(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2019 003 739 B3** 2020.06.18

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2019 003 739.1**
(22) Anmeldetag: **24.05.2019**
(43) Offenlegungstag: **–**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **18.06.2020**

(51) Int Cl.: ***B64C 39/06*** (2006.01)
B64C 27/00 (2006.01)
B64C 3/00 (2006.01)
B64C 3/30 (2006.01)
B60F 5/02 (2006.01)

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

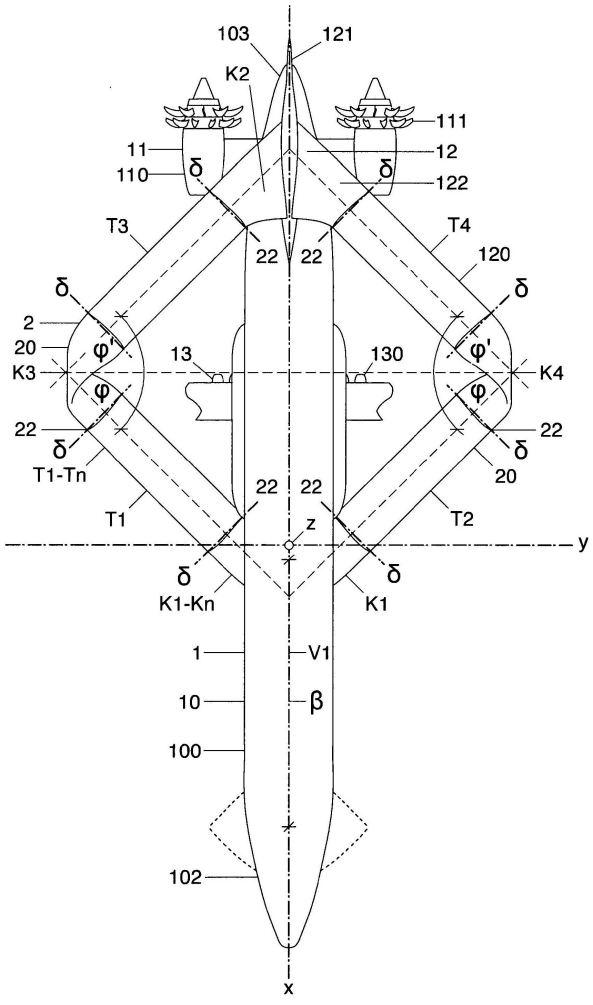
(73) Patentinhaber:
Grimm, Friedrich, 70376 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
gleich Patentinhaber

(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

(54) Bezeichnung: **Flugzeug mit einem Faltsystem**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Flugzeug (1) mit einem Faltsystem (2), das von einer geraden Anzahl von Knotenkörpern (K1-Kn) und von einer geraden Anzahl von Tragflächen (T1-Tn) gebildet wird, die untereinander entweder zu einem Polygonring (20) oder zu einer in zwei Richtungen erweiterbaren Netzstruktur (21) verbunden sind. Das Flugzeug (1) besitzt mindestens einen Rumpf (10), ein Triebwerk (11), ein Leitwerk (12), eine Landevorrichtung (13) sowie eine Längsachse (x), eine Querachse (y) und eine Hochachse (z). Bei dem Flugzeug (1) weist eine erste Schar von Tagflächen (T1-Tn) einen positiven Pfeilungswinkel (φ) und eine zweite Schar von Tragflächen (T1-Tn) einen negativen Pfeilungswinkel (φ') in Bezug zu der Querachse (y) auf, wobei die Tragflächen (T1-Tn) jeweils an beiden Enden mittels von Drehgelenken (22) mit horizontalen Drehachsen (δ) an die Knotenkörper (K1-Kn) derart angelenkt sind, dass durch die Verschiebung von mindestens einem der Knotenkörper (K1-Kn) entlang der Längsachse (x) die polygonal angeordneten Tragflächen (T1-Tn) des Faltsystems (2) in einer zwangsläufigen und reversiblen, durch den Freiheitsgrad der Drehgelenke (22) notwendig vorgegebenen Faltbewegung nach oben gefaltet werden und in unterschiedlichen für den Flug-, Fahr- und Standbetrieb des Flugzeugs (1) vorgesehenen Betriebsstellungen arretiert werden können.



(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	**29 01 115**	**A1**
DE	**40 14 933**	**A1**
DE	**10 2010 048 139**	**A1**
US	**6 474 604**	**B1**
US	**7 866 610**	**B2**
US	**2004 / 0 217 230**	**A1**
US	**2010 / 0 314 498**	**A1**
US	**2011 / 0 226 174**	**A1**
US	**2017 / 0 106 977**	**A1**
US	**5 899 410**	**A**
US	**4 365 773**	**A**
US	**621 195**	**A**
US	**4 053 125**	**A**
US	**2 550 278**	**A**
EP	**0 313 925**	**B1**
EP	**2 105 378**	**B1**
EP	**3 299 280**	**A1**
WO	**2004/ 074 093**	**A1**
WO	**2008/ 010 226**	**A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Flugzeug mit einem Faltsystem, das von einer geraden Anzahl von Knotenkörpern und einer geraden Anzahl von Tragflächen gebildet wird, die untereinander entweder zu einem Polygonring oder zu einer in zwei Richtungen erweiterbaren Netzstruktur verbunden sind. Das Flugzeug umfasst mindestens einen Rumpf, ein Triebwerk, ein Leitwerk, und eine Landevorrichtung sowie eine Längsachse, eine Querachse, und eine Hochachse. Eine erste Schar von Tagflächen des Flugzeugs hat einen positiven Pfeilungswinkel, während eine zweite Schar von Tragflächen einen negativen Pfeilungswinkel gegenüber der Querachse aufweist. Die Tragflächen sind jeweils an beiden Enden mittels von Drehgelenken mit horizontalen Drehachsen an die Knotenkörper derart angelenkt, dass durch die Verschiebung von mindestens einem der Knotenkörper entlang der Längsachse die polygonal angeordneten Tragflächen des Faltsystems in einer zwangsläufigen und reversiblen, durch den Freiheitsgrad der Drehgelenke notwendig vorgegebenen Faltbewegung nach oben gefaltet werden und in unterschiedlichen, für den Flug-, Fahr- und Standbetrieb des Flugzeugs vorgesehenen Betriebsstellungen arretiert werden können.

[0002] Bei dem reversiblen Faltvorgang ändern sich die Anstellwinkel der Tragflächen mit einer positiven und mit einer negativen Pfeilung jeweils gegenläufig, sodass das Faltsystem im Flugbetrieb mit unterschiedlichen Flügelstellungen auf die jeweiligen aerodynamischen Anforderungen der einzelnen Flugphasen reagieren kann. Im Rahmen der Erfindung sind unter dem Oberbegriff Flugzeug unterschiedliche Luftfahrzeuge zusammengefasst, die schwerer als Luft sind und den für das Fliegen erforderlichen dynamischen Auftrieb mittels von Tragflächen erzeugen. Die Erfindung bezieht sich sowohl auf Flugzeuge mit einem faltbaren Polygonring, bei dem vier Knotenpunkte und vier Tragflächen im Flugbetrieb starr mit einem Rumpf verbunden sind, als auch auf Flugzeuge mit einer in zwei Richtungen erweiterbaren Netzstruktur, bei der die Knotenkörper als Rümpfe ausgebildet sind. Das Anwendungsspektrum erfindungsgemäßer Flugzeuge betrifft Modellflugzeuge ebenso wie Flugautos, Flugtaxen, Flugbusse, Verkehrsflugzeuge, Überschallflugzeuge, Solarflugzeuge, Wasserflugzeuge und Drohnen, sowie hybride Flugzeuge, bei denen entweder die Rümpfe oder die Tragflächen jeweils mindestens eine Auftriebszelle, die mit einem Gas leichter als Luft gefüllt ist, aufweisen.

Stand der Technik

[0003] Faltsysteme für Flugzeuge sind immer dann von Vorteil, wenn eine Kompatibilität des Flugzeugs mit der für den Straßen, Schienen- oder Schiffstransport üblichen Maßordnung erforderlich ist. Dementsprechend besteht die Aufgabe eines Faltsystems darin, die Abmessungen des Flugzeugs in mindestens einer durch die Längs-, Quer- oder Hochachse vorgegebenen Richtung zu reduzieren. Bereits in den 30er Jahren stellte der russische Ingenieur Jean Makhonine ein Flugzeug mit Teleskoptragflächen vor.

[0004] Aus der US 621 195 A vom 14. März 1899 geht das von Ferdinand Graf Zeppelin erfundene Luftschiff hervor. In einer Variante des Luftschiffs wird eine von mehreren in Reihe hintereinander angeordneten Luftschiffskörpern gebildete, kinematische Gelenkkette beschrieben.

[0005] Aus der US 2 550 278 A geht ein Teleskopflügel von Jean Makhonine für Flugzeuge hervor.

[0006] Aus der US 7 866 610 B2 geht ein aus mehreren Tragflächensegmenten aufgebauter Teleskopflügel hervor.

[0007] Aus der EP 2 105 378 B1 geht ein Hubschrauber mit bug- und heckseitigen Tragflächen hervor, die jeweils eine positive Pfeilung aufweisen.

[0008] Aus der US 2011/0226174 A1 geht eine Drohne mit vier Flügeln hervor, die platzsparend an den Rumpf der Drohne angelegt werden können.

[0009] Aus der DE 40 14 933 A1 geht ein faltbares Ultraleicht-Flugzeug hervor, das einen deltaförmigen faltbaren Rahmen und eine pneumatisch stabilisierte Flügeloberfläche hat.

[0010] Aus der DE 29 01 115 A1 geht ein Flächenschrauber hervor, bei dem die Tragflächen mit darauf angeordneten Rotoren am Oberteil der Kabine angesetzt und gegenüber der Kabine verschwenkbar sind.

[0011] Aus der EP 3 299 280 A1 geht ein Hubschrauber mit faltbaren Rotoren und einer um die Hochachse verschwenkbaren Tragfläche hervor.

[0012] Aus der EP 0 313 925 B1 geht ein von Knoten und Stäben gebildetes Faltsystem hervor, bei dem die Stäbe jeweils an ihren Enden mittels von Drehgelenken an eine geradzahlige Anzahl von Knoten angelenkt sind. In einer entfalteten Stellung kann das Faltsystem auf Rädern rollen.

[0013] Aus der US 4 053 125 A geht ein Flugzeug mit einer gestaffelten Anordnung der Tragflächen hervor. Ein vorderes Tragflächenpaar mit einer positiven Pfeilung und ein hinteres Tragflächenpaar mit einer negativen Pfeilung sind jeweils mit dem Rumpf und untereinander verbunden. In **Fig. 10-14** ist ein Flugzeug dargestellt, bei dem die Tragflächen jeweils an ihrem äußeren und an ihrem rumpfseitigen Ende ein Drehgelenk mit einer vertikalen Drehachse aufweisen, wobei sowohl der Abstand der vorderen zu den

hinteren Tragflächen als auch ihre Position gegenüber dem Rumpf variabel sind.

[0014] Aus der US 5 899 410 A geht ein Flugzeug mit vier in einer Ebene angeordneten Tragflächen hervor, die in Flugrichtung eine Rautenform bilden und entweder starr mit dem Rumpf, oder mittels von Drehgelenken mit vertikalen Drehachsen untereinander und mit dem Rumpf derart verbunden sind, dass die Tragflächen in der Art eines Scherengitters zusammenlegbar sind.

[0015] Aus der US 2004 / 0 217 230 A1 geht eine Flügelanordnung für einen Flugkörper hervor, bei dem die Flügel in einer entfalteten Stellung beidseits des Flugkörpers eine Dreiecksform aufweisen. Mittels von Drehgelenken mit vertikaler Drehachse kann die Dreiecksform der Flügel so variiert werden, dass die Flügel für einen Transportzustand vollständig an den Flugkörper angelegt werden können.

[0016] Aus der US 4 365 773 A geht ein Flugzeug hervor, bei dem ein vorderes Flügelpaar mit positiver Pfeilung mit der Unterseite des Rumpfs und ein hinteres Flügelpaar mit negativer Pfeilung mit dem oberen Ende des Leitwerks und an den Flügelenden über feststehende Winglets miteinander verbunden sind. In **Fig. 14-16** ist eine faltbare Ausführung dieser Flügelanordnung dargestellt. Dabei werden eine vordere und eine hintere Tragfläche jeweils in der Mitte durch ein Gelenk getrennt, sodass die vordere und die hintere Tragfläche gemeinsam über den Rumpf gelegt werden können. Aus der US 2017 / 0 106 977 A1 geht ein Flugzeug hervor, bei dem drei Rümpfe starr mit einem mittleren Flügel verbunden sind, wobei die äußeren Rümpfe jeweils an ihrer Außenseite mit einem polygonalen Flügel verbunden sind. **Fig. 5** zeigt die Faltbarkeit dieser polygonalen Flügel, die mittels einer Gelenkanordnung nach innen geklappt werden können, sodass das Flugzeug für den Transport an den Einsatzort möglichst wenig Raum einnimmt.

[0017] Aus der DE 10 2010 048 139 A1 geht ein Flugzeug mit einer variablen Tragflächengeometrie hervor. Die beidseits des Rumpfes angeordneten Tragflächen weisen jeweils einen inneren, starr mit dem Rumpf verbundenen Längsabschnitt und einen äußeren Längsabschnitt auf, der in Tragflächenmitte mittels eines Drehgelenks mit horizontaler Drehachse an den inneren Tragflächenabschnitt angelenkt ist und im Flug nach oben geklappt werden kann. Ein Verschwenkbereich von mehr als 120 Grad soll eine Verbindung der äußeren Längsabschnitte der Tragflächen mit dem Heckleitwerk ermöglichen.

[0018] Aus der US 2010 / 0 314 498 A1 geht ein Flugzeug mit vier Tragflächen hervor, die starr mit einem Rumpf verbunden sind und eine positive Pfeilung aufweisen. Die Tragflächen sind jeweils an ihren Enden durch Triebwerke miteinander verbunden.

[0019] Aus der WO 2004 / 074 093 A1 geht ein Flugzeug hervor, bei dem vier Tragflächen untereinander zu einem polygonalen Ring verbunden sind, der an seinem vorderen Ende starr mit der Unterseite des Rumpfs und an seinem hinteren Ende starr mit zwei Heckflossen verbunden ist.

[0020] Aus der US 6 474 604 B1 geht ein schlaufenförmige Anordnung für Flügelprofile hervor bei der die Saugseite eines Flügels in der Art eines Möbiusbands von der Außen- auf die Innenseite wechselt. Eine Anwendungsmöglichkeit für eine derartige Schlaufe betrifft die Verbindung von zwei vorderen positiv gepfeilten Tragflächen mit zwei hinteren negativ gepfeilten Tragflächen eines Flugzeugs zu einem in sich geschlossenen starren Polygonring.

[0021] Aus der WO 2008 / 010 226 A1 geht ein Marschflugkörper hervor, bei dem ein vorderes Paar von Tragflächen mit der Oberseite des Marschflugkörpers und ein hinteres Paar von Tragflächen mit der Unterseite des Marschflugkörpers und untereinander mittels von Abstandhaltern mit vertikalen Drehachsen derart verbunden sind, dass die vorderen und die hinteren Tragflächen für den Transport des Marschflugkörpers zum Einsatzort vollständig in den Rumpf eingeklappt werden können.

Aufgabenstellung

[0022] Ausgehend von dem dargestellten Stand der Technik geht die Erfindung von der Überlegung aus, die Faltbarkeit eines Polygonrings mit einer geraden Anzahl von Seiten und Ecken und die Faltbarkeit einer aus einer Mehrzahl von Polygonen gebildeten Netzstruktur für ein faltbares Flugzeug zu nutzen, bei dem die Polygonseiten als Tragflächen und die Polygonecken als Knotenkörper ausgebildet sind. Als Endlosstrukturen haben erfindungsgemäße Faltsysteme den aerodynamischen Vorteil, dass eine Wirbelablösung an den Enden der Tragflächen nicht auftritt, und verfügen unter dynamischer Beanspruchung über neuartige Stabilitätseigenschaften. Insbesondere ist es die Aufgabe der Erfindung, ein Faltsystem für Flugzeuge zu finden, das ohne unangemessenen Aufwand an die unterschiedlichen aerodynamischen Anforderungen des Flugbetriebs angepasst werden kann und sich dabei in allen Flugphasen durch einen geringen Widerstand und eine große, Auftrieb erzeugende Oberfläche der Tragflächen auszeichnet. Die Aufgabe wird mit einer Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0023] Weitere Aufgaben und vorteilhafte Eigenschaften der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

[0024] Im Einzelnen löst die Erfindung die folgenden Aufgaben:

- Angabe eines Flugzeugs mit einem faltbaren Polygonring aus vier Tragflächen und vier Knotenkörpern, der zusammen mit dem Rumpf ein biege-, schub- und torsionssteifes Flugwerk bildet.

- Angabe eines Verkehrsflugzeugs mit vier Tragflächen, die nach der Landung gefaltet und vor dem Start entfaltet werden.

- Angabe eines energiesparenden Verkehrsflugzeugs, dessen Tragflächen verstellbar sind und sich in jeder Flugphase durch einen geringen Wiederstand auszeichnen.

- Angabe eines Flugzeugs als Auto, dessen Fahrwerk von vier Rädern mit Autoreifen gebildet wird.

- Angabe eines kombinierten Falt- und Teleskopsystems für die Tragflächen eines Flugzeugs mit mindestens vier Tragflächen

- Angabe eines Flugzeugs als Bus mit falt- und teleskopierbaren Tragflächen

- Angabe eines Überschallflugzeugs, bei dem eine voll entfaltete Betriebsstellung der Tragflächen für den Unterschallflug und eine teilweise gefaltete Betriebsstellung der Tragflächen für den Überschallflug genutzt wird.

- Angabe eines Polygonrings mit zwei linken und zwei rechten Tragflächen, die gemeinsam oder getrennt gefaltet und entfaltet werden können und ein faltbares Leitwerk bilden.

- Angabe eines aus mehreren Tragflächensegmenten aufgebauten Teleskopflügels

- Angabe einer Tragfläche des Faltsystems mit Drehgelenken an beiden Enden der Tragfläche

- Angabe eines Drehgelenks mit nur einem für die Faltung erforderlichen Freiheitsgrad

- Angabe eines Drehgelenks mit mehreren koaxial und konzentrisch zu der horizontalen Drehachse angeordneten Wälzlagern

- Angabe einer Verriegelung für die Drehgelenke des Faltsystems

- Angabe eines Flugzeugs mit einer in zwei Richtungen erweiterbaren Netzstruktur, die im Flug-, Fahr und Schwimmbetrieb dynamische Lasten durch Faltbewegungen aufnehmen kann.

- Angabe eines Flugzeugs mit einer Netzstruktur als Drohnenträger für einen temporär von dem Flugzeug unabhängigen Drohnenschwarm

- Angabe einer Arbeitsteilung zwischen einer Netzstruktur aus Tragflächen und Knotenkörpern und einem Drohnenschwarm

- Angabe eines fahr- und faltbaren Wasserflugzeugs als Feuerlöschflugzeug mit Turboprop-Triebwerken

- Angabe eines faltbaren Solarflugzeugs

- Nutzung des Faltsystems für die Ausrichtung der Tragflächen eines Solarflugzeugs zur Sonne

- Angabe einer Netzstruktur für ein hybrides Flugzeug, bei dem die Tragflächen als Auftriebskörper ausgebildet sind.

- Nutzung des Faltsystems für unterschiedliche energiesparende Flugformationen, wie einer V-Formation oder einer Stufen-Formation

Beschreibung der Erfindung

[0025] Die Erfindung betrifft ein Flugzeug mit einem Faltsystem, das eine gerade Anzahl von Knotenkörpern und eine gerade Anzahl von Tragflächen aufweist, die entweder untereinander zu einem Polygonring oder zu einer in zwei Richtungen erweiterbaren Netzstruktur verbunden sind. Die Tragflächen sind jeweils an beiden Enden mittels von Drehgelenken mit horizontalen Drehachsen an die Knotenkörper derart angelenkt, dass durch die Verschiebung von mindestens einem der Knotenkörper entlang der Längsachse die polygonal angeordneten Tragflächen des Faltsystems in einer zwangsläufigen und reversiblen, durch den Freiheitsgrad der Drehgelenke notwendig vorgegebenen Faltbewegung nach oben gefaltet werden und in unterschiedlichen, für den Flug-, Fahr- und Standbetrieb des Flugzeugs vorgesehenen Betriebsstellungen arretiert werden können. Im Flugbetrieb ist das Faltsystem entfaltet und kann durch gesteuerte Faltbewegungen an die unterschiedlichen Flugphasen angepasst werden, sodass die Funktionen eines Leitwerks und die Funktionen von Vorflügeln und Flächenklappen an den Tragflächen mindestens teilweise durch das Faltsystem ersetzt werden kann. Für den Fahr- und Standbetrieb kann das Flugzeug auf einfachste Weise zusammengefaltet werden, sodass z.B. ein Verkehrsflugzeug für den Ein- und Ausstieg der Passagiere unmittelbar an ein Terminal heranfahren kann. Ein erfindungsgemäßes Flugzeug weist mindestens einen Rumpf, ein Triebwerk, ein Leitwerk, ein Fahrwerk, eine Landevorrichtung sowie eine in Flugrichtung ausgerichtete Längsachse, eine Querachse, und eine Hochachse auf.

Anordnung und Ausbildung der Tragflächen

[0026] Erfindungsgemäß hat eine erste Schar der Tragflächen des Flugzeugs einen positiven Pfeilungswinkel, während eine zweite Schar der Tragflächen einen negative Pfeilungswinkel, jeweils gegenüber der Querachse aufweist. Die Tragflächen sind an beiden Enden mittels von Drehgelenken mit horizontalen Drehachsen an die Knotenkörper derart angelenkt, dass durch die Verschiebung von mindes-

tens einem der Knotenkörper des Faltsystems auf einer zu der Längsachse parallelen Translationsachse alle weiteren Knotenkörper und alle Tragflächen in einer zwangsläufigen, durch den einen Freiheitsgrad der Drehgelenke notwendig vorgegebenen Faltbewegung von einer für den Flugbetrieb des Flugzeugs vorgesehenen entfalteten Betriebsstellung in eine für den Fahr- und Standbetrieb des Flugzeugs vorgesehene, zusammengefaltete Betriebsstellung transformiert werden. Die Tragflächen weisen in einem Querschnitt parallel zu der Längsachse jeweils ein asymmetrisches Flügelprofil mit einer Saugseite, mit einer Druckseite und mit einer sich von einer Flügelnase bis zu einer Flügelhinterkante erstreckenden Profilsehne mit einem Anstellwinkel von 2-6 Grad in der für den Flugbetrieb vorgesehenen voll- oder teilweise entfalteten Stellung auf. Die Aerodynamik der Tragflächen kann erfindungsgemäß, entweder mittels von verstellbaren Vorflügeln an der Nase und Flächenklappen an der Hinterkante der Tragflächen, oder durch eine Faltbewegung des Faltsystems an die unterschiedlichen Anforderungen der einzelnen Flugphasen angepasst werden. Wird der Abstand zwischen zwei Knotenkörpern des Faltsystems in einer durch die Längs-, Quer- und Hochachse repräsentierten Raumrichtungen geändert, ändern sich dadurch nicht nur die Abstände aller weiteren Knotenkörper des Faltsystems, sondern auch die Anstellwinkel der Tragflächen mit einem positiven und mit einem negativen Pfeilungswinkel jeweils gegenläufig. Diese Eigenschaft des Faltsystems wird im Rahmen der Erfindung für die Anpassung des Flugzeugs an die unterschiedlichen aerodynamischen Anforderungen des Flugbetriebs genutzt, wobei das Faltsystem mindestens teilweise die Funktionen eines Leitwerks und bei Start und Landung die Funktion von Vorflügeln und Flächenklappen übernehmen kann. Für den Überschallflug ist z.B. an einem erfindungsgemäßen Flugzeug eine Flügelstellung vorgesehen, bei der die Profilsehnen der Tragflächen parallel zur Längsachse des Flugzeugs ausgerichtet sind, wobei die beiden bugseitigen Tragflächen einteilig und die beiden heckseitigen Tragflächen zweiteilig, mit einer Flächenkappe ausgebildet sind. Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsvariante der Erfindung sind die Tragflächen als Teleskopflügel ausgebildet. Ein Teleskopflügel ist aus mindestens zwei Tragflächensegmenten aufgebaut, die dann wenn die Teleskopflügel in der maximal gefalteten Stellung des Faltsystems parallel zu der Hochachse ausgerichtet sind derart ineinander geschoben werden können, dass die Länge einer Tragfläche reduziert wird und das Faltsystem ein kompaktes Bündel aus den Tragflächen und den Knotenkörpern bildet, wobei mindestens ein Tragflächensegment des Teleskopflügels verstellbare Vorflügel und Flächenklappen aufweisen kann. Die Tragflächen sind bevorzugt gerade ausgebildet. Im Sinne einer ungestörten Anströmung können die diagonal überströmten Tragflächen eines Faltsystems dem Wechsel des Pfeilungswinkels folgend aber auch abwechselnd konkav und konvex gekrümmt ausgebildet werden. Bei einem Hybridflugzeug weisen die Tragflächen des Faltsystems mindestens eine Auftriebszelle auf, die mit einem Gas leichter als Luft gefüllt ist.

Faltsysteme mit einem Polygonring

[0027] Die bevorzugte Ausführungsform eines von einem Polygonring gebildeten Faltsystems betrifft ein Viereck, das bevorzugt als Quadrat oder als Raute oder als ein Deltoid ausgebildet werden kann, bei dem alle Tragflächen gepfeilt sind und der bugseitige Knotenkörper sowie der heckseitige Knotenkörper jeweils mit einem röhrenförmigen Rumpf verbunden sind, der als Diagonale das Viereck in Flugrichtung aussteift, wobei die beiden vorderen Tragflächen eine Schar mit einer positiven Pfeilung und die beiden hinteren Tragflächen eine Schar mit einer negativen Pfeilung bilden. Die Pfeilung erfordert die Ausbildung in sich verwundener Tragflächen mit einem Verwindungswinkel, der als konstruktiver Anstellwinkel an der Flügelwurzel der vier Tragflächen jeweils an dem bugseitigen und an dem heckseitigen Knotenkörper des Polygonrings gegenüber der Längsachse etwa sechs Grad aufweist und sich zu den als Winglets ausgebildeten steuerbordseitigen und backbordseitigen Knotenkörpern bis auf zwei Grad verringert. Im Rahmen der Erfindung kann der Polygonring auch als Sechseckring, Achteckring, Zehneckring usw. ausgebildet werden, wobei jeweils nur eine Teilmenge der Polygonseiten eine Schar von Tragflächen mit einer positiven Pfeilung und eine Schar von Tragflächen mit einer negativen Pfeilung beinhaltet. Das Faltsystem weist in der für den Stand- und Fahrbetrieb des Flugzeugs maximal gefalteten Betriebsstellung, bei der die Tragflächen möglichst parallel zu der Hochachse des Flugzeugs ausgerichtet sind, und in der für den Flugbetrieb vorgesehenen entfalteten Betriebsstellung ein spiegelsymmetrisch zu der Längsachse angeordnetes und winkeltreues Polygon auf. Der Rumpf ist als Röhre mit einem kreisrunden, ovalen, polygonalen oder nach aerodynamischen und funktionalen Gesichtspunkten frei geformten Querschnitt ausgebildet und erstreckt sich koaxial zu der Längsachse zwischen einem strömungsgünstigen Bug und einem hochgezogenen, spitz zulaufenden Heck des Flugzeugs. Das Faltsystem hat einen bugseitigen Knotenköper, an den vordere, rechte und linke Tragflächen angelenkt sind und einen heckseitigen Knotenkörper, an den hintere, rechte und linke Tragflächen angelenkt sind. Alle vier Tragflächen sind untereinander jeweils an ihren äußeren Enden mit steuer- und backbordseitigen, als Winglets ausgebildeten Knotenkörpern verbunden. Bei einer ersten Ausführungsvariante des Faltsystems mit einem Polygonring ist der heckseitige Knotenkörper starr mit dem Leitwerk des Rumpfs verbunden, während der bugseitige Knotenkörper als ein Schieber auf einer Schiene an der Unterseite der Röhre innerhalb

eines Verstellbereichs entlang einer zu der Längsachse parallelen Translationsachse in Richtung Heck verschoben werden kann und dann in einer hinteren Position arretiert wird, wenn die maximal gefaltete Betriebsstellung des Faltsystems erreicht ist. Dabei nehmen die Tragflächen eine platzsparende, stehende Stellung ein und können parallel zu der Hochachse des Flugzeugs ausgerichtet werden. Ein quadratischer Polygonring wird von vier Knotenkörpern und vier gleich langen Tragflächen mit acht Drehgelenken gebildet, wobei die steuerbordseitigen und die backbordseitigen Tragflächen in der für den Flugbetrieb vorgesehenen entfalteten Stellung bezüglich der Hochachse jeweils mit einem vertikalen Abstand parallel zueinander angeordnet sind. Dabei ist der bugseitige Knotenköper z.B. mit der Unterseite und der heckseitige Knotenkörper mit der Oberseite eines als Röhre ausgebildeten Rumpfs verbunden, wobei der bugseitige und/oder der heckseitige Knotenkörper als Schieber auf einer Schiene mit einer zu der Längsachse parallelen Translationsachse ausgebildet ist. Die maximal gefaltete Betriebsstellung des Faltsystems wird dadurch erreicht, dass bei der Faltung der bugseitige und der heckseitige Knotenkörper aufeinander zugeschoben werden, während die für den Flugbetrieb vorgesehene entfaltete Betriebsstellung des Faltsystems dadurch erreicht wird, dass der bugseitige und/oder der heckseitige Knotenkörper jeweils auf den Schienen auseinander bewegt und in der für den Flugbetrieb vorgesehenen entfalteten Betriebsstellung fest mit dem von einer Röhre gebildeten Rumpf verbunden werden.

[0028] An einem Überschallflugzeug, bei dem der Rumpf eine Röhre mit einem verstellbaren Bug und mit einem hochgezogenen Heck und das Faltsystem einen Polygonring mit vier Knotenkörpern und vier Tragflächen aufweist, ist der heckseitige Knotenkörper über das Leitwerk starr mit dem Rumpf verbunden, während der bugseitige Knotenköper innerhalb eines Verstellbereichs auf einer Schiene mit einer zu der Längsachse parallelen Translationsachse verschoben werden kann. In einer ersten für den Überschallflug vorgesehenen, entfalteten Betriebsstellung des Faltsystems ist der Abstand des bugseitigen zu dem heckseitigen Knotenkörper so gewählt, dass die Tragflächen eine teilweise entfaltete, V-förmige Betriebsstellung einnehmen, sodass die Profilsehne des asymmetrischen Flügelprofils an allen Tragflächen parallel zu der Längsachse ausgerichtet ist und die Tragflächen für den Überschallflug eine flache Saugseite mit einer nach hinten verlagerten Druckpunkt (Rear-Loading) aufweisen. Für den Flugbetrieb bei Geschwindigkeiten unterhalb der Schallgrenze wird der Abstand zwischen dem bugseitigen und dem heckseitigen Knotenkörper gegenüber der für den Überschallflug vorgesehenen Betriebsstellung derart vergrößert, dass eine Flügelstellung ermöglicht wird, bei der die beiden vorderen Tragflächen einen Anstellwinkel aufweisen und die Flächenklappen der beiden hinteren Tragflächen jeweils nach unten geklappt sind, sodass alle vier Tragflächen auch bei Fluggeschwindigkeiten deutlich unterhalb der Schallgrenze genügend Auftrieb erzeugen können. In einer weiteren Ausführungsvariante wird das von dem Polygonring gebildete Faltsystem als ein Leitwerk genutzt, wobei in der für den Geradeausflug vorgesehenen entfalteten Betriebsstellung der Abstand zwischen dem bugseitigen und dem heckseitigen Knotenkörper so gewählt ist, dass alle vier Tragflächen einen Anstellwinkel der Profilsehnen von etwa sechs Grad aufweisen. Für die Einleitung einer Drehbewegung des Flugzeugs um die Querachse wird der Abstand zwischen dem bugseitigen und dem heckseitigen Knotenkörper entweder verkürzt oder verlängert, wobei sich die Anstellwinkel der vorderen und der hinteren Tragflächen jeweils gegenläufig ändern und das Flugzeug einen Steig- oder Sinkflug beginnt. Für die Einleitung einer Drehbewegung des Flugzeugs um die Längsachse und um die Hochachse sind der bugseitige und der heckseitige Knotenkörper in zwei Hälften geteilt, die auf getrennten Schienen mit Translationsachsen parallel zu der Längsachse verschoben werden können, sodass für einen Kurvenflug die Anstellwinkel der steuerbordseitigen Tragflächen und der backbordseitigen Tragflächen unabhängig voneinander geändert werden können. Mittels von hydraulisch betätigten Riegeln werden der bugseitige und der heckseitige Knotenkörper jeweils mit dem Rumpf verriegelt, sodass die Polygonring in der für den Flugbetrieb vorgesehenen entfalteten Betriebsstellung versteift wird und der Rumpf, die Knotenkörper und die Tragflächen untereinander zu einem biege-, schub- und torsionssteifen Tragsystem mit einer definierten elastischen Verformbarkeit verbunden sind. Während des Faltvorgangs wirken die Drehgelenke als Scharniere zwischen den Tragflächen und den Knotenkörpern und haben einen ausschließlich für die Ausführung einer Drehbewegung erforderlichen Freiheitsgrad. Die Einspannung der Tragflächen quer zu ihrer Längsrichtung bewirkt eine Stabilisierung des Faltsystems auch während des Faltvorgangs, der dann abgeschlossen ist, wenn der zuständige Knotenkörper in einer bestimmten für den Flug-, Fahr- oder Standbetrieb des Flugzeugs vorgesehenen Betriebsstellung arretiert wird, sodass damit auch alle weiteren Knotenkörper und Tragflächen des Faltsystems stabilisiert sind. Um im Flugbetrieb die Beweglichkeit der Drehgelenke auch bei allfälliger Torsion der Tragflächen sicherzustellen, sind zwischen den zueinander komplementären Vor- und Rücksprüngen der Tragflächen und der Knotenkörper Wälzlager mit Wälzkörpern in Form von Kugeln, Rollen oder Kegeln vorgesehen. Das Fahrwerk eines Linienflugzeugs weist ein in den Rumpf einziehbares Fahrwerk mit einem in eine Ausbuchtung der Röhre integrierten Hauptfahrwerk und mit einem bugseitigen Stützfahrwerk auf, während das Fahrwerk eines Flugtaxis von vier an die Röhre angelenkten Rädern

mit Autoreifen gebildet wird und die Räder im Flugbetrieb an die Röhre angelegt werden können.

Faltsysteme mit einer Netzstruktur

[0029] Bei einem Flugzeug mit einer in zwei Richtungen erweiterbaren Netzstruktur, die aus einer geraden Anzahl von Tragflächen und Knotenkörpern aufgebaut ist, bilden die Knotenköper jeweils einen Rumpf mit einem Triebwerk und einer Landevorrichtung. Sind die in Flugrichtung ausgerichteten Rümpfe länglich ausgebildet, kann die Netzstruktur sechseckige Felder aufweisen. Ein Flugzeug mit einer faltbaren Netzstruktur kann im Flugbetrieb unterschiedliche, mittels einer Schubsteuerung der Propeller herbeigeführte Faltformationen einnehmen. Die als Rümpfe des Flugzeugs ausgebildeten Knotenkörper sind dabei in einem regelmäßigen Wechsel von Hoch- und Tiefpunkten angeordnet, sodass die faltbare Netzstruktur im Fahr- und Flugbetrieb strukturelle Belastungen durch Faltbewegungen in den horizontalen Drehachsen der Drehgelenke aufnehmen kann. In einer ersten Ausführungsvariante der Netzstruktur weist jeder Rumpf eine konzentrisch zu der Hochachse angeordnete, kreisförmige Öffnung mit einer Gelenkanordnung für die Aufhängung eines Triebwerks mit Propeller auf. Die Triebwerke des Flugzeugs sind innerhalb der kreisförmigen Öffnungen der Rümpfe mittels der Gelenkanordnung kardanisch aufgehängt, sodass der von den Propellern erzeugte Schub in alle Richtungen gelenkt werden kann. Die Triebwerke sind mit einer gefederten Landevorrichtung verbunden, sodass das Flugzeug senkrecht starten und landen kann. Bei Start und Landung rotieren die Propeller in einer horizontalen Stellung innerhalb der kreisförmigen Öffnungen der Rümpfe und können für den Geradeausflug mittels der Gelenkanordnungen um bis zu 90 Grad gedreht werden, um Schub in Flugrichtung des Flugzeugs zu erzeugen. Eine zweite Ausführungsvariante der Netzstruktur betrifft eine Arbeitsteilung zwischen einem Flugzeug und einer Mehrzahl von Drohnen, die untereinander eine temporäre und lösbare Verbindung eingehen. Die Drohnen haben jeweils ein elektrisches Triebwerk mit mehreren Propellern und docken an den kreisförmigen Öffnungen der Rümpfe an, sodass das Flugzeug mit Hilfe der Drohnen senkrecht starten und landen kann. Im Flugbetrieb kann der von den Propellern der Drohnen erzeugte Schub in Richtung der Längsachse des Flugzeugs gelenkt werden, indem die Drohnen mittels einer Gelenkanordnung der Knotenkörper um bis zu 90 Grad gedreht werden. In dieser temporären Verbindung nutzt der Drohnenschwarm das Flugzeug als einen Drohnenträger und umgekehrt das Flugzeug den Drohnenschwarm als Triebwerk. Auf diese Weise können die Drohnen eine längere Strecke zwischen Start und Ziel zurücklegen und am Ziel unterschiedliche Destinationen anfliegen, nachdem sie sich von dem Flugzeug gelöst haben. In einer dritten Ausführungsvariante der Netzstruktur ist das Flugzeug als ein Hybridflugzeug ausgebildet, bei dem entweder die Tragflächen und/oder die Rümpfe jeweils mindestens eine mit einem Gas leichter als Luft gefüllte Auftriebszelle aufweisen. In der für den Geradeausflug vorgesehenen, voll entfalteten Betriebsstellung liegen die Tragflächen und die Rümpfe in einer Ebene, wobei die Profilsehnen der Tragflächen einen Anstellwinkel kleiner gleich sechs Grad haben. Im Flugbetrieb kann die Netzstruktur unterschiedliche, mittels einer Schubsteuerung der Propeller herbeigeführte Betriebsstellungen einnehmen. Die Knotenkörper sind dabei in zwei Ebenen jeweils als Hoch- und Tiefpunkte angeordnet. Ein Flugzeug mit einer Netzstruktur kann im Fahr-, Schwimm- und Flugbetrieb strukturelle Belastungen mit Faltbewegungen dadurch aufnehmen, dass sämtliche Drehgelenke, Knotenkörper und Tragflächen an der Lastaufnahme durch kontrollierte Faltbewegungen beteiligt sind. Bei einem extrem leichten hybriden Flugzeug können die Drehgelenke ein flexibles Gewebe, z.B. aus hochfesten Aramidfasern, aufweisen.

Landevorrichtungen für faltbare Flugzeuge

[0030] An einem Flugzeug mit einem faltbaren Polygonring weist die Landevorrichtung entweder ein in den Rumpf einziehbares Fahrwerk mit einem Hauptfahrwerk und mit einem bugseitigen Stützfahrwerk auf oder wird von vier an den Rumpf angelenkten Rädern mit Autoreifen gebildet, wobei die Räder im Flugbetrieb an den Rumpf angelegt werden können. Ein Flugzeug mit einer Netzstruktur weist eine Vielzahl von Landevorrichtungen auf, die jeweils den als Rümpfe ausgebildeten Knotenkörpern zugeordnet und als Fußpunkte mit oder ohne Rad ausgebildet sind. Im Falle eines Wasserflugzeugs weist die Landevorrichtung mehrere Schwimmer auf.

[0031] Die Figuren zeigen unterschiedliche Ausführungsmöglichkeiten und Anwendungen der Erfindung.

[0032] Es zeigen:

Fig. 1 ein Verkehrsflugzeug mit für den Stand- oder Fahrbetrieb gefalteter Flügelstellung in der Aufsicht

Fig. 2 das Verkehrsflugzeug nach **Fig. 1** mit für den Stand- oder Fahrbetrieb gefalteter Flügelstellung in der perspektivischen Ansicht

Fig. 3 das Verkehrsflugzeug nach **Fig. 1-2** mit für den Flugbetrieb entfalteter Flügelstellung in der perspektivischen Ansicht

Fig. 4 das Verkehrsflugzeug nach **Fig. 1-3** mit für den Flugbetrieb entfalteter Flügelstellung in der bugseitigen Ansicht

Fig. 5 das Verkehrsflugzeug nach **Fig. 1-4** mit für den Flugbetrieb entfalteter Flügelstellung in der Seitenansicht

Fig. 6 das Drehgelenk zwischen einem Knotenkörper und einer Tragfläche in der entfalteten Stellung der Faltstruktur in der perspektivischen Übersicht

Fig. 7 das Drehgelenk der Faltstruktur nach **Fig. 6** in gefalteter Stellung in der perspektivischen Übersicht

Fig. 8 ein Flugauto mit für den Stand- oder Fahrbetrieb gefalteter Flügelstellung in der Aufsicht

Fig. 9 oben, das Flugauto nach **Fig. 8** mit eingefahrenen Teleskopflügeln in der isometrischen Übersicht

Fig. 9 unten, das Flugauto nach **Fig. 8** mit ausgefahrenen, senkrecht stehenden Teleskopflügeln in der isometrischen Übersicht

Fig. 10 das Flugauto nach **Fig. 8-9** mit für den Flugbetrieb entfalteter Flügelstellung in der perspektivischen Übersicht

Fig. 11 das Flugauto nach **Fig. 8-10** mit unterschiedlichen Flügelstellungen für den Flugbetrieb in der Seitenansicht

Fig. 12 oben, das Flugauto nach **Fig. 8-11** mit einer Flügelstellung für den Geradeausflug in der Ansicht von vorne

Fig. 12 Mitte, das Flugauto nach **Fig. 8-11** mit einer Flügelstellung für den Steigflug in der Ansicht von vorne

Fig. 12 unten, das Flugauto nach **Fig. 8-11** mit einer Flügelstellung für den Sinkflug in der Ansicht von vorne

Fig. 13 oben, einen Flugbus mit für den Flugbetrieb entfalteter Flügelstellung in der perspektivischen Übersicht

Fig. 13 unten, den Flugbus mit für den Fahrbetrieb gefalteter Flügelstellung in der perspektivischen Übersicht

Fig. 14 ein Überschallflugzeug mit der für den Überschallflug entfalteten Flügelstellung in der perspektivischen Übersicht mit Detailschnitten der vorderen und hinteren Tragflächen

Fig. 15 das Überschallflugzeug nach **Fig. 14** mit der für den Überschallflug vorgesehenen Flügelstellung in der Frontansicht

Fig. 16 das Überschallflugzeug nach **Fig. 14-15** mit der für den Unterschallflug entfalteten Flügelstellung in der perspektivischen Übersicht mit Detailschnitten der vorderen und hinteren Tragflächen

Fig. 17 das Überschallflugzeug nach **Fig. 14-16** mit der für den Unterschallflug vorgesehenen Flügelstellung in der Frontansicht

Fig. 18 das Überschallflugzeug nach **Fig. 14-17** mit der für den Fahr- und Standbetrieb gefalteten Flügelstellung in der perspektivischen Übersicht

Fig. 19 ein Feld einer in zwei Richtungen erweiterbaren Netzstruktur eines Flugzeugs in der perspektivischen Übersicht

Fig. 20 neun Felder der Netzstruktur des Flugzeugs nach **Fig. 19** in der perspektivischen Übersicht

Fig. 21 den Ausschnitt eines hybriden Flugzeugs mit einer in zwei Richtungen erweiterbaren Netzstruktur in der perspektivischen Übersicht

Fig. 22 einen Knotenpunkt des hybriden Flugzeugs nach **Fig. 21** in der perspektivischen Übersicht

Fig. 23 ein Flugzeug mit einer Netzstruktur als ein Drohnenträger für 25 Drohnen in der Aufsicht

Fig. 24 das Flugzeug nach **Fig. 23** bei der Vereinigung mit anfliegenden Drohnen in der perspektivischen Ausschnittsdarstellung

Fig. 25 das Flugzeug nach **Fig. 23-24** im Startbetrieb in der perspektivischen Aufsicht

Fig. 26 das Flugzeug nach **Fig. 23-25** im gemeinsamen Flugbetrieb mit den Drohnen in der perspektivischen Aufsicht

Fig. 27 das Flugzeug nach **Fig. 23-26** in der gefalteten Betriebsstellung in der Seitenansicht

Fig. 28 den Ausschnitt eines Feuerlöschflugzeugs mit einer für den Flugbetrieb entfalteten Stellung einer in zwei Richtungen erweiterbaren Netzstruktur im schematischen Grundriss

Fig. 29 den Ausschnitt des Feuerlöschflugzeugs nach **Fig. 28** in der für den Flugbetrieb entfalteten Stellung der in zwei Richtungen erweiterbaren Netzstruktur in der perspektivischen Übersicht

Fig. 30 den Ausschnitt des Feuerlöschflugzeugs nach **Fig. 28-29** in der für den Stand- und Fahrbetrieb gefalteten Stellung der in zwei Richtungen erweiterbaren Netzstruktur in der perspektivischen Übersicht

[0033] **Fig. 1** zeigt ein Flugzeug **1** als ein Verkehrsflugzeug mit einem von vier Tragflächen **T1-T4** und vier Knotenpunkten **K1-K4** gebildeten Faltsystem **2** in einer für den Fahr- und Standbetrieb vorgesehenen gefalteten Betriebsstellung im Grundriss. Der Pfeilungswinkel **φ** der beiden bugseitigen Tragflächen **T1**,**T2** ist positiv, während die beiden heckseitigen Tragflächen **T3**,**T4** bezüglich der Querachse **y** des Flugzeugs **1** einen negativen Pfeilungswinkel **φ'** aufweisen.

[0034] Die Tragflächen **T1-T4** sind jeweils an beiden Enden mittels von Drehgelenken **22** mit horizontalen Drehachsen **δ** mit den Knotenkörper **K1-K4** verbunden, sodass das von einem quadratischen Polygonring **20** gebildete Faltsystem **2** insgesamt acht Drehgelenke **22** und acht horizontale Drehachsen **δ** aufweist. Die steuer- und backbordseitigen Knotenkörper **K3**,**K4** sind, wie in **Fig. 3** und **Fig. 5** gezeigt, jeweils als ein Winglet ausgebildet. Der quadratische Polygonring **20** wird in jeder Stellung des Faltsystems **2** durch einen als Röhre **100** ausgebildeten Rumpf **10** des Flugzeugs **1** ausgesteift. Der mit der Unterseite der Röhre **100** verbundene Knotenkörper **K1** hat einen Verstellbereich **V1** und weist in der maximal gefalteten Betriebsstellung des Faltsystems **2** den kürzesten Abstand zu dem Knotenkörper **K2** auf. Wie in **Fig. 3** gezeigt, wird der Knotenkörper **K1** in der für den Flugbetrieb vorgesehenen Stellung an das vordere Ende des Verstellbereichs **V1** verschoben, sodass die Knotenkörper **K1**,**K2** einen maximalen Abstand zueinander haben.

[0035] **Fig. 2** zeigt das Verkehrsflugzeug nach **Fig. 1** in einer gefalteten Betriebsstellung des Polygonrings **20**, bei dem die Knotenkörper **K1-K4** und die Tragflächen **T1-T4**, wie in **Fig. 1** gezeigt, mittels von acht Drehgelenken **22** mit acht horizontalen Drehachsen **δ** untereinander zu einem Faltsystem **2** verbunden sind. Die perspektivische Ansicht zeigt das Verkehrsflugzeug mit gefalteten Tragflächen **T1-T4**, mit zwei Triebwerken **11** als Prop-Fan-Triebwerke **110** mit Propellern **111** und mit einem Leitwerk **12** und einer Landevorrichtung **13**, die von einem einziehbaren Fahrwerk **130**, mit einem Hauptfahrwerk **131** und mit einem bugseitigem Stützfahrwerk **132** gebildet wird. Nach der Landung werden die Tragflächen **T1-T4** zusammengefaltet, indem der bugseitige Knotenkörper **K1** auf der von einer Schiene **101** gebildeten Translationsachse **β** des Faltsystems **2** in Richtung des starr mit dem Leitwerk **12** verbundenen heckseitigen Knotenkörpers **K2** verschoben wird. Das Verkehrsflugzeug hat deshalb einen geringeren Platzbedarf in der endgültigen Standposition am Terminal und auch im Rangierbetrieb.

[0036] **Fig. 3** zeigt das Verkehrsflugzeug nach **Fig. 1** und **Fig. 2** im Flugbetrieb mit entfalteten Tragflächen **T1-T4**, die jeweils ein überschalltaugliches, asymmetrisches Flügelprofil **23** mit einer von einem Vorflügel **24** gebildeten beweglichen Nase **n** und eine verstellbare Flügelhinterkante **e** mit einer Flächenklappe **25** aufweisen. Die Profilsehne **p** verbindet die Flügelnase **n** mit der Flügelhinterkante **e** und weist mindestens an der rumpfseitigen Flügelwurzel einen Anstellwinkel **α** kleiner gleich 6 Grad auf. Im Flugbetrieb sind die Knotenkörper **K1**,**K2** jeweils fest mit dem Rumpf **10** verbunden, sodass der Polygonring **20** zusammen mit dem Rumpf **10** ein biege-, schub- und torsionssteifes Flugwerk bildet.

[0037] **Fig. 4** zeigt das Verkehrsflugzeug nach **Fig. 1-3** in einer bugseitigen Ansicht mit entfalteten Tragflächen **T1-T4**. Die Tragflächen **T1**,**T2** sind mit dem bugseitigen Knotenkörper **K1** verbunden und weisen gegenüber den mit dem heckseitigen Knotenkörper **K2** verbundenen Tragflächen **T3**,**T4** einen vertikalen Abstand **h** auf, wobei die steuerbordseitigen Tragflächen **T1**,**T3** und die backbordseitigen Tragflächen **T2**,**T4** bezüglich der Hochachse **z** des Flugzeugs **1** jeweils parallel zueinander angeordnet und mittels der als Winglets ausgebildeten Knotenkörper **K3**,**K4** untereinander verbunden sind.

[0038] **Fig. 5** zeigt das Flugzeug nach **Fig. 1-4** in einer backbordseitigen Ansicht. Während die vordere Tragfläche **T2** von dem Knotenkörper **K1** zu dem Knotenkörper **K4** eine ansteigende Linie beschreibt, fällt die hintere Tragfläche **T4** von dem Knotenkörper **K4** zu dem Knotenkörper **K2** hin. An der Unterseite des als Röhre **100** ausgebildeten Rumpfs **10** sind der Verstellbereich **V1** für den Knotenkörper **K1** sowie die Landevorrichtung **13** mit eingezogenem Hauptfahrwerk **131** gekennzeichnet.

[0039] **Fig. 6** zeigt exemplarisch ein Drehgelenk **22** des Faltsystems **2** für ein erfindungsgemäßes Flugzeug **1** in der für den Flugbetrieb entfalteten Stellung. Die Knotenkörper **K1-Kn** und die Tragflächen **T1-Tn** sind jeweils durch komplementäre Vor- und Rücksprünge verzahnt, die von der horizontalen Drehachse **δ** durchquert werden. Das Drehgelenk **22** ist mehrschnittig ausgebildet und hat nur einen für eine Drehbewegung erforderlichen Freiheitsgrad.

[0040] **Fig. 7** zeigt das Drehgelenk **22** nach **Fig. 6** in einer für den Fahr-und Standbetrieb eines erfindungsgemäßen Flugzeugs **1** vorgesehenen gefalteten Betriebsstellung. Koaxial und konzentrisch zu der horizontalen Drehachse **δ** angeordnete Wälzlager **220** mit von Rollen, Kugeln, oder Kegeln gebildeten Wälzkörpern zwischen den komplementären Vor- und Rücksprüngen der Knotenkörper **K1-Kn** und der Tragflächen **T1-Tn** stellen die Drehbarkeit des Drehgelenks **22** um die horizontale Drehachse **δ** auch dann sicher, wenn die Tragflächen **T1-Tn** im Flugbetrieb torsionsbeansprucht sind. Das Drehgelenk **22** kann in der für den Flugbetrieb vorgesehenen, entfalteten Stellung mittels einer nicht näher dargestellten Verriegelung arretiert werden.

[0041] **Fig. 8** zeigt ein Flugzeug **1**, das als ein fliegendes Auto ausgebildet ist und dessen Faltsystem **2** als ein quadratischer Polygonring **20** von vier Tragflächen **T1-T4** und vier Knotenpunkten **K1-K4** gebildet wird, in der für den Fahr- und Standbetrieb des fliegenden Autos vorgesehenen gefalteten Betriebsstellung. Die vordere rechte und linke Tragfläche **T1**,**T2** weisen bezüglich der Querachse **y** des Flugzeugs **1** einen positiven Pfeilungswinkel **φ** auf, während die hintere rechte und linke Tragfläche **T3**,**T4** bezüglich

der Querachse **y** des Flugzeugs **1** einen negativen Pfeilungswinkel **φ'** aufweisen. Die Tragflächen **T1-T4** sind mittels von acht Drehgelenken **22** jeweils mit einer horizontalen Drehachse **δ** mit den Knotenkörpern **K1-K4** verbunden. Die Knotenkörper **K3**,**K4** sind, wie in **Fig. 10** und **Fig. 13** gezeigt, jeweils als Winglet ausgebildet. Die Knotenkörper **K1**,**K2** haben Verstellbereiche **V1**,**V2**, jeweils mit einer Translationsachse **β** für den Faltvorgang des Faltsystems **2**, wobei der bugseitige Knotenkörper **K1** mit der Unterseite des Rumpfs **10** verbunden ist, während der heckseitige Knotenkörper **K2** über das Leitwerk **12** mit der Oberseite des Rumpfs **10** verbunden ist. Werden die Verstellbereiche **V1**,**V2** der Knotenkörper **K1**,**K2** maximal genutzt, können die Tragflächen **T1-T4** des Faltsystems **2** von einer für den Flugbetrieb vorgesehenen entfalteten Stellung in eine für den Fahr- und Standbetrieb vorgesehene, maximal gefaltete Stellung transformiert werden. Das Flugauto wird im Flugbetrieb von einem mit dem Heck **103** verbundenen Propeller **111** angetrieben, wobei im Fahrbetrieb vier Räder **133** ein von einem Elektromotor angetriebenes Fahrwerk **130** bilden. Der quadratische Polygonring **20** ist durch den Rumpf **10** des Flugzeugs **1** ausgesteift.

[0042] **Fig. 9** oben zeigt das als Flugauto ausgebildete Flugzeug **1** im Fahrbetrieb und bei der Vorbereitung des Flugbetriebs unten. Im Fahrbetrieb stehen die jeweils als Teleskopflügel **26** ausgebildeten Tragflächen **T1-T4** senkrecht, wobei die Tragflächensegmente **260** der Teleskopflügel **26** derart ineinander geschoben sind, dass das Faltsystem **2** am Heck des Flugautos ein kompaktes Bündel bildet. Die vier Räder **133** des Flugautos weisen jeweils Autoreifen **134** auf und werden im Flugbetrieb als Landevorrichtung **13** genutzt. Für die Einleitung des Flugbetriebs werden jeweils zwei der Tragflächensegmente **260** eines Teleskopflügels **26** aus dem dritten Tragflächensegment **260** ausgefahren, sodass die Tragflächen **T1-T4** ihre für den Flugbetrieb vorgesehene endgültige Länge erreichen.

[0043] **Fig. 10** zeigt das Flugauto nach **Fig. 8-9** mit entfalteten Tragflächen **T1-T4** im Flugbetrieb. Der bugseitige Knotenkörper **K1** befindet sich in der für den Flugbetrieb vorgesehenen entfalteten Stellung auf der in **Fig. 8** dargestellten Translationsachse **β** in einer vorderen Position des Verstellbereichs VI, während der heckseitige Knotenkörper **K2** eine hintere Position des Verstellbereichs **V2** einnimmt. Für den Geradeausflug ist die Profilsehne **p** des asymmetrischen Flügelprofils **23** der Tragflächen **T1-T4** parallel zur Längsachse **x** des Flugzeugs **1** ausgerichtet, wobei die Tragflächen **T1-T4**, wie in **Fig. 12** gezeigt, mit einem vertikalen Abstand **h** bezüglich der Hochachse **z** parallel zueinander angeordnet sind. Die Tragflächensegmente **260** der Teleskopflügel **26** haben weder verstellbare Vorflügel an den Flügelnasen **n** noch verstellbare Flächenklappen an den Flügelhinterkanten **e**, da der Polygonring **20** im Flugbetrieb ein Leitwerk **12** bildet. Wie in **Fig. 11** gezeigt, wird der Verstellbereich **V1** des Knotenkörpers **K1** dazu genutzt, die Anstellwinkel der vorderen Tragflächen **T1**,**T2** und der hinteren Tragflächen **T3**,**T4** jeweils gegenläufig zu ändern, sodass das Flugzeug **1** wahlweise vom Geradeausflug in den Sinkflug oder in den Steigflug übergehen kann.

[0044] **Fig. 11** zeigt das Flugauto nach **Fig. 8-10** in der steuerbordseitigen Seitenansicht mit den Tragflächen **T1**,**T3** und den Knotenkörpern **K1-K3**. Der Verstellbereich **V1** des Knotenkörpers **K1** ermöglicht unterschiedliche Betriebsstellungen der Tragflächen **T1-T4**, sodass das Faltsystem **2** ein Leitwerk **12** bildet. In der für den Geradeausflug vorgesehenen Grundstellung weist die Profilsehne des Flügelprofils **23** der Tragflächen **T1-T4** einen leichten Anstellwinkel gegenüber der Längsachse **x** auf. Wird der Knotenkörper **K1** weiter nach vorne verschoben, geht das Flugauto in einen Steigflug über, wobei der Auftrieb an den vorderen Tragflächen **T1**,**T2** vergrößert und an den hinteren Tragflächen **T3**,**T4** jeweils verringert wird. Wird der Knotenkörper **K1** aus der für den Geradeausflug vorgesehenen Grundstellung nach hinten verschoben, vergrößert sich der Auftrieb an den hinteren Tragflächen **T3**,**T4** und verringert sich an den vorderen Tragflächen **T1**,**T2**, sodass das Flugauto einen Sinkflug beginnt.

[0045] **Fig. 12** zeigt das Flugauto nach **Fig. 8-11** in drei bugseitigen Ansichten mit unterschiedlichen Stellungen der Tragflächen **T1-T4**: **Fig. 12** oben für den Geradeausflug, **Fig. 12** Mitte für den Steigflug, und **Fig. 12** unten für den Sinkflug. Die jeweils unterschiedliche Betriebsstellung der Tragflächen **T1-T4** resultiert, wie in **Fig. 11** gezeigt, aus einem jeweils unterschiedlichen Abstand des Knotenkörpers **K1** zu dem Knotenkörpers **K2** innerhalb des Verstellbereichs **V1**. Da sich die Anstellwinkel der vorderen Tragflächen **T1**,**T2** und der hinteren Tragflächen **T3**,**T4** im Flugbetrieb mit dem Abstand der Knotenkörper **K1**,**K2** innerhalb des Verstellbereichs **V1** jeweils gegensinnig ändern lässt, kann das als ein quadratischer Polygonring **20** ausgebildete Faltsystem **2** die Funktion eines Leitwerks **12** mit Querruder **120**, Seitenruder **121** und Höhenruder **122** übernehmen. Die mit dem bugseitigen Knotenkörper **K1** verbundenen Tragflächen **T1**,**T2** und die mit dem heckseitigen Knotenkörper **K2** verbundenen Tragflächen **T3**,**T4** weisen in jeder Betriebsstellung einen vertikalen Abstand **h** zueinander auf und sind bezüglich der Hochachse **z** parallel zueinander ausgerichtet. Die Räder des Fahrwerks **130** sind im Flugbetrieb des Flugautos an den Rumpf **10** angelegt, um den Luftwiderstand zu verringern.

[0046] **Fig. 13** oben zeigt ein Flugzeug **1**, das im Fahrbetrieb als ein Bus am Straßenverkehr teilnehmen kann, bei dem das von einem quadratischen Po-

lygonring **20** gebildete Faltsystem **2** zu einem kompakten Bündel am Heck **103** des Busses zusammengefaltet ist. **Fig. 13** unten zeigt das Flugzeug **1** mit dem für den Flugbetrieb entfalteten Polygonring **20** der Faltstruktur **2**. Wie in **Fig. 9** dargestellt, werden für den Übergang vom Flug- in den Fahrbetrieb zunächst die parallel zu der Hochachse **z** ausgerichteten Tragflächensegmente **260** der Teleskopflügel **26** ausgefahren und bilden die Tragflächen **T1-T4** in voller Länge. In einem zweiten Schritt werden dann beide Hälften eines zweiteilig ausgebildeten Knotenkörpers **K1** auf den Schienen **101** an der Unterseite des Rumpfs **10** synchron in Richtung Bug **102** verschoben und in der vordersten Stellung des Verstellbereichs **V1** fest mit dem Rumpf **10** verbunden, sodass die Tragflächen **T1-T4** in einer für den Geradeausflug vorgesehenen Grundstellung des Faltsystems **2** einen Anstellwinkel **α** kleiner gleich 6 Grad aufweisen. Wie in **Fig. 11** beschrieben, kann der Steig- oder der Sinkflug des Flugzeugs **1** dadurch eingeleitet werden, dass durch eine geringfügige Verschiebung des bugseitigen Knotenkörpers **K1** innerhalb des Verstellbereichs **V1** eine gegensinnige Änderung der Anstellwinkel **α**, jeweils an den steuerbordseitigen Tragflächen **T1**, **T3** und an den backbordseitigen Tragflächen **T2**,**T4** herbeigeführt wird. Ein in zwei Hälften geteilter Knotenkörper **K1** ermöglicht die Verstellung der steuerbordseitigen Tragflächen **T1**,**T3** und der backbordseitigen Tragflächen **T2**,**T4** auf zwei getrennten Schienen **101** unabhängig voneinander, sodass die Tragflächen **T1-T4** die Funktion eines Leitwerks **12** mit Querruder **120**, Seitenruder **121** und Höhenruder **122** übernehmen können. Das Fahrwerk **130** besteht aus vier Rädern **133** und dient als Landevorrichtung **13**, indem das Flugzeug **1** bei der Landung zuerst auf den heckseitigen Rädern **133** aufsetzt. Das Triebwerk **11** besteht aus zwei elektrisch betriebenen Fan-Triebwerken, die mit dem Leitwerk **12** am Heck verbunden sind. Der Polygonring **20** mit Teleskopflügeln **26** ermöglicht es, die Abmessungen eines Flugzeugs **1** an die Abmessungen eines Straßenbusses anzupassen, sodass das Flugzeug **1** unmittelbar nach der Landung als Bus weiterfahren kann.

[0047] Fig. 14 zeigt ein Überschallflugzeug mit einem Faltsystem **2**, das von einem quadratischen Polygonring **20** mit vier Knotenkörpern **K1-K4**, vier gleich langen Tragflächen **T1-T4** und acht Drehgelenken **22** jeweils mit horizontalen Drehachsen **δ** gebildet und von einem, den bugseitigen Knotenkörper **K1** mit dem heckseitigen Knotenkörper **K2** verbindenden Rumpf **10** in Form einer Röhre **100** ausgesteift wird. Der Polygonring **20** ist in der für den Überschallflug vorgesehenen entfalteten Betriebsstellung dargestellt, in der die Profilsehnen **p** des asymmetrischen Flügelprofils **23** im Wesentlichen parallel zu der Längsachse **x** des Flugzeugs **1** ausgerichtet sind, wobei an den beiden vorderen Tragflächen **T1-T2** und an den beiden hinteren Tragflächen **T3**,**T4** ein in Richtung der als Winglets ausgebildeten Knotenkörper **K3**,**K4** abnehmender Verwindungswinkel jeweils gegenüber der Längsachse **x** vorgesehen ist. Der heckseitige Knotenkörper **K2** ist über das Leitwerk **12** starr mit dem Rumpf **10** verbunden, während der bugseitige Knotenkörper **K1** einen Verstellbereich **V1** mit einer Translationsachse **β** aufweist. Für den Überschallflug befindet sich der Knotenkörper **K1** in einer hinteren Stellung des Verstellbereichs **V1**, sodass die Tragflächen **T1-T4**, wie in **Fig. 15** gezeigt, eine V-förmige Stellung einnehmen und mit einem vertikalen Abstand **h** bezüglich der Hochachse **z** parallel zueinander angeordnet sind. Für den in **Fig. 16** und **Fig. 17** dargestellten Unterschallflug wird der Knotenkörper **K1** in eine vordere Stellung des Verstellbereichs **V1** verschoben. Zwei mit dem Heck **103** verbundene leistungsfähige Triebwerke **11** beschleunigen das Flugzeug auf eine Fluggeschwindigkeit größer als Mach **2**.

[0048] Fig. 15 zeigt das Überschallflugzeug nach **Fig. 14** in einer bugseitigen Ansicht im Überschallflugbetrieb. Der vertikale Abstand **h** zwischen den vorderen Tragflächen **T1**,**T2** und den heckseitigen Tragflächen **T3**,**T4** wird von den als Winglets ausgebildeten Knotenkörpern **K3**,**K4** überbrückt.

[0049] Fig. 16 zeigt das Überschallflugzeug nach **Fig. 14-15** mit einer voll entfalteten Stellung der Tragflächen **T1-T4**, bei welcher der Knotenkörper **K1** in einer vordersten Stellung des Verstellbereichs **V1** fest mit dem Rumpf **10** verbunden ist, wobei die vorderen Tragflächen **T1**,**T2** jeweils einen Anstellwinkel **α** gegenüber der Längsachse **x** des Flugzeugs **1** aufweisen und die hinteren Hälften der hinteren Tragflächen **T3**,**T4**, als Flächenklappen **25** nach unten geklappt sind, sodass für den Flugbetrieb im Unterschallbereich alle vier Tragflächen **T1-T4** mehr Auftrieb liefern als im Überschallflugbetrieb.

[0050] Fig. 17 zeigt das Überschallflugzeug nach **Fig. 14-16** in einer bugseitigen Ansicht, wobei die Tragflächen **T1-T4** für den Flugbetrieb im Unterschallbereich gegenüber der für den Überschallflug vorgesehenen Stellung weiter abgesenkt sind und nur eine leichte V-Form mit einem Winkel von 4,5 Grad gegenüber der Querachse **y** aufweisen. Durch die V-förmige Stellung der Tragflächen **T1-T4** wird eine Totstellung des Faltsystems **2** vermieden, bei der die Tragflächen **T1-T4** und die Knotenkörper **K1-K4** in einer Ebene liegen. Mit der V-förmigen Stellung der Tragflächen **T1-T4** ist es möglich, den Faltmechanismus des Polygonrings **20** ohne unangemessenen Kraftaufwand durch einfache Verschiebung des Knotenkörpers **K1** aus seiner vordersten Stellung innerhalb des Verstellbereichs **V1** einzuleiten, indem der Knotenkörper **K1** auf der Translationsachse **β** auf den fest mit dem Heck **103** verbundenen Knotenkörper **K2** zu bewegt wird, sodass, wie in **Fig. 18** gezeigt, die Tragflächen **T1-T4** in einer für den Fahr- und Stand-

betrieb des Überschallflugzeugs vorgesehenen Betriebsstellung eine platzsparende, aufrechte Stellung einnehmen.

[0051] Fig. 18 zeigt das Überschallflugzeug nach **Fig. 14-17** in der für den Rangier- und Standbetrieb vorgesehenen, maximal gefalteten Betriebsstellung des von dem quadratischen Polygonring **20** gebildeten Faltsystems **2**. Wegen einer durch das Hauptfahrwerk **131** bedingten Erweiterung des Rumpfs **10** können die Tragflächen **T1-T4** nicht vollständig gefaltet werden, sodass sie in der für den Fahr- und Standbetrieb eine V-förmige Stellung bezüglich der Hochachse **z** einnehmen.

[0052] Fig. 19 zeigt ein Feld einer in zwei Richtungen erweiterbaren Netzstruktur **21** als ein in sich vollständiges Flugzeug **1** mit vier Tragflächen **T1-T4**, die jeweils an ihren Enden mit vier Drehgelenken **22** mit horizontalen Drehachsen **δ** an vier Knotenkörper **K1-K4** mit Triebwerken **11** angelenkt sind. Die Knotenkörper **K1-K4** sind jeweils als Rümpfe **10** mit vier Drehgelenken **22** für den Anschluss von weiteren Tragflächen **T1-Tn** ausgebildet und weisen eine zentrale Öffnung **104** mit einer Gelenkanordnung **105** für die kardanische Aufhängung eines Triebwerks **11** mit Propeller **111** auf.

[0053] Fig. 20 zeigt ein Faltsystem **2** mit einer Netzstruktur **21**, die von neun Feldern entsprechend dem in **Fig. 19** beschriebenen Ausführungsbeispiel gebildet wird, in einer für den Flugbetrieb entfalteten Stellung, bei der die Knotenkörper **K1-Kn** und die Tragflächen **T1-Tn** in einer Ebene liegen. Bei Start und Landung rotieren die Propeller **111** horizontal in den kreisförmigen Öffnungen **104** der Knotenkörper **K1-Kn**. Durch eine unterschiedliche Drehzahl an jedem zweiten Triebwerk **11** kann das Faltsystem **2** bereits im Flugbetrieb gefaltet werden, indem sich die Knotenkörper **K1-Kn** innerhalb der Netzstruktur **21** als Hoch- und Tiefpunkte organisieren.

[0054] Fig. 21 zeigt den Ausschnitt einer Netzstruktur **21** für ein hybrides Flugzeug **1**, bei dem die Tragflächen **T1-Tn** pneumatisch gestützte Auftriebszellen **27** aufweisen, die mit einem Gas leichter als Luft gefüllt sind und jeweils zwei benachbarte Knotenkörper **K1-Kn** miteinander verbinden. Die Drehgelenke **22** werden bei diesem Ausführungsbeispiel von einem textilen Band gebildet, das mit den Knotenkörpern **K1-Kn** und mit den Tragflächen **T1-Tn** verbunden ist. Die Tragflächen **T1-Tn** können mit PV-Zellen bestückt werden, sodass das hybride Flugzeug **1** lange in der Luft bleiben kann.

[0055] Fig. 22 zeigt einen Knotenkörper **K1-Kn** des hybriden Flugzeugs **1** nach **Fig. 21** im Detail, bei dem das Triebwerk **11** innerhalb der kreisförmigen Öffnung **104** des als Rumpf **10** ausgebildeten Knotenkörpers. **K1-Kn** gegenüber der in **Fig. 21** gezeigten Stellung für Start und Landung für den Geradeausflug um 90 Grad gedreht ist, sodass der Propellerschub in Richtung der Längsachse **x** des hybriden Flugzeugs **1** gerichtet ist. Die Tragflächen **T1-Tn** sind pneumatisch gestützt und weisen mindestens eine, die Knotenkörper **K1-Kn** verbindende Auftriebszelle **27** auf, die mit einem Gas leichter als Luft gefüllt ist. Die in zwei Richtungen erweiterbare Netzstruktur **21** kann zu einem Flugzeug mit einer großen Oberfläche erweitert werden, das für den Geradeausflug mit Hilfe der Triebwerke **11** in einer horizontalen Betriebsstellung gehalten werden und dynamische Belastungen durch Faltbewegungen des Faltsystems **2** aufnehmen und deshalb sehr leicht ausgebildet werden kann.

[0056] Fig. 23 zeigt ein Flugzeug **1** mit einem Faltsystem **2**, das eine von 16 Feldern gebildete Netzstruktur **21** aufweist. Die Knotenkörper **K1-Kn** sind jeweils als Rümpfe **10** ausgebildet und weisen vier Drehgelenke **22** für den Anschluss der Tragflächen **T1-Tn** auf. Die kreisförmigen Öffnungen **104** der Rümpfe **10** haben wie in **Fig. 24** gezeigt ein Kalottenlager **106** für Drohnen **14** mit einem kugelförmigen Behälter **140**, sodass die Drohnen **14** das Flugzeug **1** als einen Drohnenträger nutzen, mit dem sie nur temporär verbunden sind.

[0057] Fig. 24 zeigt das Flugzeug **1** mit einer Netzstruktur **21** nach **Fig. 23** im Standbetrieb vor dem Start. Ein Schwarm von Drohnen **14** befindet sich im Anflug und vereinigt sich mit der Netzstruktur **21** des Flugzeugs **1**. Die einzelnen Drohnen **14** des Drohnenschwarms weisen jeweils einen kugelförmigen Behälter **140** auf, der zusammen mit den von den Knotenkörpern **K1-Kn** gebildeten Rümpfen **10** des Flugzeugs **1** eine Einheit für den Flugbetrieb bildet. Dabei ist der Behälter **140** einer Drohne **14** drehbar in dem Kalottenlager **106** des Rumpfs **10** gelagert und kann, wie in **Fig. 26** gezeigt, für den Geradeausflugs des Flugzeugs um bis zu 90 Grad gedreht werden.

[0058] Fig. 25 zeigt das Flugzeug **1**, das mit einem Schwarm von 25 Drohnen eine temporäre Verbindung eingegangen ist in einer perspektivischen Ansicht der Startphase, wobei jeweils vier Propeller **111** der Drohnen **14** horizontal ausgerichtet sind, sodass das Flugzeug **1** senkrecht starten und landen kann.

[0059] Fig. 26 zeigt das Flugzeug **1**, das mit einem Schwarm von 25 Drohnen eine temporäre Verbindung eingegangen ist, in einer perspektivischen Ansicht des Flugbetriebs. Dabei erzeugen die jeweils vier Propeller **111** einer Drohne **14** Schub in die durch die Längsachse **x** gekennzeichnete Flugrichtung, sodass der Drohnenschwarm das Flugzeug **1** nutzen kann, um energiesparend größere Distanzen zurücklegen zu können, indem der aerodynamische Auftrieb der Tragflächen **T1-Tn** genutzt wird. Am Zielort des Flugzeugs **1** können sich die einzelnen Drohnen **14**,

wie in **Fig. 24** gezeigt, von dem Flugzeug wieder lösen und z.B. Postsendungen an individuelle Adressen ausliefern. Die in zwei Richtungen erweiterbare Netzstruktur **21** des Flugzeugs **1** ermöglicht es, beliebig viele Drohnen **14** auf diese Weise für einen Auslieferungsservice einzusetzen.

[0060] Fig. 27 zeigt das Flugzeug nach **Fig. 23-26** in der gefalteten Betriebsstellung der Netzstruktur **21** ohne Drohnen **14**, bei der die Tragflächen **T1-Tn** parallel zu der Hochachse **z** des Flugzeugs **1** ausgerichtet sind und die Knotenkörper **K1-Kn** abwechselnd auf Hoch- und Tiefpunkten des Faltsystems **2** liegen. Die Tragflächen **T1-Tn** weisen jeweils Flächenklappen **25** auf und verbreitern sich zu den Knotenkörpern **K1-Kn** hin, sodass die Länge der horizontalen Drehachse **δ** an dem Drehgelenk **22** vergrößert wird. Das gefaltete Flugzeug **1** kann platzsparend verstaut werden, während sich die in **Fig. 26** dargestellten Drohnen **14 z**.B. an einer Ladestation befinden.

[0061] Fig. 28 zeigt den Ausschnitt eines Feuerlöschflugzeugs in einer für den Flugbetrieb entfalteten Stellung der in zwei Richtungen erweiterbaren Netzstruktur **21**, bei dem die als Rümpfe **10** ausgebildeten Knotenkörper **K1-Kn** jeweils einen Schwimmkörper zur Aufnahme von Löschwasser aufweisen und an ihrer Oberseite mit einem Triebwerk **11** mit jeweils einem Saug- und einem Druckpropeller **111** verbunden sind. Die in Flugrichtung vorderen Tragflächen haben einen positiven Pfeilungswinkel **φ**, während die in Flugrichtung hinteren Tragflächen einen negativen Pfeilungswinkel **φ'** aufweisen. Da die als Schwimmkörper ausgebildeten Knotenkörper **K1-Kn** in Flugrichtung länglich ausgebildet sind, weist die Netzstruktur **21** im Grundriss sechseckige Felder auf.

[0062] Fig. 29 zeigt den Ausschnitt der in zwei Richtungen erweiterbaren Netzstruktur **21** für ein Feuerlöschflugzeug nach **Fig. 28** in der für den Flugbetrieb entfalteten Stellung. Durch Betätigung der Flächenklappen **25** und nicht dargestellter Vorflügel an den Tragflächen **T1-Tn** kann das Feuerlöschflugzeug bei Start und Landung und im Flugbetrieb manövriert werden. Während des Flugbetriebs können aerodynamische Beanspruchungen des Flugwerks durch kontrollierte Faltbewegungen in den Drehgelenken **22** des Faltsystems **2** aufgenommen werden, wobei sich die Netzstruktur **21** elastisch verformt.

[0063] Fig. 30 zeigt den Ausschnitt der in zwei Richtungen erweiterbaren Netzstruktur **21** für ein Feuerlöschflugzeug nach **Fig. 28-29** in der für den Stand- und Fahrbetrieb gefalteten Betriebsstellung. Dabei sind die Tragflächen **T1-Tn** senkrecht zu der Hochachse des Flugzeugs **1** ausgerichtet. Die Knotenkörper **K1-Kn** weisen jeweils einen Schwimmkörper auf und sind als Hoch- und Tiefpunkte des Faltsystems **2** angeordnet. Jeder zweite Schwimmkörper hat ein von Rädern **133** gebildetes Fahrwerk **130**.

Bezugszeichenliste

1	Flugzeug
x	Längsachse
y	Querachse
z	Hochachse
10	Rumpf
100	Röhre
101	Schiene
V1,V2	Verstellbereich
102	Bug
103	Heck
104	Öffnung
405	Gelenkanordnung
406	Kalottenlager
11	Triebwerk
110	Prop-Fan-Triebwerk
111	Propeller
112	Elektrisches Fantriebwerk
12	Leitwerk
120	Querruder
121	Seitenruder
122	Höhenruder
13	Landevorrichtung
130	Fahrwerk
131	Hauptfahrwerk
132	Stützfahrwerk
133	Rad
134	Autoreifen
14	Drohne
140	Behälter
2	Faltsystem
T1-Tn	Tragfläche
T1	Vordere, rechte Tragfläche
T2	Vordere, linke Tragfläche
T3	Hintere, rechte Tragfläche
T4	Hintere, linke Tragfläche
α	Anstellwinkel
φ, φ'	Pfeilungswinkel
h	Vertikaler Abstand
K1-Kn	Knotenkörper

K1	Bugseitiger Knotenkörper
K2	Heckseitiger Knotenkörper
K3	Steuerbord-Knotenkörper
K4	Backbord-Knotenkörper
β	Translationsachse
20	Polygonring
21	Netzstruktur
22	Drehgelenk
220	Wälzlager
5	Drehachse
23	Flügelprofil
n	Flügelnase
e	Flügelhinterkante
P	Profilsehne
24	Vorflügel
25	Flächenklappe
26	Teleskopflügel
260	Tragflächensegment
27	Auftriebszelle

Patentansprüche

1. Flugzeug (1) mit einem Faltsystem (2), das von einer geraden Anzahl von Knotenkörpern (K1-Kn) und von einer geraden Anzahl von Tragflächen (T1-Tn) gebildet wird, die untereinander entweder zu einem Polygonring (20) oder zu einer in zwei Richtungen erweiterbaren Netzstruktur (21) verbunden sind, welches Flugzeug (1) mindestens einen Rumpf (10), ein Triebwerk (11), ein Leitwerk (12), eine Landevorrichtung (13) sowie eine Längsachse (x), eine Querachse (y) und eine Hochachse (z) besitzt und bei welchem Flugzeug (1) eine erste Schar von Tagflächen (T1-Tn) einen positiven Pfeilungswinkel (φ) und eine zweite Schar von Tragflächen (T1-Tn) einen negativen Pfeilungswinkel (φ') in Bezug zu der Querachse (y) aufweist, wobei die Tragflächen (T1-Tn) jeweils an beiden Enden mittels von Drehgelenken (22) mit horizontalen Drehachsen (δ) an die Knotenkörper (K1-Kn) derart angelenkt sind, dass durch die Verschiebung von mindestens einem der Knotenkörper (K1-Kn) entlang der Längsachse (x) die polygonal angeordneten Tragflächen (T1-Tn) des Faltsystems (2) in einer zwangsläufigen und reversiblen, durch den Freiheitsgrad der Drehgelenke (22) notwendig vorgegebenen Faltbewegung nach oben gefaltet werden und in unterschiedlichen, für den Flug-, Fahr-und Standbetrieb des Flugzeugs (1) vorgesehenen Betriebsstellungen arretiert werden können.

2. Flugzeug (1) mit einem Faltsystem (2) nach Anspruch 1, bei dem die Tragflächen (T1-Tn) in sich verwunden sind und in einem Querschnitt parallel zu der Längsachse (x) jeweils ein asymmetrisches Flügelprofil (23) mit einer Saugseite, mit einer Druckseite und mit einer sich von einer Flügelnase (n) bis zu einer Flügelhinterkante (e) erstreckenden Profilsehne (p) aufweisen, die mit einem Anstellwinkel (α) von sechs Grad in einer für den Flugbetrieb vorgesehenen entfalteten Betriebsstellung ausgerichtet ist, wobei die Flügelnasen (n) jeweils verstellbare Vorflügel (24) und die Flügelhinterkanten (e) verstellbare Flächenklappen (25) aufweisen und sich die Schar von Tragflächen (T1-Tn) mit einem positiven Pfeilungswinkel (φ) regelmäßig mit der Schar von Tragflächen (T1-Tn) mit einem negativen Pfeilungswinkel (φ') abwechselt.

3. Flugzeug (1) mit einem Faltsystem (2) nach Anspruch 1, bei dem eine Tragfläche (T1-Tn) einen Teleskopflügel (26) aufweist, der aus mindestens zwei Tragflächensegmenten (260) aufgebaut ist, die dann, wenn die Teleskopflügel (26) des Faltsystems (2) in einer maximal gefalteten Betriebsstellung parallel zu der Hochachse (z) ausgerichtet sind, derart ineinander geschoben werden können, dass die Länge einer Tragfläche (T1-Tn) reduziert wird und das Faltsystem (2) ein kompaktes Bündel aus den Tragflächen (T1-Tn) und den Knotenkörpern (K1-Kn) bildet, wobei mindestens ein Tragflächensegment (260) des Teleskopflügels (26) verstellbare Vorflügel (24) und Flächenklappen (25) aufweisen kann.

4. Flugzeug (1) mit einem Faltsystem (2) nach Anspruch 1, bei dem der Rumpf (10) eine kreisrunde, ovale, polygonale oder nach aerodynamischen und funktionalen Gesichtspunkten frei geformte und koaxial zu der Längsachse (x) angeordnete Röhre (100) aufweist, die sich zwischen einem strömungsgünstigen Bug (102) und einem hochgezogenen, spitz zulaufenden Heck (103) mit einem Leitwerk (12) erstreckt und das Faltsystem (2) einen von vier Knotenkörpern (K1-K4) und vier Tragflächen (T1-T4) gebildeten Polygonring (20) mit acht Drehgelenken (22) aufweist, wobei ein bugseitiger Knotenköper (K1) an vordere, rechte und linke Tragflächen (T1,T2) und ein heckseitiger Knotenkörper (K2) an hintere, rechte und linke Tragflächen (T3,T4) angelenkt sind und die Tragflächen (T1-T4) jeweils an ihren äußeren Enden an steuer- und backbordseitige, als Winglets ausgebildete Knotenkörper (K3,K4) angelenkt sind.

5. Flugzeug (1) mit einem Faltsystem (2) nach Anspruch 1, bei dem die Landevorrichtung (13) entweder von einem in den Rumpf (10) einziehbaren Fahrwerk (130) mit einem Hauptfahrwerk (131) und einem bugseitigen Stützfahrwerk (132) gebildet wird, oder bei dem das Fahrwerk (130) vier an den Rumpf (10) angelenkte Räder (133) mit Autoreifen (134) aufweist, die im Flugbetrieb an den Rumpf (10) ange-

legt werden, wobei der Rumpf (10) als eine Röhre (100) und das Faltsystem (2) als ein von vier Knotenkörpern (K1-K4) und vier Tragflächen (T1-T4) gebildeter quadratischer Polygonring (20) ausgebildet ist, oder bei dem die Landevorrichtung (13) im Falle einer Netzstruktur (21) mit den von den Knotenkörpern (K1-Kn) gebildeten Rümpfen (10) verbunden ist und entweder Kufen oder Schwimmkörper oder ein Fahrwerk (130) mit Rädern (133) aufweist.

6. Flugzeug (1) mit einem Polygonring (20) nach Anspruch 1, der von vier Knotenkörpern (K1-K4) und vier gleich langen Tragflächen (T1-T4) mit acht Drehgelenken (22) gebildet wird und die steuerbordseitigen Tragflächen (T1,T3) sowie die backbordseitigen Tragflächen (T2,T4) bezüglich der Hochachse (z) jeweils mit einem vertikalen Abstand (h) parallel zueinander angeordnet sind, wobei der bugseitige Knotenköper (K1) mit der Unterseite und der heckseitige Knotenkörper (K2) mit der Oberseite eines als Röhre (100) ausgebildeten Rumpfs (10) verbunden ist und mindestens einer der Knotenkörper (K1, K2) als Schieber auf einer Schiene (101) mit einer zu der Längsachse (x) parallelen Translationsachse (β) ausgebildet ist, sodass die maximal gefaltete Betriebsstellung des Faltsystems (2) dadurch erreicht wird, dass bei der Faltung die Knotenkörper (K1,K2) aufeinander zu bewegt werden und die für den Flugbetrieb vorgesehene entfaltete Betriebsstellung des Faltsystems (2) dadurch erreicht wird, dass die Knotenkörper (K1,K2) auf den Schienen (101) auseinander bewegt werden und in der für den Flugbetrieb vorgesehenen entfalteten Betriebsstellung fest mit der Röhre (100) verbunden werden.

7. Flugzeug (1) mit einem Polygonring (20) nach Anspruch 1, bei dem die Tragflächen (T1-T4) für den Fahr- und Standbetrieb gefaltet und in der für das Fliegen vorgesehenen Betriebsstellung entfaltet sind und der Polygonring (20) zusammen mit den Knotenkörpern (K1-K4) ein spiegelsymmetrisch zu der Längsachse (x) angeordnetes, als Quadrat, als Raute oder als Deltoid ausgebildetes Viereck aufweist und die Knotenkörper (K1-K4) mit den Tragflächen (T1-T4) über mehrschnittig ausgebildete Drehgelenke (22) mit Drehachsen (d) und mit mehreren Wälzlagern (220) derart untereinander verbunden sind, dass ein Drehgelenk (22) nur einen Freiheitsgrad hat und die Knotenkörper (K1,K2) in der für den Flugbetrieb vorgesehenen entfalteten Betriebsstellung fest mit dem Rumpf (10) verbunden sind, sodass der Polygonring (20) zusammen mit dem Rumpf (10) ein in sich starres, biege-, schub- und torsionssteifes Flugwerk mit einer definierten elastischen Verformbarkeit bildet.

8. Flugzeug (1) mit einem Polygonring (20) nach Anspruch 1, der von vier Knotenkörpern (K1-K4) und von vier Tragflächen (T1-T4) gebildet wird und im Flugbetrieb die Funktion eines Leitwerks (12) hat, wobei die Knotenkörper (K1,K2) in einer für den Geradeausflug vorgesehenen Grundstellung bezüglich der Längsachse (x) einen festen Abstand zueinander einnehmen, sodass die Profilsehnen (p) der Tragflächen (T1-T4) einen Anstellwinkel (α) von sechs Grad aufweisen und die Funktion eines Leitwerks (12) dadurch erfüllt wird, dass für die Einleitung einer Drehbewegung des Flugzeugs (1) um die Querachse (y) mindestens einer der Knotenkörper (K1,K2) auf der zu der Längsachse (x) parallelen Translationsachse (β) verschoben wird, sodass der Abstand der Knotenkörper (K1,K2) zueinander entweder verkürzt oder verlängert wird und sich die Anstellwinkel (α) der beiden vorderen Tragflächen (T1,T2) und der beiden hinteren Tragflächen (T3,T4) jeweils gegenläufig ändern, und dass für die Einleitung einer Drehbewegung des Flugzeugs (1) um die Längsachse (x) und um die Hochachse (z) die Knotenkörper (K1,K2) aus zwei Hälften bestehen, die auf getrennten Translationsachsen (β) jeweils parallel zu der Längsachse (x) verschoben werden können, sodass für einen Kurvenflug die Anstellwinkel (α) der steuerbordseitigen Tragflächen (T1,T3) und der backbordseitigen Tragflächen (T2, T4) unabhängig voneinander geändert werden können.

9. Flugzeug (1) mit einem Polygonring (20) nach Anspruch 1, das als ein Überschallflugzeug ausgebildet ist, bei dem der Rumpf (10) eine Röhre (100) mit einem verstellbaren Bug (102) und mit einem hochgezogenen Heck (103) und der Polygonring (20) vier Knotenkörper (K1-K4) und vier Tragflächen (T1-T4) aufweist, wobei der heckseitige Knotenkörper (K2) über das Leitwerk (12) starr mit dem Rumpf (10) verbunden ist und der bugseitige Knotenköper (K1) auf einer Schiene (101) mit einer zu der Längsachse (x) parallelen Translationsachse (β) an der Unterseite der Röhre (100) innerhalb eines Verstellbereichs (VI) derart verschoben werden kann, dass in einer ersten für den Überschallflug vorgesehenen entfalteten Betriebsstellung der Abstand der Knotenkörper (K1, K2) so gewählt ist, dass die Tragflächen (T1-T4) bezüglich der Hochachse (z) eine V-förmige Stellung einnehmen, wobei die Profilsehne (p) des asymmetrischen Flügelprofils (23) weitgehend parallel zu der Längsachse (x) ausgerichtet ist und die Tragflächen (T1-T4) eine flache Saugseite mit einem nach hinten verlagerten Druckpunkt aufweisen, und dass in einer zweiten für den Unterschallflug vorgesehenen, vollentfalteten Betriebsstellung des Faltsystems (2) der Abstand der Knotenkörper (K1,K2) gerade so weit vergrößert wird, dass die Profilsehne (p) des asymmetrischen Flügelprofils (23) an den beiden vorderen Tragfläche (T1,T2) einen Anstellwinkel (α) aufweist und an den beiden hinteren Tragflächen (T3,T4) die Flächenklappen (25) abgesenkt sind, sodass alle vier Tragflächen (T1-T4) für den Unterschallflug gewölbte Saugseiten mit einem Druckpunkt im vorderen Drittel aufweisen.

10. Flugzeug (1) mit einer Netzstruktur (21) nach Anspruch 1, bei der die Knotenkörper (K1-Kn) als Rümpfe (10) ausgebildet sind und jeweils vier Drehgelenke (22) und vier Drehachsen (δ) für den Anschluss von vier Tragflächen (T1-T4) aufweisen, wobei die Hochachse (z) des Flugzeugs (1) die Translationsachse (β) für die Faltung der Netzstruktur (21) bildet und jeder Rumpf (10) mindestens eine kreisförmige Öffnung (104) mit einer Gelenkanordnung (105) für die Aufnahme von einem in alle Richtungen drehbaren Triebwerk (11) mit mindestens einem Propeller (111) sowie eine Landevorrichtung (13) aufweist, wobei der Propeller (111) bei Start und Landung innerhalb der kreisförmigen Öffnung (104) eines Rumpfes (10) horizontal rotiert, sodass das Flugzeug (1) senkrecht starten und landen kann und der Propeller (111) für den Geradeausflug mittels der Gelenkanordnung (105) um bis zu 90 Grad gedreht werden kann, um Schub in Richtung der Längsachse (x) zu erzeugen.

11. Flugzeug (1) mit einer Netzstruktur (21) nach Anspruch 1, das ein Hybridflugzeug aufweist, bei dem entweder die als Rümpfe (10) ausgebildeten Knotenkörper (K1-Kn) oder die Tragflächen (T1-T4) pneumatisch gestützt sind und jeweils mindestens eine Auftriebszelle (27), die mit einem Gas leichter als Luft gefüllt ist, aufweisen und in der für den Geradeausflug vorgesehenen voll entfalteten Betriebsstellung in einer Ebene liegen, wobei die Profilsehnen (p) der Tragflächen (T1-T4) einen Anstellwinkel (α) kleiner gleich sechs Grad haben und die Netzstruktur (21) im Flugbetrieb unterschiedliche, mittels einer Schubsteuerung der Propeller (111) herbeigeführte Betriebsstellungen einnehmen kann, bei denen die Knotenkörper (K1-Kn) in einem regelmäßigen Wechsel Hoch- und Tiefpunkte ausbilden, sodass die Netzstruktur (21) im Fahr- und Flugbetrieb strukturelle Belastungen mit Faltbewegungen dadurch aufnehmen kann, dass sämtliche Drehgelenke (22), Knotenkörper (K1-Kn) und Tragflächen (T1-Tn) an der Lastaufnahme durch Verformungsarbeit beteiligt sind.

12. Flugzeug (1) mit einer Netzstruktur (21) nach Anspruch 1, das mit einem Drohnenschwarm (14) aus einer Vielzahl einzelner Drohnen (14), die jeweils ein Triebwerk (11) mit mehreren Propellern (110) aufweisen, derart zusammenwirkt, dass die Drohnen (14) an die Gelenkanordnungen (105) der von den Knotenkörpern (K1-Kn) gebildeten Rümpfe (10) andocken und mit dem Flugzeug (1) eine temporäre Verbindung eingehen, sodass das Flugzeug (1) mit Hilfe der Drohnen (14) senkrecht starten und landen kann und im Flugbetrieb der von den Propellern (111) der Drohnen (14) erzeugte Schub dadurch in Richtung der Längsachse (x) gerichtet werden kann, dass die Drohnen (14) mittels der Gelenkanordnungen (105) der Rümpfe (10) um bis zu 90 Grad gedreht werden können, wobei der Drohnenschwarm das Flugzeug (1) als einen Drohnenträger und das Flugzeug (1) den Drohnenschwarm als Triebwerk (11) nutzt, um eine längere Strecke zwischen Start und Ziel zurücklegen zu können und die einzelnen Drohnen (14) am Ziel unterschiedliche Destinationen anfliegen können, nachdem sie sich von dem Flugzeug (1) getrennt haben.

Es folgen 20 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

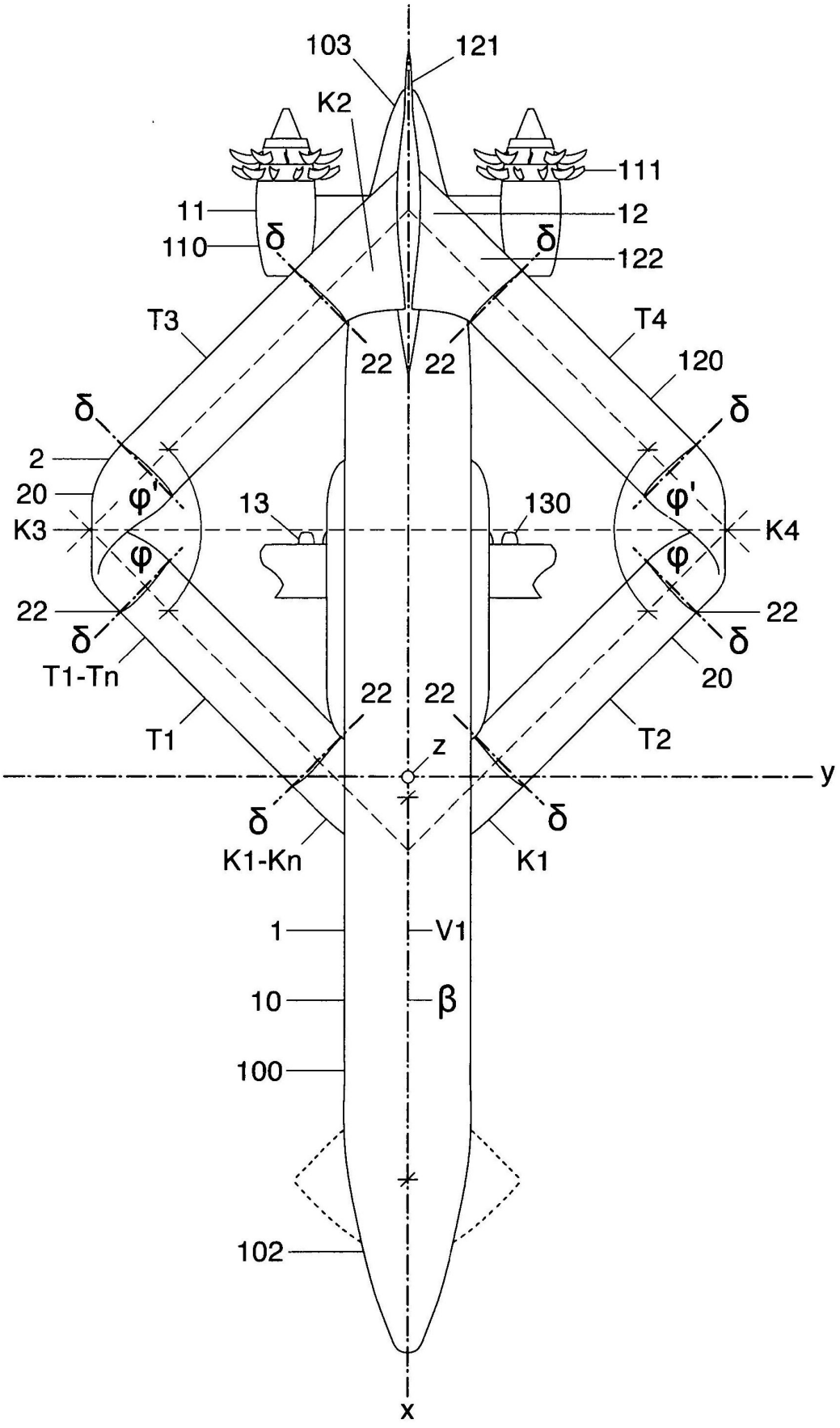


Fig.1

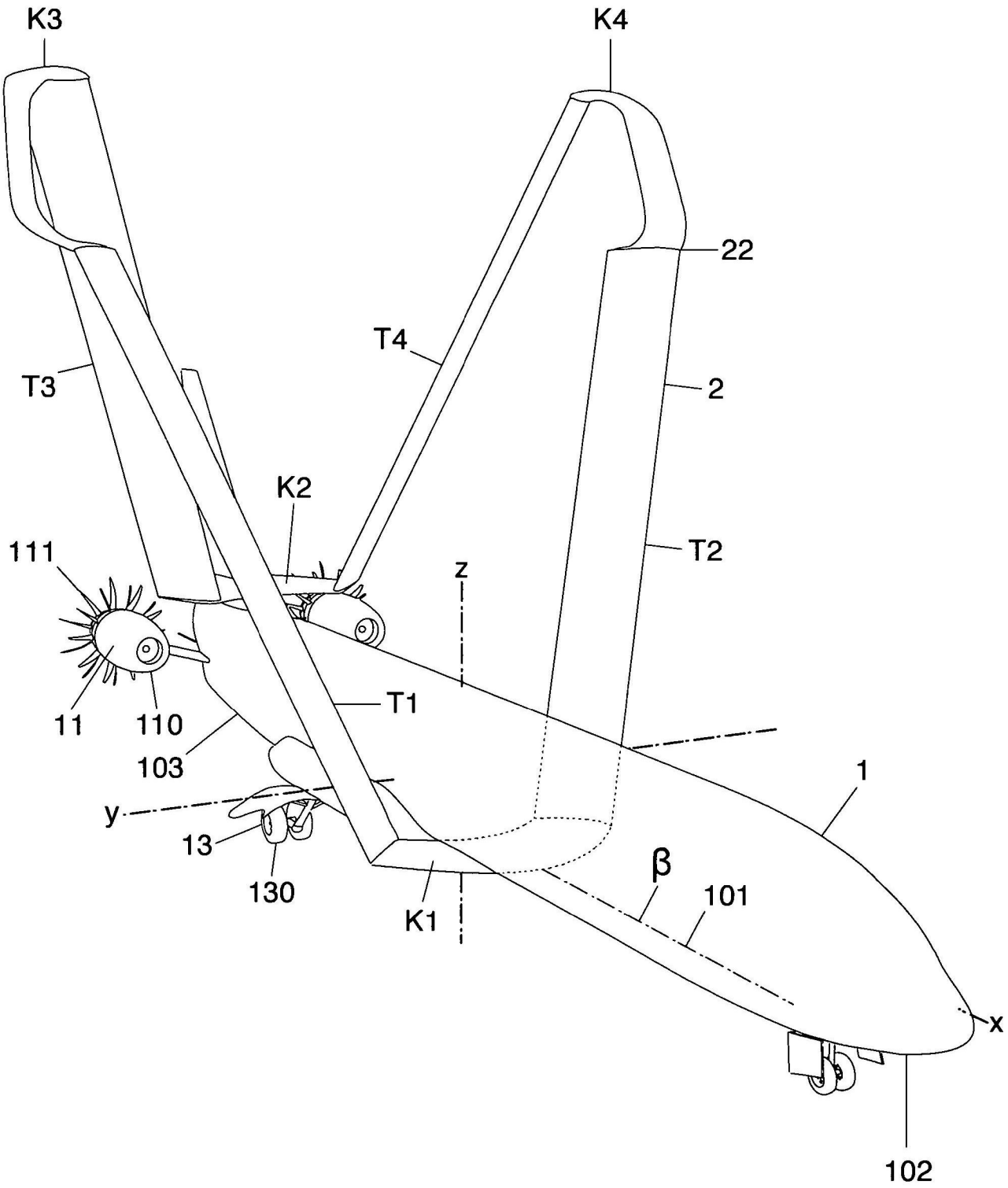


Fig.2

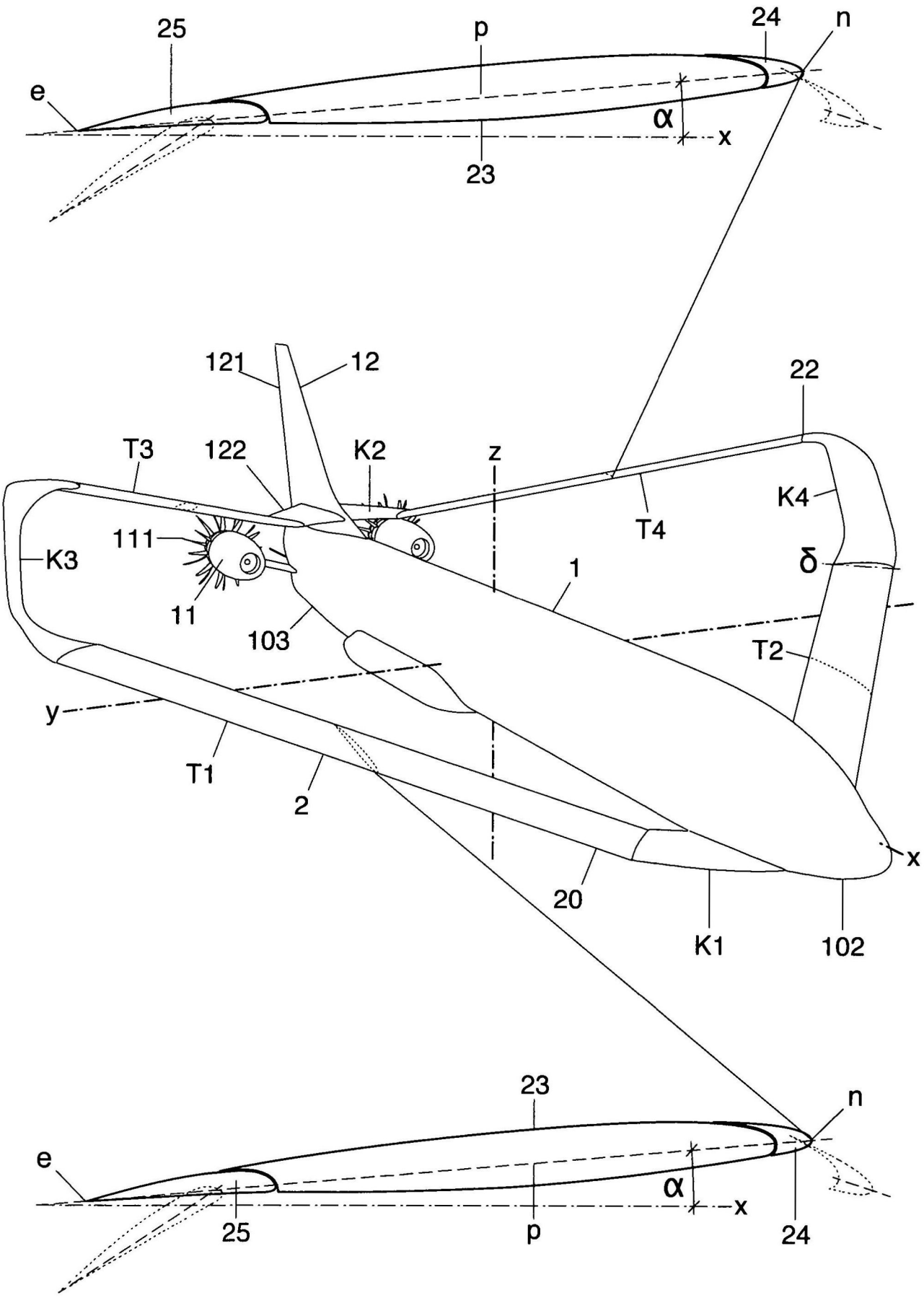

25
p
24
n
e
α
x
23
121
12
22
T3
122
K2
z
K4
T4
111
K3
δ
1
11
103
T2
y
T1
2
x
20
K1
102
23
n
e
α
x
25
p
24

Fig.3

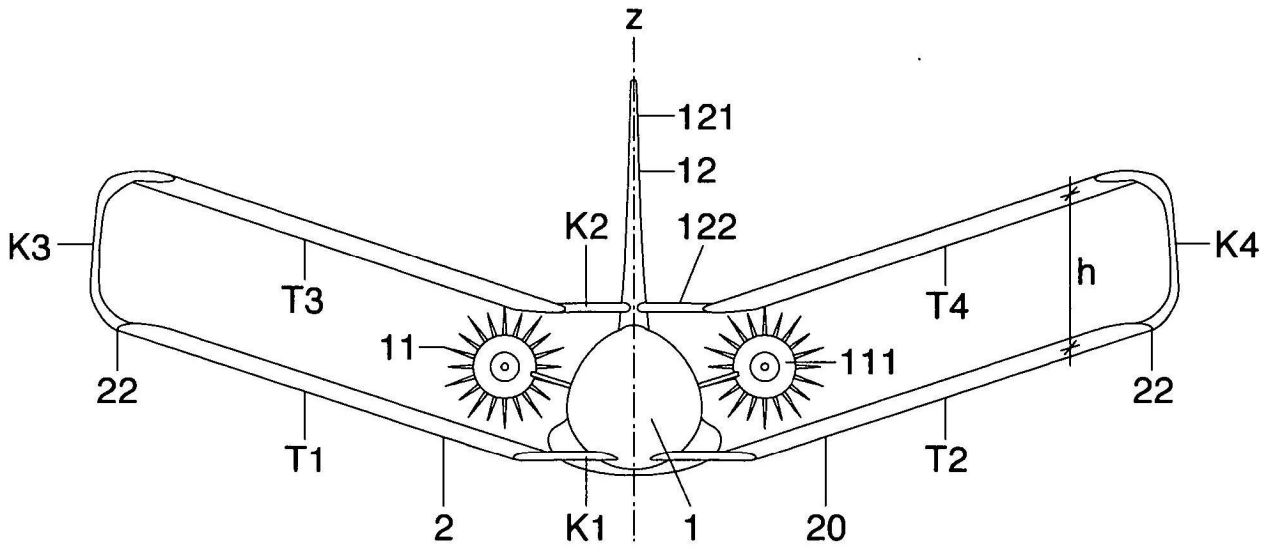

z
121
12
K2
122
K3
K4
T3
T4
h
11
111
22
22
T1
T2
2
K1
1
20

Fig.4

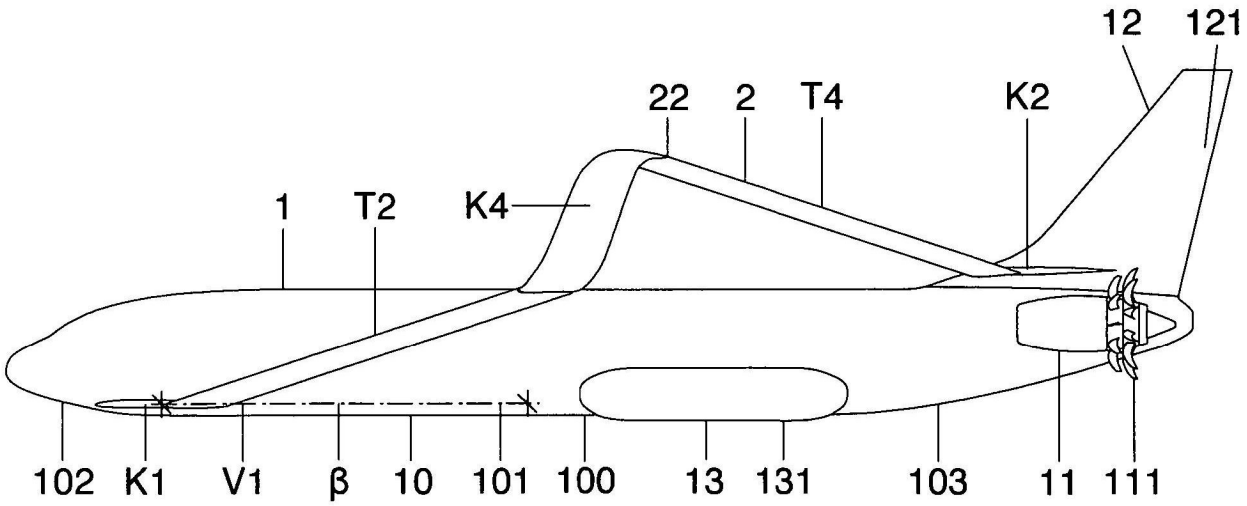

12
121
22
2
T4
K2
1
T2
K4
102
K1
V1
β
10
101
100
13
131
103
11
111

Fig.5

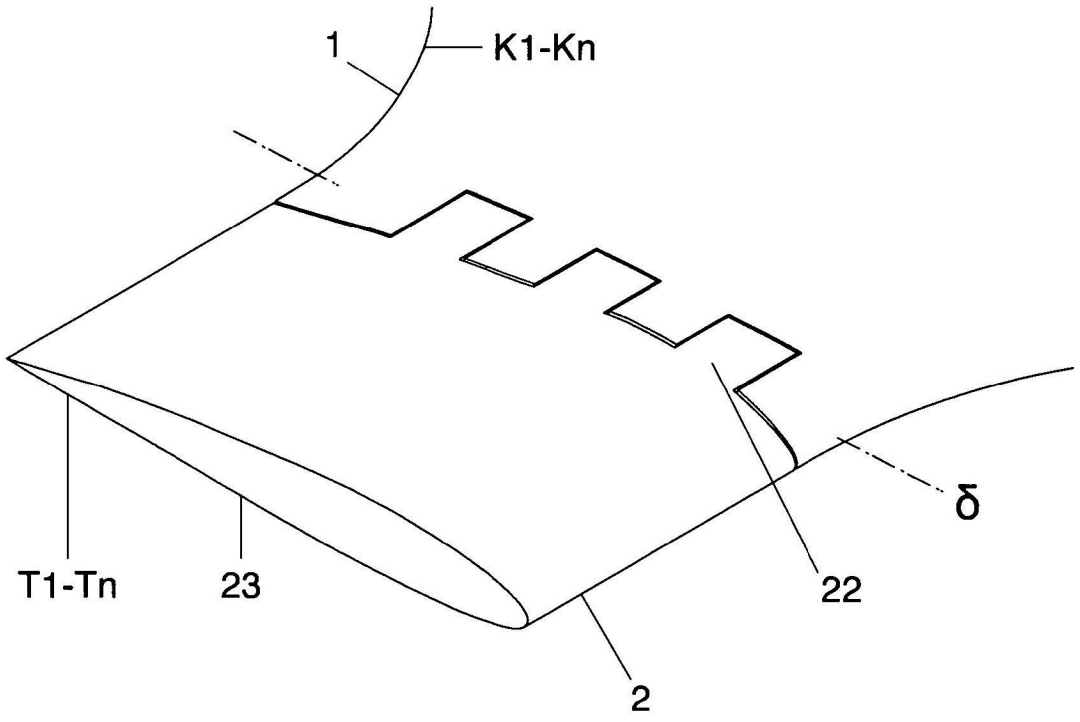


Fig.6

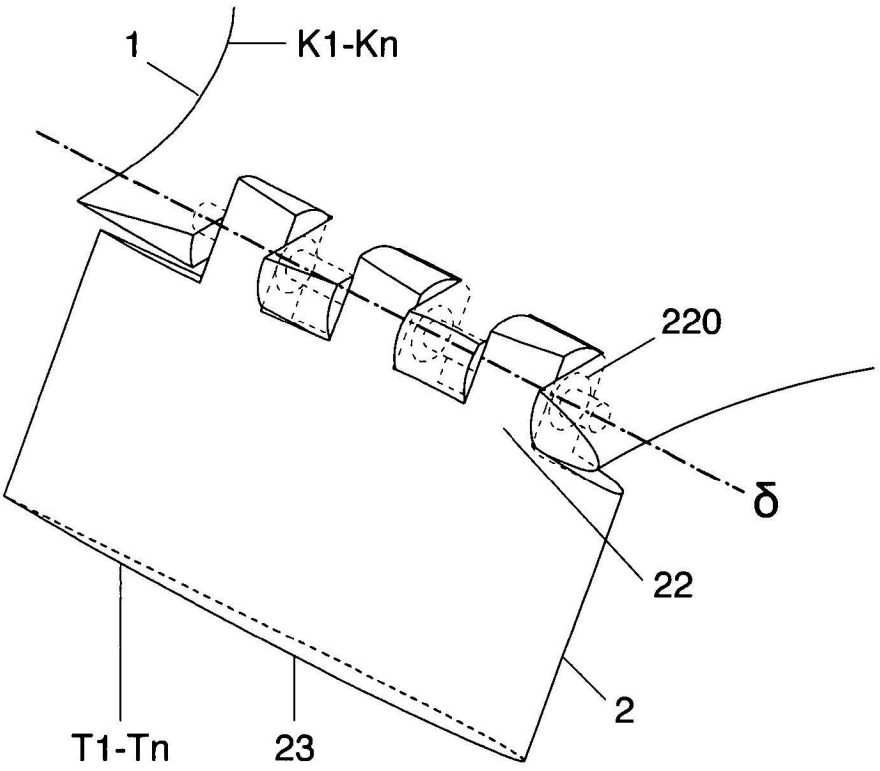


Fig.7

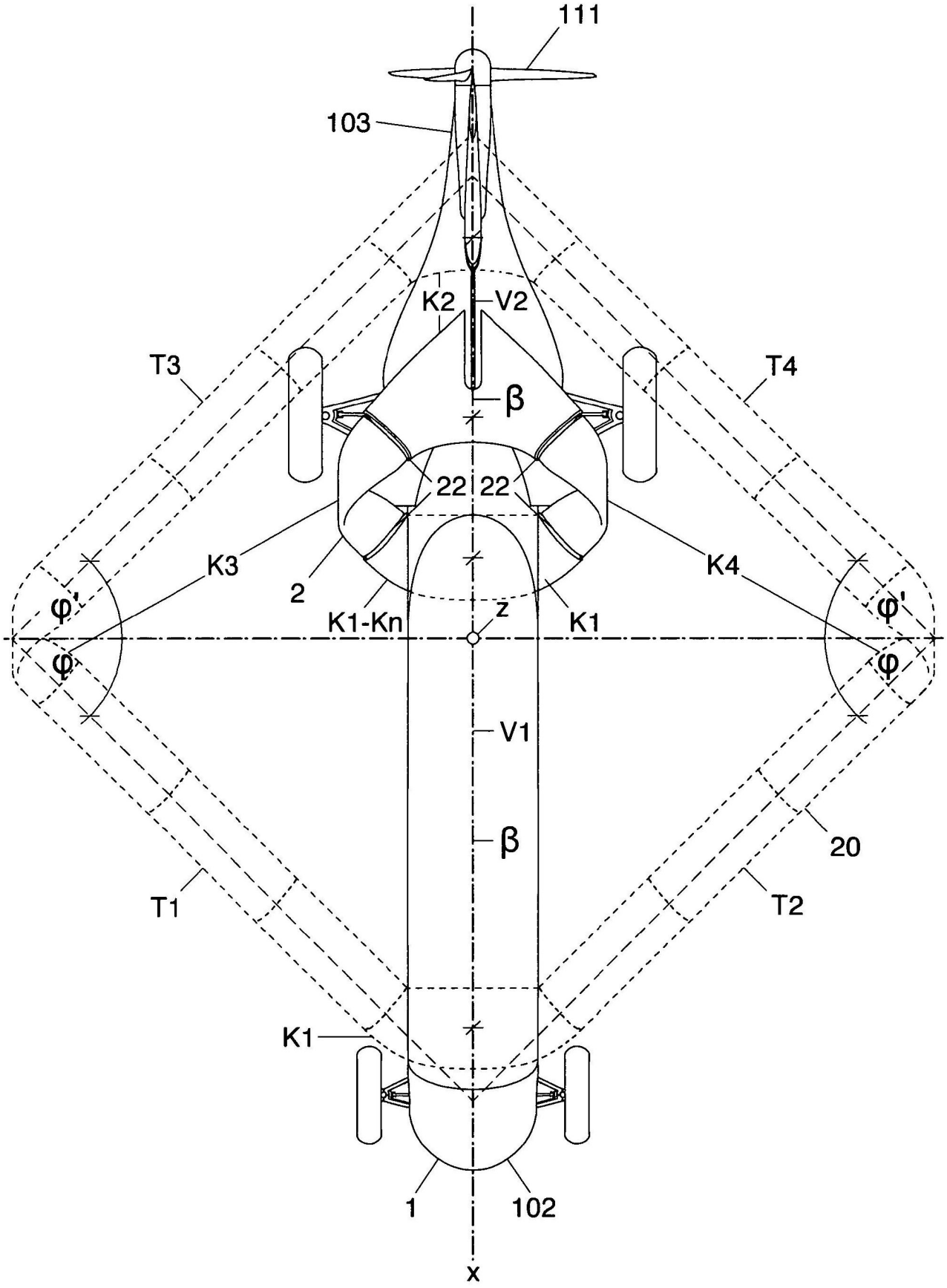

111
103
K2
V2
T3
T4
β
22
22
K3
K4
2
K1-Kn
z
K1
φ'
φ
φ'
φ
V1
β
20
T1
T2
K1
1
102
x

Fig.8

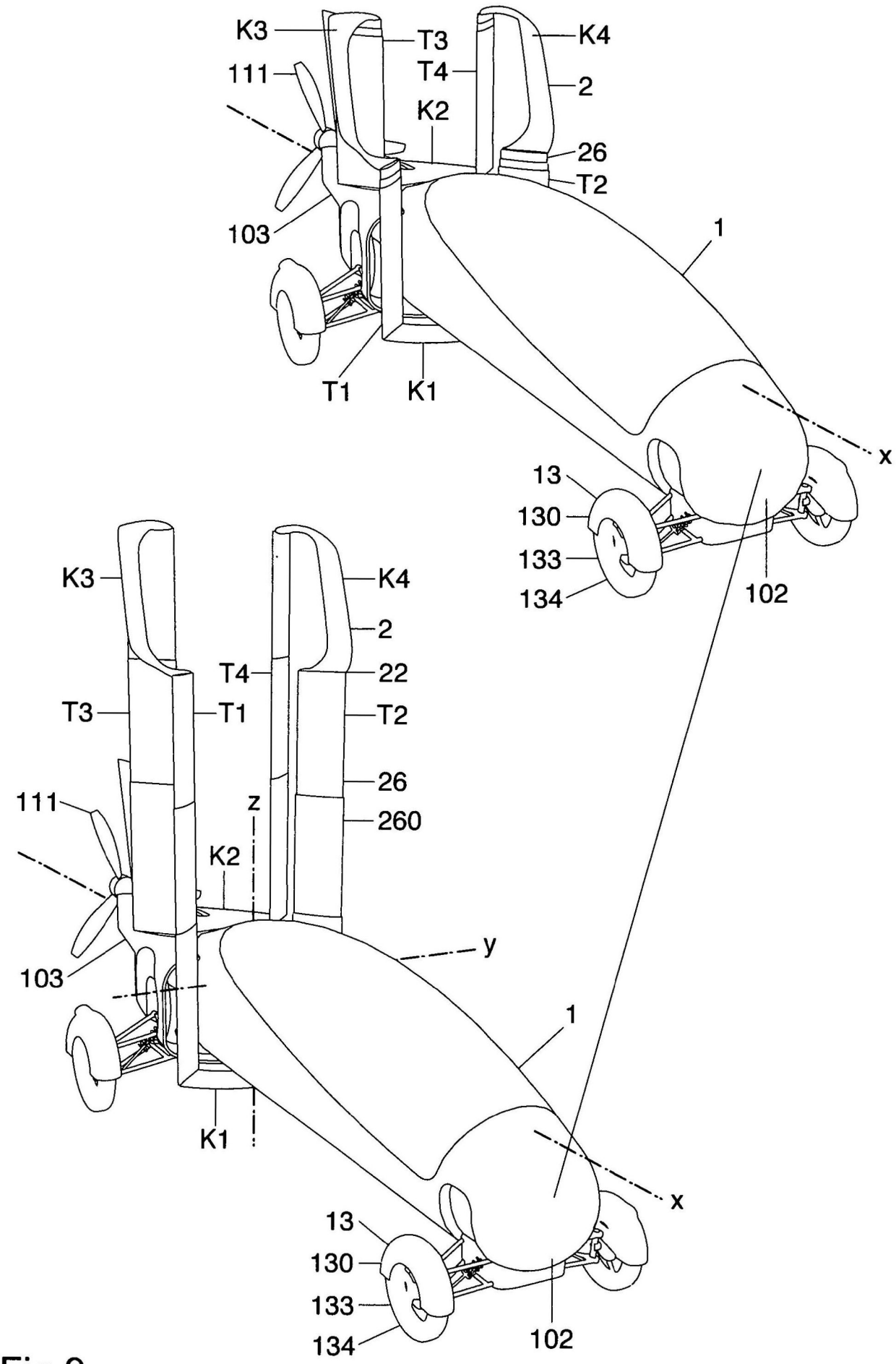

K3
T3
K4
111
T4
2
K2
26
T2
103
1
T1
K1
x
13
130
133
134
102
K3
K4
2
T4
22
T3
T1
T2
26
111
z
260
K2
y
103
1
K1
x
13
130
133
134
102

Fig.9

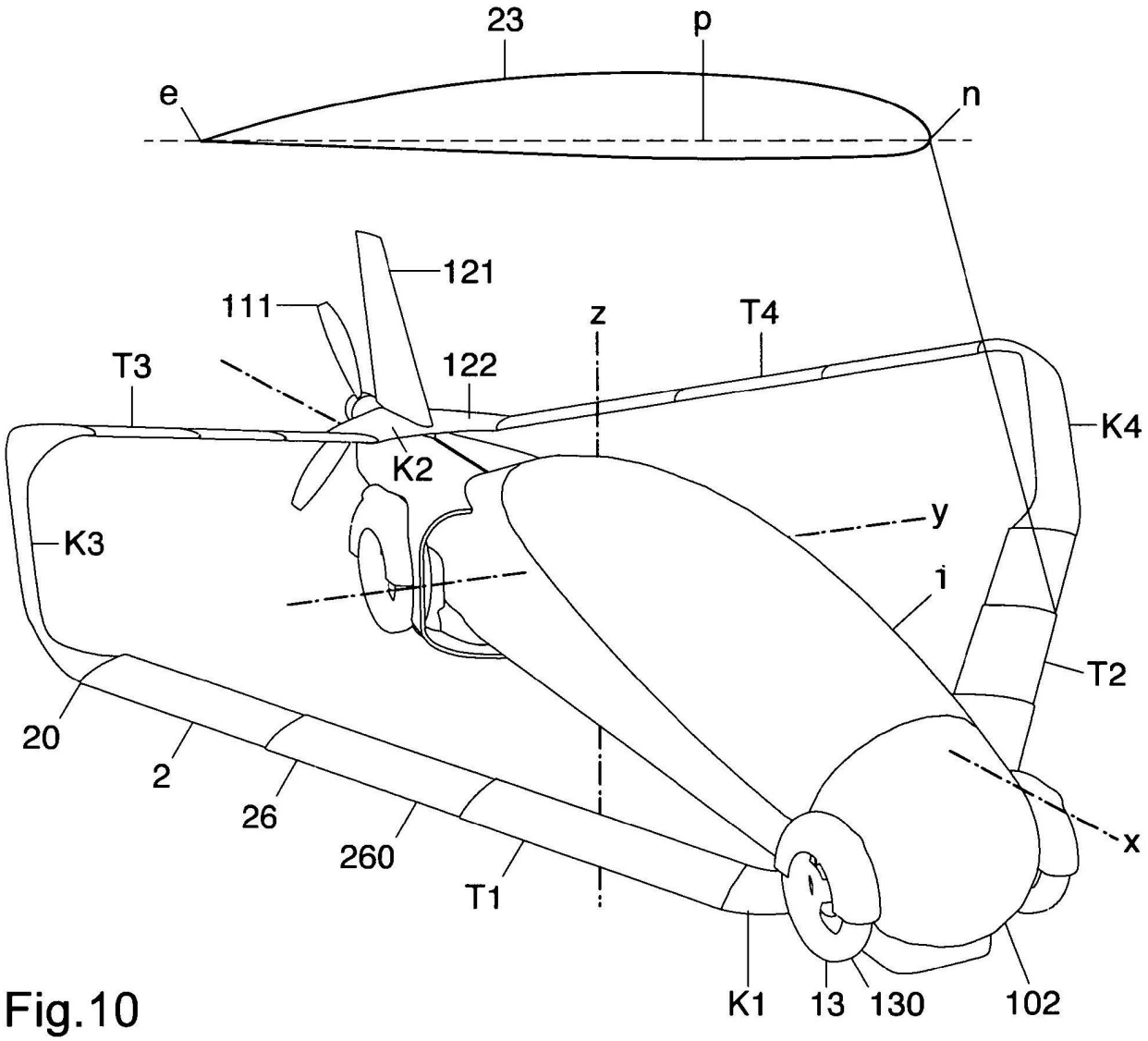

23
p
e
n
121
111
z
T4
T3
122
K4
K2
y
K3
i
T2
20
2
26
260
T1
x
K1
13
130
102

Fig.10

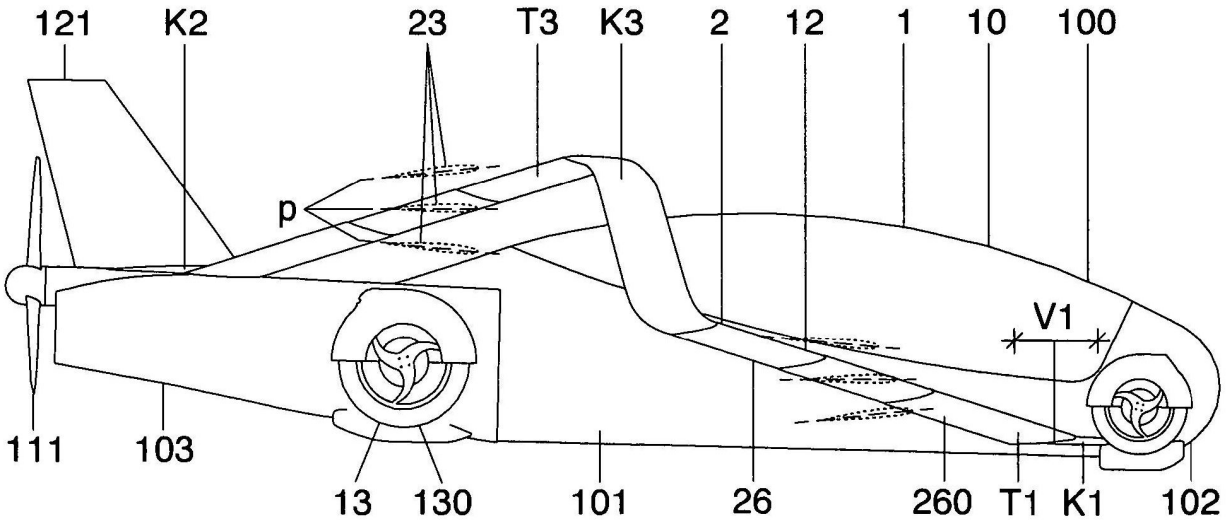

121
K2
23
T3
K3
2
12
1
10
100
p
V1
111
103
13
130
101
26
260
T1
K1
102

Fig.11

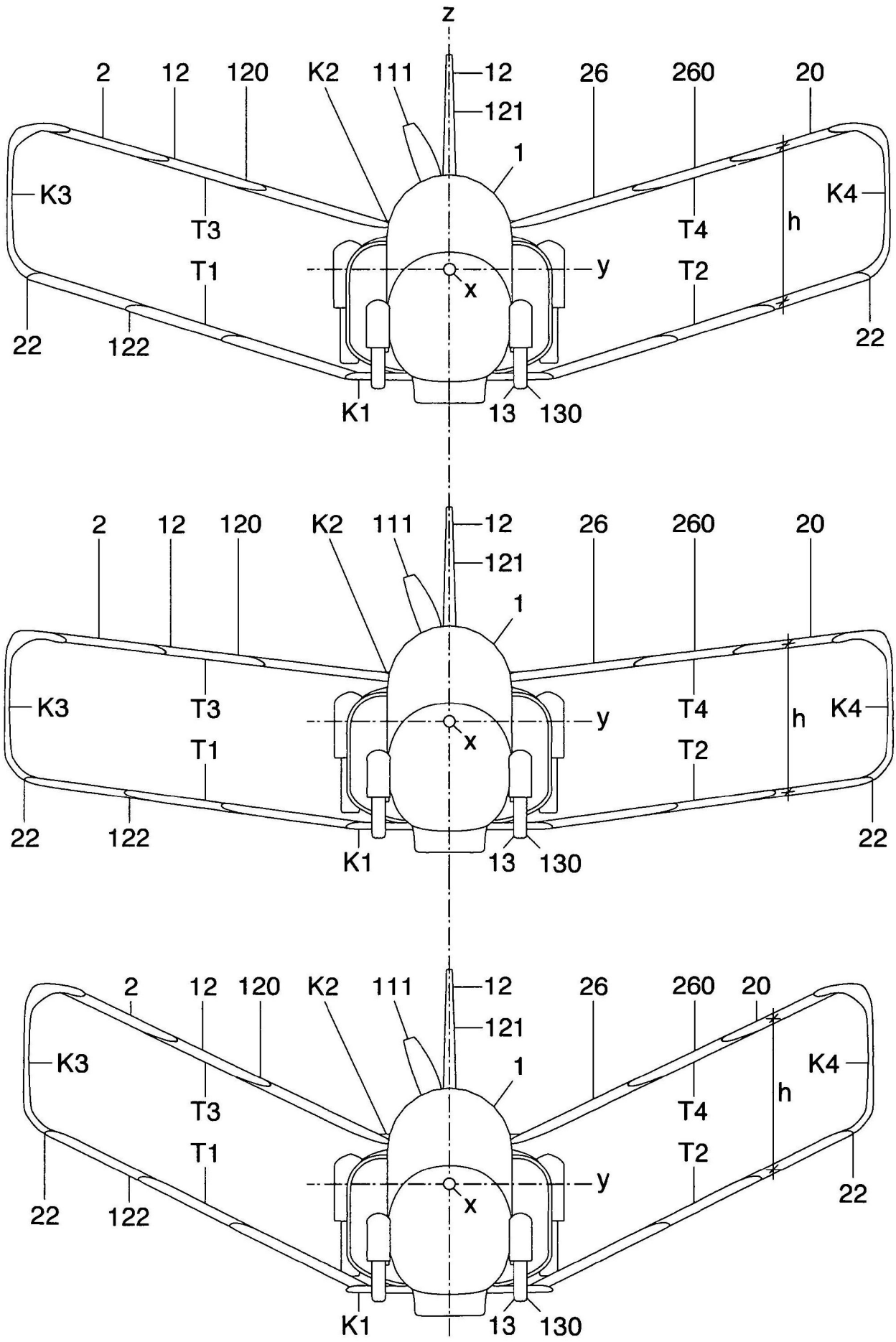

z
2
12
120
K2
111
12
121
1
26
260
20
K3
T3
T1
K4
T4
T2
h
y
x
22
122
K1
13
130

Fig.12

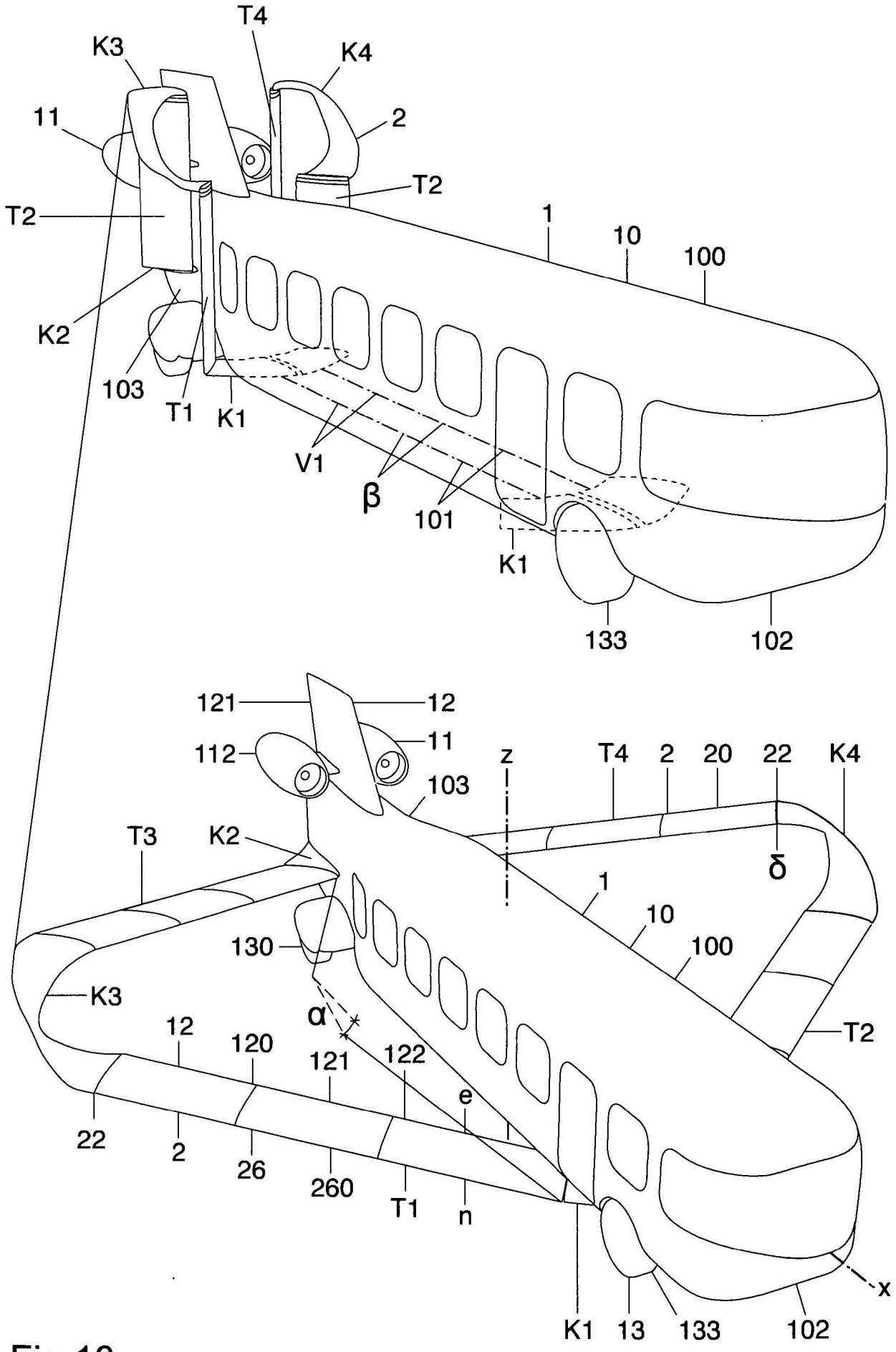

T4
K3
K4
11
2
T2
T2
1
10
100
K2
103
T1
K1
V1
β
101
K1
133
102
121
12
112
11
z
T4
2
20
22
K4
103
T3
K2
δ
1
10
130
100
K3
α
T2
12
120
121
122
e
22
2
26
260
T1
n
K1
13
133
102
x

Fig.13

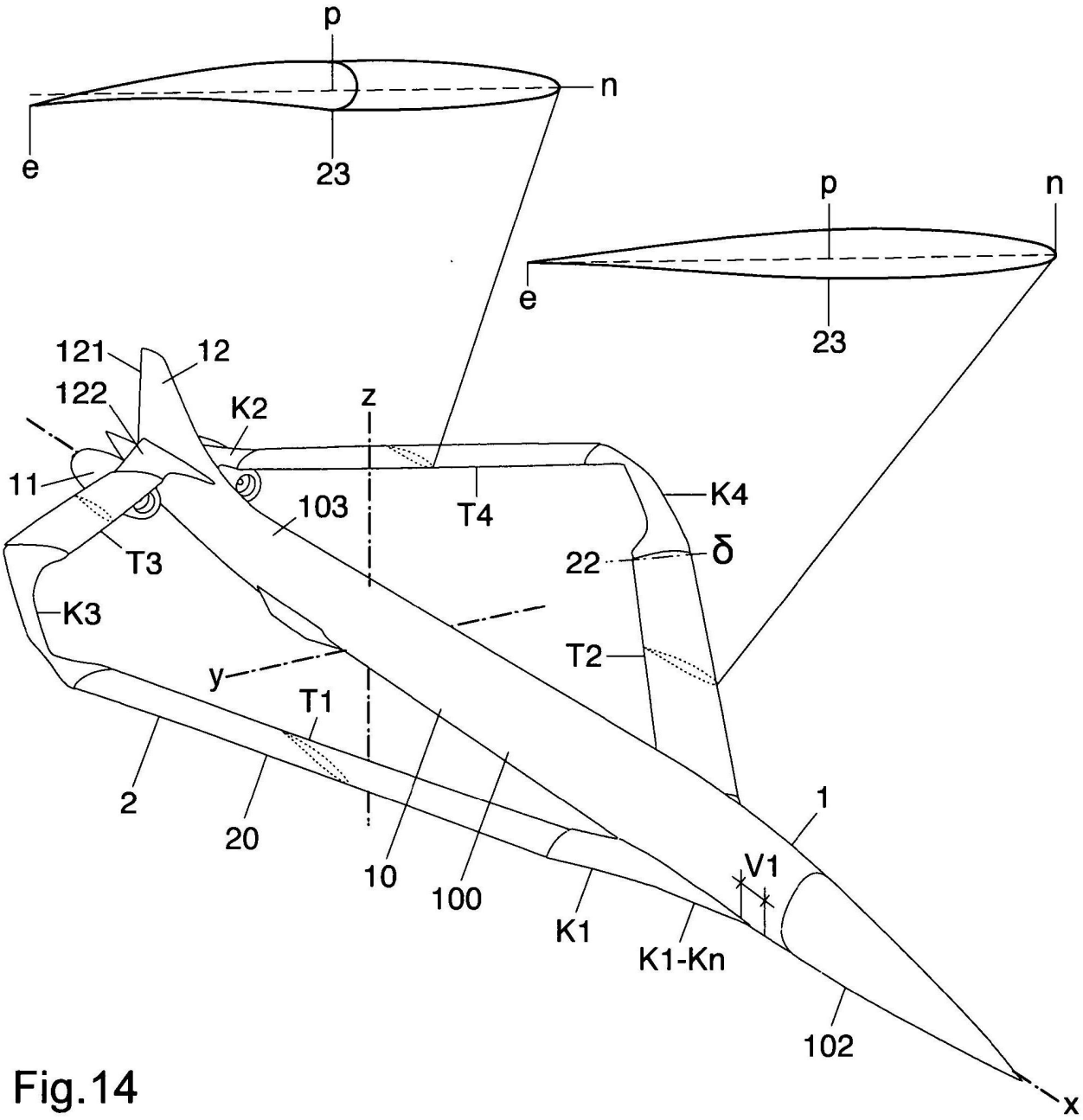

p
n
e
23
p
n
e
23
121
12
122
K2
z
11
103
T4
K4
T3
22
δ
K3
T2
y
T1
2
20
10
100
K1
K1-Kn
V1
1
102
x

Fig.14

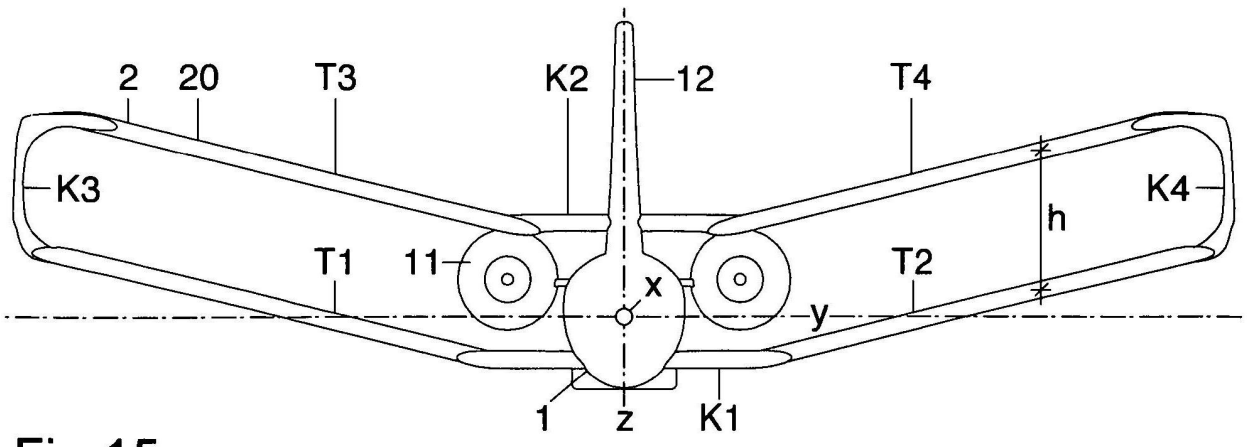

2
20
T3
K2
12
T4
K3
K4
h
T1
11
x
T2
y
1
z
K1

Fig.15

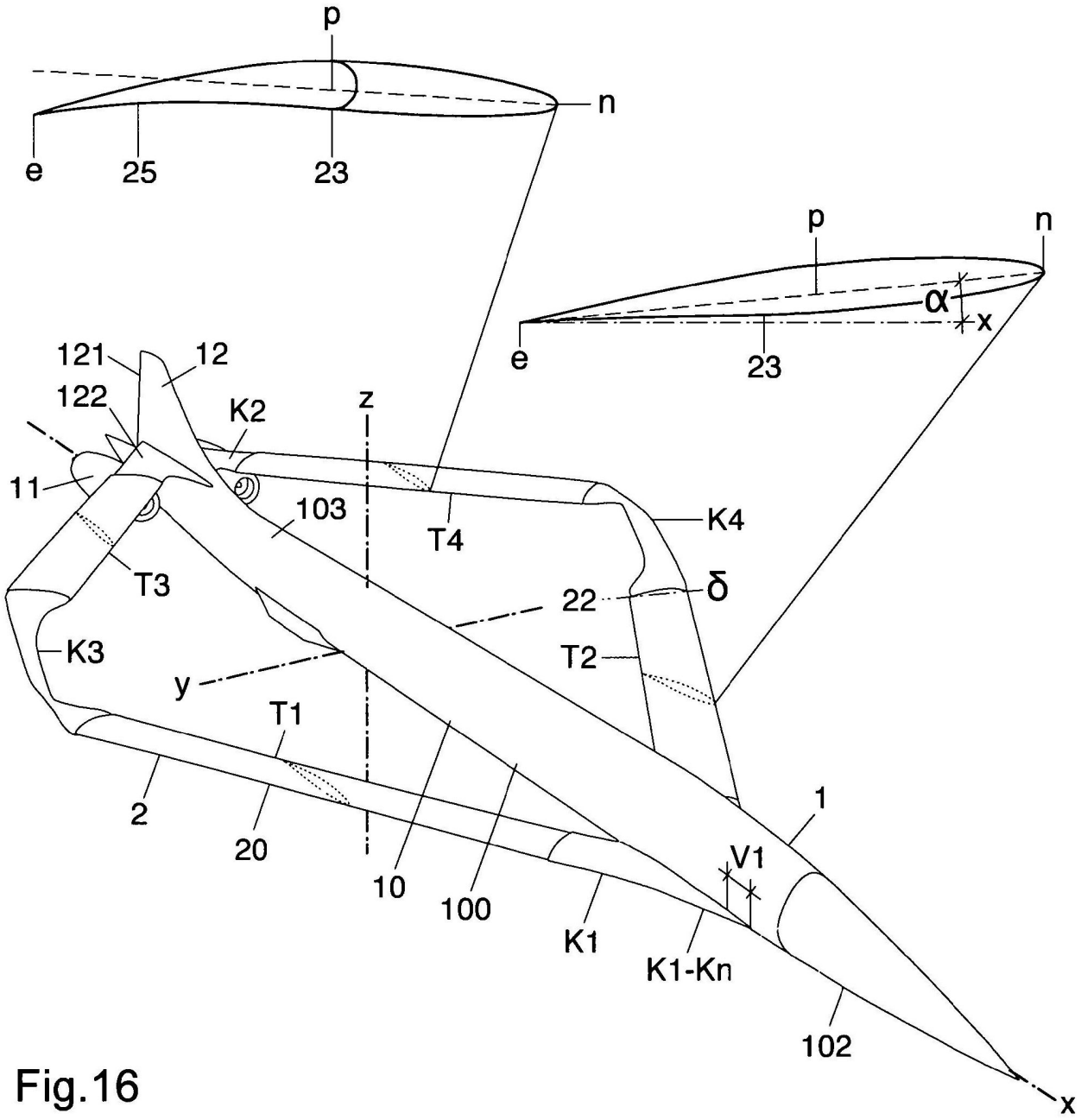

p
n
e
25
23
p
n
α
x
e
23
121
12
122
K2
z
11
103
T4
K4
T3
22
δ
K3
T2
y
T1
2
20
10
100
K1
V1
1
K1-Kn
102
x

Fig.16

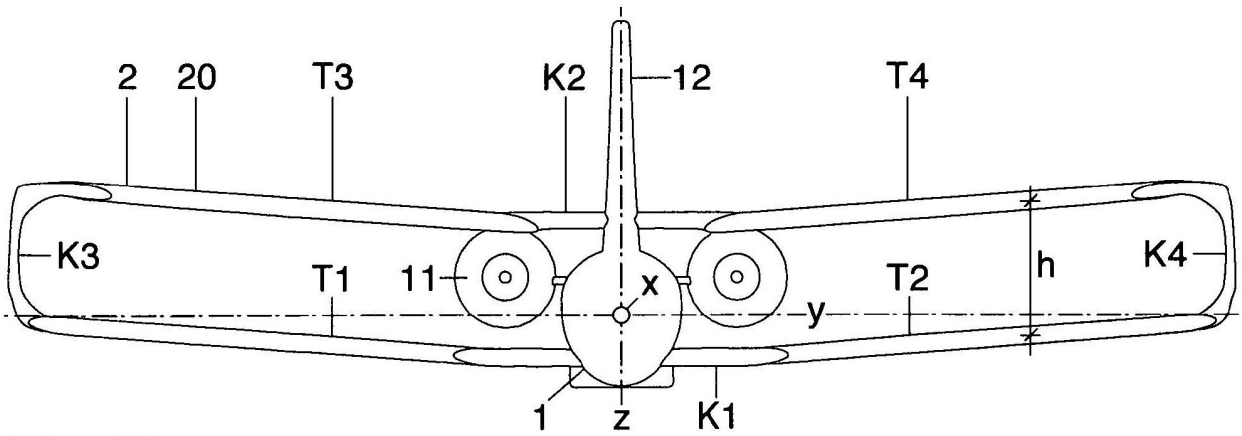

2
20
T3
K2
12
T4
K3
T1
11
x
T2
h
K4
y
1
z
K1

Fig.17

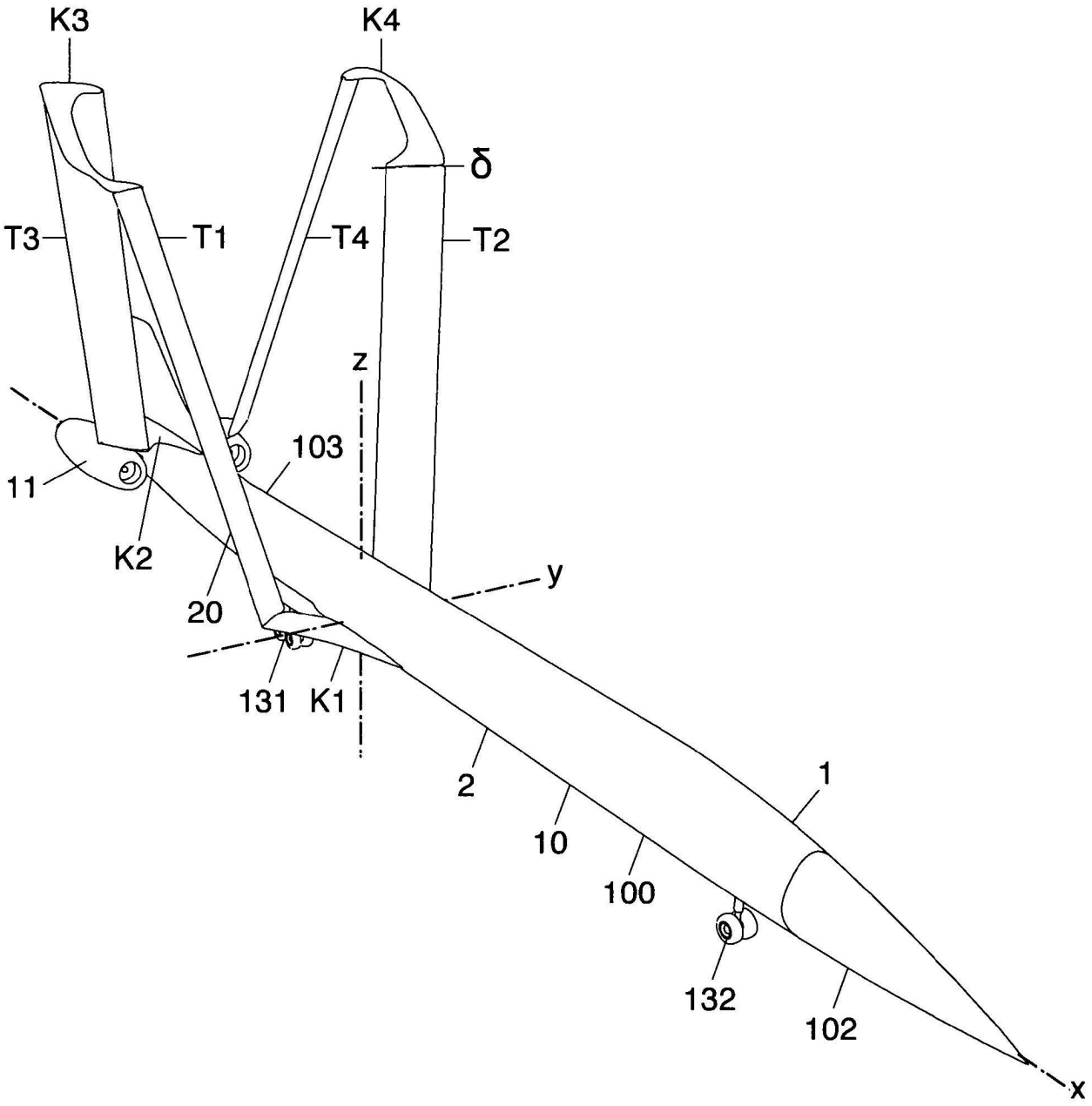


Fig.18

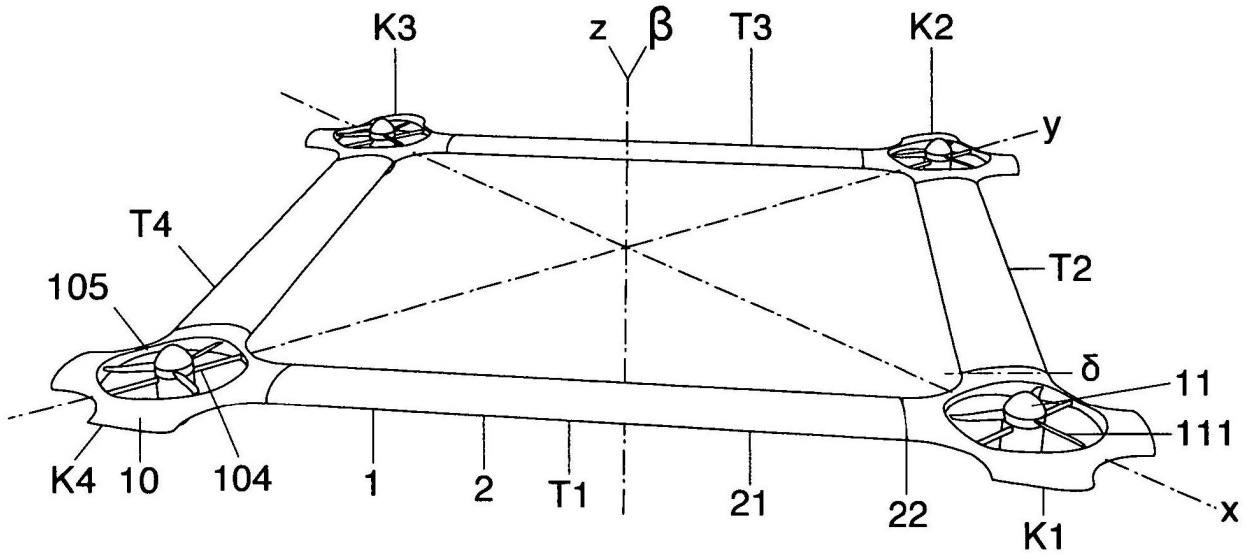

K3
z
β
T3
K2
y
T4
105
T2
δ
11
111
K4
10
104
1
2
T1
21
22
K1
x

Fig.19

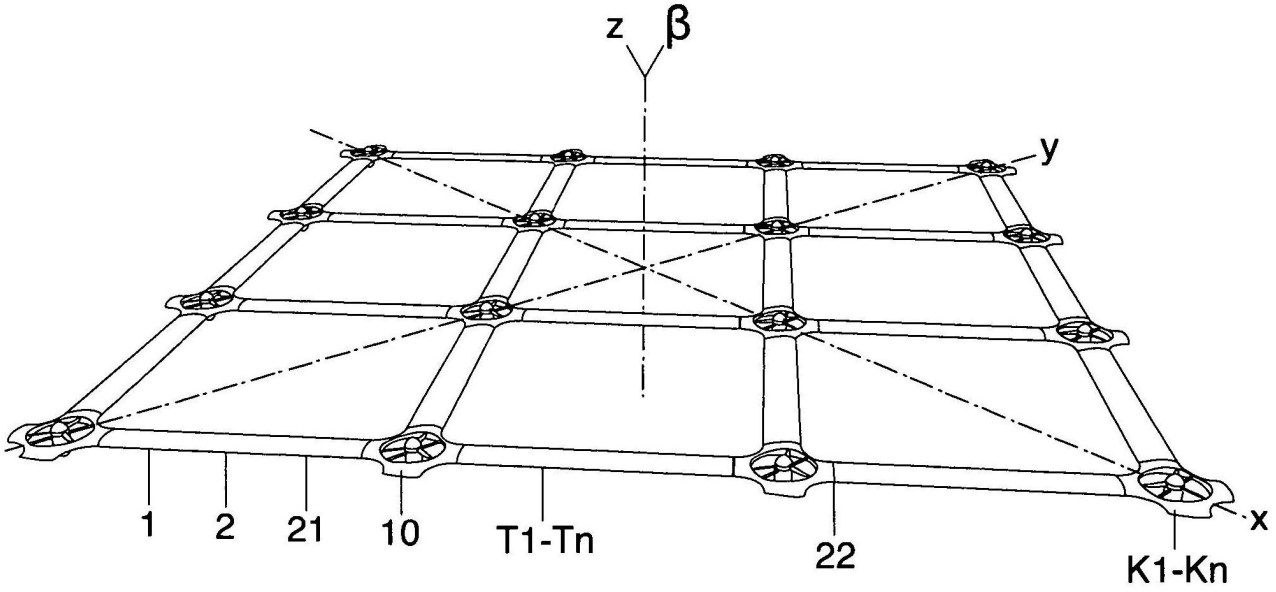

z
β
y
1
2
21
10
T1-Tn
22
K1-Kn
x

Fig.20

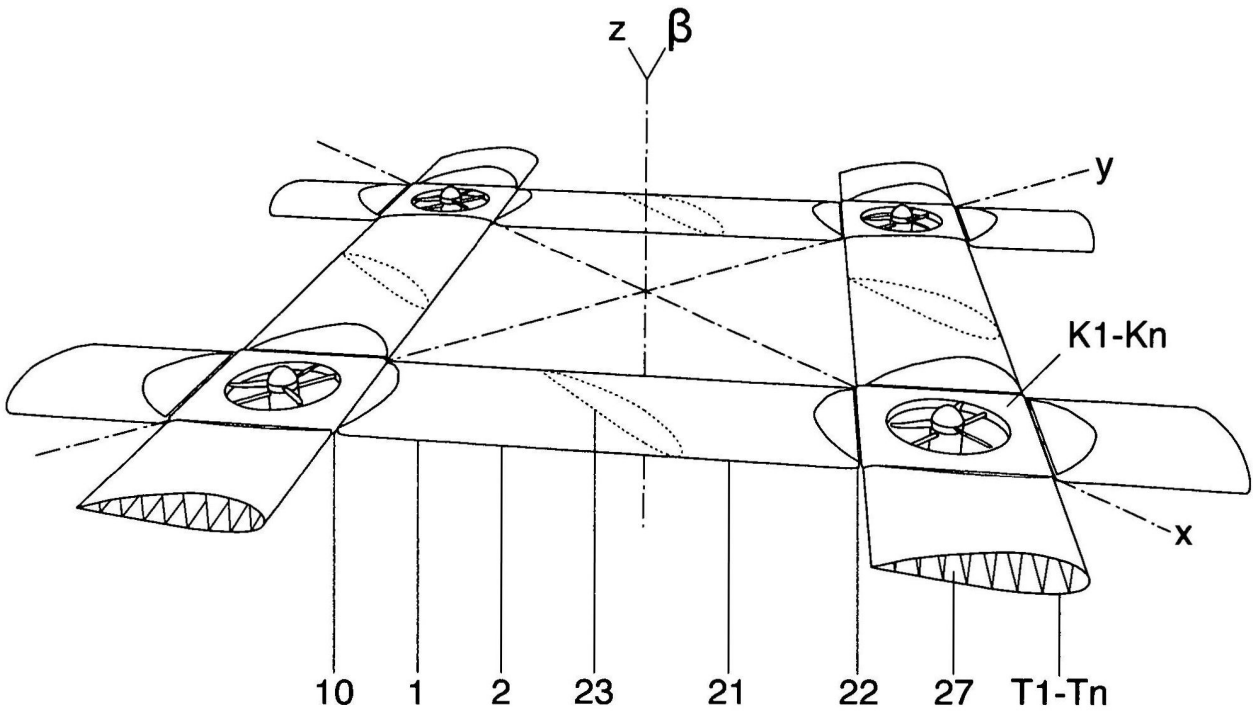

z
β
y
K1-Kn
x
10
1
2
23
21
22
27
T1-Tn

Fig.21

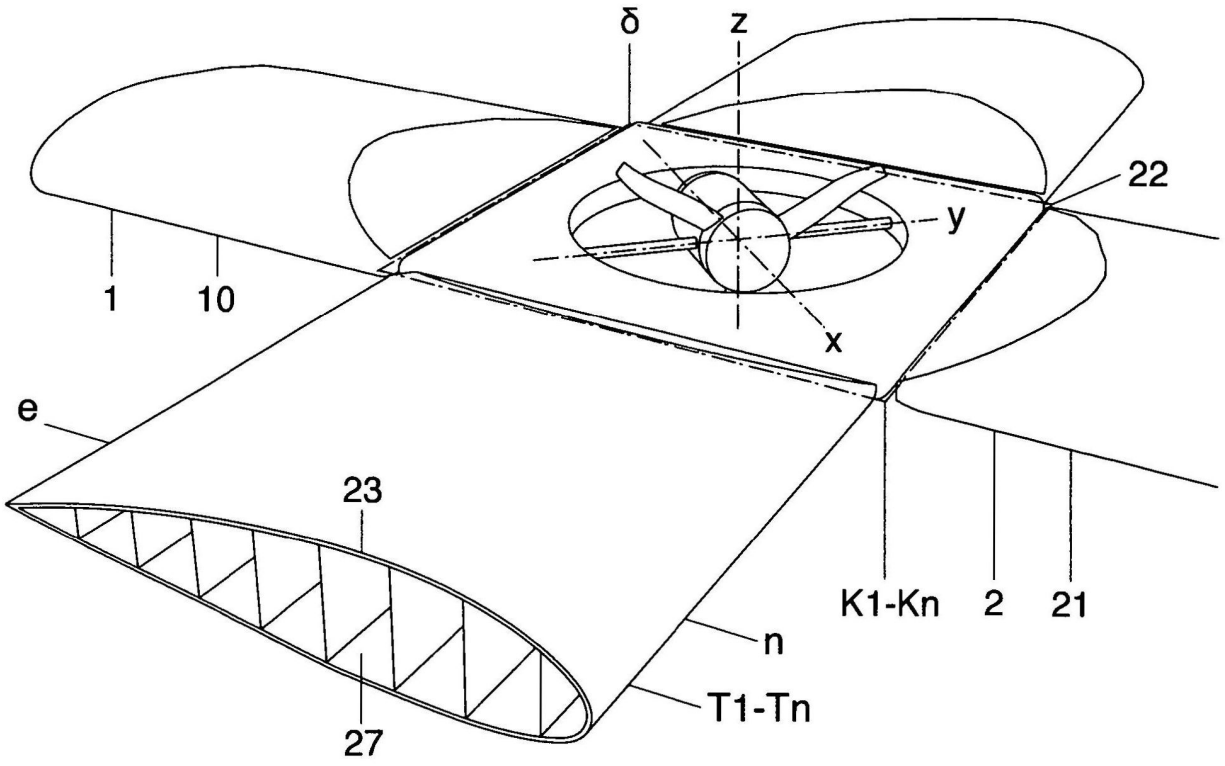

δ
z
22
y
1
10
x
e
23
K1-Kn
2
21
n
T1-Tn
27

Fig.22

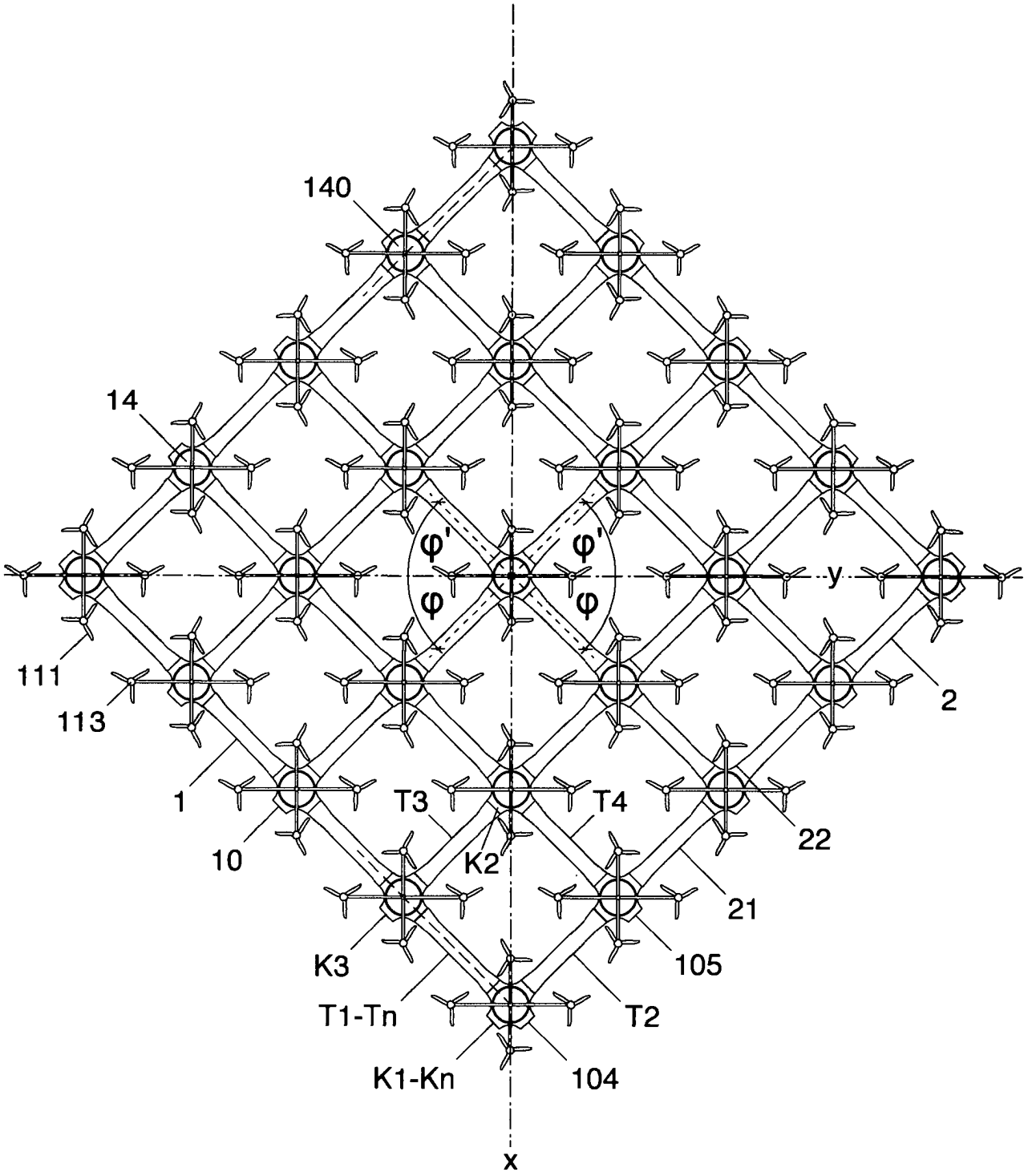


Fig.23

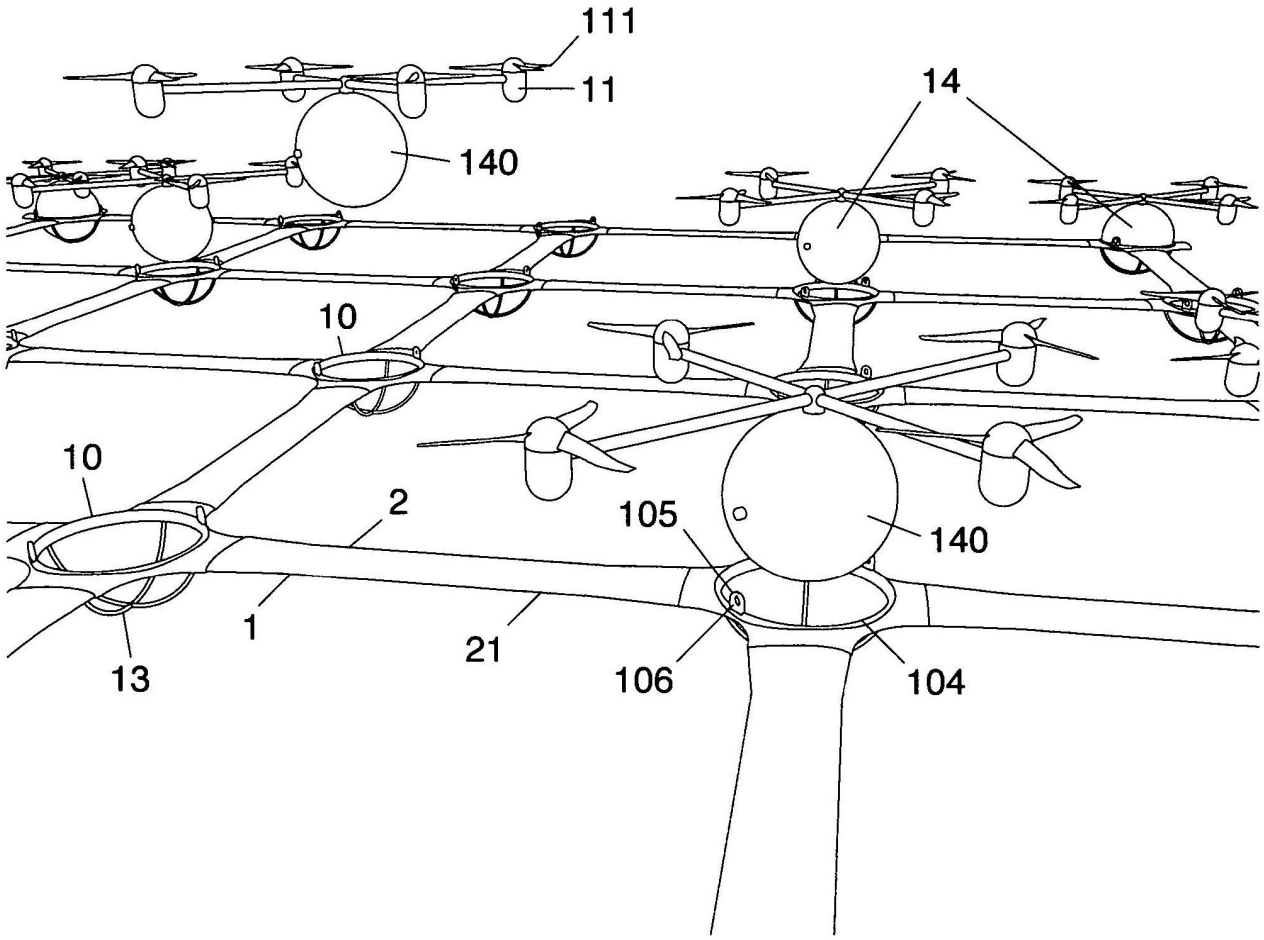

111
11
14
140
10
10
2
105
140
1
21
13
106
104

Fig.24

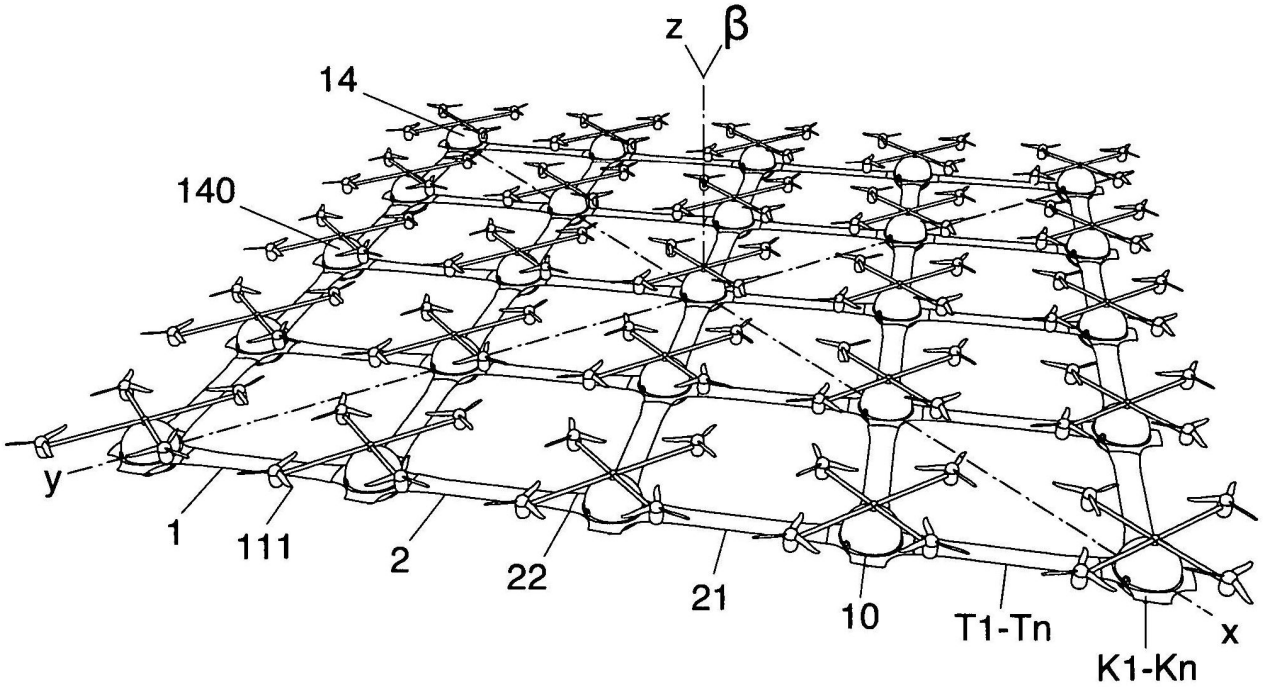

z
β
14
140
y
1
111
2
22
21
10
T1-Tn
x
K1-Kn

Fig.25

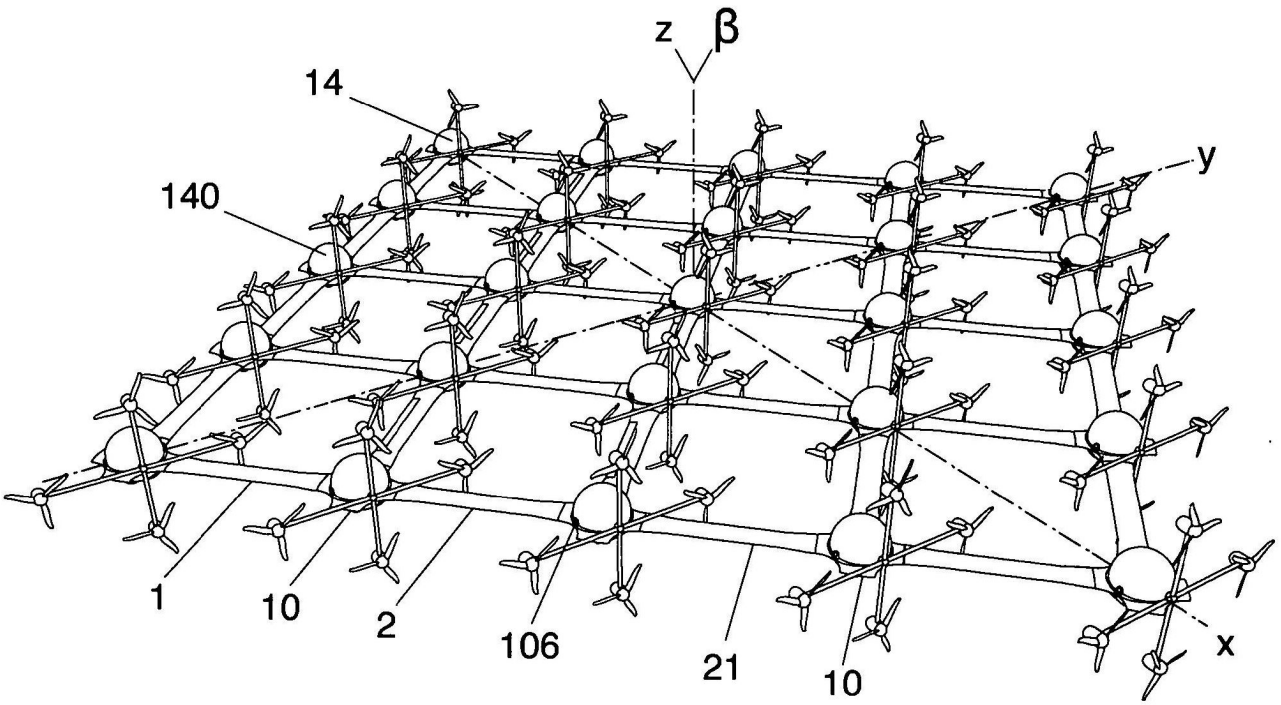


Fig.26

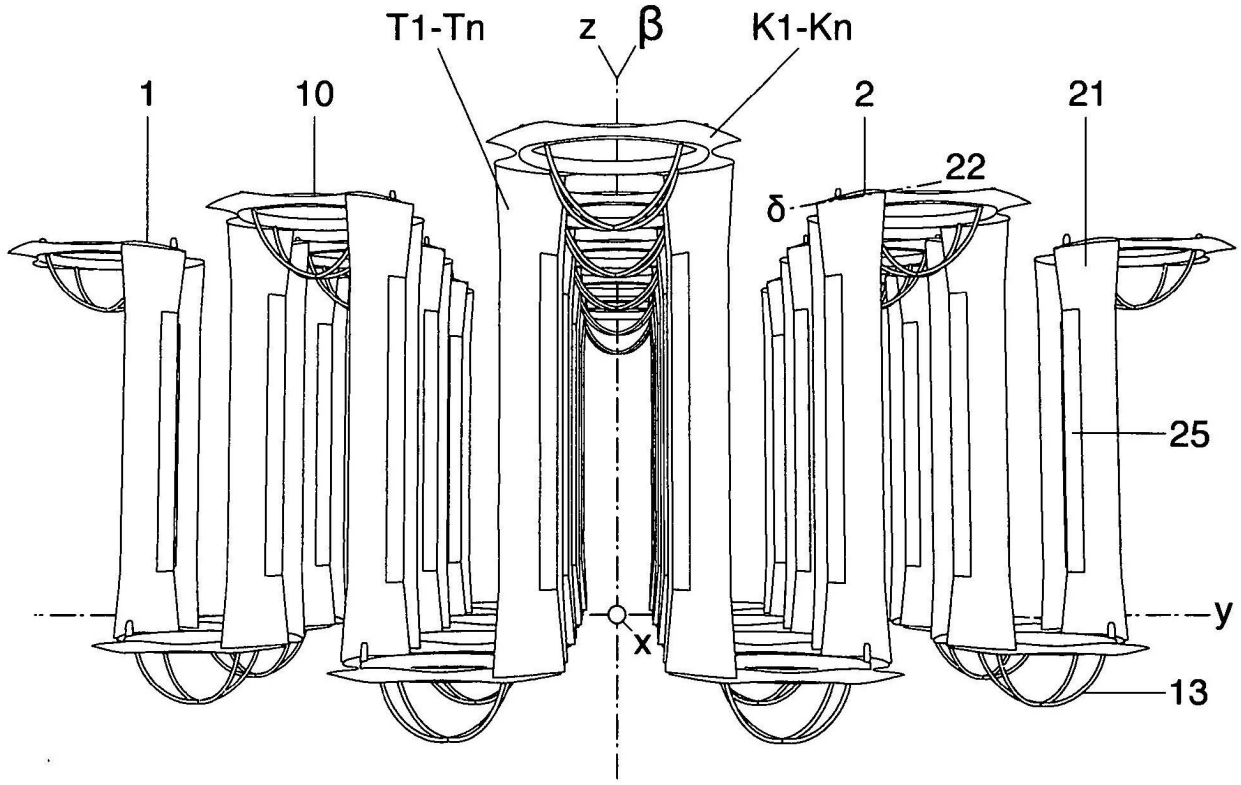


Fig.27

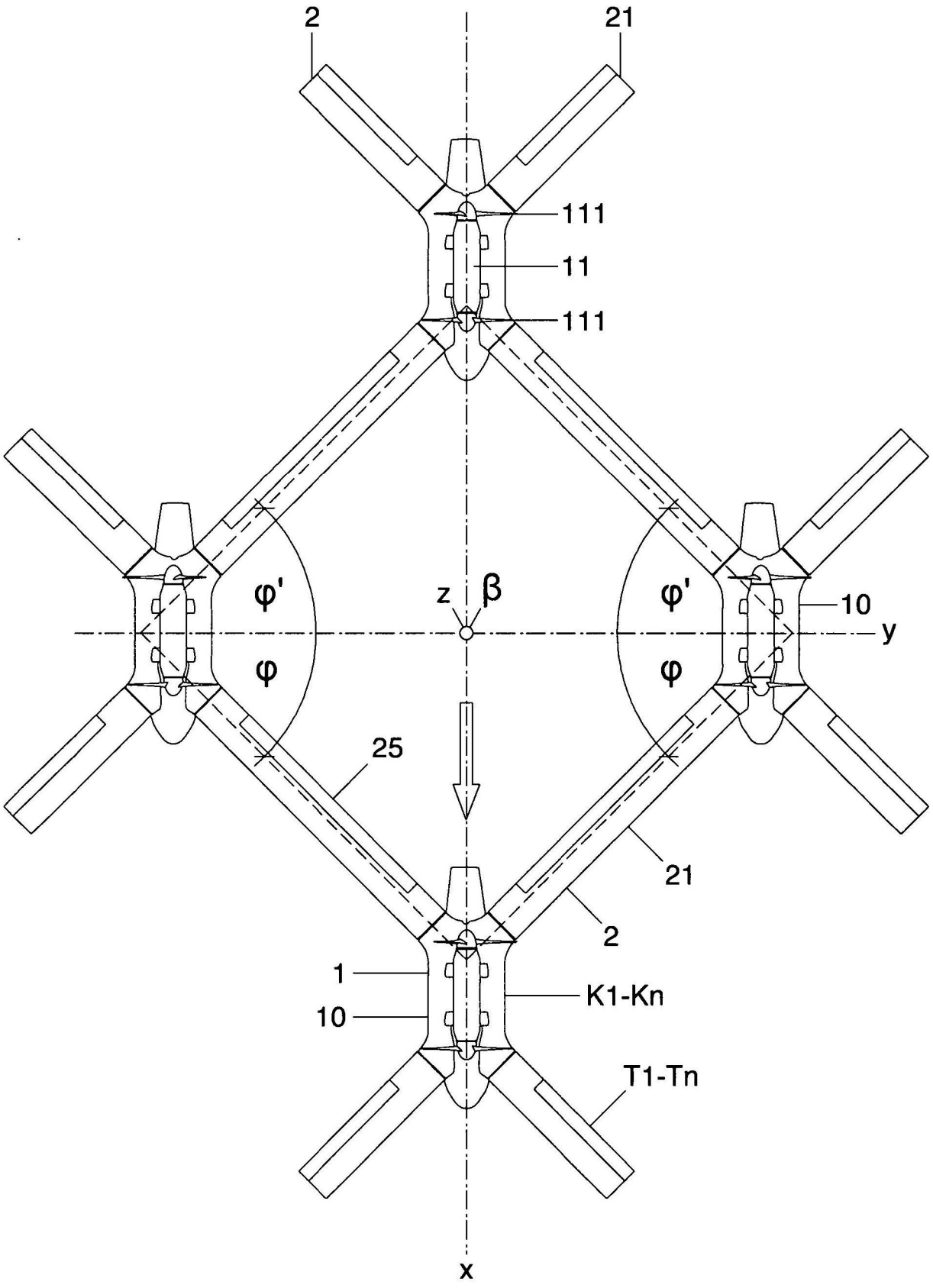


Fig.28

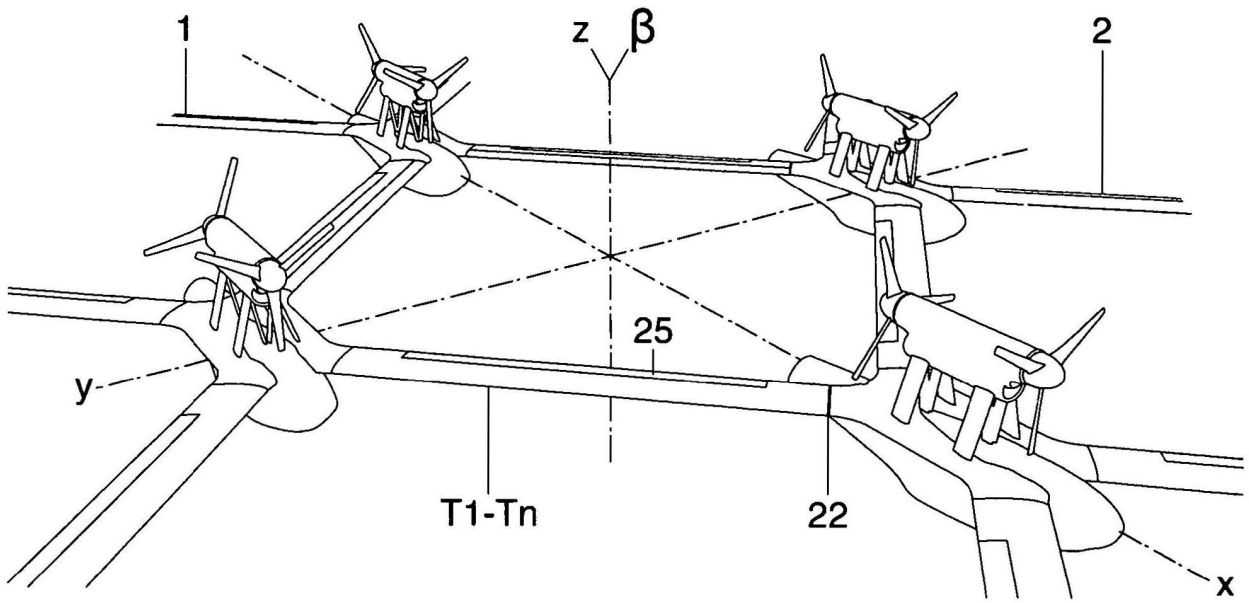


Fig.29

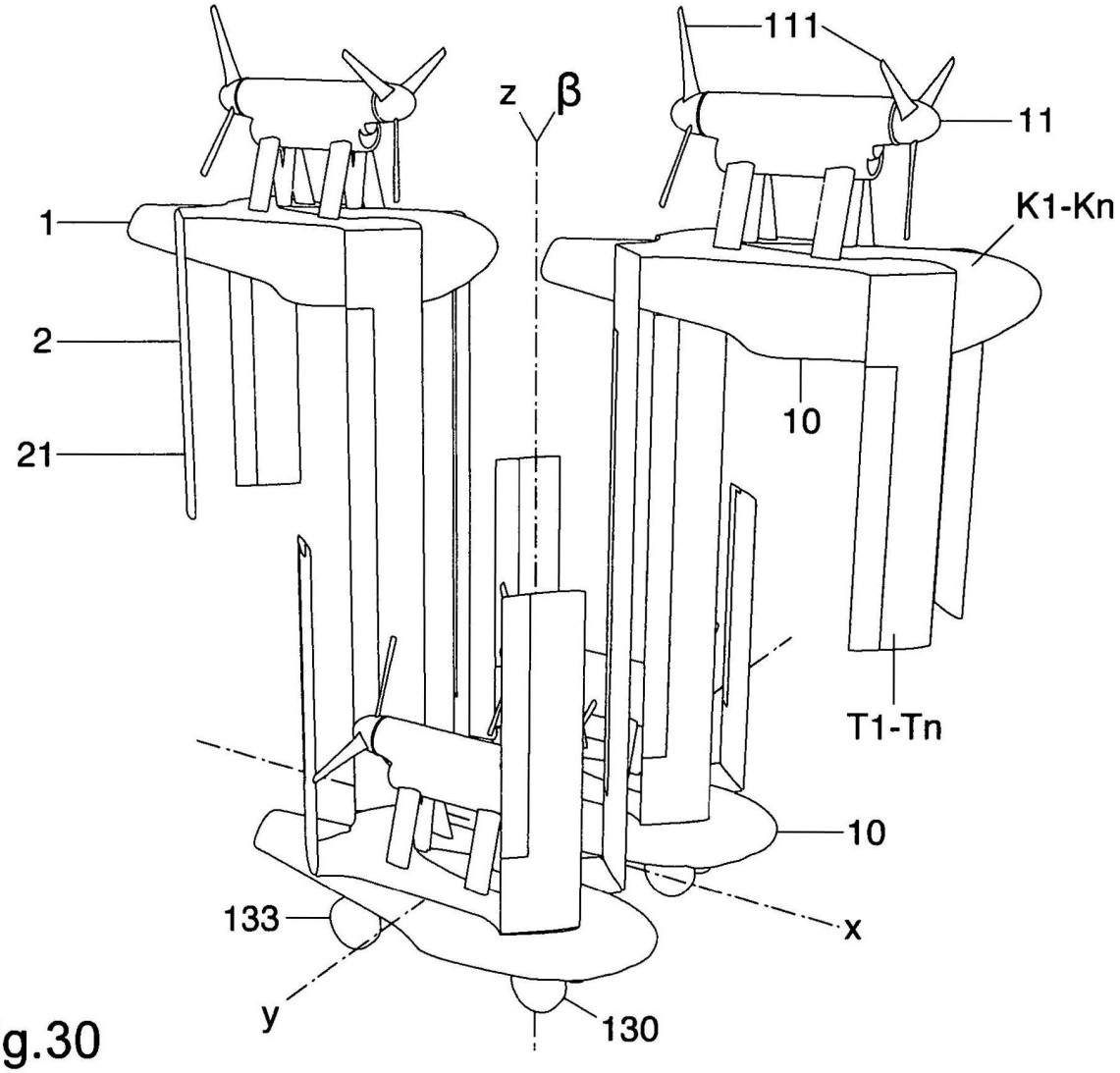


Fig.30

 Das Dokument wurde durch die Firma Jouve erstellt.