

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50420/2021
(22) Anmeldetag: 26.05.2021
(43) Veröffentlicht am: 15.06.2022

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

(56) Entgegenhaltungen:
 US 10400747 B2
 JP 2003120502 A
 EP 2014914 A1
 DE 3937910 A1

(71) Patentanmelder:
Grundbichler Bernhard
8692 Neuberg an der Mürz (AT)

(72) Erfinder:
Grundbichler Bernhard
8692 Neuberg an der Mürz (AT)

(74) Vertreter:
Babeluk Michael Dipl. Ing. Mag.
1080 Wien (AT)

(54) VERTIKALACHSEN-WINDTURBINE

(57) Die Erfindung betrifft eine Vertikalachsen-Windturbine (1) mit einem um eine im Wesentlichen vertikal angeordnete Drehachse (1a) drehbar gelagerten Schaufelrad (2) mit mindestens drei, vorzugsweise vier Schaufeln (3), welche jeweils einen in einer Normalebene (η) auf die Drehachse (1a) entlang einer Radiallinie (1b) gemessenen maximalen Abstand (r) von der Drehachse (1a) aufweisen, wobei jede Schaufel (3) eine konkave Vorderseite (1a) und eine konvexe Rückseite (1b) aufweist.

Um eine kompakte und robuste Vertikalachsen-Windturbine (1) mit einem breiten Betriebsbereich und hohem Wirkungsgrad bereitzustellen, ist vorgesehen, dass jede Schaufel (3) durch ein Schalensegment gebildet ist, welches Schalensegment - in einem Schnitt in der Normalebene (η) und/oder in einer seitlichen Ansicht in Richtung der Radiallinie (1b) betrachtet - einen Bodenabschnitt (4) mit einem ersten Krümmungsradius (R_1) aufweist, welcher größer ist als der maximale radiale Abstand (r), wobei vorzugsweise der erste Krümmungsradius (R_1) mindestens 1,5-mal, besonders vorzugsweise mindestens zweimal, so groß ist wie der maximale radiale Abstand (r).

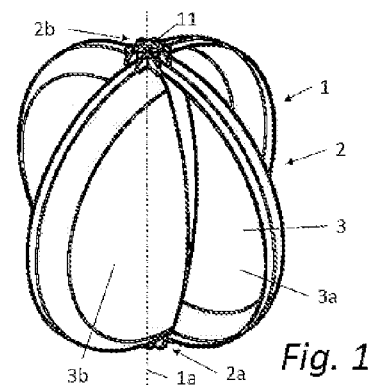


Fig. 1

Z U S A M M E N F A S S U N G

Die Erfindung betrifft eine Vertikalachsen-Windturbine (1) mit einem um eine im Wesentlichen vertikal angeordnete Drehachse (1a) drehbar gelagerten Schaufelrad (2) mit mindestens drei, vorzugsweise vier Schaufeln (3), welche jeweils einen in einer Normalebene (η) auf die Drehachse (1a) entlang einer Radiallinie (1b) gemessenen maximalen Abstand (r) von der Drehachse (1a) aufweisen, wobei jede Schaufel (3) eine konkave Vorderseite (1a) und eine konvexe Rückseite (1b) aufweist.

Um eine kompakte und robuste Vertikalachsen-Windturbine (1) mit einem breiten Betriebsbereich und hohem Wirkungsgrad bereitzustellen, ist vorgesehen, dass jede Schaufel (3) durch ein Schalensegment gebildet ist, welches Schalensegment - in einem Schnitt in der Normalebene (η) und/oder in einer seitlichen Ansicht in Richtung der Radiallinie (1b) betrachtet - einen Bodenabschnitt (4) mit einem ersten Krümmungsradius (R1) aufweist, welcher größer ist als der maximale radiale Abstand (r), wobei vorzugsweise der erste Krümmungsradius (R1) mindestens 1,5-mal, besonders vorzugsweise mindestens zweimal, so groß ist wie der maximale radiale Abstand (r).

Fig. 1

Die Erfindung betrifft ein Vertikalachsen-Windturbine mit einem um eine im Wesentlichen vertikal angeordnete Drehachse drehbar gelagerten Schaufelrad mit mindestens drei, vorzugsweise vier Schaufeln, welche jeweils einen in einer Normalebene auf die Drehachse entlang einer Radiallinie gemessenen maximalen Abstand von der Drehachse aufweisen, wobei jede Schaufel eine konkave Vorderseite und eine konvexe Rückseite aufweist.

Aus der DE 20 2005 009 164 U1 ist ein Vertikalachsen-Windturbinen System bekannt, welches eine Windturbine mit drei mit einer Rotationsachse verbundene viertelkugelförmige Windschaufeln aufweist, die mit gleichem Winkelabstand voneinander angeordnet sind. Zwischen der Rotationsachse und einer feststehenden Achse ist ein Permanent-Magnet-Generator angeordnet.

Die GB 529 660 B offenbart einen Rotor mit halbkugelförmigen Schaufeln für Luft oder Wasser.

Die JP 2003-120502 A offenbart ein Laufrad mit vertikaler Achse mit Schaufeln mit prismenförmiger Oberfläche.

Aus der DE 27 21 450 A1 ist weiterhin eine windrichtungsunabhängige Windturbine bekannt, deren Drehachse vertikal ausgerichtet ist und die drei, zwei oder sechs segmentförmige Windschaufeln aufweist, welche derart angeordnet und bewegbar sind, dass sie von einer ausgefahrenen Betriebsstellung in eine Außerbetriebsstellung mit eingefahrenen Windschaufeln bringbar sind. Unterhalb des Windrades befindet sich ein Generator, wobei die sich drehende Welle des Windrades den Anker im Generatorgehäuse dreht.

Die bekannten Vertikalachsen-Windturbinen haben den Nachteil, dass sie nicht sturmtauglich sind, dass sie nicht für große Windstärken geeignet sind und/oder dass sie störend hohe Schallemissionen aufweisen.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine kompakte und robuste Windturbine mit einem breiten Betriebsbereich und hohem Wirkungsgrad bereitzustellen.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass jede Schaufel durch ein Schalensegment gebildet ist, welches Schalensegment - in einem Schnitt in der Normalebene und/oder in einer seitlichen Ansicht in Richtung der Radiallinie betrachtet - einen Bodenabschnitt mit einem ersten Krümmungsradius aufweist, welcher größer ist als der maximale radiale Abstand, wobei vorzugsweise der erste Krümmungsradius mindestens 1,5-mal, besonders vorzugsweise mindestens zweimal, so groß ist wie der maximale radiale Abstand.

Dadurch können bereits geringe Windstärken zum Antrieb des Schaufelrades genutzt werden.

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass jede Schaufel zumindest einen an den Bodenabschnitt anschließenden abgewinkelten äußeren Randabschnitt aufweist, wobei vorzugsweise zumindest eine erste Tangentialebene des Bodenabschnitts und zumindest eine zweite Tangentialebene des äußeren Randabschnitts einen ersten Winkel größer 90° , vorzugsweise größer 100° aufspannen.

Zumindest eine dritte Tangentialebene des äußeren Randabschnittes ist in einer Ausführungsvariante der Erfindung normal zur Radiallinie angeordnet.

In weiterer Ausführung der Erfindung ist vorgesehen, dass jede Schaufel im Bereich des äußeren Randabschnittes - in einem Schnitt in der Normalebene und/oder in einer seitlichen Ansicht in Richtung der Radiallinie betrachtet - einen zweiten Krümmungsradius aufweist, welcher größer ist, als der erste Krümmungsradius. Vorzugsweise ist der äußere Randabschnitt - im Schnitt in der Normalebene betrachtet - gerade ausgebildet, der zweite Krümmungsradius ist somit unendlich. Der vorzugsweise zylinderförmige Randbereich trägt maßgebend zu Versteifung der Schaufel bei.

Um Strömungsablösungen und Verwirbelungen zu vermeiden ist es vorteilhaft, wenn zwischen dem Bodenabschnitt und dem äußeren Randabschnitt ein Übergangsabschnitt ausgebildet ist, welcher - in einem Schnitt in der Normalebene und/oder in einer seitlichen Ansicht in Richtung der Radiallinie betrachtet - einen dritten Krümmungsradius aufweist, der kleiner ist als der erste Krümmungsradius, wobei vorzugsweise der dritte Krümmungsradius maximal 10 % des ersten Krümmungsradius beträgt.

Hohe Stabilität bei großer Leistungsausbeute kann erreicht werden, wenn jede Schaufel - in einer Ansicht der Vorderseite und/oder Rückseite - im Wesentlichen die Form eines Halbkreises oder einer Halbellipse aufweist. Das Schalensegment ist somit im Wesentlichen löffelartig und/oder in der Form eines halben Tellers gestaltet. Dadurch wird eine große Windangriffsfläche der konkaven Vorderseite bei ermöglicht, wodurch bereits geringe Windstärken ausgenutzt werden.

Eine hohe Steifigkeit lässt sich erzielen, wenn sich der äußere Randabschnitt in einem Umfangsbereich der Schaufel in einem zweiten Winkel von etwa 180° um den Bodenabschnitt erstreckt. Die Vertikalachsen-Windturbine kann somit auch bei hohen Windstärken noch im Betrieb bleiben und zur Energieerzeugung verwendet werden. Der große Betriebsbereich ermöglicht eine hohe Leistungsausbeute.

Eine Ausführungsvariante der Erfindung sieht vor, dass der äußere Randabschnitt einen äußeren Rand der Schaufel definiert, welcher in einer parallel zur Drehachse angeordneten ersten Ebene angeordnet ist.

Die Höhererstreckung der Länge des äußeren Randbereiches beträgt dabei mindestens 10%, vorzugsweise mindestens 20% der Tiefe der Schaufel, wobei die Höhererstreckung und die Tiefe von der ersten Ebene weg gemessen werden.

Zu Reduzierung der Geräuschentwicklung ist es vorteilhaft, wenn jede Schaufel in einem der Drehachse nächstliegenden Bereich des Bodenabschnittes einen inneren Rand aufweist, wobei vorzugsweise der Bodenabschnitt - zum inneren Rand hin - auslaufend ausgebildet ist. Der innere Rand kann als Sekante oder als Durchmesser des die Schaufel - in Richtung der Vorderseite oder Rückseite betrachtet - formenden Halbkreises ausgebildet sein.

Günstigerweise ist vorgesehen, dass der innere Rand der Schaufel in einer parallel zur Drehachse angeordneten zweiten Ebene angeordnet ist, welche parallel zur Drehachse und in Abstand zu dieser verläuft.

Die jeweils einer Schaufel zugeordnete erste und zweite Ebene spannen günstiger Weise einen dritten Winkel von etwa 90° auf.

Eine besonders hohe Leistungsausbeute bei geringer Lärmentwicklung lässt sich erzielen, wenn die erste Ebene zumindest einer Schaufel im Bereich der zweiten Ebene einer benachbarten Schaufel angeordnet ist.

Um Geräusche durch Verwirbelungen zu reduzieren ist es vorteilhaft, wenn die ersten Ebenen und/oder die zweiten Ebenen aller Schaufeln im Bereich der Drehachse einen zentralen Raum definieren. In diesem Raum ist vorzugsweise ein durch eine Welle oder Nabe gebildetes Tragelement für die Schaufeln angeordnet.

In einer äußerst kompakten Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass innerhalb des Schaufelrades ein Generator angeordnet ist. Die Vertikalachsen-Windturbine benötigt dabei nur minimalen Bauraum und kann als modulartige mobile Einheit sehr rasch montiert und demontiert werden.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der in den nicht einschränkenden Figuren gezeigten Ausführungsbeispiele näher erläutert.

Darin zeigen schematisch

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Vertikalachsen-Windturbine in einer ersten Ausführungsvariante in einer Schrägansicht,

Fig. 2 diese Vertikalachsen-Windturbine mit einer entfernten Schaufel in einer weiteren Schrägansicht,

Fig. 3 diese Vertikalachsen-Windturbine in einem Aufriss,

Fig. 4 diese Vertikalachsen-Windturbine in einem Schnitt in der Normalebene gemäß der Linie IV – IV in Fig. 3,

Fig. 5 eine erfindungsgemäße Vertikalachsen-Windturbine in einer zweiten Ausführungsvariante in einem Schnitt analog zu Fig. 4,

Fig. 6 die Schaufel der Vertikalachsen-Windturbine in einer Ansicht auf die Vorderseite gemäß dem Pfeil VI in Fig. 4,

- Fig. 7 die Schaufel der Vertikalachsen-Windturbine in einer Seitenansicht gemäß dem Pfeil VII in Fig. 4,
- Fig. 8 eine erfindungsgemäße Vertikalachsen-Windturbine in einer dritten Ausführungsvariante in einer Schrägansicht,
- Fig. 9 diese Vertikalachsen-Windturbine mit einer entfernten Schaufel in einer weiteren Schrägansicht,
- Fig. 10 diese Vertikalachsen-Windturbine in einem Aufriss und
- Fig. 11 diese Vertikalachsen-Windturbine in einem Grundriss.

Die Figuren zeigen jeweils eine Vertikalachsen-Windturbine 1 mit einem Schaufelrad 2, welches drehbar um eine im Wesentlichen vertikal angeordnete Drehachse 1a in einem nicht weiter dargestellten Rahmen gelagert, welcher fest mit dem Boden verankert ist.

Eine strenge vertikale Ausrichtung der Drehachse 1a ist allerdings nicht erforderlich. Eine geneigte Anordnung der Drehachse 1a hat keine nachteilige Auswirkung auf die Funktionalität der Vertikalachsen-Windturbine 1, wenn eine ausreichend stabile Verankerung gewährleistet ist.

Das Schaufelrad 2 weist mehrere feste, also nicht verstellbare Schaufeln 3 auf, die starr miteinander und mit einem durch eine Welle oder Nabe gebildetes Tragelement 10 verbunden, beispielsweise verschweißt oder verschraubt sind. Die Verbindung erfolgt beispielsweise über stern- oder kreuzförmige Verbindungselemente 11 im Bereich eines unteren Endes 2a und im Bereich eines oberen Endes 2b des Schaufelrades 2. Die Schaufeln 3 weisen jeweils eine konkave Vorderseite 3a und eine konvexe Rückseite 3b auf, welche während der Rotation vom Wind angeströmt werden.

Die Schaufeln 3 weisen jeweils einen in einer Normalebene η auf die Drehachse 1a entlang einer Radiallinie 1b gemessenen maximalen Abstand r von der Drehachse 1a auf, wie in Fig. 3 gezeigt ist. Jede Schaufel 3 ist durch ein Schalensegment gebildet, welches - in einem Schnitt in der Normalebene η (Fig. 4, 5) und/oder in einer seitlichen Ansicht in Richtung der Radiallinie 1b (Fig. 7) betrachtet - einen

ersten Krümmungsradius R_1 aufweist, welcher größer ist als der maximale radiale Abstand r . In den Ausführungsbeispielen ist der erste Krümmungsradius R_1 mindestens 1,5-mal, insbesondere zweimal so groß ist wie der maximale radiale Abstand r ausgebildet.

Jede Schaufel 3 weist zumindest einen an den Bodenabschnitt 4 anschließenden abgewinkelten äußeren Randabschnitt 5 auf. Zumindest eine erste Tangentialebene t_1 des Bodenabschnitts 4 und zumindest eine zweite Tangentialebene t_2 des äußeren Randabschnitts 5 spannen einen ersten Winkel β größer 100° auf (Fig. 7). Zumindest eine dritte Tangentialebene t_3 des äußeren Randabschnitts 5 ist normal zur Radiallinie 1b angeordnet (Fig. 3).

Der äußere Randabschnitt 5 weist einen zweiten Krümmungsradius R_2 auf, welcher – in einem Schnitt in der Normalebene η (siehe Fig. 4, 5) und/oder in einer seitlichen Ansicht in Richtung der Radiallinie 1b (Fig. 7) betrachtet – größer ist als der erste Krümmungsradius R_1 . In den Ausführungsbeispielen ist der äußere Randabschnitt 5 zylindrisch, der zweite Krümmungsradius also unendlich groß.

Zwischen dem Bodenabschnitt 4 und dem äußeren Randabschnitt 5 ist ein Übergangsabschnitt 8 ausgebildet, welcher – in einem Schnitt in der Normalebene η (siehe Fig. 4, 5) und/oder in einer seitlichen Ansicht in Richtung der Radiallinie 1b (Fig. 7) betrachtet – einen dritten Krümmungsradius R_3 aufweist, der kleiner ist als der erste Krümmungsradius R_1 . Der dritte Krümmungsradius R_3 beträgt maximal 10% des ersten Krümmungsradius R_1 .

In den Ausführungsbeispielen weist die Kontur der Schaufeln 3 in einer Ansicht auf die Vorderseite 3a oder Rückseite 3b die Form eines Halbkreises k mit dem Radius R um eine Mittelachse 3c auf, wobei der Radius R dem maximalen Abstand r von der Drehachse 1a vermindert um die – im Folgenden noch erörterte - zweite Exzentrizität e_2 beträgt.

Der äußere Randabschnitt 5 erstreckt sich in einem Umfangsbereich der Schaufel 3 in einem zweiten Winkel γ von etwa 180° um den Bodenabschnitt 4, insbesondere um die Mittelachse 3c der Schaufel 3 (siehe Fig. 6). Die Mittelachse 3c ergibt sich als Schnittlinie zwischen der Normalebene η und der – im Folgenden noch erörterten - zweiten Ebene ε_2 . Jede Schaufel 3 ist symmetrisch in Bezug auf die Normalebene η auf die Drehachse 1a ausgebildet.

Der äußere Randabschnitt 5 definiert einen äußeren Rand 6 der Schaufel 3, welcher in einer ersten Ebene ε_1 angeordnet ist, welche im Wesentlichen parallel und mit Abstand zur Drehachse 1a bzw. zu einer die Drehachse 1a beinhaltenden ersten Mittelebene ε_{M1} ausgebildet ist (Fig. 4, 7). Zwischen der ersten Ebene ε_1 und der ersten Mittelebene ε_{M1} ist eine erste Exzentrizität e_1 ausgebildet (siehe Fig. 4). Der Bodenabschnitt 4 der Schaufel 3 schneidet die erste Mittelebene ε_{M1} – die Schaufel 3 erstreckt sich somit auf beiden Seiten dieser ersten Mittelebene ε_{M1} .

Jede Schaufel 3 weist ihre von der ersten Ebene ε_1 weg gemessene maximale Tiefe T im Bereich einer Schnittlinie zwischen der Normalebene η und der zweiten Ebene ε_1 auf. Die maximale Tiefe T beträgt im Ausführungsbeispiel etwa 40 % des maximalen Abstandes r von der Drehachse 1a

Der äußere Randbereich 5 weist – gemessen von der ersten Ebene ε_1 – eine Höhererstreckung H auf, welche mindestens 10%, beispielsweise mindestens 20% der maximalen Tiefe T der Schaufel 3 – bezogen auf die erste Ebene ε_1 – beträgt (Fig. 7).

Jede Schaufel 3 weist zwischen dem unteren Ende 2a und dem oberen Ende 2b des Schaufelrades 3 in einem Bereich des Bodenabschnittes 5, welcher der Drehachse 1a am nächsten liegt, einen beispielsweise gerade ausgebildeten inneren Rand 7 auf, welcher durch den Bodenabschnitt 4 gebildet ist, wobei der Bodenabschnitt 4 zum inneren Rand 7 hin flach auslaufend ausgebildet ist (Fig. 6). Der innere Rand 7 ist – in einer Ansicht auf die Vorderseite 3a oder Rückseite 3b - beispielsweise als Sekante oder Durchmesser des Halbkreises k ausgebildet.

Die Fig. 1 bis 4 zeigen eine Ausführungsvariante, bei der das Schaufelrad 2 vier Schaufeln 3 aufweist, die jeweils um welche um 90° versetzt um die Drehachse 1a angeordnet sind.

Bei dieser Ausführungsvariante mit vier Schaufeln 3 ist der innere Rand 7 jeder Schaufel 3 in einer zweiten Ebene ε_2 angeordnet, welche parallel und mit Abstand zur Drehachse 1a bzw. parallel und mit Abstand zu einer die Drehachse 1a beinhaltenden zweiten Mittelebene ε_{M2} angeordnet ist, wie in Fig. 4 ersichtlich ist. Auch die zweite Ebene ε_2 ist im Ausführungsbeispiel exzentrisch zur Drehachse 1a bzw. zur zweiten Mittelebene ε_{M2} angeordnet, wobei diese zweite Exzentrizität mit

e_2 bezeichnet ist. Die Schaufel 3 ist dabei von der zweiten Mittelebene ε_{M2} beabstandet, schneidet die zweite Mittelebene ε_{M2} also nicht.

Jeder Schaufel 3 sind eine erste Ebene ε_1 und eine zweite Ebene ε_2 sowie eine erste Mittelebene ε_{M1} und eine zweite Mittelebene ε_{M2} zugeordnet. Die einer Schaufel 3 zugeordneten erste Ebene ε_1 und zweite Ebene ε_2 spannen einen Winkel dritten φ von etwa 90° auf. Dabei ist die bei jeder Schaufel die erste Ebene ε_1 im Bereich einer zweiten Ebene ε_2 einer benachbarten Schaufel 3 angeordnet, wobei insbesondere die beiden Ebenen - also die erste Ebene ε_1 der einen Schaufel 3 und die zweite Ebene ε_2 der benachbarten Schaufel 3 - zusammenfallen können.

Die erste Exzentrizität e_1 und die zweite Exzentrizität e_2 sind in den Ausführungsbeispielen gleich groß und betragen beispielsweise 50% der Höhererstreckung h des äußeren Randbereiches 5.

Wie aus Fig.4 ersichtlich ist, definieren in dieser Ausführungsvariante die ersten Ebenen ε_1 und/oder die zweiten Ebenen ε_2 aller Schaufeln 3 im Bereich der Drehachse 1a einen zentralen Raum 9, in welchem das durch zumindest eine Welle oder Nabe gebildete Tragelement 10 für die Schaufeln 3 angeordnet ist.

Die in Fig. 5 dargestellte Ausführung unterscheidet sich von Fig. 4 dadurch, dass das Schaufelrad 2 drei Schaufeln 3 aufweist, welche um 120° versetzt um die Drehachse 1a angeordnet sind.

Die Fig. 8 bis 11 unterscheiden sich von den Fig. 1 bis 4 dadurch, dass innerhalb der Schaufeln 3 ein Generator 12 angeordnet ist, dessen Rotor mit dem Tragelement 10 drehfest verbunden ist. Auf diese Weise kann der Bauraum optimal genutzt werden, sodass die Vertikalachsen-Windturbine 1 äußerst kompakt gebaut werden kann. Gleichzeitig wird der Generator 12 durch die vom inneren Rand 7 der Schaufeln 3 abströmende Luft optimal gekühlt, sodass die thermische Belastung des Generator 12 klein gehalten werden kann.

Die Schaufeln 3 des Schaufelrades 2 können aus Edelstahl, einer Aluminiumlegierung oder aber auch aus Kunststoff bestehen. In einer besonders robusten Ausführungsvariante aus Stahlblech können die Schaufeln 3 beispielsweise eine Wandstärke von 2 mm aufweisen.

Die beschriebene Vertikalachsen-Windturbine 1 eignet sich auf Grund ihrer Robustheit und Kompaktheit insbesondere für mobilen Einsatz, beispielsweise zur Stromversorgung von nicht an ein Stromnetz angeschlossene Einrichtungen und Bauwerke, etwa im Gebirge.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Vertikalachsen-Windturbine (1) mit einem um eine im Wesentlichen vertikal angeordnete Drehachse (1a) drehbar gelagerten Schaufelrad (2) mit mindestens drei, vorzugsweise vier Schaufeln (3), welche jeweils einen in einer Normalebene (η) auf die Drehachse (1a) entlang einer Radiallinie (1b) gemessenen maximalen Abstand (r) von der Drehachse (1a) aufweisen, wobei jede Schaufel (3) eine konkave Vorderseite (1a) und eine konvexe Rückseite (1b) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass jede Schaufel (3) durch ein Schalensegment gebildet ist, welches Schalensegment - in einem Schnitt in der Normalebene (η) und/oder in einer seitlichen Ansicht in Richtung der Radiallinie (1b) betrachtet - einen Bodenabschnitt (4) mit einem ersten Krümmungsradius (R1) aufweist, welcher größer ist als der maximale radiale Abstand (r), wobei vorzugsweise der erste Krümmungsradius (R1) mindestens 1,5-mal, besonders vorzugsweise mindestens zweimal, so groß ist wie der maximale radiale Abstand (r).
2. Vertikalachsen-Windturbine (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jede Schaufel (3) - in einer Ansicht der Vorderseite (3a) und/oder Rückseite (3b) - im Wesentlichen die Form eines Halbkreises (k) oder einer Halbellipse aufweist.
3. Vertikalachsen-Windturbine (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass jede Schaufel (3) zumindest einen an den Bodenabschnitt (4) anschließenden abgewinkelten äußeren Randabschnitt (5) aufweist, wobei vorzugsweise zumindest eine erste Tangentialebene (t_1) des Bodenabschnitts (4) und zumindest eine zweite Tangentialebene (t_2) des äußeren Randabschnitt (5) einen ersten Winkel (β) größer 90° , vorzugsweise größer 100° aufspannen.
4. Vertikalachsen-Windturbine (1) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine dritte Tangentialebene (t_3) des äußeren Randabschnittes (5) normal zur Radiallinie (r) angeordnet ist.
5. Vertikalachsen-Windturbine (1) nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass jede Schaufel (3) im Bereich des äußeren Randabschnittes (5) - in einem Schnitt in der Normalebene (η) und/oder in

einer seitlichen Ansicht in Richtung der Radiallinie (r) betrachtet - einen zweiten Krümmungsradius (R_2) aufweist, welcher vorzugsweise größer ist, als der erste Krümmungsradius (R_1), wobei besonders vorzugsweis der zweite Krümmungsradius (R_2) unendlich ist.

6. Vertikalachsen-Windturbine (1) nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Bodenabschnitt (4) und dem äußeren Randabschnitt (5) ein Übergangsabschnitt (8) ausgebildet ist, welcher – in einem Schnitt in der Normalebene (η) und/oder in einer seitlichen Ansicht in Richtung der Radiallinie (r) betrachtet – einen dritten Krümmungsradius (R_3) aufweist, der kleiner ist als der erste Krümmungsradius (R_1), wobei vorzugsweise der dritte Krümmungsradius (R_3) maximal 10% des ersten Krümmungsradius (R_1) beträgt.
7. Vertikalachsen-Windturbine (1) nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass sich der äußere Randabschnitt (5) in einem zweiten Winkel (γ) von etwa 180° um den Bodenabschnitt (4) erstreckt.
8. Vertikalachsen-Windturbine (1) nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der äußere Randabschnitt (5) einen äußeren Rand (6) jeder Schaufel (3) definiert, welcher in einer parallel zur Drehachse (1a) angeordneten ersten Ebene (ϵ_1) angeordnet ist, wobei vorzugsweise die erste Ebene (ϵ_1) exzentrisch zur Drehachse (1a) angeordnet ist.
9. Vertikalachsen-Windturbine (1) nach einem der Ansprüche 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der äußere Randabschnitt (5) eine Höhererstreckung (H) aufweist, welche mindestens 10%, vorzugsweise mindestens 20% einer maximalen Tiefe (T) der Schaufel (3) beträgt.
10. Vertikalachsen-Windturbine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass jede Schaufel (3) in einem der Drehachse (1a) nächstliegenden Bereich des Bodenabschnittes (5) einen inneren Rand (7) aufweist, wobei vorzugsweise der Bodenabschnitt (5) zum inneren Rand (7) hin auslaufend ausgebildet ist.
11. Vertikalachsen-Windturbine (1) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der innere Rand (7) der Schaufel (3) in einer parallel

zur Drehachse (1a) angeordneten zweiten Ebene (ε_2) angeordnet ist, wobei vorzugsweise die zweite Ebene (ε_2) in einem zweiten Abstand (e_2) zur Drehachse (1a) angeordnet ist.

12. Vertikalachsen-Windturbine (1) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die einer Schaufel (3) zugeordnete erste (ε_1) und zweite Ebene (ε_2) einen dritten Winkel (φ) von etwa 90° aufspannen.
13. Vertikalachsen-Windturbine (1) nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Ebene (ε_1) zumindest einer Schaufel (3) im Bereich der zweiten Ebene (ε_2) einer benachbarten Schaufel (3) angeordnet ist.
14. Vertikalachsen-Windturbine (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die ersten Ebenen (ε_1) und/oder die zweiten Ebenen (ε_2) aller Schaufeln (3) im Bereich der Drehachse (1a) einen zentralen Raum (9) definieren.
15. Vertikalachsen-Windturbine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb des Schaufelrades (2) ein Generator (12) angeordnet ist.

26.05.2021
FU

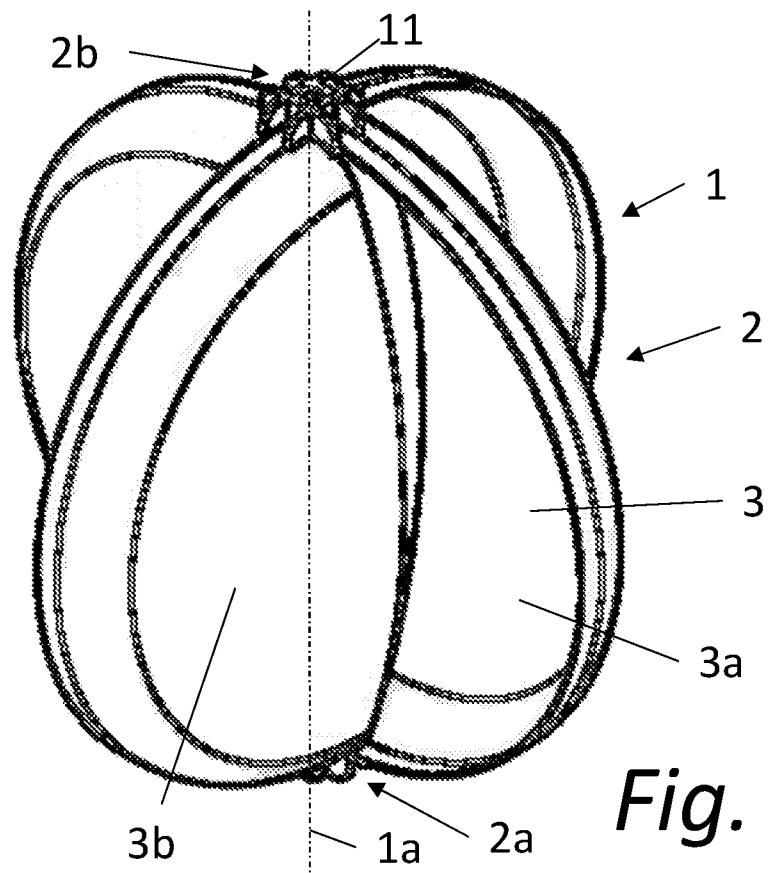


Fig. 1

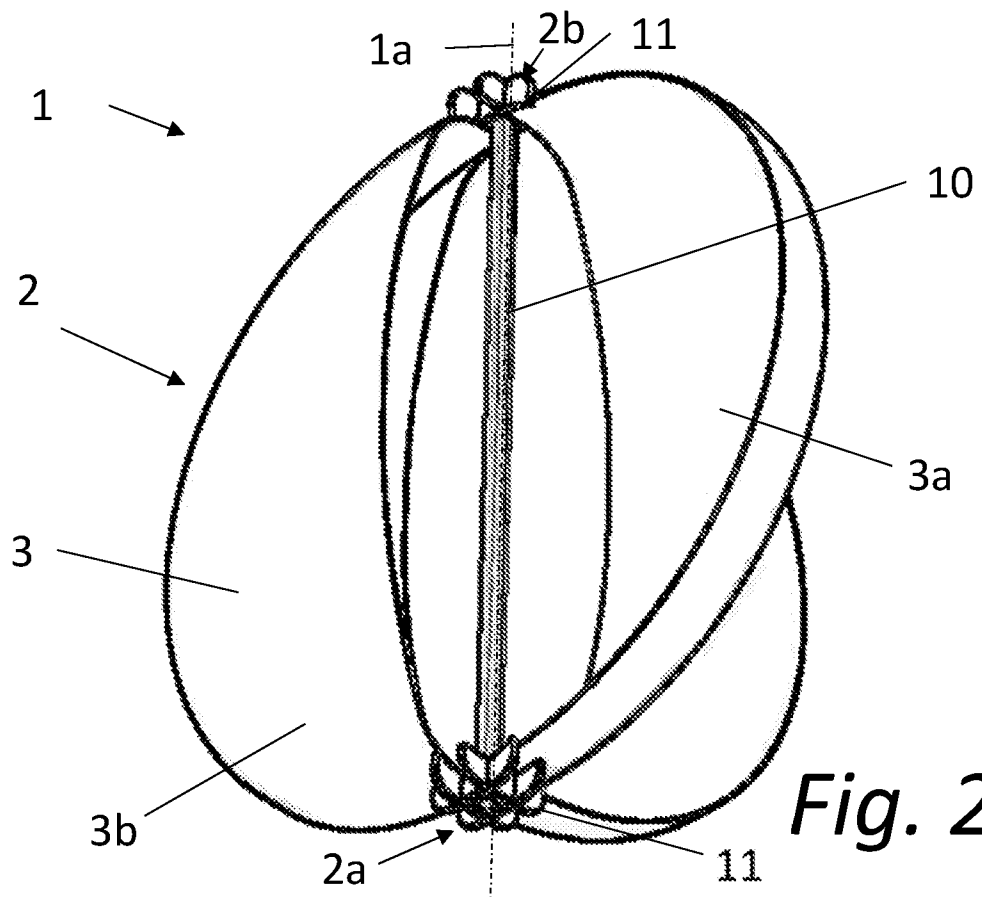
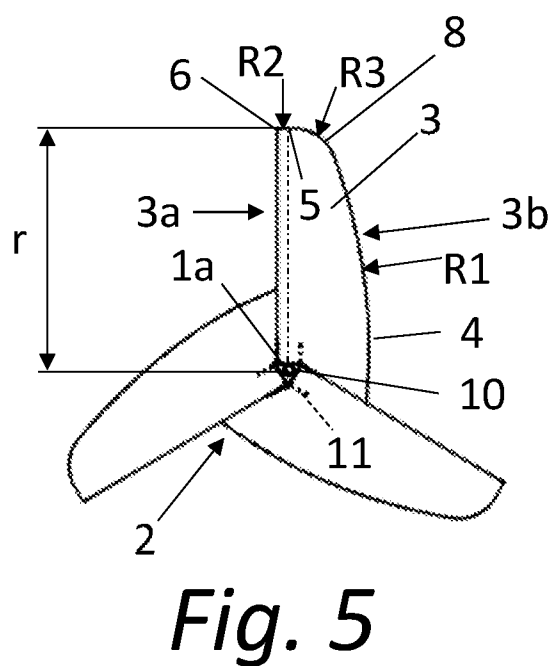
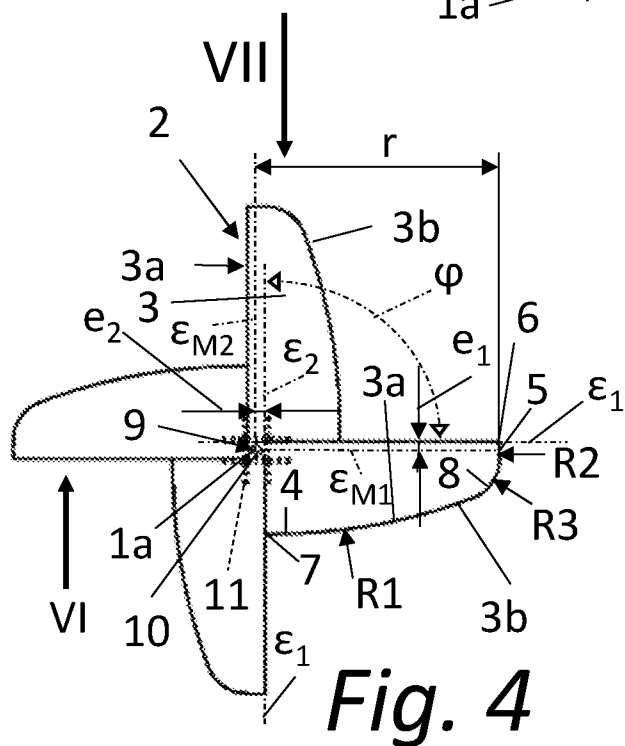
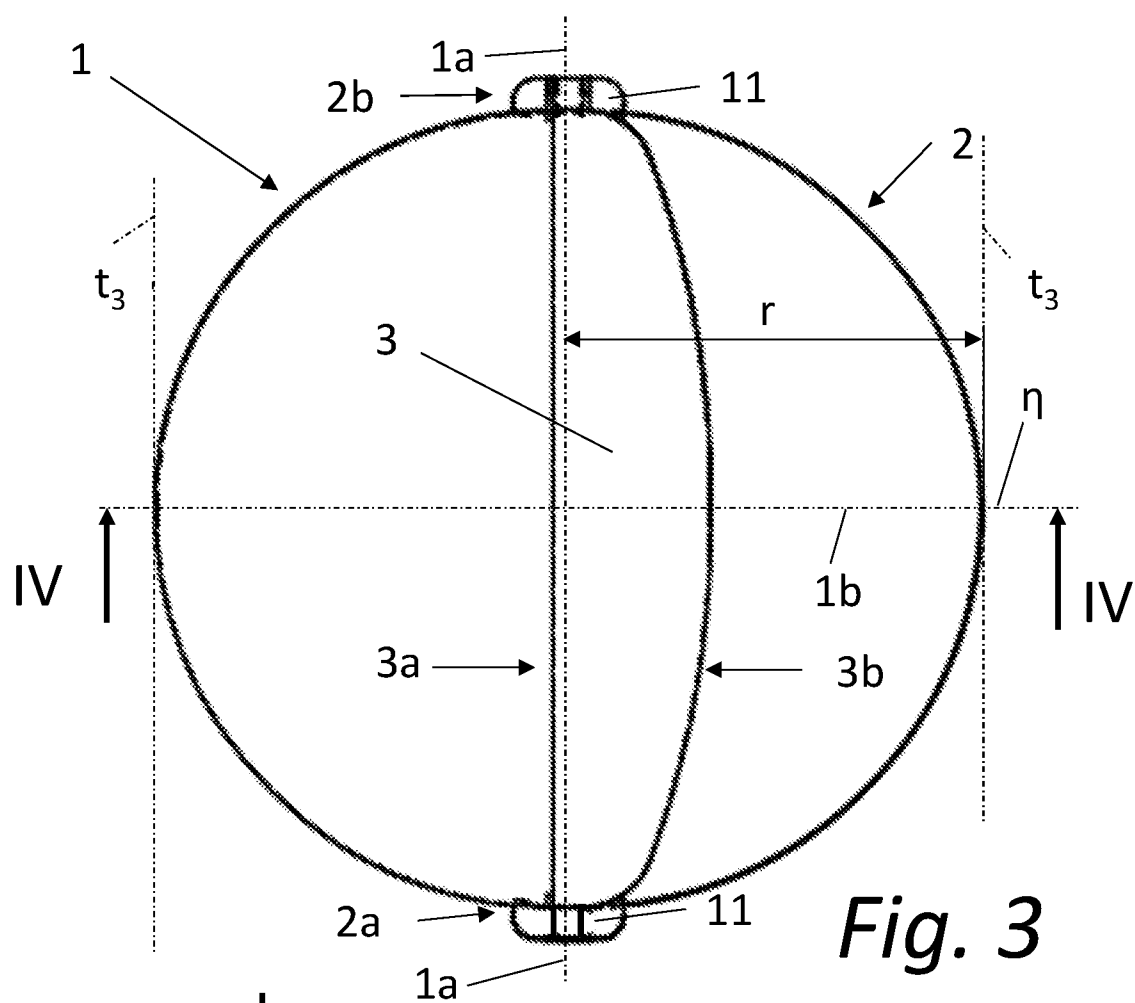
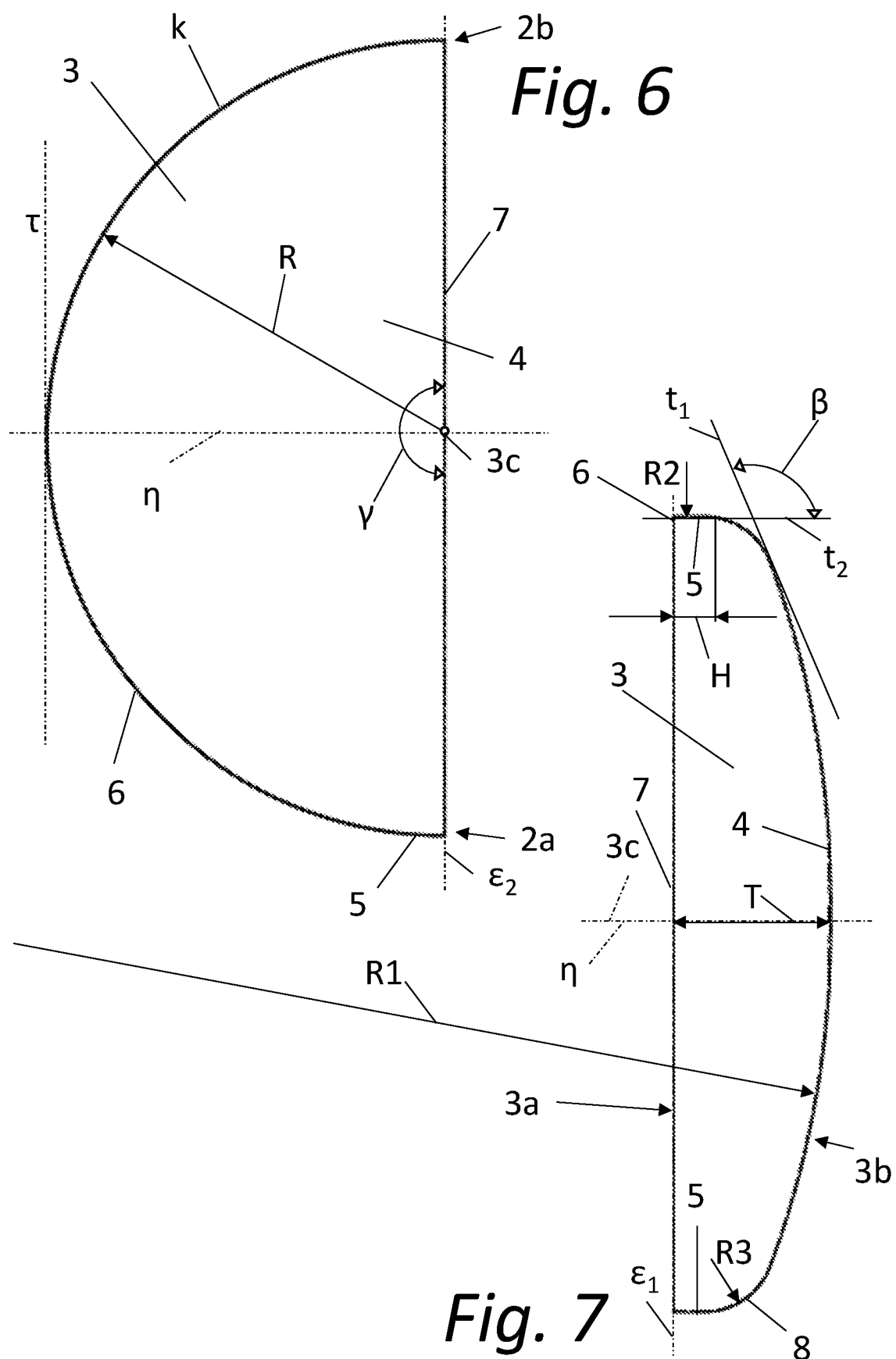


Fig. 2





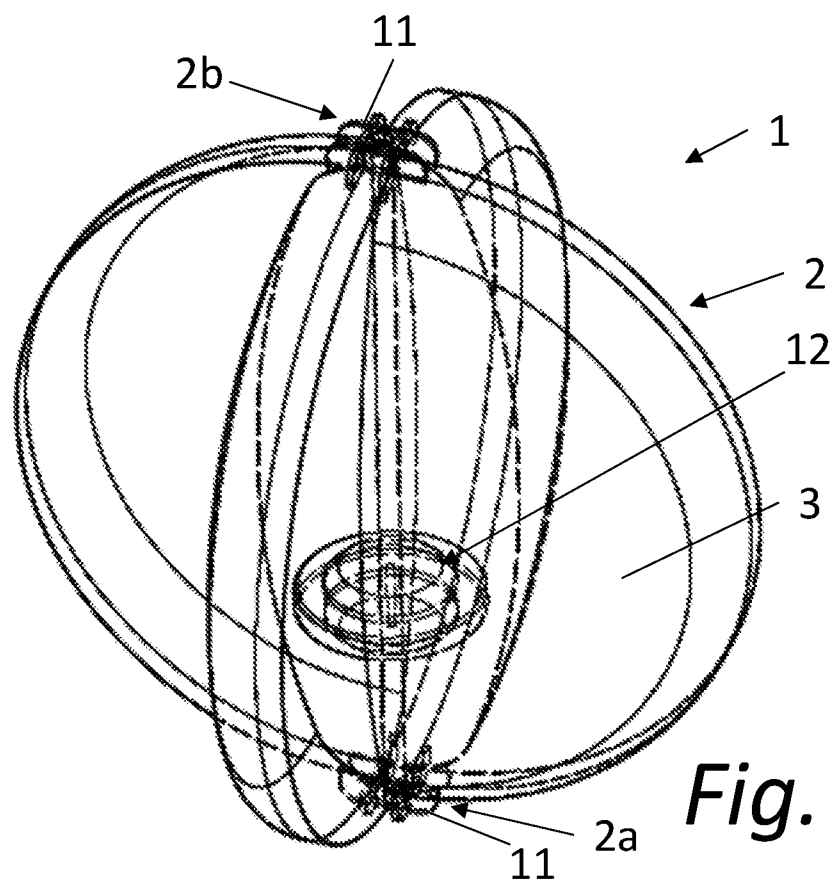


Fig. 8

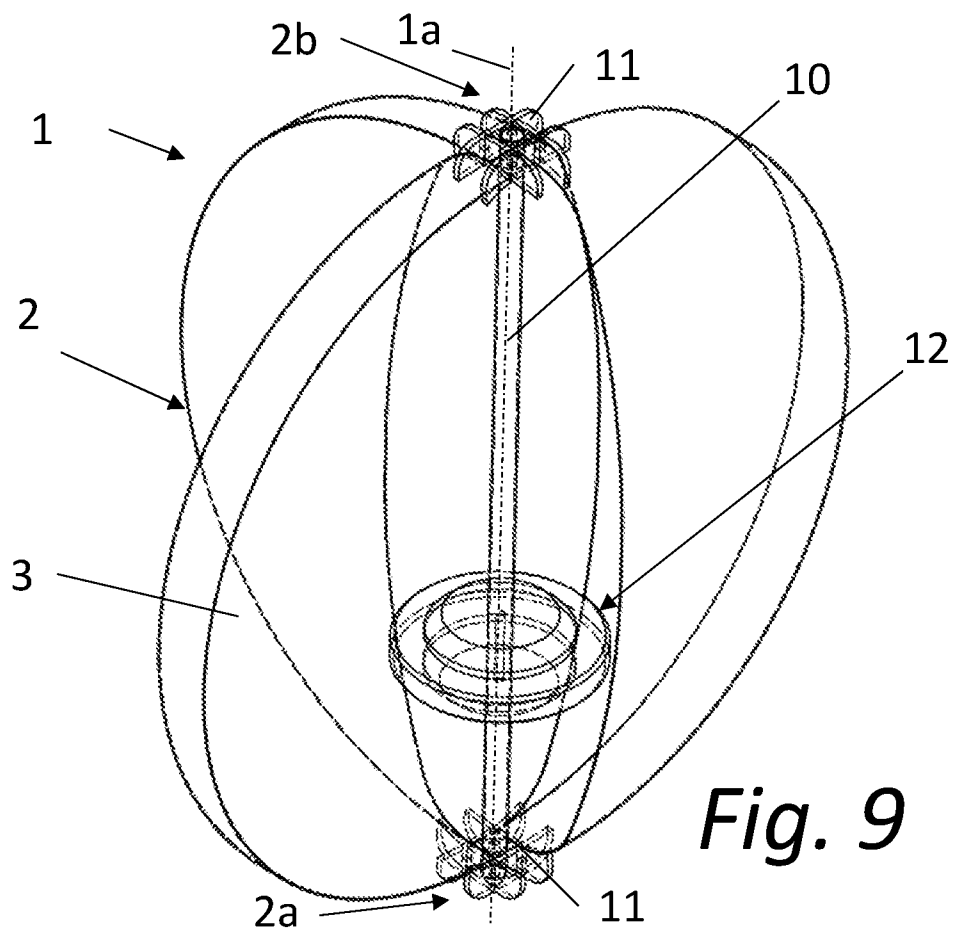


Fig. 9

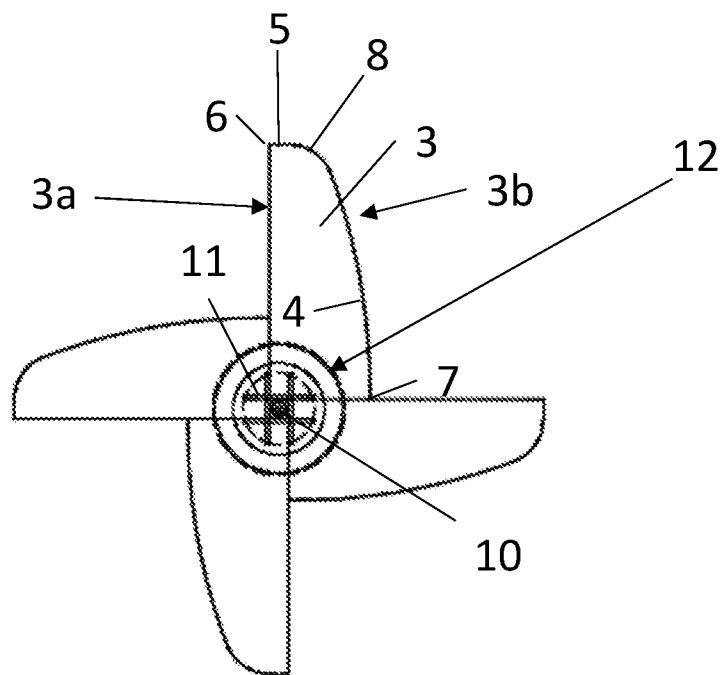
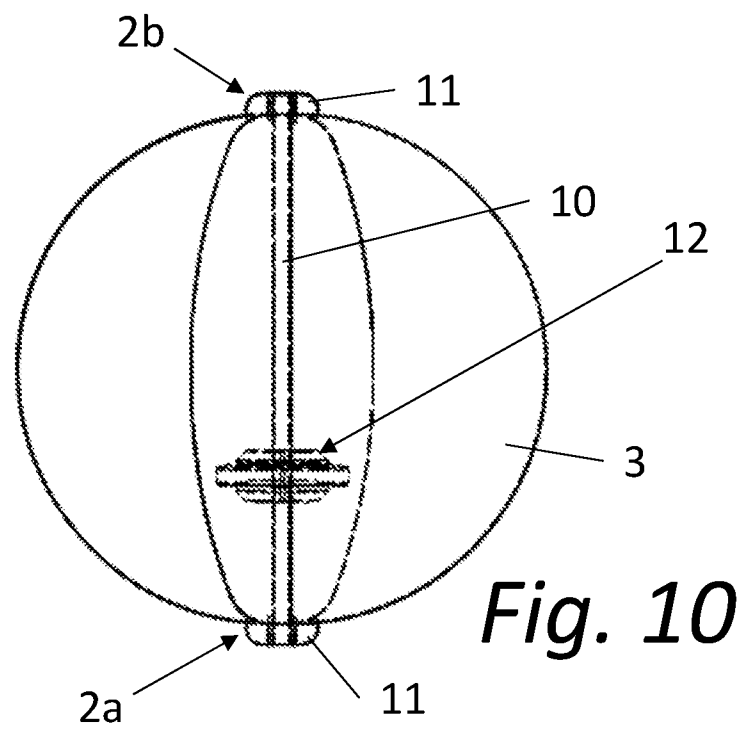


Fig. 11

(neue) P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Vertikalachsen-Windturbine (1) mit einem um eine im Wesentlichen vertikal angeordnete Drehachse (1a) drehbar gelagerten Schaufelrad (2) mit mindestens drei, vorzugsweise vier Schaufeln (3), welche jeweils einen in einer Normalebene (η) auf die Drehachse (1a) entlang einer Radiallinie (1b) gemessenen maximalen Abstand (r) von der Drehachse (1a) aufweisen, wobei jede Schaufel (3) eine konkave Vorderseite (1a) und eine konvexe Rückseite (1b) aufweist, wobei jede Schaufel (3) durch ein Schalensegment gebildet ist, welches Schalensegment - in einem Schnitt in der Normalebene (η) und/oder in einer seitlichen Ansicht in Richtung der Radiallinie (1b) betrachtet - einen Bodenabschnitt (4) mit einem ersten Krümmungsradius (R1) aufweist, welcher größer ist als der maximale radiale Abstand (r), wobei vorzugsweise der erste Krümmungsradius (R1) mindestens 1,5-mal, besonders vorzugsweise mindestens zweimal, so groß ist wie der maximale radiale Abstand (r), wobei jede Schaufel (3) zumindest einen an den Bodenabschnitt (4) anschließenden abgewinkelten äußeren Randabschnitt (5) aufweist, wobei jede Schaufel (3) im Bereich des äußeren Randabschnittes (5) - in einem Schnitt in der Normalebene (η) und/oder in einer seitlichen Ansicht in Richtung der Radiallinie (r) betrachtet - einen zweiten Krümmungsradius (R2) aufweist, und wobei zwischen dem Bodenabschnitt (4) und dem äußeren Randabschnitt (5) ein Übergangsabschnitt (8) ausgebildet ist, welcher - in einem Schnitt in der Normalebene (η) und/oder in einer seitlichen Ansicht in Richtung der Radiallinie (r) betrachtet - einen dritten Krümmungsradius (R3) aufweist, der kleiner ist als der erste Krümmungsradius (R1), dadurch gekennzeichnet, dass jede Schaufel (3) - in einer Ansicht der Vorderseite (3a) und/oder Rückseite (3b) - im Wesentlichen die Form eines Halbkreises (k) oder einer Halbellipse aufweist.
2. Vertikalachsen-Windturbine (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine erste Tangentialebene (t_1) des Bodenabschnitts (4) und zumindest eine zweite Tangentialebene (t_2) des äußeren Randabschnitt (5) einen ersten Winkel (β) größer 90° , vorzugsweise größer 100° aufspannen.

3. Vertikalachsen-Windturbine (1) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine dritte Tangentialebene (t_3) des äußeren Randabschnittes (5) normal zur Radiallinie (r) angeordnet ist.
4. Vertikalachsen-Windturbine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Krümmungsradius (R_2) größer ist, als der erste Krümmungsradius (R_1), wobei vorzugsweise der zweite Krümmungsradius (R_2) unendlich ist.
5. Vertikalachsen-Windturbine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der dritte Krümmungsradius (R_3) maximal 10% des ersten Krümmungsradius (R_1) beträgt.
6. Vertikalachsen-Windturbine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass sich der äußere Randabschnitt (5) in einem zweiten Winkel (γ) von etwa 180° um den Bodenabschnitt (4) erstreckt.
7. Vertikalachsen-Windturbine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der äußere Randabschnitt (5) einen äußeren Rand (6) jeder Schaufel (3) definiert, welcher in einer parallel zur Drehachse (1a) angeordneten ersten Ebene (ϵ_1) angeordnet ist, wobei vorzugsweise die erste Ebene (ϵ_1) exzentrisch zur Drehachse (1a) angeordnet ist.
8. Vertikalachsen-Windturbine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der äußere Randabschnitt (5) eine Höhererstreckung (H) aufweist, welche mindestens 10%, vorzugsweise mindestens 20% einer maximalen Tiefe (T) der Schaufel (3) beträgt.
9. Vertikalachsen-Windturbine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass jede Schaufel (3) in einem der Drehachse (1a) nächstliegenden Bereich des Bodenabschnittes (5) einen inneren Rand (7) aufweist, wobei vorzugsweise der Bodenabschnitt (5) zum inneren Rand (7) hin auslaufend ausgebildet ist.
10. Vertikalachsen-Windturbine (1) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der innere Rand (7) der Schaufel (3) in einer parallel zur Drehachse (1a) angeordneten zweiten Ebene (ϵ_2) angeordnet ist, wobei vorzugsweise die

zweite Ebene (ε_2) in einem zweiten Abstand (e_2) zur Drehachse (1a) angeordnet ist.

11. Vertikalachsen-Windturbine (1) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die einer Schaufel (3) zugeordnete erste (ε_1) und zweite Ebene (ε_2) einen dritten Winkel (φ) von etwa 90° aufspannen.
12. Vertikalachsen-Windturbine (1) nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Ebene (ε_1) zumindest einer Schaufel (3) im Bereich der zweiten Ebene (ε_2) einer benachbarten Schaufel (3) angeordnet ist.
13. Vertikalachsen-Windturbine (1) nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die ersten Ebenen (ε_1) und/oder die zweiten Ebenen (ε_2) aller Schaufeln (3) im Bereich der Drehachse (1a) einen zentralen Raum (9) definieren.
14. Vertikalachsen-Windturbine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb des Schaufelrades (2) ein Generator (12) angeordnet ist.

27.01.2022
FU