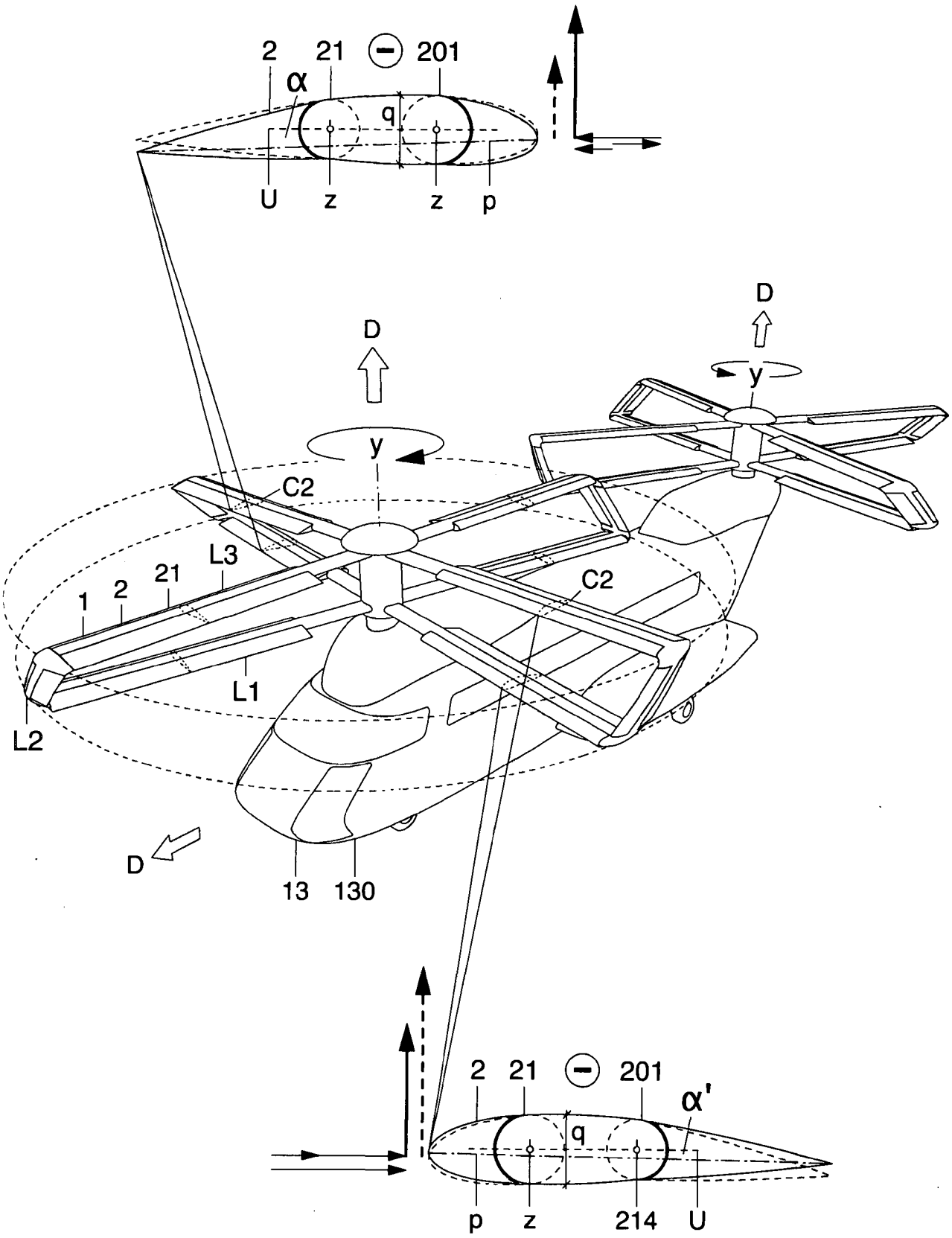


Fig.3

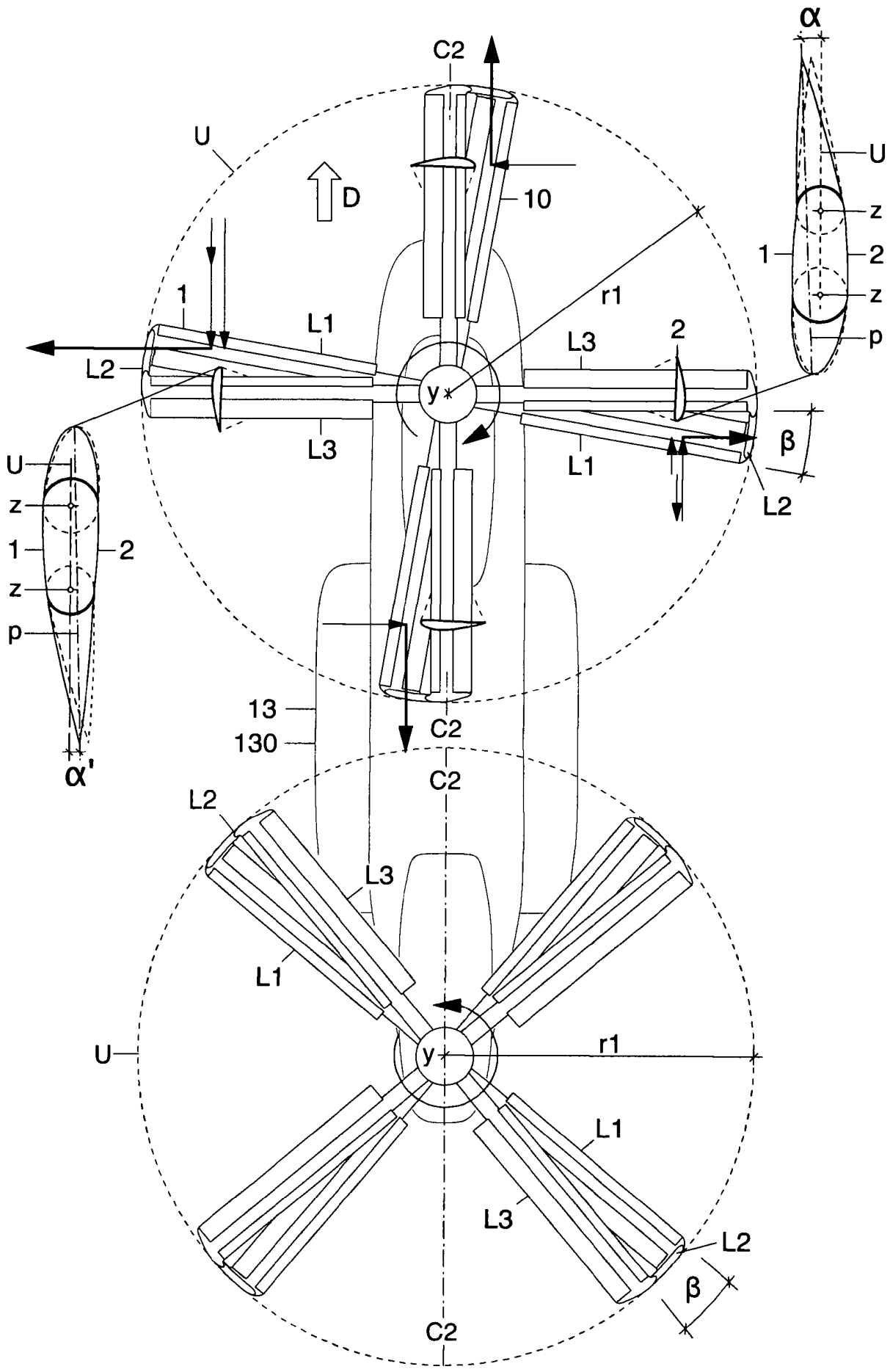

α
U
z
1
2
z
p
C2
U
D
10
1
L1
L2
L3
r1
2
y
β
L1
L2
U
z
1
2
z
p
α'
13
130
C2
C2
L2
L3
L1
U
y
r1
L1
L3
L2
β
C2

Fig.4

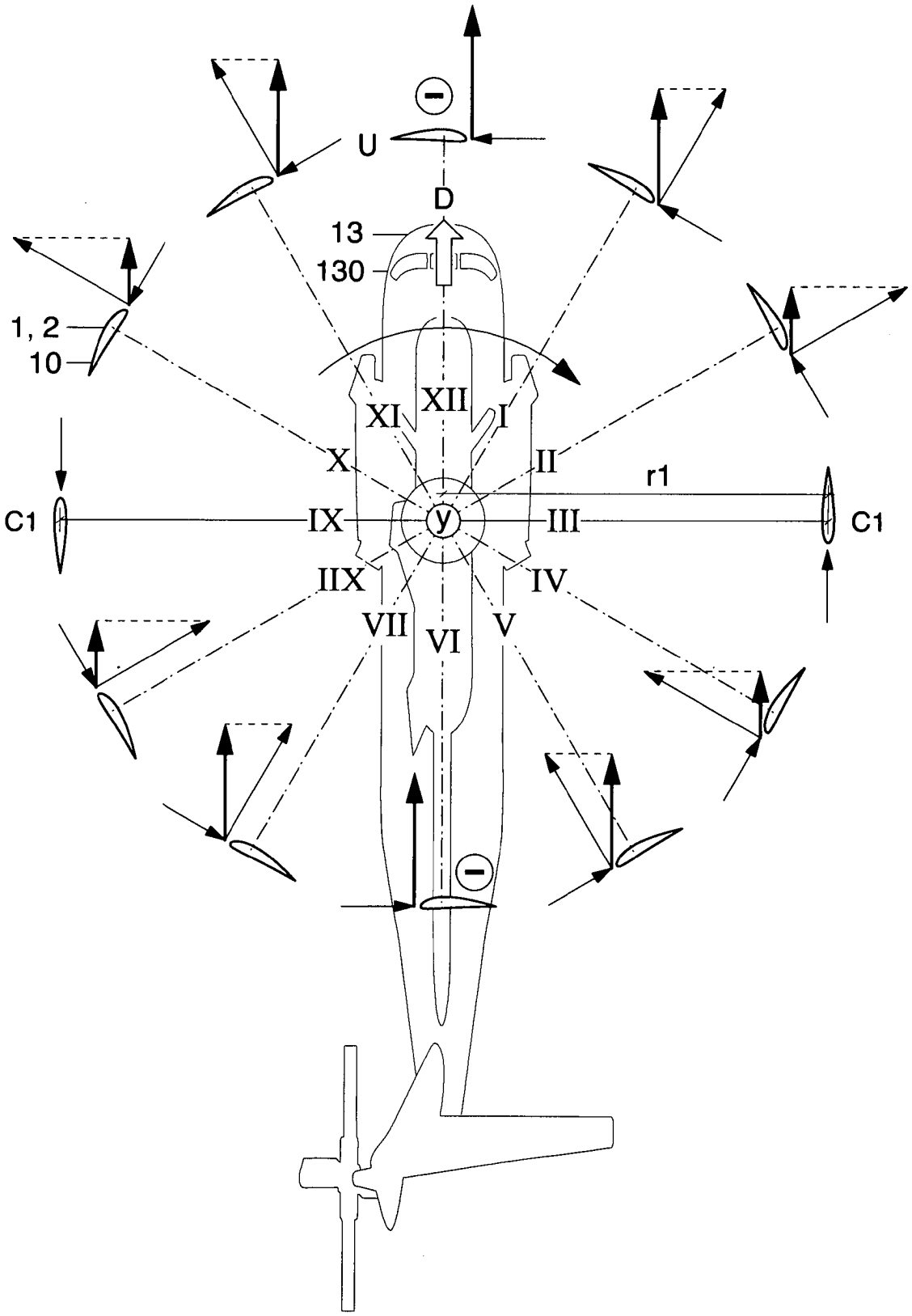


Fig.5

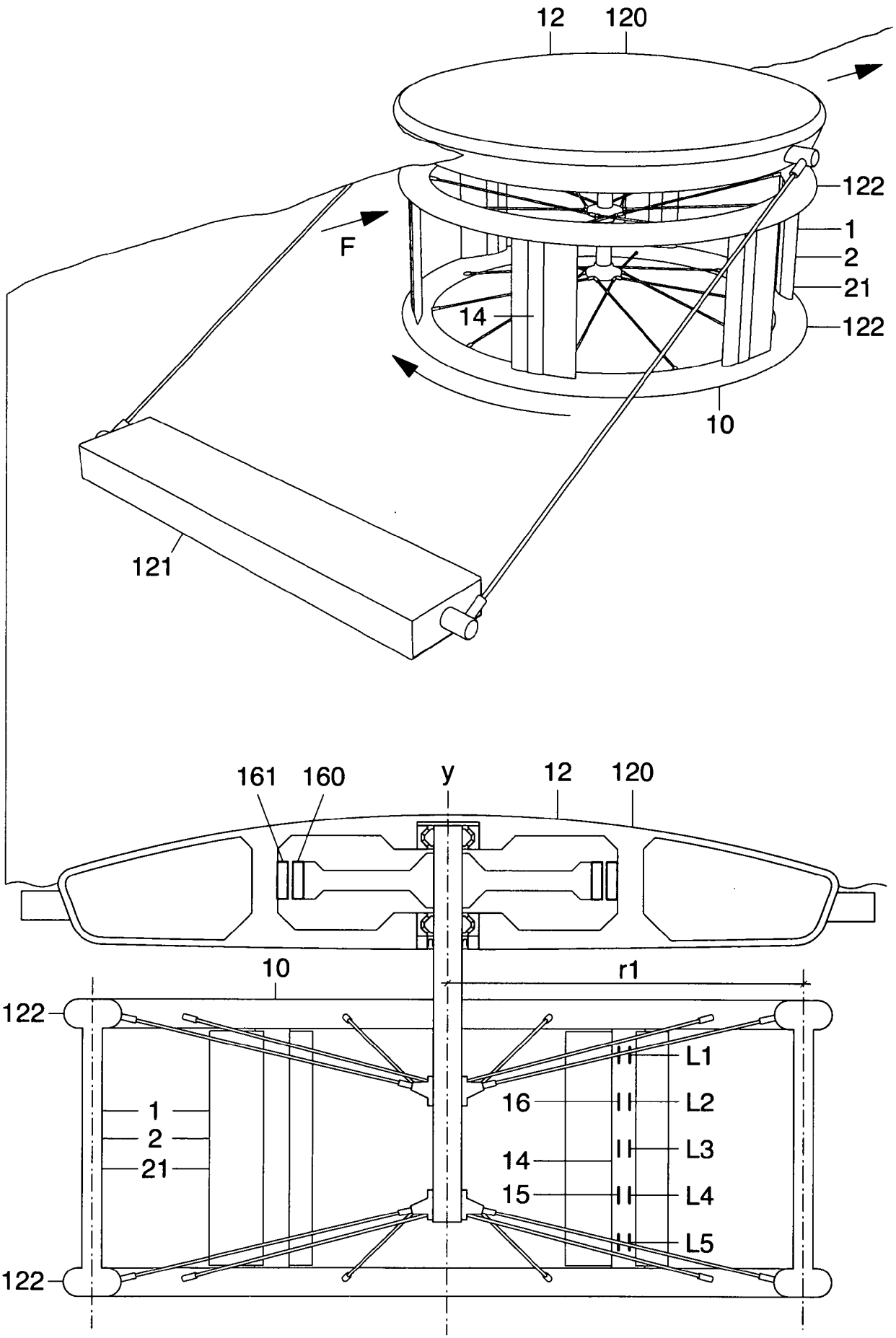

12
120
122
1
2
21
14
122
F
10
121
161
160
y
12
120
10
r1
122
1
2
21
16
14
15
L1
L2
L3
L4
L5
122

Fig.6

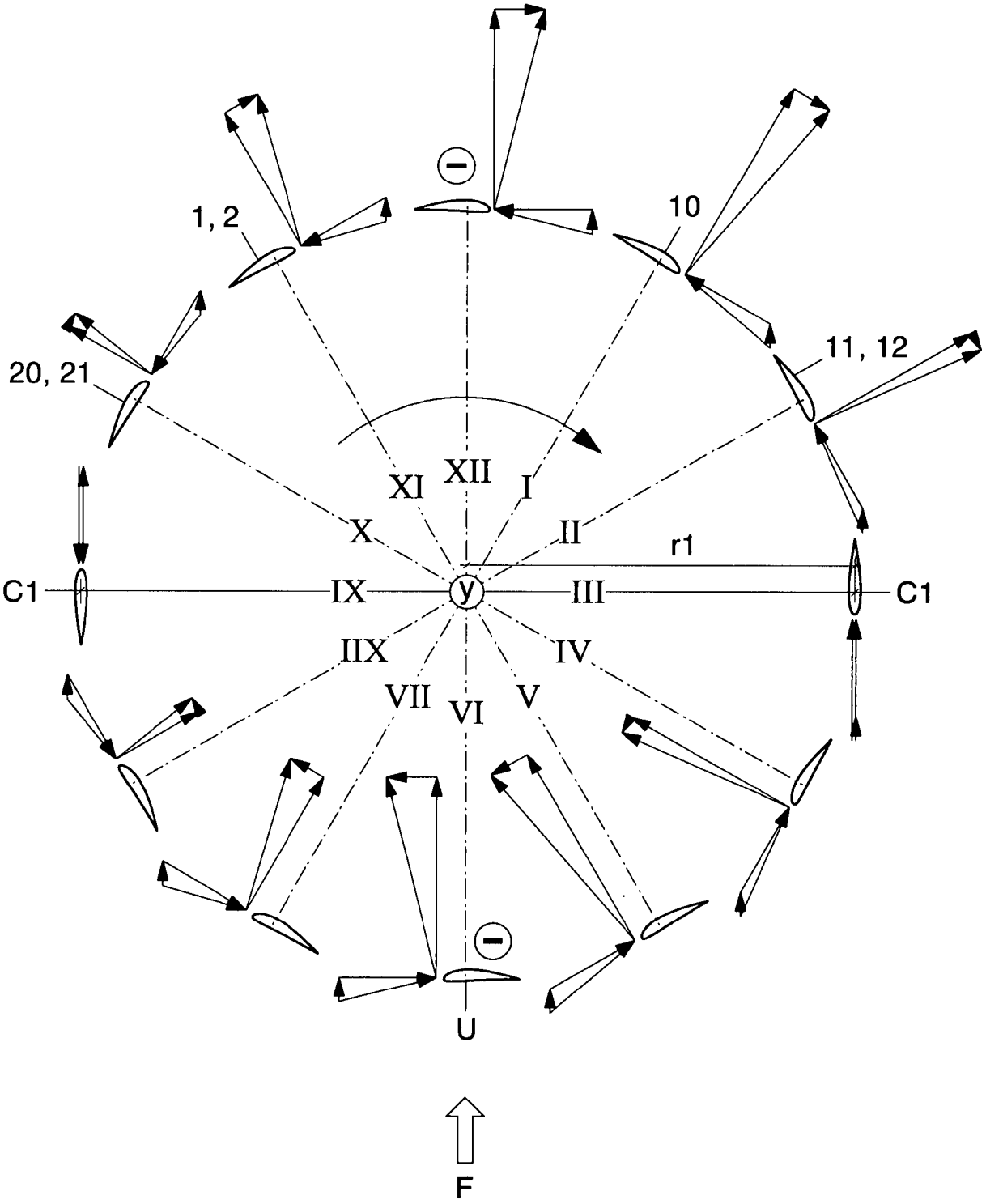


Fig.7

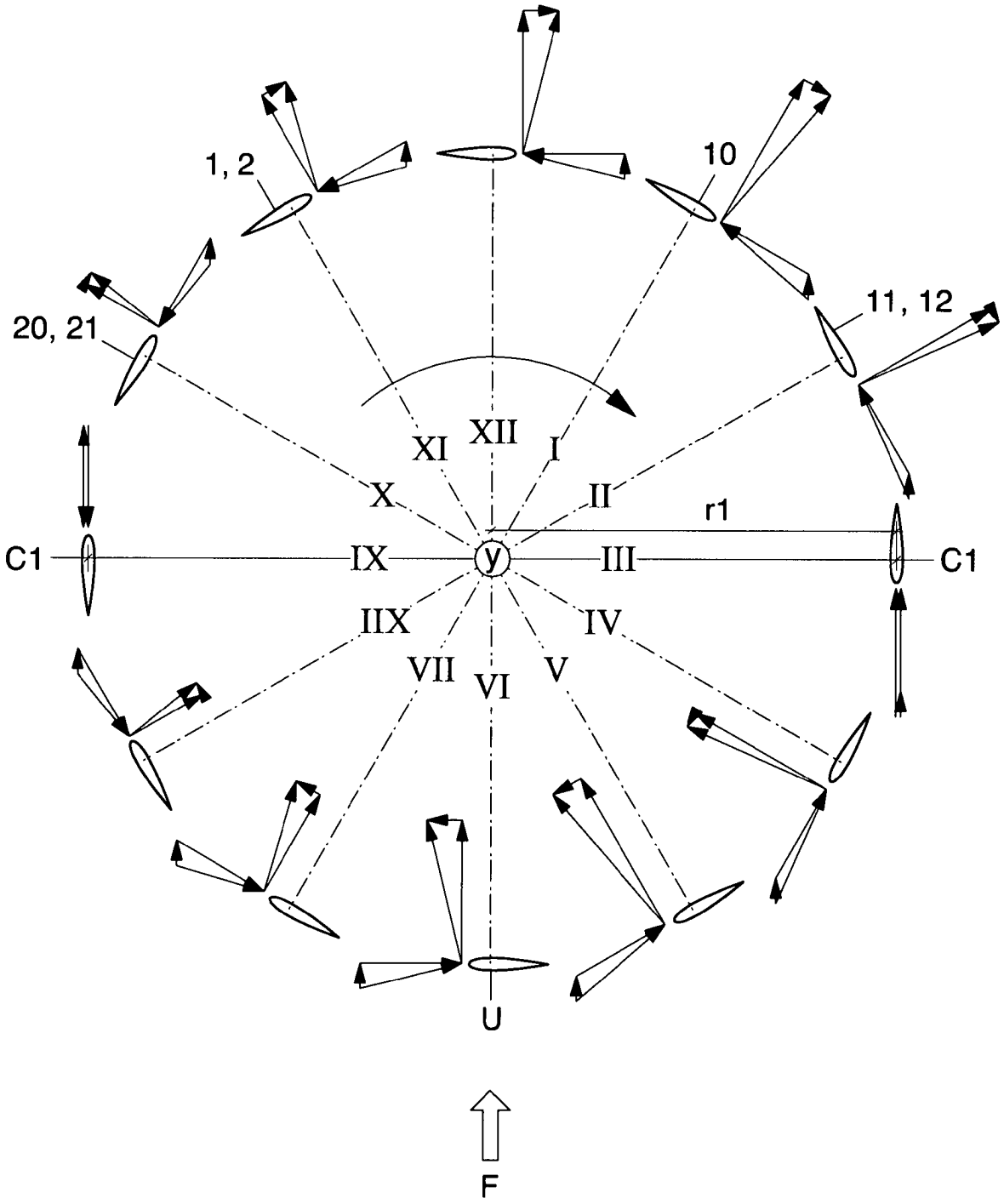


Fig.8

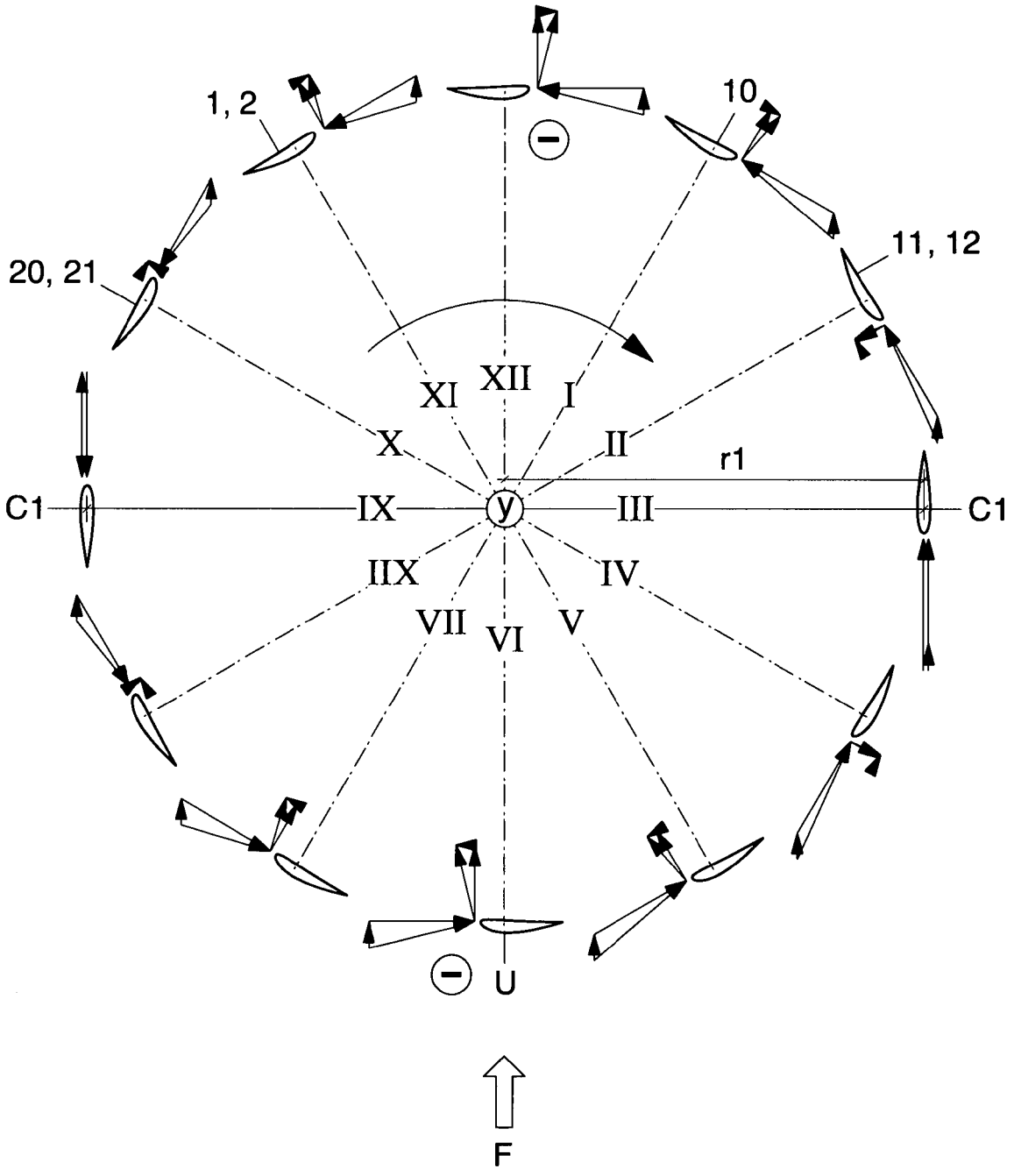


Fig.9

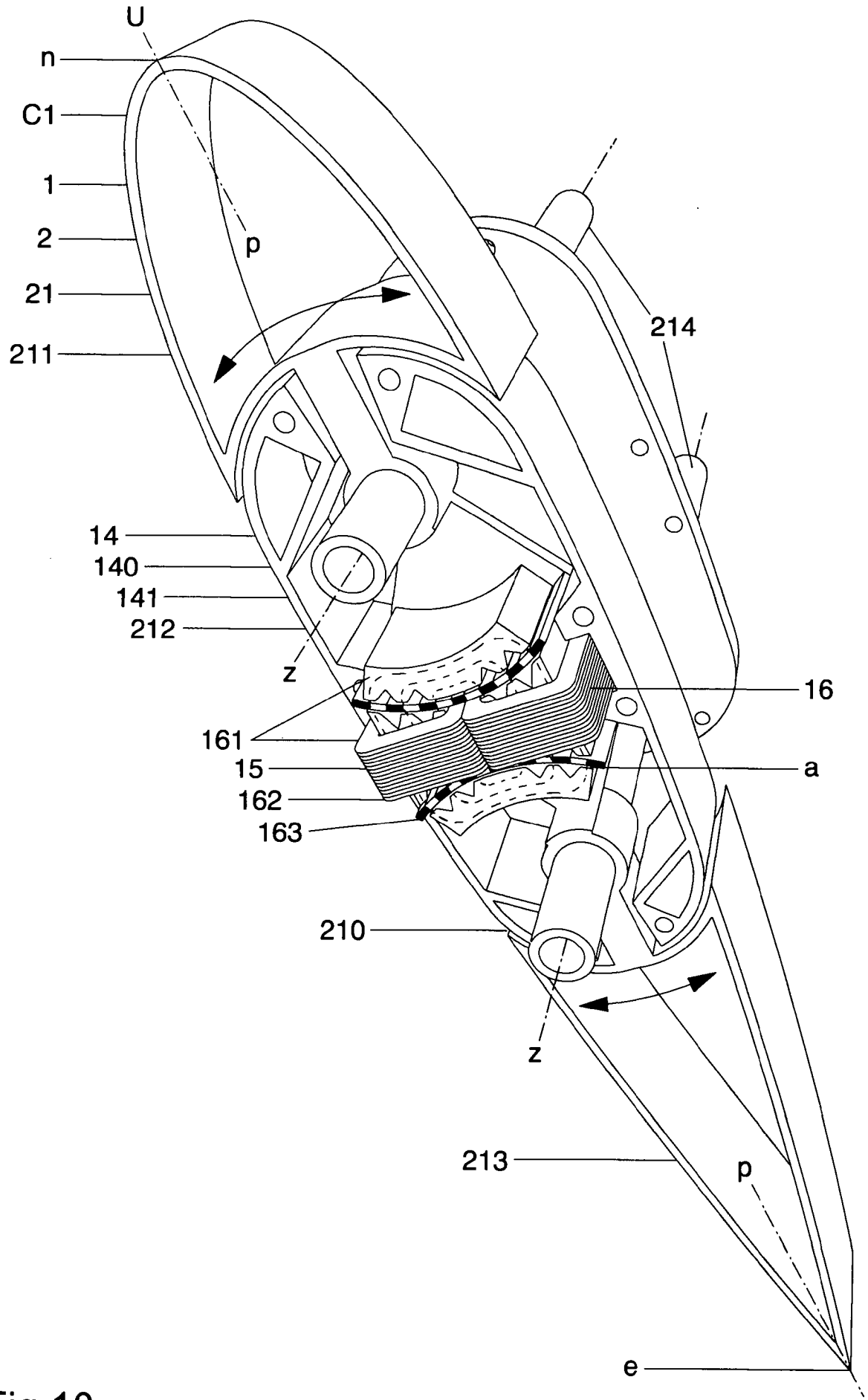

U
n
C1
1
2
21
211
p
214
14
140
141
212
z
16
161
15
a
162
163
210
z
213
p
e

Fig.10

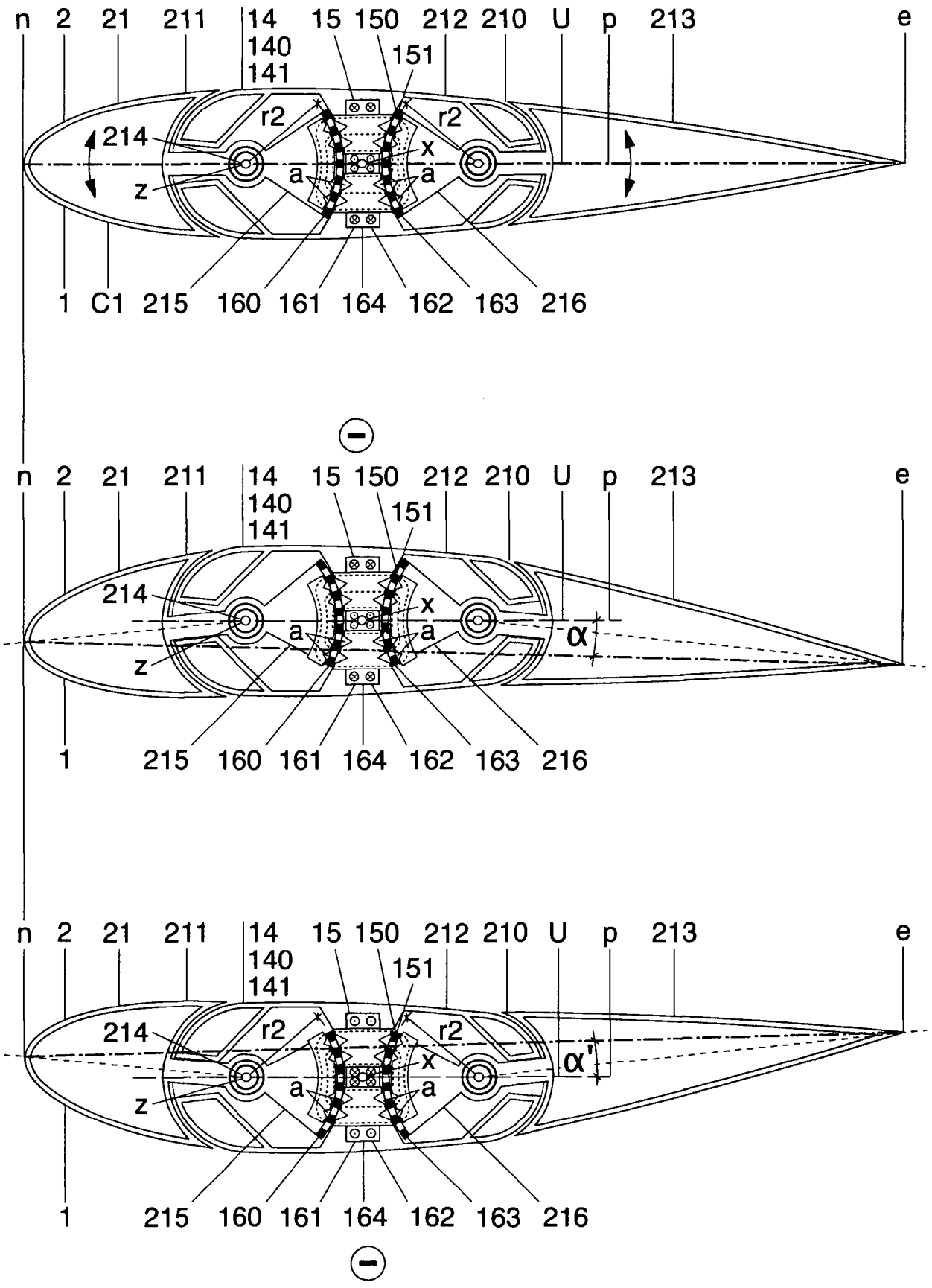

n
2
21
211
14
140
141
15
150
151
212
210
U
p
213
e
214
r2
x
a
z
1
C1
215
160
161
164
162
163
216
α
α'

Fig.11

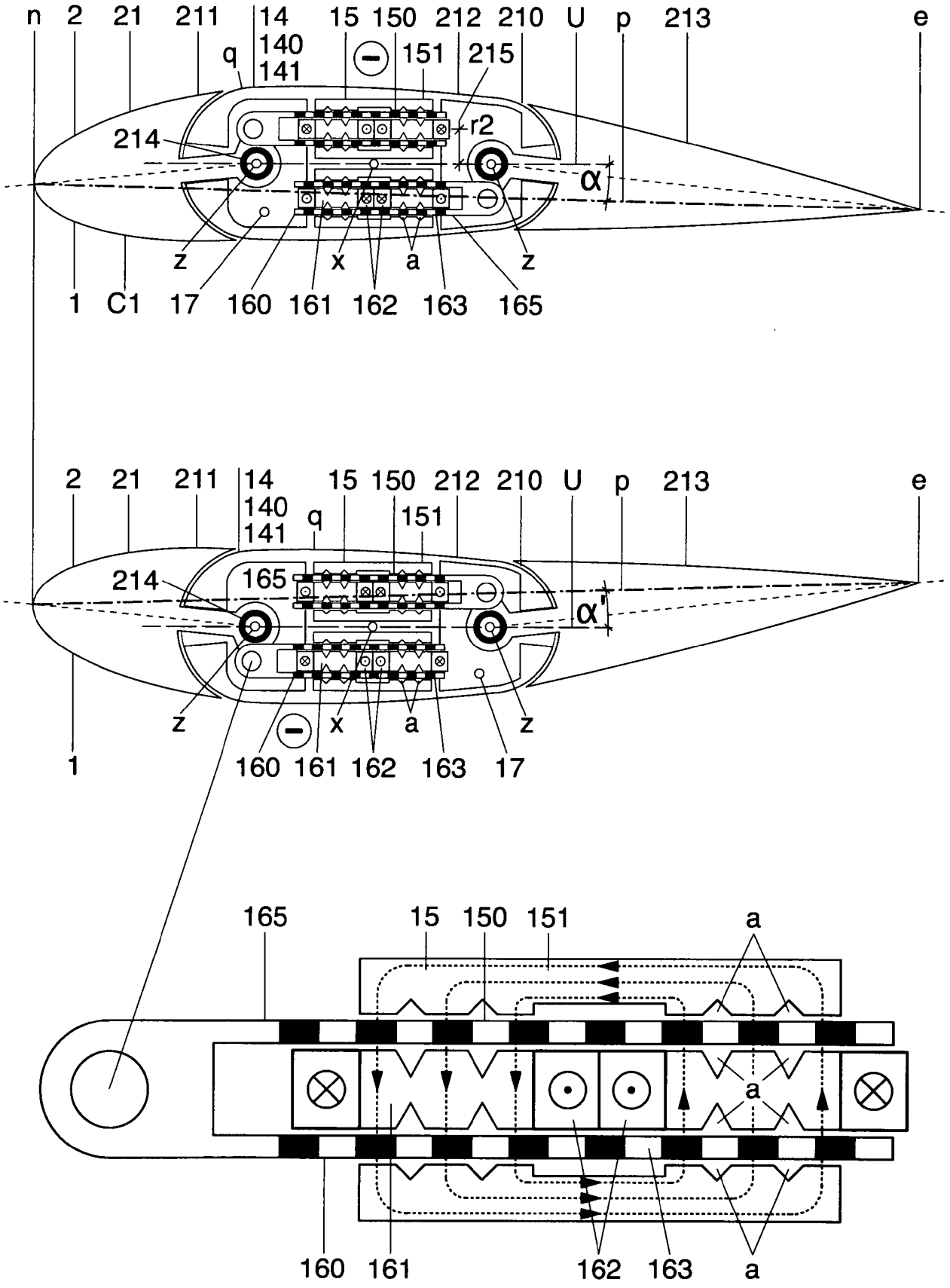

n
2
21
211
14
140
141
q
15
150
151
212
215
210
U
p
213
e
214
r2
α
z
x
a
z
1
C1
17
160
161
162
163
165
2
21
211
14
140
141
q
15
150
151
212
210
U
p
213
e
214
165
α'
z
x
a
z
1
160
161
162
163
17
165
15
150
151
a
a
160
161
162
163
a

Fig.12

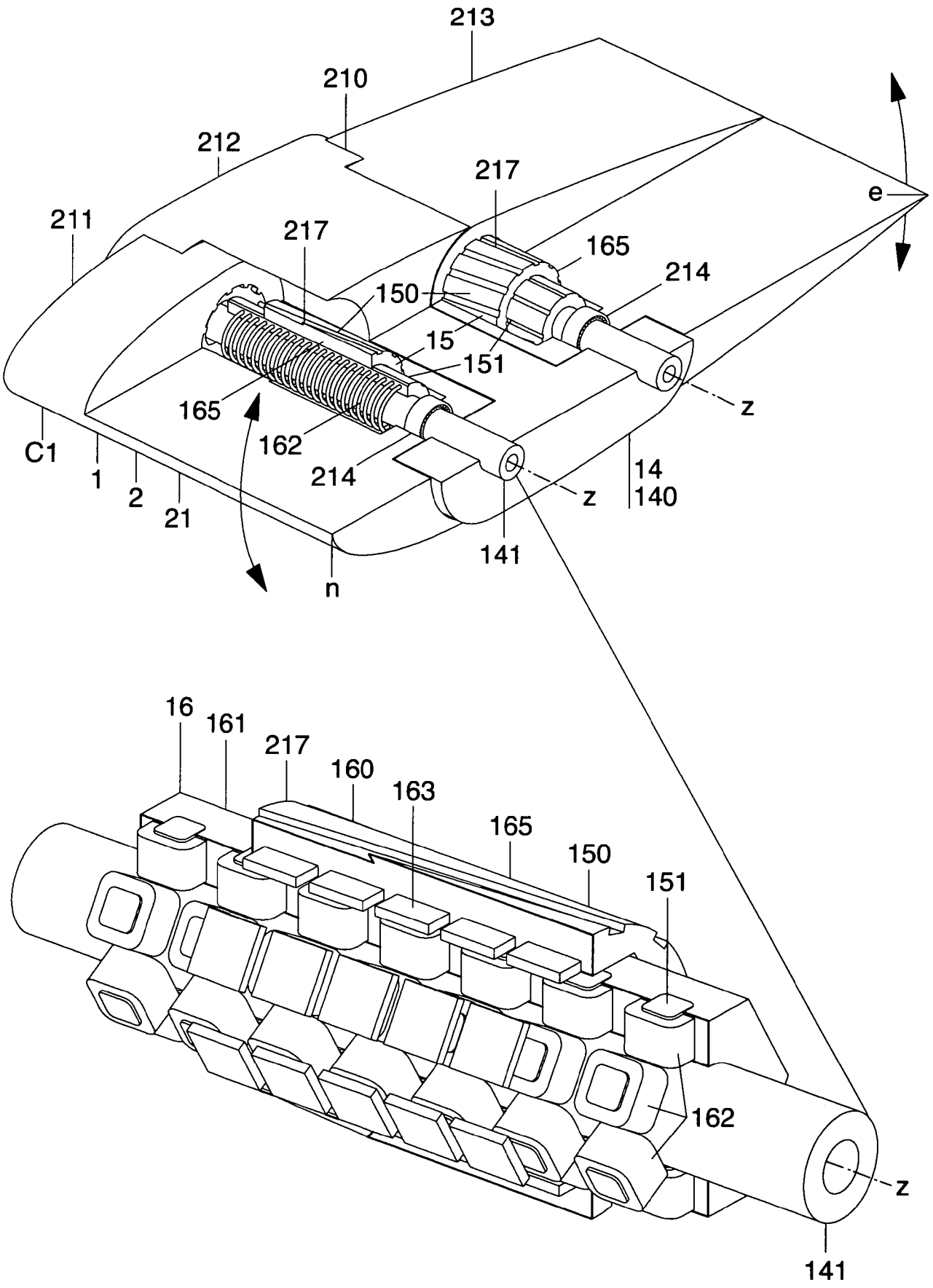

213
210
212
211
217
217
e
165
214
150
15
151
z
165
162
214
C1
1
2
21
n
z
14
140
141
16
161
217
160
163
165
150
151
162
z
141

Fig.13

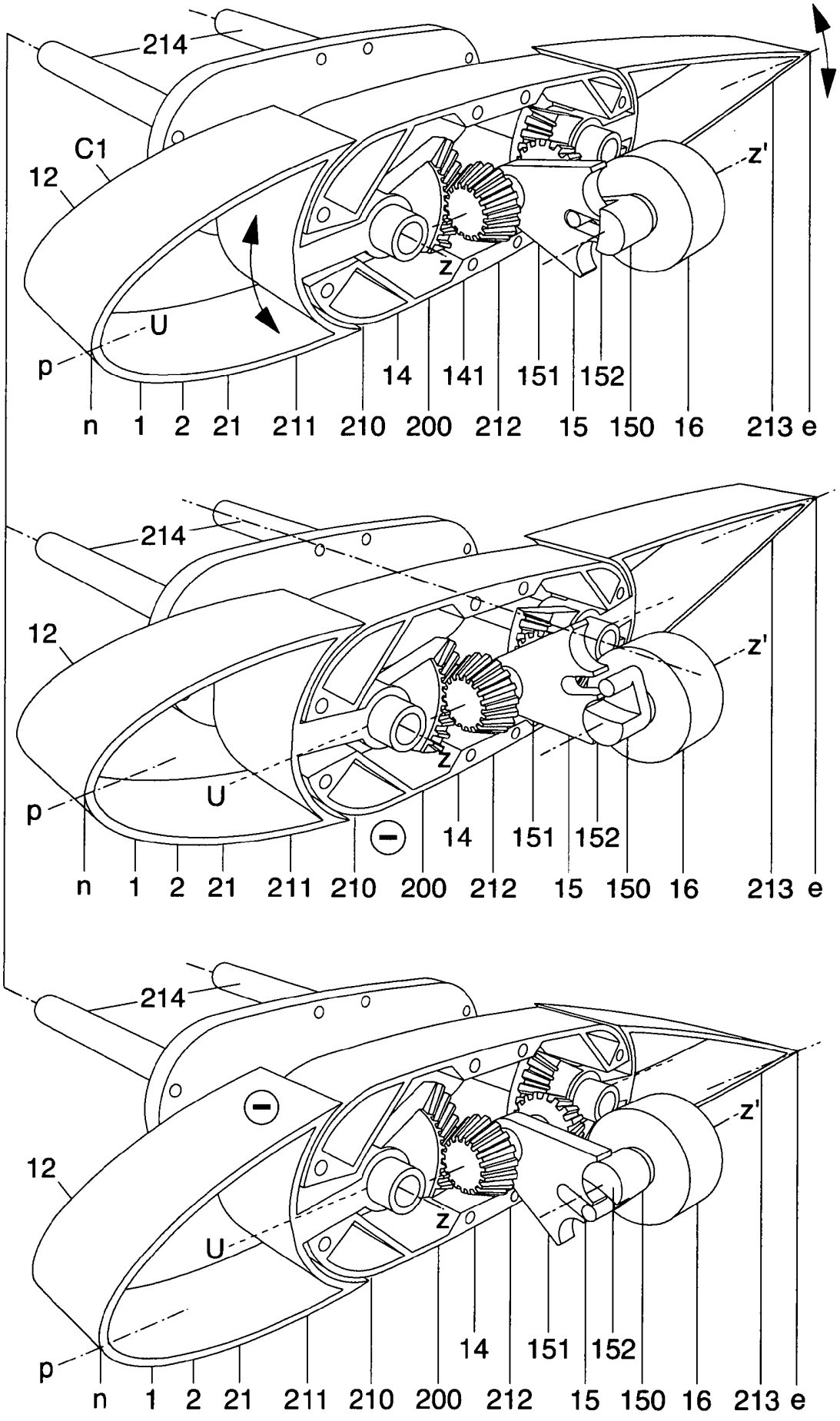

214
C1
12
U
p
z
z'
14
141
151
152
n
1
2
21
211
210
200
212
15
150
16
213
e
214
12
U
p
z
z'
14
151
152
n
1
2
21
211
210
200
212
15
150
16
213
e
214
12
U
p
z
z'
14
151
152
n
1
2
21
211
210
200
212
15
150
16
213
e

Fig.14

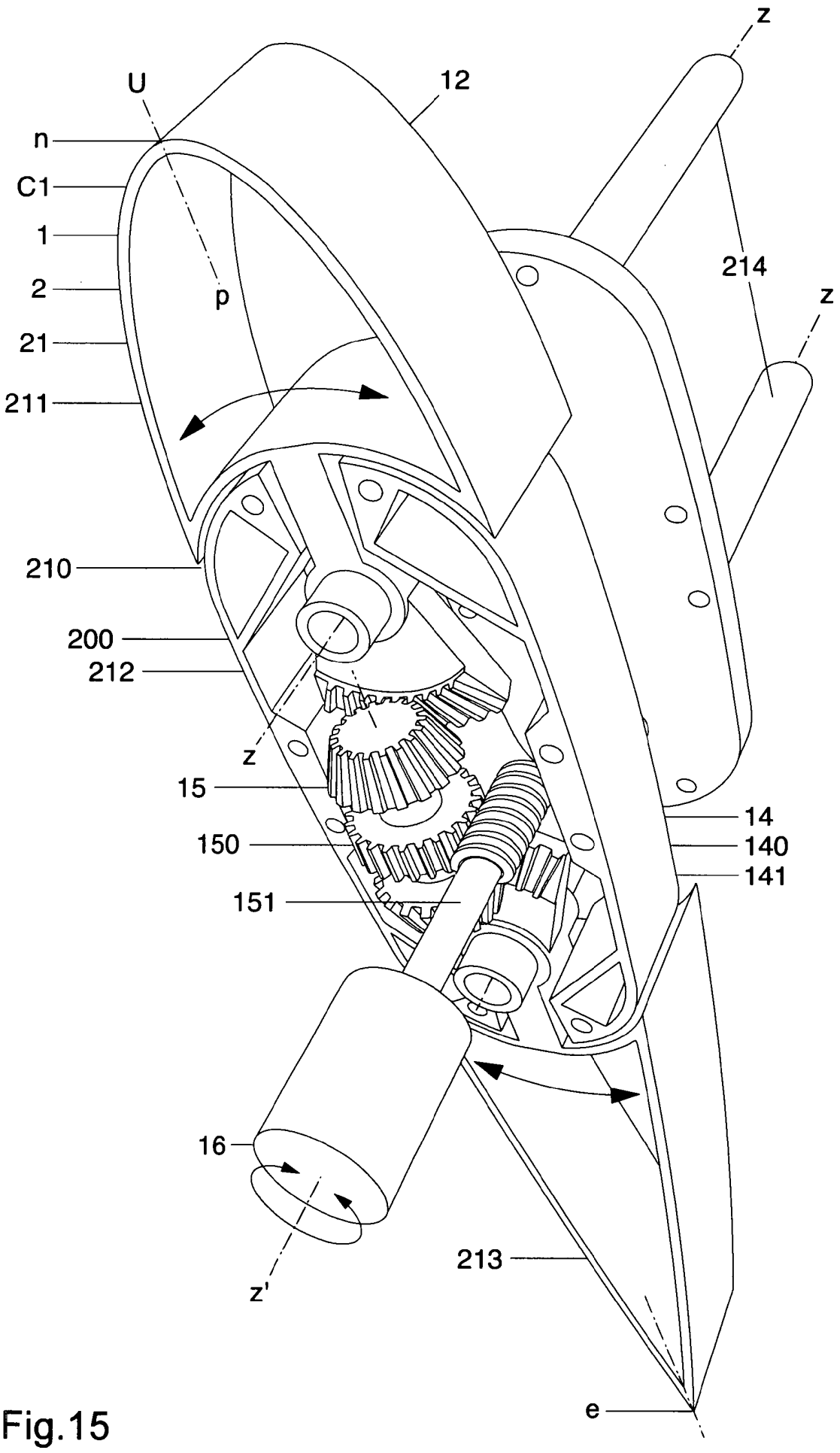

z
U
12
n
C1
1
2
p
214
z
21
211
210
200
212
z
15
14
150
140
141
151
16
213
z'
e

Fig.15

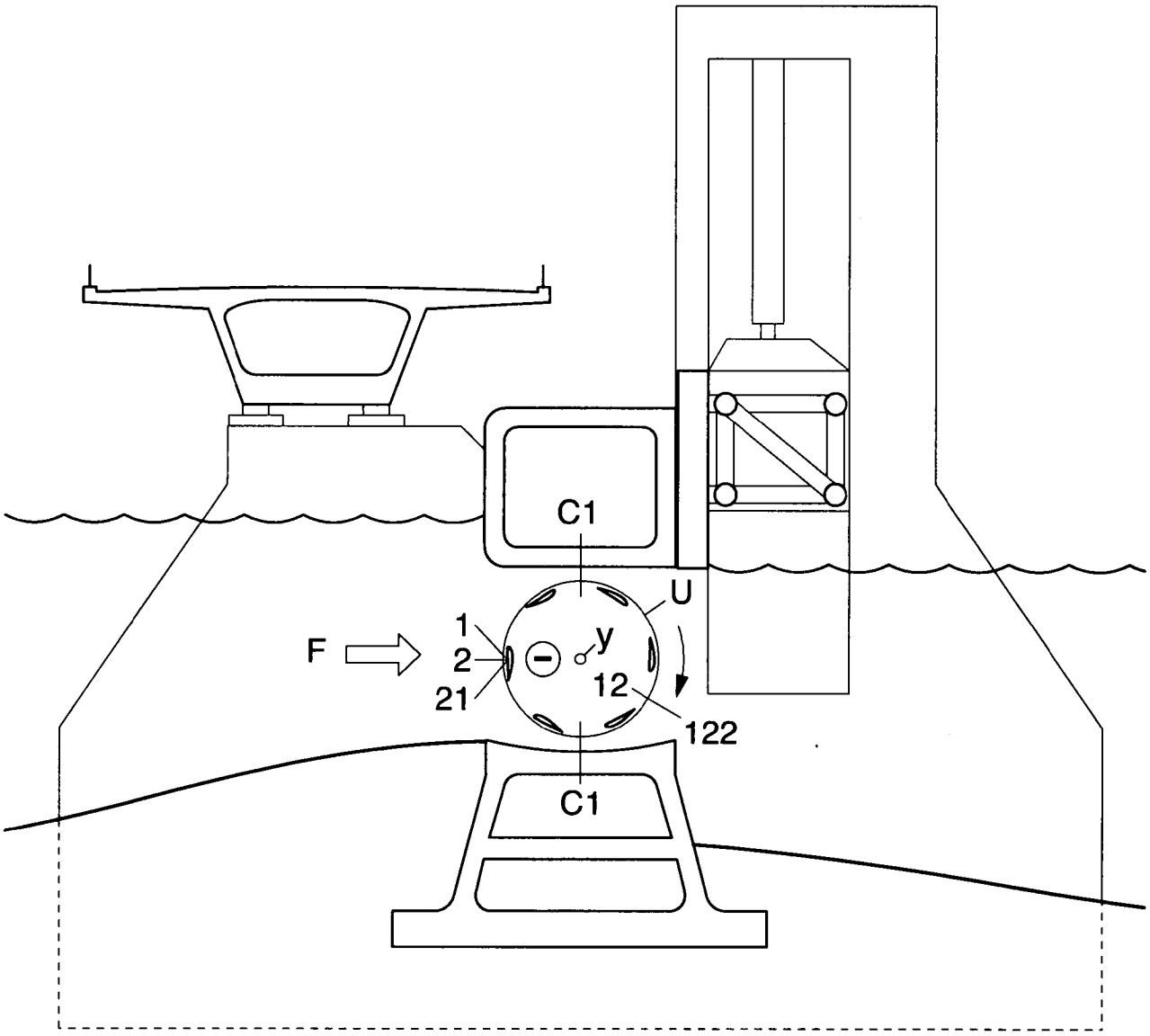


Fig.16

 Das Dokument wurde durch die Firma Luminess hergestellt.