

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
19. Juni 2014 (19.06.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/090219 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
F03D 3/06 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2013/000774

(22) Internationales Anmeldedatum:
11. Dezember 2013 (11.12.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 024 119.4
11. Dezember 2012 (11.12.2012) DE

(71) Anmelder: EOVENT GMBH [DE/DE]; Beginenstrasse 9,
52062 Aachen (DE).

(72) Erfinder: MARNETT, Markus; Beginenstrasse 9, 52062
Aachen (DE).

(74) Anwalt: KOCH, Carsten; SCHIEBER - FARAGO,
Patentanwälte, Thierschstr. 11, 80538 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,

GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— Erfindenerklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) **Title:** ROTOR BLADE, RETAINING ARM AND ROTOR FOR A VERTICAL-AXIS WIND TURBINE, AND
PRODUCTION METHOD AND VERTICAL-AXIS WIND TURBINE

(54) **Bezeichnung :** ROTORBLATT, HALTEARM UND ROTOR FÜR EINE VERTIKALACHSWINDENERGIEANLAGE
SOWIE HERSTELLVERFAHREN UND VERTIKALACHSWINDENERGIEANLAGE

(57) **Abstract:** The invention relates to a rotor blade, to a rotor blade adjustment, a retaining arm and a rotor for a vertical-axis wind
turbine and to a method for producing a retaining arm for a vertical-axis wind turbine.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Rotorblatt, eine Rotorblattverstellung, einen Haltearm und einen Rotor für eine
Vertikalachswindenergieanlage sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Haltearms für eine Vertikalachswindenergieanlage.



WO 2014/090219 A2

ROTORBLATT, HALTEARM UND ROTOR FÜR EINE
VERTIKALACHSWINDENERGIEANLAGE SOWIE HERSTELLVERFAHREN UND
VERTIKALACHSWINDENERGIEANLAGE

[01] Die Erfindung betrifft ein Rotorblatt, einen Haltearm und einen Rotor
5 für eine Vertikalachswindenergieanlage sowie eine Vertikalachswindenergieanlage.

[02] Windenergieanlagen sind aus dem Stand der Technik zahlreich bekannt. Eine Windenergieanlage verwendet einen Rotor zur Umwandlung der kinetischen Energie des Windes in mechanische Energie einer Welle. Bei
10 auftriebsbasierten Windenergieanlagen erfüllen die aerodynamischen Kräfte an den Rotorblättern des Rotors diese Aufgabe.

[03] Bezogen auf die Drehachse der Windenergieanlage gibt es zwei unterschiedliche Typen. Zum einen gibt es Windenergieanlagen mit horizontaler Achse zum anderen Windenergieanlagen mit vertikaler Achse, so bezeichnete Vertikalachswindenergieanlagen. Bei den auftriebsbasierten Vertikalachswindenergieanlagen gibt es unterschiedliche Typen. Dabei hat sich
15 der sogenannte H-Rotor durchgesetzt, bei dem sich im Gegensatz zum Darrieus-Rotor und zu herkömmlichen Windenergieanlagen mit horizontaler Achse die Rotorblätter über die gesamte Länge in einem konstanten Abstand
20 zu dieser Achse befinden.

[04] Um die am Rotorblatt wirkenden Kräfte und Momente auf die Welle zu übertragen, benötigen Vertikalachswindenergieanlagen eine Rotorblatt-halterung. Als Rotorblätter kommen bei Vertikalachswindenergieanlagen derzeit lediglich solche zum Einsatz, die durch vierstellige NACA-
5 Parametrisierung mit drei Profilparametern erzeugt worden sind. Dabei handelt es sich insbesondere um das NACA0018 und das NACA4418 Profil.

[05] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, den Stand der Technik zu verbessern oder ihm eine Alternative zur Seite zu stellen.

Die Aufgabe wird nach einem ersten Aspekt der hier vorliegenden Erfindung
10 gelöst durch ein Rotorblatt für eine Vertikalachswindenergieanlage, wobei das Profil des Rotorblatts gemäß einem Polynom nach der PARSEC-11-Parametrisierung gestaltet ist, wobei das Profil des Rotorblattes mindestens sieben, bevorzugt acht, neun, zehn oder alle der folgenden PARSEC-11-Parameter aufweist:

15 r zwischen 0,000 bis 0,100, vorzugsweise zwischen 0,005 bis 0,080, besonders bevorzugt von 0,005 bis 0,050

$\check{x}_{up}$ zwischen 0,10 bis 0,60, vorzugsweise zwischen 0,20 bis 0,50, besonders bevorzugt von 0,25 bis 0,45

$\check{y}_{up}$ zwischen 0,000 bis 0,150, vorzugsweise zwischen 0,000 bis 0,135,
20 besonders bevorzugt von 0,050 bis 0,120

$\frac{\partial^2 \check{y}_{up}}{\partial \check{x}_{up}^2}$ zwischen 0,0 bis 2,0, vorzugsweise zwischen 0,2 bis 1,5, besonders bevorzugt von 0,4 bis 1,3

$\check{x}_{low}$ zwischen 0,10 bis 0,60, vorzugsweise zwischen 0,20 bis 0,50, besonders bevorzugt von 0,25 bis 0,40

5 $\check{y}_{low}$ zwischen 0,00 bis 0,15, vorzugsweise zwischen 0,00 bis 0,12, besonders bevorzugt von 0,04 bis 0,12

$\frac{\partial^2 \check{y}_{low}}{\partial \check{x}_{low}^2}$ zwischen 0,0 bis 2,0, vorzugsweise zwischen 0,2 bis 1,5, besonders bevorzugt von 0,4 bis 1,3

10 β in Grad zwischen 0 bis 25, vorzugsweise zwischen 0 bis 20, besonders bevorzugt von 0 bis 18

α in Grad zwischen 0 bis 25, vorzugsweise zwischen 0 bis 20, besonders bevorzugt von 0 bis 15

$\check{y}_{te}$ zwischen -0,3 bis 0,3, vorzugsweise zwischen -0,15 bis 0,15, besonders bevorzugt von 0

15 $\Delta \check{y}_{te}$ zwischen 0 bis 0,1, vorzugsweise zwischen 0 bis 0,01, besonders bevorzugt von 0,004,

wobei das Profil an jedem Punkt seiner Kontur um maximal $\check{y}_{up}$ 15stel vom von PARSEC-11 definierten Polynom abweichen kann, bevorzugt maximal um $\check{y}_{up}$ 20stel oder um $\check{y}_{up}$ 50stel, wobei das Profil besonders bevorzugt dem Polynom genau folgt.

5 [06] Begrifflich sei erläutert, dass sich die Parametrisierung auf die sogenannte PARSEC-11 Definition bezieht gemäß Marnett, Markus: PARSEC-11 Parameterization, Techn. Report, Institute of Aerodynamics, RWTH Aachen University, 2011.

10 [07] Weiter begrifflich sei erläutert, dass alle Winkelangaben mit der Einheit „°“ DEG-Angaben sind, also mit einem Vollkreis von 360 °.

[08] Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass im Rahmen der hier vorliegenden Offenbarung ein unbestimmter Artikel wie „ein...“, „zwei“ usw. als eine mindestens-Angabe zu verstehen ist, also „mindestens ein...“, „mindestens zwei...“ usw., sofern sich nicht aus dem jeweiligen Kontext ergibt, 15 dass dort etwa nur „genau ein...“, „genau zwei...“ usw. gemeint ist.

[09] In einer verschlechterten Ausführungsform können sogar ein nicht polynomisierbarer Verlauf und/oder ein unstetiger Verlauf der Kontur noch einen gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung gestalteten Verlauf aufweisen.

20 [10] Da der Wirkungsgrad des gesamten Rotors im Wesentlichen von den aerodynamischen Kräften am Rotorblatt abhängt, wird mit dem soeben beschriebenen Parametersatz für die Rotorblätter ein verbesserter Wirkungsgrad erzielt. Die hierbei verwendete PARSEC-11-Parametrisierung von

Prof. Dr. Sobieczky bietet die Möglichkeit, die Profilform eindeutig zu definieren. Diese Parametrisierung beinhaltet elf Parameter, die in Figur 3 dargestellt sind. Dabei sind die Oberseite als die Außenseite des Rotors und die Unterseite als die Innenseite des Rotors zu verstehen. Diese bestimmen sich folgendermaßen:

- r steht für den dimensionslosen Radius an der Vorderkante
- $\check{x}_{up}$ steht für die dimensionslose $\check{x}$ -Koordinate des höchsten Punktes auf der Oberseite
- $\check{y}_{up}$ steht für die dimensionslose $\check{y}$ -Koordinate des höchsten Punktes auf der Oberseite
- $\frac{\partial^2 \check{y}_{up}}{\partial \check{x}_{up}^2}$ beschreibt die 2. Ableitung von $\check{y}$ nach $\check{x}$ bei den Koordinaten $(\check{x}_{up}; \check{y}_{up})$
- $\check{x}_{low}$ steht für die dimensionslose $\check{x}$ -Koordinate des tiefsten Punktes auf der Unterseite
- $\check{y}_{low}$ steht für die dimensionslose $\check{y}$ -Koordinate des tiefsten Punktes auf der Unterseite
- $\frac{\partial^2 \check{y}_{low}}{\partial \check{x}_{low}^2}$ beschreibt die 2. Ableitung von $\check{y}$ nach $\check{x}$ bei den Koordinaten $(\check{x}_{low}; \check{y}_{low})$
- β ist der Öffnungswinkel des Profils an der Hinterkante in Grad
- α ist der Neigungswinkel des Profils an der Hinterkante in Grad
- $\check{y}_{te}$ ist der dimensionslose vertikale Abstand der Hinterkante zur $\check{x}$ -Achse
- $\Delta \check{y}_{te}$ ist die dimensionslose Dicke an der Hinterkante

[11] Ein zweiter Aspekt der Erfindung, der auch unabhängig erfinderisch ist, betrifft einen Haltearm für eine Vertikalachswindenergieanlage, wobei

der Haltearm eine sich längs erstreckende Haltestruktur aufweist, die ein Hohlkörper ist, dessen Wandstärke in einem Bereich abnimmt und deren Steifigkeit nach außen geringer wird.

[12] Hierdurch kann Material gespart werden, was zu einer Verringerung der Masse führt. Die Masse der Aufhängung sollte möglichst gering sein, sodass die Drehzahl der Windenergieanlage schnell an die sich ändernde Windgeschwindigkeit angepasst werden kann, um den Rotor der Windenergieanlage gleichmäßig bei einem guten Wirkungsgrad betreiben zu können. Bei der Haltestruktur kann es sich beispielsweise um ein aus Kunststoff oder anderen Materialien gegossenes Teil handeln. Dabei kann es sich um einen Voll- oder Hohlkörper handeln, welche einen Konturgradienten aufweisen können. Auch andere Materialien - wie Metall - sind denkbar.

[13] Vorteilhafterweise ist die Haltestruktur ein Hohlkörper, der in einem Bereich, in dem die Wandstärke abnimmt, einen konstanten äußeren Querschnitt aufweist.

[14] Grundsätzlich sind Y-förmige Haltearme von Vorteil, da so das Antriebsmoment besser übertragen werden kann. Bei einem Y-förmigen Haltearm mit einer ebenso geformten Haltestruktur ist es von Vorteil, wenn der Bereich, in dem die Wandstärke bei einem konstanten äußeren Querschnitt abnimmt, zwischen dem Knotenpunkt des Y und der Rotorblattanbindung liegt.

[15] Insbesondere kann die Haltestruktur aus mehreren U-Profilen aufgebaut sein, die ineinander geschoben sind. So entsteht ein Schalenaufbau.

Diese einfache Aufbauvariante ist besonders günstig in der Herstellung und bietet beispielsweise bei einer späteren Verkleidung den Vorteil eines konstanten rechteckigen Außenquerschnitts.

[16] Ein dritter Aspekt der Erfindung, der auch unabhängig erfinderisch ist, betrifft einen Haltearm, wobei die sich längserstreckende Haltestruktur mit einer Form umhüllt ist und das Profil der Form gemäß der oben beschriebenen PARSEC-11-Parametrisierung mindestens sieben, acht, neun, zehn oder bevorzugt alle elf der folgenden Parameter aufweist:

10 r zwischen 0,003 bis 0,110, vorzugsweise zwischen 0,022 bis 0,110, besonders bevorzugt von 0,100

$\check{x}_{up}$ zwischen 0,268 bis 0,420, vorzugsweise zwischen 0,289 bis 0,380, besonders bevorzugt von 0,306

$\check{y}_{up}$ zwischen 0,151 bis 0,191, vorzugsweise zwischen 0,154 bis 0,172, besonders bevorzugt von 0,157

15 $\frac{\partial^2 \check{y}_{up}}{\partial \check{x}_{up}^2}$ zwischen 0,429 bis 0,998, vorzugsweise zwischen 0,740 bis 0,998, besonders bevorzugt von 0,880

$\check{x}_{low}$ zwischen 0,268 bis 0,420, vorzugsweise zwischen 0,289 bis 0,380, besonders bevorzugt von 0,306

20 $\check{y}_{low}$ zwischen 0,151 bis 0,191, vorzugsweise zwischen 0,154 bis 0,172, besonders bevorzugt von 0,157

$\frac{\partial^2 \check{y}_{low}}{\partial \check{x}_{low}^2}$ zwischen 0,429 bis 0,998, vorzugsweise zwischen 0,740 bis 0,998, besonders bevorzugt von 0,880

β zwischen 1,183 bis 19,946, vorzugsweise zwischen 2,442 bis 19,946, besonders bevorzugt von 17,852

5 α zwischen 0 bis 12, vorzugsweise zwischen 0 bis 6, besonders bevorzugt von 0

$\check{y}_{te}$ zwischen -0,2 bis 0,2, vorzugsweise zwischen -0,1 bis 0,1, besonders bevorzugt von 0

10 $\Delta \check{y}_{te}$ zwischen 0 bis 0,1, vorzugsweise zwischen 0 bis 0,01, besonders bevorzugt von 0,004,

wobei das Profil der Form an jedem Punkt seiner Kontur um maximal $\check{y}_{up}$ 15stel vom von PARSEC-11 definierten Polynom abweichen kann, bevorzugt maximal um $\check{y}_{up}$ 20stel oder um $\check{y}_{up}$ 50stel, wobei das Profil der Form besonders bevorzugt dem Polynom genau folgt.

15 [17] Hierdurch kann eine Verringerung des Widerstandsmoments der Anbindung erzielt werden, indem der Haltearm mit einem auftriebsneutralen PARSEC-Profil ummantelt wird. Der numerischen Berechnung des idealen PARSEC-Profils wird zugrunde gelegt, dass die vier Eckpunkte der Box für die sich längserstreckende Haltestruktur innerhalb der Profilkontur liegen.

20 Insgesamt werden das aerodynamische Widerstandsmoment der Rotorblatt-aufhängung verringert und damit der Drehmomentenbeiwert des Haltearms

minimiert. Dies verbessert wiederum den Wirkungsgrad des Rotors der Vertikalachswindenergieanlage.

[18] Ein vierter Aspekt der Erfindung, der auch unabhängig erfinderisch ist, betrifft einen Haltearm, welcher eine sich längserstreckende Haltestruktur aufweist, die mit einer Form umhüllt ist, wobei die Form durch eine sich
5 quer erstreckende Spantenstruktur und eine Hülle gebildet ist.

[19] Die sich quer erstreckende Spantenstruktur kann durch einen tragflügelähnlichen Spantenaufbau realisiert werden. Hierdurch wird das Gewicht der Form gering gehalten.

10 [20] Die Hülle kann aus Blech sein, welches eine Dicke von 0,1 bis 2 mm, insbesondere von 0,1 bis 1 mm, besonders bevorzugt von 0,5 mm aufweist.

[21] Eine Befestigung der einzelnen Bestandteile des Haltearms kann durch Nieten, vorzugsweise Blindnieten, erfolgen. Für die Nieten kann ein Hinterschnitt in den Spanten vorgesehen sein.

15 [22] Vorzugsweise weist die Spantenstruktur eine Bohrung auf, durch welche beispielsweise etwaige Versorgungs- und Steuerleitungen für eine Rotorblattverstellung oder Sensorik am Rotorblatt verlegt werden kann. Diese ist bevorzugt in dem in Anströmrichtung hinteren Teil des Spantenaufbaus angeordnet. Die Bohrung dient der Aufnahme von Kabeln und erleichtert so
20 im Vergleich zu einer Anbringung der Kabel innerhalb der sich längs erstreckenden Haltestruktur des Haltearms die Verlegung derselben.

[23] Ein fünfter unabhängig erfinderischer Aspekt der Erfindung betrifft einen Rotor für eine Vertikalachswindenergieanlage mit Haltearmen und einem Rotorblatt, wobei der Anstellwinkel in einem Bereich von $-5^\circ \leq d \leq 0^\circ$ liegt, vorzugsweise bei $d = -2,5^\circ$. Dies ist besonders von Vorteil, wenn es sich um ein NACA4418-Profil handelt. Ein weiter bevorzugter Bereich für den Anstellwinkel liegt bei $-5^\circ \leq d \leq 5^\circ$, vorzugsweise bei $d = 0^\circ$. Dies ist besonders von Vorteil, wenn es sich um ein PARSEC-Profil handelt. Die Definition des Anstellwinkels ist der Figur 4A zu entnehmen. Hierdurch wird der Wirkungsgrad verbessert. Bei dem Anstellwinkel d , wie er in Figur 4 dargestellt ist, handelt es sich um einen negativen Wert.

[24] Ein sechster, ebenfalls unabhängig erfinderischer Aspekt der Erfindung betrifft einen Rotor für eine Vertikalachswindenergieanlage mit Haltearmen und einem Rotorblatt, wobei die Ansatzpunkte von zwei Haltearmen an einem Rotorblatt in Spannweitenrichtung einen Abstand zwischen $\sqrt{0,5} - 0,5 \leq h_A / h_F \leq 0,25$, insbesondere von $h_A / h_F = 0,229$, aufweisen.

[25] Durch die besondere Bauweise der Vertikalachswindenergieanlage ergibt sich die Möglichkeit, ein zweidimensionales Profil zu verwenden, das über die gesamte Höhe ein konstantes Profil aufweist. Um die Produktionskosten möglichst niedrig zu halten, kann es eine Struktur aufweisen, die über die gesamte Höhe konstant ist. Somit kann die dimensionierende Belastung der Rotorblattstruktur, also die innere Vergleichsspannung, proportional zum auftretenden Biegemoment angenommen werden.

- [26] In Abbildungen 5A und 5B sind die Verteilungen der Biegemomente sowohl für eine konstante Streckenlast (Fig. 5A), die sich bei einer frontalen Anströmung des Tragflächenprofils im Stillstand der Anlage, als auch für eine Streckenlast nach Multhopp (Fig. 5B), die sich durch die aerodynamischen Lasten im Betrieb der Anlage, ergeben, dargestellt. Dabei sind bereits die optimalen Ansatzpunkte der beiden Haltearme verwendet worden, die sich durch die Positionen $h_A/h_F = 0,25$ und $h_A/h_F = \sqrt{0,5}-0,5$ kennzeichnen. Die geometrischen Definitionen sind den Figuren 4A und 4B zu entnehmen. Weicht man bei den entsprechenden Belastungen von der optimalen Position ab, so erhöht sich das innere Biegemoment des Rotorblattes entweder in der Mitte bei Position $z/h_F = 0,25$ oder an der Position der Angriffspunkte der Haltearme bei h_A/h_F . Dies ist durch die gestrichelten Biegemomente in der Figur 5A und 5B deutlich zu erkennen. Dementsprechend ergeben sich die bevorzugten Angriffspunkte.
- [27] Ein siebter unabhängiger erfinderischer Aspekt der Erfindung betrifft einen Rotor für eine Windenergieanlage mit Haltearmen und einem Rotorblatt, wobei die Angriffspunkte von zwei Haltearmen an einem Rotorblatt in Profillehnenrichtung einen Abstand zwischen $0,4c \leq x_c \leq 0,5c$, insbesondere von $x_c = 0,45c$, aufweisen.
- [28] Die Lage des „Angriffspunkts“ sei jeweils als auf der Linie der Schar der Hauptachsen des Haltearms liegend verstanden.
- [29] In Folge des Abstandes zwischen Neutralpunkt und Schwerpunkt des Rotorblattes ergibt sich ein Moment um den Lagerpunkt des Rotorblattes, da

die aerodynamische Normal- und Tangentialkraft im Normalpunkt des Rotorblattes und die Zentrifugalkraft im Schwerpunkt des Rotorblattes angreifen. Zusammen mit dem aerodynamischen Moment wird dieses Moment in die Rotorblattanbindung eingeleitet. Durch eine geeignete Wahl des Lagerpunktes oder durch eine Veränderung des Rotorblattschwerpunktes kann
5 Einfluss auf das Moment genommen werden. Bei den soeben beschriebenen Werten sind die Belastungen gering.

[30] Hierdurch werden die mechanischen Belastungen am Rotorblatt verringert, insofern kann Material gespart werden und die Rotorblätter werden
10 kostengünstiger.

[31] Ein achter Aspekt der Erfindung, der ebenfalls unabhängig erfinderrisch ist, betrifft einen Rotor für eine Vertikalachswindenergieanlage.

[32] Vorteilhafterweise befindet sich die Saugseite eines Profils auf der Innenseite eines Rotors, eine Druckseite eines Profils auf der Außenseite eines
15 Rotors.

[33] Weiter von Vorteil ist, wenn ein Rotor für eine Vertikalsachswindenergieanlage Haltearme und ein Rotorblatt aufweist,, wobei zwei zu einem Rotorblatt gehörende Haltearme ein Verbindungskreuz aufweisen und das Verbindungskreuz über Gelenke mit den Haltearmen verbunden ist.

20 [34] Das Verbindungskreuz erhöht die Stabilität, wobei die Gelenke gleichzeitig verhindern, dass Biegemomente zwischen den einzelnen Bauteilen übertragen werden.

[35] Vorteilhafterweise sind an den Haltearmen Dreiecke angeordnet, die eine axiale Bohrung für eine Verbindung mit einer Welle aufweisen. Auch hier kann die Verbindung zwischen dem Dreieck und dem Haltearm über ein Gelenk erfolgen. Zudem kann das Verbindungskreuz über Gelenke mit den
5 Dreiecken verbunden sein.

[36] Vorteilhafterweise kann das Verbindungskreuz, wenn die längs-
streckte Haltestruktur eine Y-Form aufweist, im Knotenpunkt des Y mit den Haltearmen befestigt sein. Da der Radius mit der dritten Potenz in das Widerstandsmoment eingeht, ist es von Vorteil, wenn die Arme ab dem Kno-
10 tenpunkt bis zum Rotorblatt auf der Länge mit einer Form umhüllt sind, die den Widerstandsbeiwert wie oben beschrieben minimiert.

[37] Das Verbindungskreuz kann aus mehreren Stangen bestehen, wobei die Stangen, die den oberen Haltearm fixieren, in der Mehrzahl sind. Die Stangen, die den oberen Haltearm fixieren, werden auf Druck belastet. Daher
15 besteht die Gefahr von Knicken. Durch eine Verstärkung in Form von mehreren Stangen können diese Kräfte besser aufgenommen werden.

[38] Ein neunter auch unabhängig erfinderischer Aspekt der Erfindung betrifft einen Rotor für eine Vertikalachswindenergieanlage, wobei er eine Nickwinkelverstellung aufweist.

20 [39] Bei Vertikalachswindenergieanlagen mit Nickwinkelverstellung ist der Rotation der Rotorblätter um die Drehachse der Vertikalachswindenergieanlagen eine Oszillation der Rotorblätter um eine weitere Drehachse je

Rotorblatt überlagert. Der Verlauf des Verstellwinkels wird Nickwinkelkurve genannt. Durch die Nickwinkelverstellung ergeben sich eine Vielzahl von Verbesserungen.

[40] Während Anlagen mit einer Nickwinkelverstellung derzeit bereits in Betrieb sind, hebt sich die hier vorgeschlagene Nickwinkelverstellung dadurch ab, dass die Nickwinkelkurve in Abhängigkeit von Geometrie- und Betriebspunktparametern optimiert wurde. Die Geometrieparameter sind in Figur 6 zu entnehmen und lauten:

- Anzahl der Blätter b
- 10 • Solidität $\sigma = \frac{c*b}{2*r}$
- Position der Rotorblattlagerung $x_d, y_d, x_{d2}, y_{d2}, r = y_d + y_{d2}$
- Verdrehwinkel $\delta (d)$ als Funktion des Azimuthwinkel $\theta (T)$
- Rotorblattkontur

[41] Die Solidität σ beschreibt das Verhältnis (Anzahl der Rotorblätter b mal Rotorblatttiefe c) / (Durchmesser des Rotors). Von Vorteil ist, wenn die Solidität zwischen 0,15 und 0,25, vorzugsweise bei 0,2, liegt.

[42] Ein zehnter Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Haltearms mit einer sich längerstreckenden Haltestruktur, wobei in einem ersten Schritt Bleche geschnitten werden, diese in einem zweiten Schritt auf Form gekantet werden, in einem dritten Schritt die geschnittenen

und geformten Profileile ineinander geschoben werden und in einem vierten Schritt die Teile formschlüssig miteinander verbunden werden.

[43] Die Verbindung im vierten Schritt kann durch Nieten erfolgen.

[44] In einem fünften Schritt kann eine Spantenstruktur aufgeschoben und
5 befestigt werden und in einem sechsten Schritt die Spantenstruktur mit einer Hülle ummantelt werden. Bei der Hülle kann es sich um ein dünnes Blech handeln. Die Hülle bzw. das Blech können ebenfalls mit Nieten, insbesondere Blindnieten, an der Spantenstruktur befestigt werden. Dazu kann für Nieten ein Hinterschnitt integriert werden.

10 [45] Gemäß einem elften Aspekt der Erfindung sind die vorstehenden Merkmale zumindest zum Teil in einer Windenergieanlage umgesetzt.

[46] Die Erfindung wird anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. Hierin zeigen

15 Figur 1 eine schematische Darstellung einer Vertikalachswindenergieanlage,

Figur 2 unterschiedliche Rotorformen für Vertikalachswindenergieanlagen,

20 Figur 3 eine schematische Darstellung einer Profilform unter Angabe der elf Parameter nach der PARSEC-11 Parametrisierung von Prof. Dr. Sobieczky,

- Figur 4 eine schematische Darstellung eines Rotorblatts mit zwei Haltearmen und einer Anbindung an eine Welle in einer Seitenansicht (Figur 4A) und in einer Draufsicht (Figur 4B) unter Angabe der geometrischen Definitionen zur Bestimmung der Angriffspunkte,
- Figur 5 Verteilungen der Biegemomente sowohl für eine konstante Streckenlast (Figur 5A) als auf für eine Streckenlast nach Multhopp (Figur 5B),
- Figur 6 eine schematisch Darstellung eines Rotorblatts mit dazugehörigen Haltearmen sowie der Anbindung über ein Dreieck in der Draufsicht unter Angabe der Geometrie-
parameter zur Nickwinkelverstellung,
- Figur 7 eine schematische Darstellung eines Rotors einer Windenergieanlage in perspektivischer Darstellung,
- Figur 8 einen Querschnitt (Figur 8A) und einen Längsschnitt (Figur 8B) in perspektivischer Ansicht durch die sich längserstreckende Haltestruktur,
- Figur 9 eine schematische Darstellung eines Schnitts durch die sich längserstreckende Haltestruktur in Form von Profilen mit zwei unterschiedlichen Schnittebenen,

- Figur 10 eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch einen Haltearm mit einer sich längserstreckenden Haltestruktur und einer sich quererstreckenden Spantenstruktur mit einer Hülle,
- 5 Figur 11 eine schematische Darstellung eines Spantenbauteils in perspektivischer Ansicht,
- Figur 12 eine schematische Darstellung eines Haltearms in perspektivischer Ansicht und mit aufgeschobener Spantenstruktur und Hülle und
- 10 Figur 13 eine schematische Darstellung der Haltearmkonstruktion eines Rotors mit sich längserstreckender Haltestruktur und aufgeschobener Spantenstruktur mit Hülle.

[47] Die in Figur 1 dargestellte Vertikalachswindenergieanlage 1 besteht aus einem Rotor 2 und einem Turm 3, auf welchem der Rotor 2 angebracht ist. Der Rotor 2 wird durch Haltearme wie beispielsweise Haltearm 4 und Rotorblätter wie beispielsweise Rotorblatt 5 gebildet. Durch den Rotor 2 wird der Luft kinetische Energie entzogen und auf eine Welle 6 als mechanische Energie übertragen. Hierbei erfolgt eine Übertragung mechanischer Energie von den Rotorblättern über die Flügelaufhängung in Form der Haltearme.

15

20

[48] Die in Figur 2 gezeigten Vertikalachswindenergieanlagen Rotorformen sind ein H-Rotor (Figur 2A), ein Helix-Rotor (Figur 2B), ein gekrümmter Rotor (Figur 2C) und ein klassischer Darrieus-Rotor (Figur 2D).

[49] In Figur 3 sind wie oben bereits dargestellt die Geometrieparameter für eine Parametrisierung nach PARSEC11 nach Prof. Dr. Sobieczky zu entnehmen.

[50] In Figur 4A und 4B sind jeweils die Geometrieparameter zur Bestimmung der Angriffspunkte der Haltearme zu entnehmen. Zusätzlich wird hier der Aufbau einer Untereinheit 11 eines Rotors für eine Vertikalachswindenergieanlage deutlich. Die kinetische Energie des Windes wird über ein Rotorblatt 12 der Luft entzogen und dann über Haltearme 13, 13' und Dreiecke 14, 14' auf die Welle 15 in Form von mechanischer Energie übertragen. Die Haltearme 13 und 13' sind Y-förmig. Das Rotorblatt 12 ist über Gelenke 16, 16' mit den Haltearmen 13, 13' verbunden und über Gelenke 17, 17', 17'' (nicht sichtbar), 17''' mit Dreiecken 14, 14', welche wiederum mit einer Welle 15 in Verbindung stehen. Eine zusätzliche Stabilisierung erfahren die Haltearme über ein Verbindungskreuz 18, bestehend aus Stangen 19, 20, 21. Hierbei fixiert eine Stange 20 den unteren Haltearm 13', wohingegen die zwei übrigen Stangen 19, 21 den oberen Haltearm 13 fixieren.

[51] Auch die Stangen 19, 20 und 21 des Verbindungskreuzes 18 sind über Gelenke 22, 22' mit den Haltearmen 13, 13' sowie über die Gelenke 17, 17', 17'', 17''' mit den Dreiecken 14, 14' verbunden. Hierbei erfolgt die Verbindung mit den Haltearmen 13, 13' im Knotenpunkt 23 des Y. Zusammen stellt

die Verbindung zwischen der Welle 15 und dem Rotorblatt 12 die Rotoranbindung dar und die lässt sich in drei Hauptsegmente unterteilen: den oberen und den unteren Anbindungsarm 13, 13' sowie das Verbindungskreuz 18 in der Mitte. Die beiden Gelenke, die die Haltearme mit dem Rotorblatt verbinden, sind in einem bestimmten Abstand auf dem Flügel angeordnet, und zwar
 5 entsprechend $h_A / h_F = 0,229$. In Profilsehnenrichtung sind die Haltearme am Rotorblatt bei $x_c = 0,45c$ angebracht.

[52] Die Profilgeometrie eines als Prototyp erfolgreich gebauten Rotorblatts ist durch folgende elf Parameter bestimmt:

10	r	0,051
	$\check{x}_{up}$	0,311
	$\check{y}_{up}$	0,068
	$\cdot \frac{\partial^2 \check{y}_{up}}{\partial \check{x}_{up}^2}$	0,452
	$\check{x}_{low}$	0,242
15	$\check{y}_{low}$	0,147
	$\frac{\partial^2 \check{y}_{low}}{\partial \check{x}_{low}^2}$	1,964
	β	3,896
	α	0,631
	$\check{y}_{te}$	0
20	$\Delta \check{y}_{te}$	0,004

[53] In Figur 6 ist der identische Aufbau zu Abbildung 4A dargestellt, jedoch unter Angabe der Geometrieparameter zur Nickwinkelverstellung.

Hierbei bestimmt der Pfeil 31 die Anströmrichtung und der Punkt 32 den Drehpunkt.

[54] Für die Biegemomentverläufe in den Figuren 5A und 5B ist jeweils M_b/M_{bmax} zu z/h_F aufgetragen. Figur 5A zeigt die konstante Flächenlast für $h_A/h_F = 0,25$ und Figur 5B eine Flächenlast nach Multhopp für $h_A/h_F = \sqrt{0,5} - 0,5$. Die Abweichungen der Biegemomente bei Abweichungen von der optimalen Position sind hier wie oben beschrieben zu entnehmen.

[55] Ein Rotor 41 (vgl. Figur 7) einer Vertikalachswindenergieanlage besteht beispielsweise aus drei Rotorblättern 42, 42', 42'', die jeweils über eine Rotoranbindung 43, 43', 43'' mit zwei Dreiecken 44, 44' verbunden sind, die eine Verbindung zu einer Welle (nicht abgebildet) herstellen. Hierbei bestehen die Anbindungen 43, 43', 43'' aus jeweils zwei Haltearmen in Form eines oberen Haltearms 45, 46, 47 und eines unteren Haltearms 45', 46' (nicht sichtbar), 47'. Diese sind jeweils Y-förmig ausgestaltet zur besseren Kräfteübertragung. Ein oberer Haltearm 45, 46, 47 und ein unterer Haltearm 45', 46', 47' sind jeweils über Verbindungskreuze 48, 48', 48'' verbunden. Diese setzen sich ihrerseits jeweils aus Stangen 49, 49', 49'' zur Stabilisierung der unteren Haltearme 45', 46', 47' sowie aus den Stangen 50, 51, 50', 51', 50'', 51'', die die oberen Haltearme 45, 46, 47 stabilisieren.

[56] Zum Aufbau der sich längs erstreckenden Haltestruktur 61 werden wie in Figuren 8 und 9 erkennbar U-Profile 62, 63, 64 ineinander geschoben.

Diese werden jeweils durch Profile 65, 66, 67 komplettiert. Über Löcher 68 (exemplarisch beziffert) können diese mit den Niete verbunden werden.

[57] Um den Drehmomentbeiwert in der Aufhängung zu minimieren, wird ein Haltearmaufbau 71 wie in Figur 10 dargestellt verwendet. Hier wird auf
 5 eine sich längs erstreckende Haltestruktur 72 bestehend aus Profilen 73, 74 eine Form 75 aufgebracht, die folgendes Profil aufweist:

	r	0,100
	$\check{x}_{up}$	0,306
	$\check{y}_{up}$	0,157
10	$\frac{\partial^2 \check{y}_{up}}{\partial \check{x}_{up}^2}$	0,880
	$\check{x}_{low}$	0,306
	$\check{y}_{low}$	0,157
	$\frac{\partial^2 \check{y}_{low}}{\partial \check{x}_{low}^2}$	0,880
	β	17,852
15	α	0
	$\check{y}_{te}$	0
	$\Delta \check{y}_{te}$	0,004

[58] Die Form wird gebildet, indem Spanten wie Spante 76 auf die sich längs erstreckende Haltestruktur 72 aufgeschoben werden und mit Niete
 20 wie beispielsweise Niete 77 fixiert werden. Die Spanten wie beispielsweise Spante 76 werden mit einem dünnen Blech 78 umhüllt, das wiederum mit Niete wie beispielsweise 79 befestigt wird. Eine solche Ummantelung der

Haltearme erfolgt wie in Figur 12 und 13 dargestellt an jedem der Y-förmigen Haltearme 82, 82', 83, 83', 84, 84' ab dem Knotenpunkt des Y durch Aufbringung der Formen 85, 85', 86, 86', 87, 87'.

- [59] Ein einzelnes Spantenbauteil 91 wie in Figur 11 dargestellt weist eine
5 Aussparung 92 für eine sich längs erstreckende Haltestruktur (nicht abgebildet) auf. Zudem sind zahlreiche Öffnungen wie beispielsweise 93 zur Aufnahme von Blindnieten (nicht abgebildet) vorgesehen. Weiter vorgesehen ist eine kreisförmige Öffnung 94, durch welche Kabel (nicht abgebildet) geführt werden können.

Patentansprüche:

1. Rotorblatt für eine Vertikalachswindenergieanlage, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** das Profil des Rotorblatts gemäß einem Polynom nach der PARSEC-11-Parametrisierung gestaltet ist, wobei das Profil des Rotorblattes mindestens sieben, bevorzugt acht, neun, zehn oder alle

5 der folgenden PARSEC-11-Parameter aufweist:

r zwischen 0,000 bis 0,100, vorzugsweise zwischen 0,005 bis 0,080, besonders bevorzugt von 0,005 bis 0,050

$\check{x}_{up}$ zwischen 0,10 bis 0,60, vorzugsweise zwischen 0,20 bis 0,50, besonders bevorzugt von 0,25 bis 0,45

$\check{y}_{up}$ zwischen 0,000 bis 0,150, vorzugsweise zwischen 0,000 bis 0,135, besonders bevorzugt von 0,050 bis 0,120

$\frac{\partial^2 \check{y}_{up}}{\partial \check{x}_{up}^2}$ zwischen 0,0 bis 2,0, vorzugsweise zwischen 0,2 bis 1,5, besonders bevorzugt von 0,4 bis 1,3

15 $\check{x}_{low}$ zwischen 0,10 bis 0,60, vorzugsweise zwischen 0,20 bis 0,50, besonders bevorzugt von 0,25 bis 0,40

$\check{y}_{low}$ zwischen 0,00 bis 0,15, vorzugsweise zwischen 0,00 bis 0,12, besonders bevorzugt von 0,04 bis 0,12

$\frac{\partial^2 \check{y}_{low}}{\partial \check{x}_{low}^2}$ zwischen 0,0 bis 2,0, vorzugsweise zwischen 0,2 bis 1,5, besonders bevorzugt von 0,4 bis 1,3

β in Grad zwischen 0 bis 25, vorzugsweise zwischen 0 bis 20, besonders bevorzugt von 0 bis 18

α in Grad zwischen 0 bis 25, vorzugsweise zwischen 0 bis 20, besonders bevorzugt von 0 bis 15

5 $\check{y}_{te}$ zwischen -0,3 bis 0,3, vorzugsweise zwischen -0,15 bis 0,15, besonders bevorzugt von 0

$\Delta\check{y}_{te}$ zwischen 0 bis 0,1, vorzugsweise zwischen 0 bis 0,01, besonders bevorzugt von 0,004,

10 wobei das Profil an jedem Punkt seiner Kontur um maximal $\check{y}_{up}$ 15stel vom von PARSEC-11 definierten Polynom abweichen kann, bevorzugt maximal um $\check{y}_{up}$ 20stel oder um $\check{y}_{up}$ 50stel, wobei das Profil besonders bevorzugt dem Polynom genau folgt.

15 2. Haltearm für eine Vertikalachswindenergieanlage, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** der Haltearm eine sich längs erstreckende Haltestruktur aufweist, die ein Hohlkörper ist, dessen Wandstärke in einem Bereich abnimmt und deren Steifigkeit nach außen geringer wird.

3. Haltearm nach Anspruch 2, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** die Haltestruktur, in einem Bereich, in dem die Wandstärke abnimmt, einen konstanten äußeren Querschnitt aufweist.

4. Haltearm nach einem der Ansprüche 2 oder 3, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** die Haltestruktur aus mehreren U-Profilen aufgebaut ist, die ineinander geschoben sind.
5. Haltearm für eine Vertikalachswindenergieanlage, insbesondere nach einem der Ansprüche 2 bis 4, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** die längserstreckende Haltestruktur mit einer Form umhüllt ist und das Profil der Form gemäß der PARSEC11 Parametrisierung mindestens sieben, acht, neun, zehn oder bevorzugt alle elf der folgenden Parameter aufweist:
 - 10 r zwischen 0,003 bis 0,110, vorzugsweise zwischen 0,022 bis 0,110, besonders bevorzugt von 0,100
 - $\check{x}_{up}$ zwischen 0,268 bis 0,420, vorzugsweise zwischen 0,289 bis 0,380, besonders bevorzugt von 0,306
 - $\check{y}_{up}$ zwischen 0,151 bis 0,191, vorzugsweise zwischen 0,154 bis 15 0,172, besonders bevorzugt von 0,157
 - $\frac{\partial^2 \check{y}_{up}}{\partial \check{x}_{up}^2}$ zwischen 0,429 bis 0,998, vorzugsweise zwischen 0,740 bis 0,998, besonders bevorzugt von 0,880
 - $\check{x}_{low}$ zwischen 0,268 bis 0,420, vorzugsweise zwischen 0,289 bis 0,380, besonders bevorzugt von 0,306
 - 20 $\check{y}_{low}$ zwischen 0,151 bis 0,191, vorzugsweise zwischen 0,154 bis 0,172, besonders bevorzugt von 0,157

$\frac{\partial^2 \check{y}_{low}}{\partial \check{x}_{low}^2}$ zwischen 0,429 bis 0,998, vorzugsweise zwischen 0,740 bis 0,998, besonders bevorzugt von 0,880

β zwischen 1,183 bis 19,946, vorzugsweise zwischen 2,442 bis 19,946, besonders bevorzugt von 17,852

5 α zwischen 0 bis 12, vorzugsweise zwischen 0 bis 6, besonders bevorzugt von 0

$\check{y}_{te}$ zwischen -0,2 bis 0,2, vorzugsweise zwischen -0,1 bis 0,1, besonders bevorzugt von 0

10 $\Delta \check{y}_{te}$ zwischen 0 bis 0,1, vorzugsweise zwischen 0 bis 0,01, besonders bevorzugt von 0,004,

wobei das Profil der Form an jedem Punkt seiner Kontur um maximal $\check{y}_{up}$ 15stel vom von PARSEC-11 definierten Polynom abweichen kann, bevorzugt maximal um $\check{y}_{up}$ 20stel oder um $\check{y}_{up}$ 50stel, wobei das Profil besonders bevorzugt dem Polynom genau folgt.

15 6. Haltearm für eine Vertikalachswindenergieanlage, insbesondere nach Anspruch 5, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** eine sich längserstreckende Haltestruktur mit einer Form umhüllt ist und die Form durch eine sich quererstreckende Spantenstruktur und eine Hülle gebildet ist.

20 7. Haltearm nach Anspruch 6, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** die Spantenstruktur eine längs verlaufende Bohrung aufweist, welche für die

Aufnahme von etwaigen Versorgungs- und Steuerleitungen verwendet werden kann.

8. Rotor für eine Vertikalachswindenergieanlage mit Haltearmen insbesondere nach einem der Ansprüche 2 bis 7 und einem Rotorblatt insbesondere nach Anspruch 1, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** der Anstellwinkel in einem Bereich von $-5^\circ \leq d \leq 0^\circ$ liegt, vorzugsweise bei $d = -2,5^\circ$.
9. Rotor für eine Vertikalachswindenergieanlage mit Haltearmen insbesondere nach einem der Ansprüche 2 bis 7 und einem Rotorblatt insbesondere nach Anspruch 1, insbesondere Rotor nach Anspruch 8, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** die Angriffspunkte von zwei Haltearmen an einem Rotorblatt in Spannweitenrichtung einen Abstand zwischen $\sqrt{0,5}-0,5 = 0,2071 \leq h_A/h_F \leq 0,25$, insbesondere von $h_A/h_F = 0,229$, aufweisen.
10. Rotor für eine Vertikalachswindenergieanlage mit Haltearmen insbesondere nach einem der Ansprüche 2 bis 7 und einem Rotorblatt insbesondere nach Anspruch 1, insbesondere Rotor nach Anspruch 9, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** die Angriffspunkte von zwei Haltearmen an einem Rotorblatt in Profilsehnenrichtung einen Abstand zwischen $0,4c \leq x_c \leq 0,5c$, insbesondere von $x_c = 0,45c$, aufweisen.
11. Rotor für eine Vertikalachswindenergieanlage mit Haltearmen insbesondere nach einem der Ansprüche 2 bis 7 und einem Rotorblatt ins-

besondere nach Anspruch 1, insbesondere Rotor nach einem der Ansprüche 8 oder 9, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** zwei zu einem Rotorblatt gehörende Haltearme ein Verbindungskreuz aufweisen und/oder das Verbindungskreuz über Gelenke mit den Haltearmen verbunden ist.

12. Rotor nach einem der Ansprüche 9 bis 11, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** das Verbindungskreuz aus mehreren Stangen besteht und die Stangen, die den oberen Haltearm fixieren, in der Mehrzahl sind.

10 13. Rotor nach einem der Ansprüche 9 bis 12, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** er eine Nickwinkelverstellung zur Verstellung der Rotorblätter aufweist, wobei die Nickwinkelverstellung aktiv oder passiv ausgeführt sein kann, wobei im Fall einer aktiven Ausführung insbesondere eine servoelektrische, eine pneumatische und eine hydraulische Verstelleinrichtung in Betracht kommen.

15 14. Verfahren zur Herstellung eines Haltearms mit einer sich längserstreckenden Haltestruktur, insbesondere zur Herstellung eines Haltearms nach einem der Ansprüche 2 bis 7, ***dadurch gekennzeichnet, dass***

in einem ersten Schritt Bleche geschnitten werden,

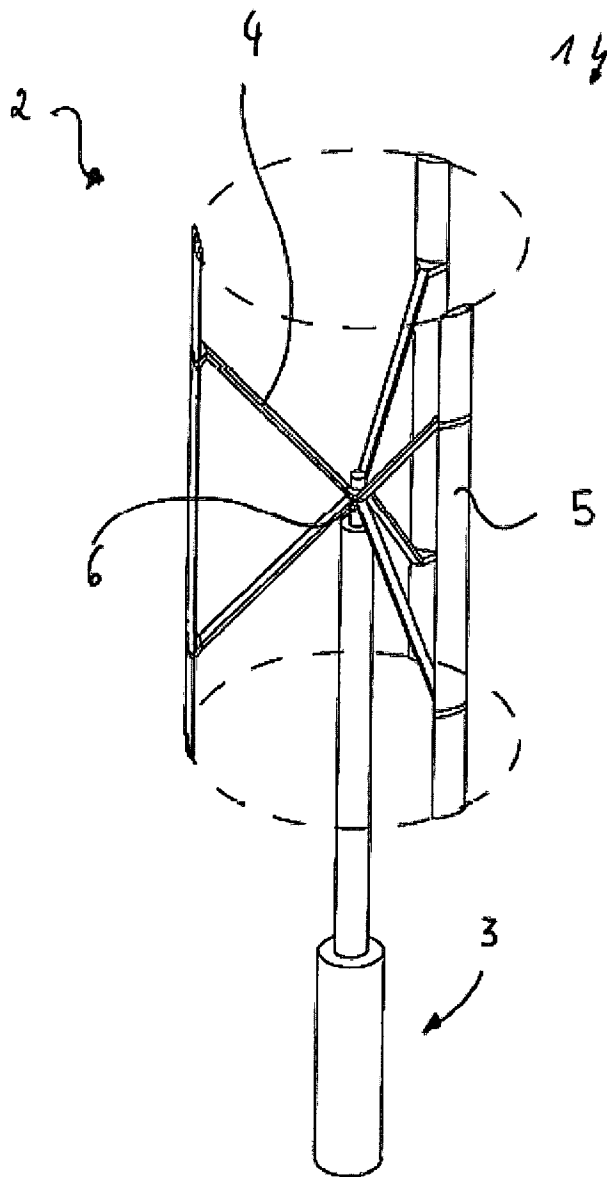
in einem zweiten Schritt diese auf Form gekantet werden,

20 in einem dritten Schritt die geschnittenen und geformten Profileile ineinander geschoben werden und

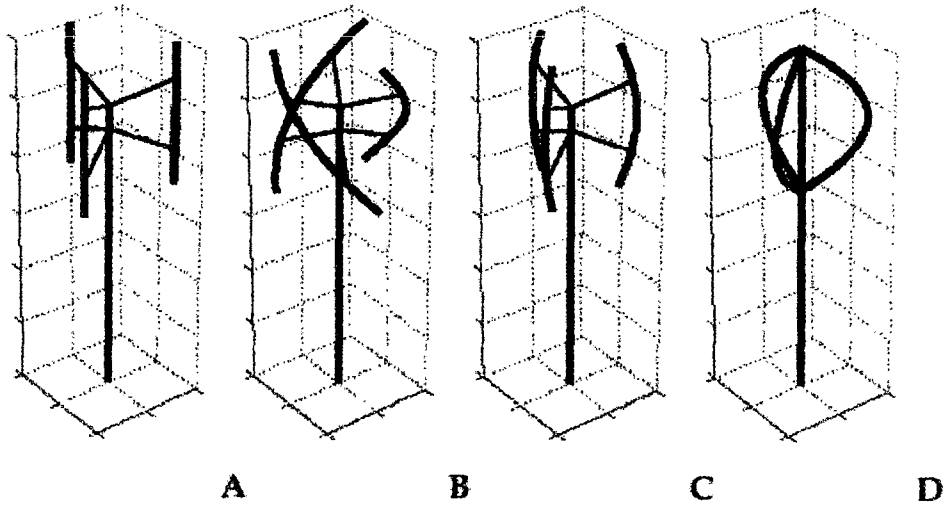
in einem vierten Schritt die Teile formschlüssig miteinander verbunden werden.

15. Verfahren nach Anspruch 14, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** in einem fünften Schritt eine Spantenstruktur aufgeschoben und befestigt wird
5 und in einem sechsten Schritt die Spantenstruktur mit einer Hülle ummantelt wird
16. Vertikalachswindenergieanlage, aufweisend ein Rotorblatt nach einem der Ansprüche 1 und/oder einen Haltearm nach einem der Ansprüche 2 bis 7 und/oder einen Rotor nach einem der Ansprüche 8 bis
10 13.

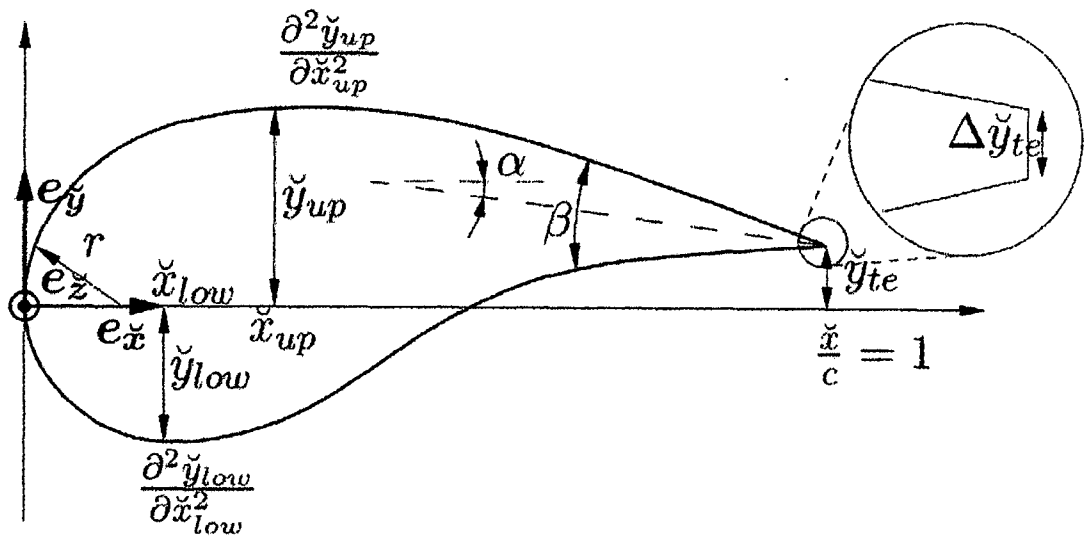
.



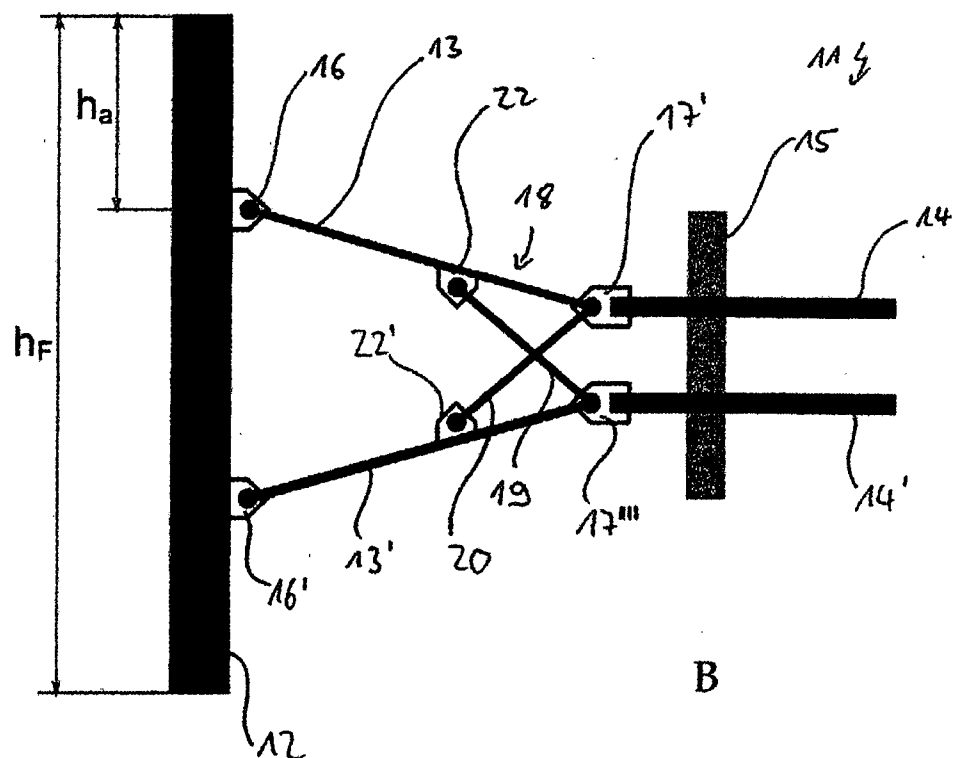
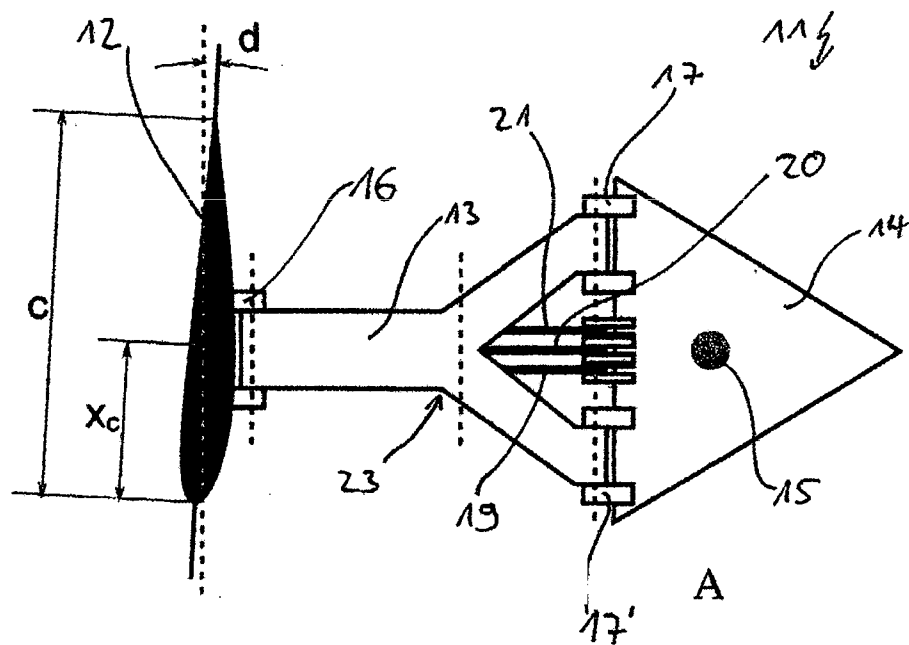
Figur 1



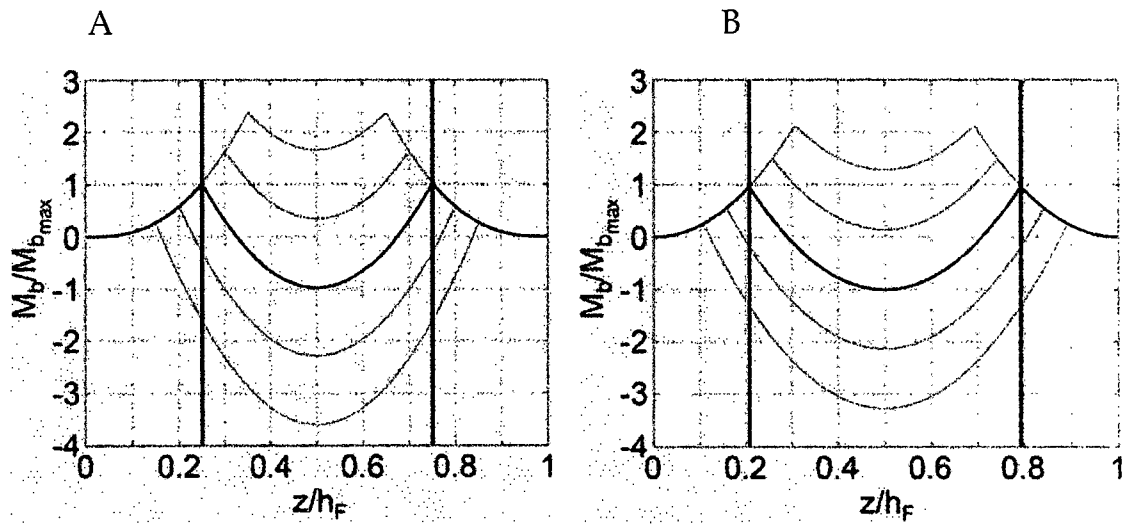
5 **Figur 2**



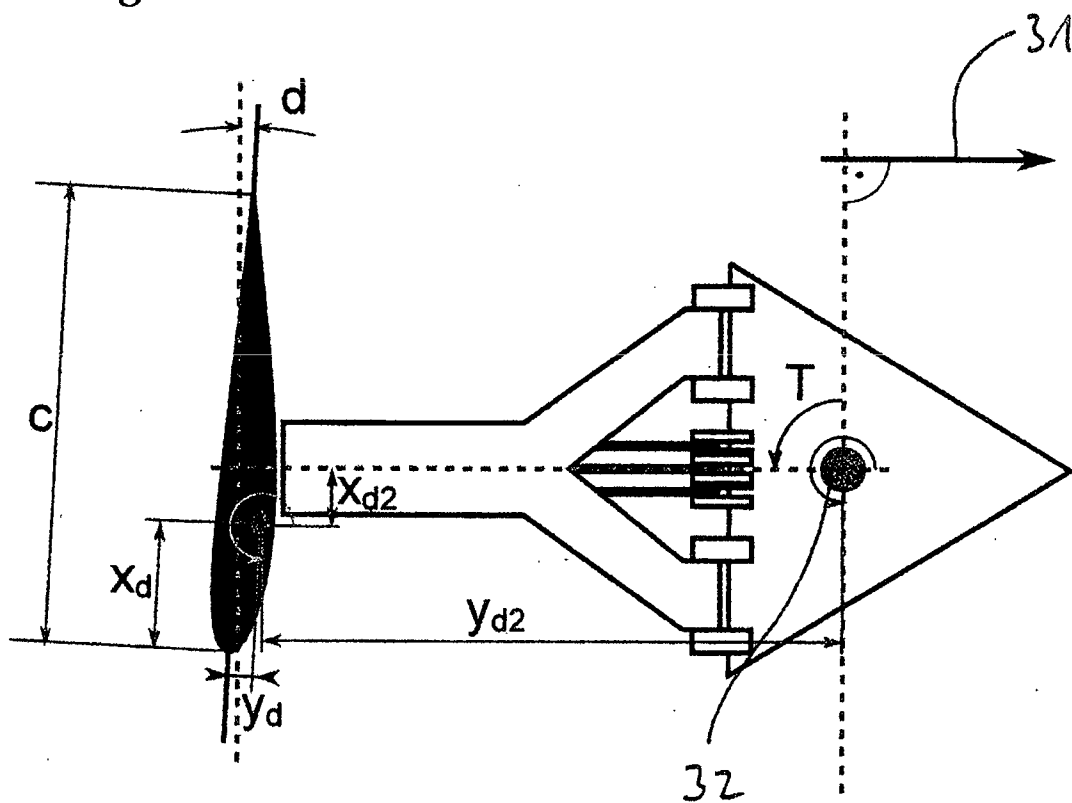
10 **Figur 3**



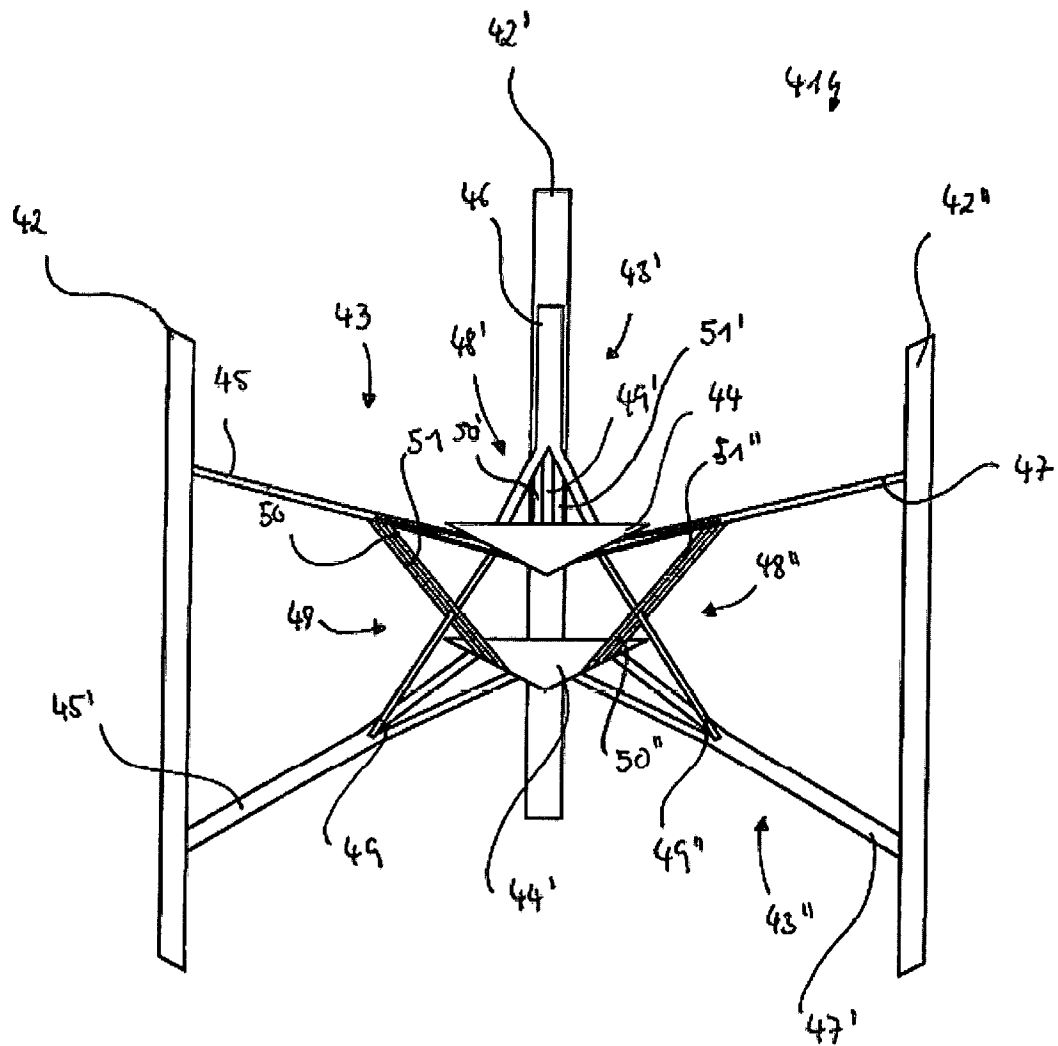
Figur 4



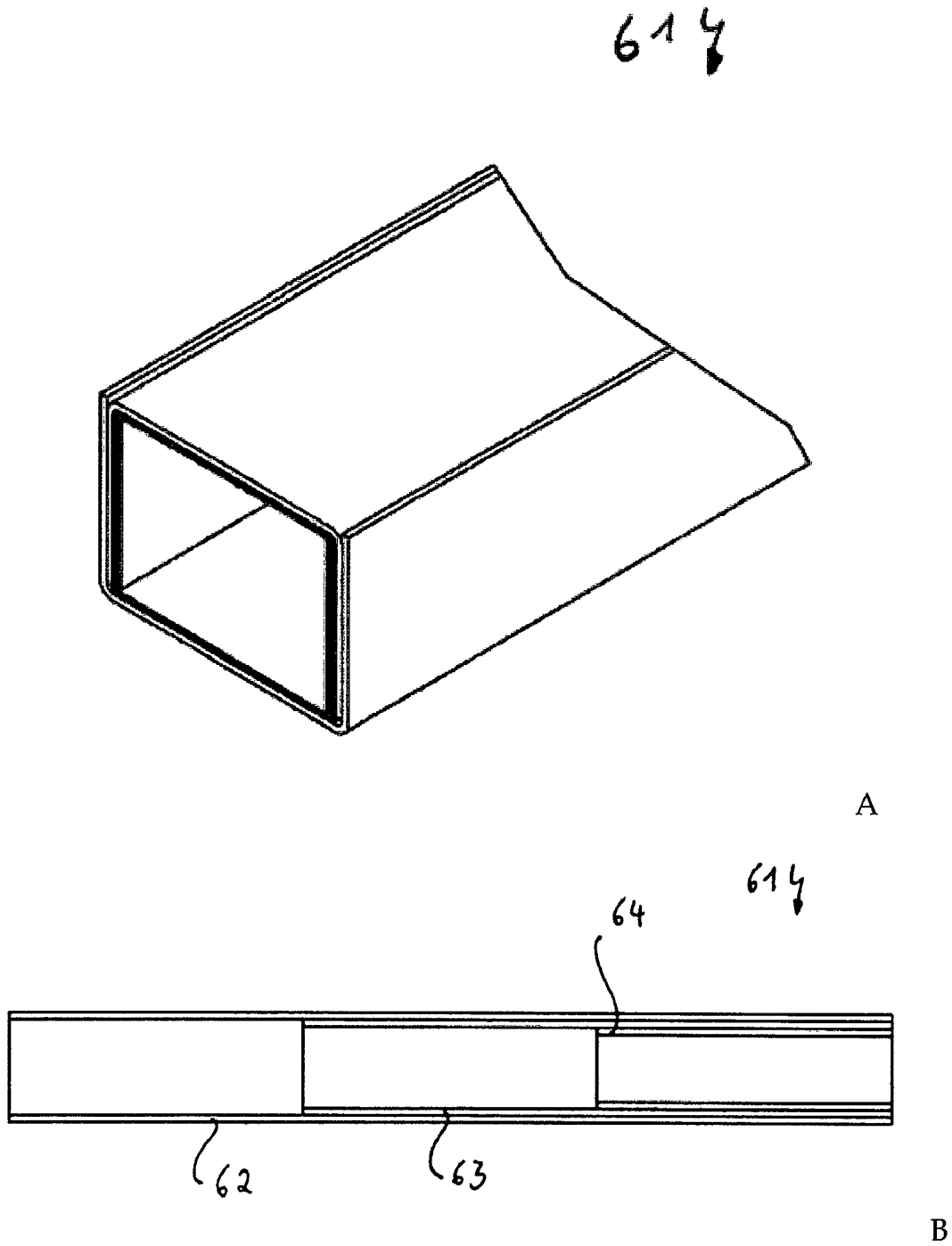
5 **Figur 5**



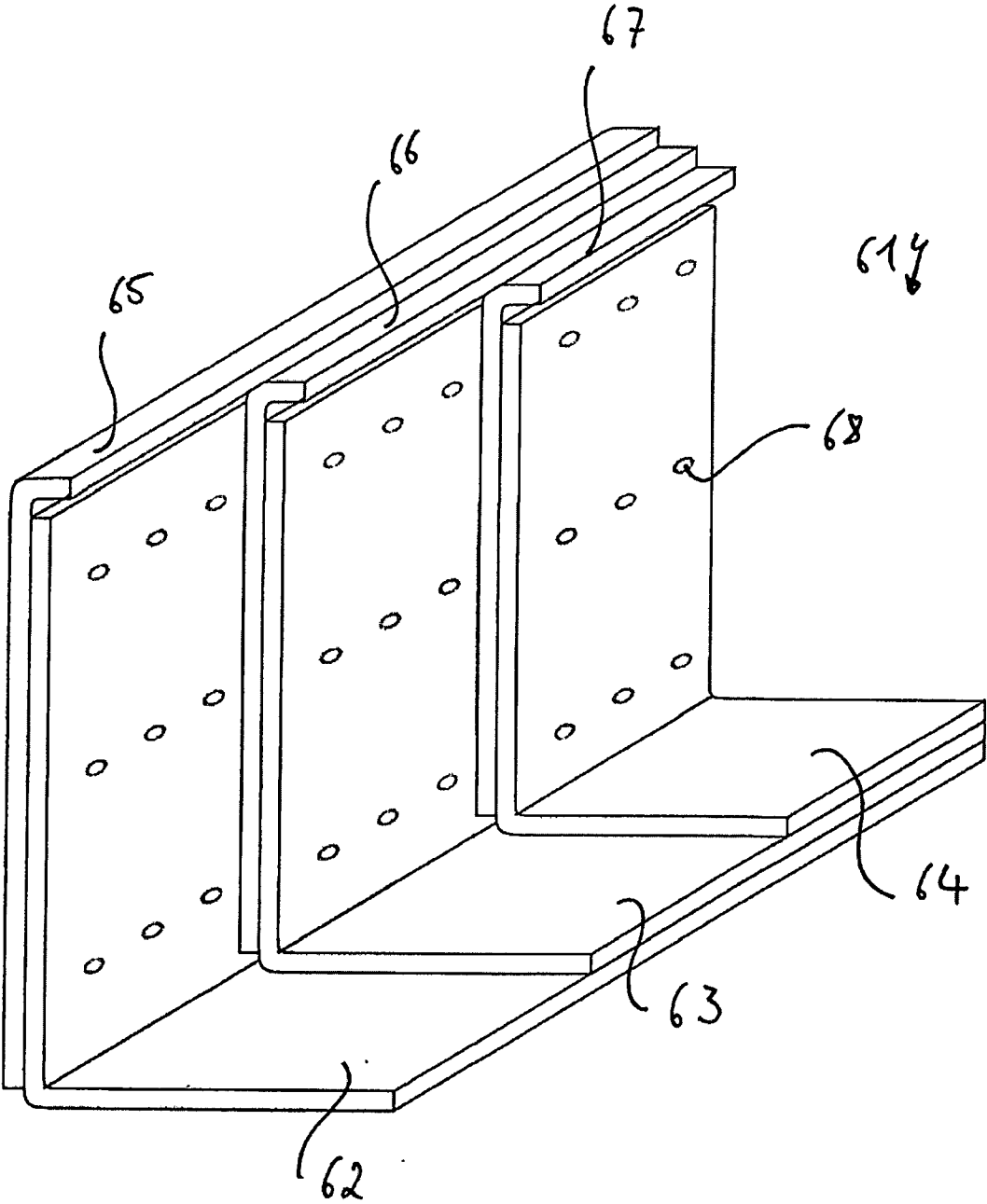
Figur 6



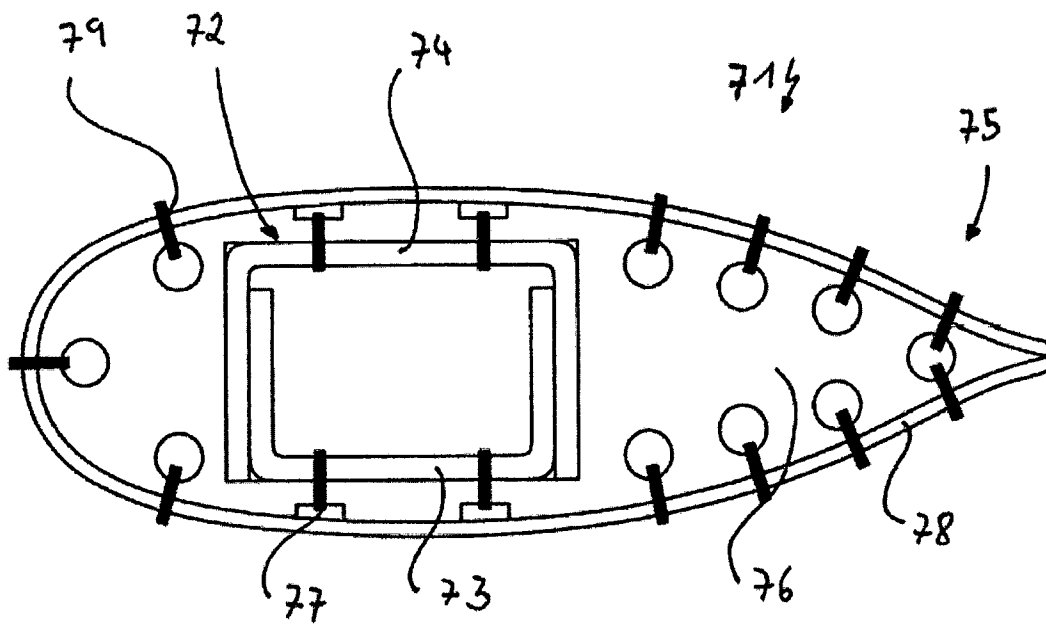
Figur 7



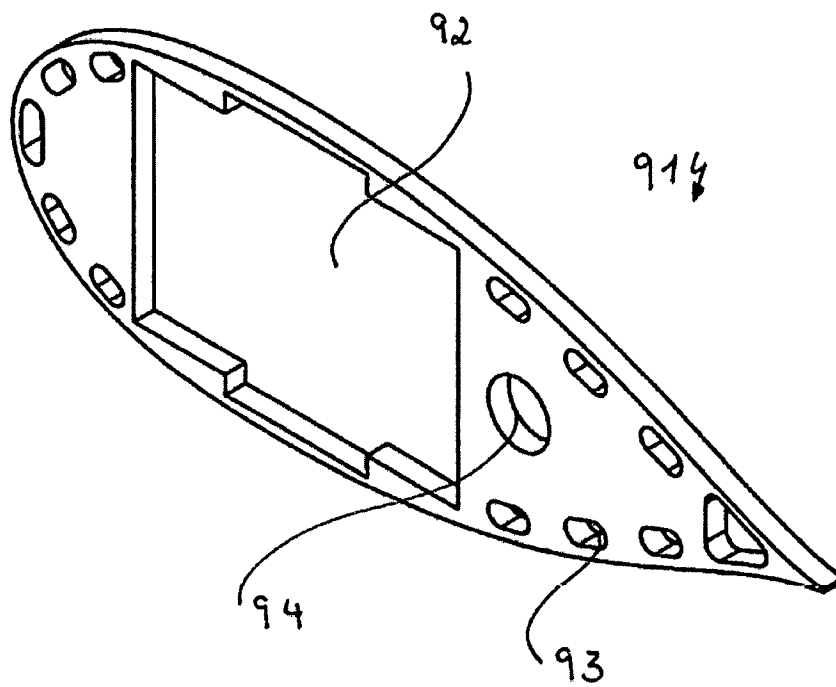
Figur 8



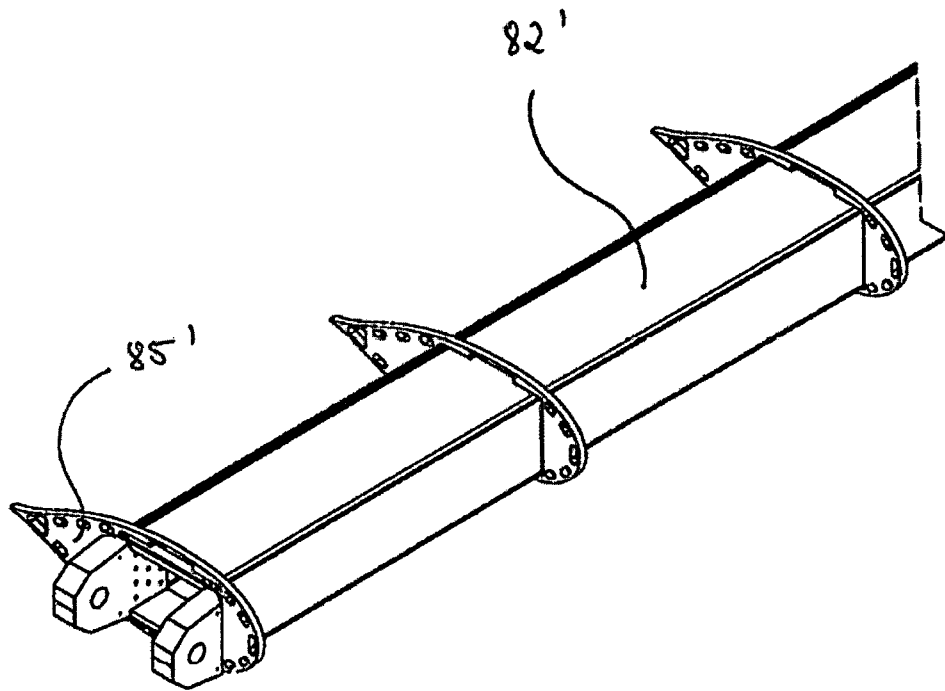
Figur9



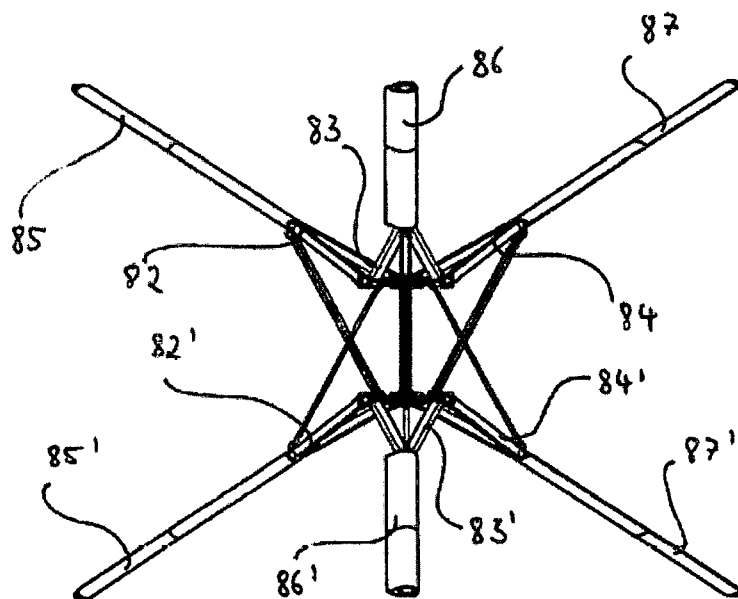
Figur10



Figur11



Figur 12



Figur 13