



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 20 2008 010 290 U1** 2009.01.29

(12)

Gebrauchsmusterschrift

(21) Aktenzeichen: **20 2008 010 290.1**

(22) Anmeldetag: **01.08.2008**

(47) Eintragungstag: **24.12.2008**

(43) Bekanntmachung im Patentblatt: **29.01.2009**

(51) Int Cl.⁸: **F03D 3/06** (2006.01)

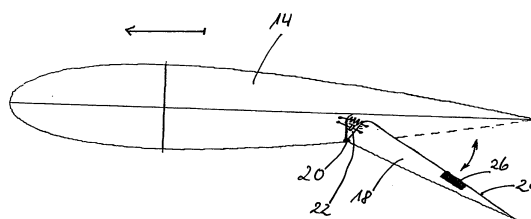
(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:
Ulken, Ulf-Dieter, Dr.-Ing., 21220 Seevetal, DE

(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:
Eisenführ, Speiser & Partner, 20457 Hamburg

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Windkraft nach dem Darrieus-Prinzip**

(57) Hauptanspruch: Vertikalachsenturbine umfassend eine vertikale Rotationsachse (12) mit wenigstens einem mit der vertikalen Rotationsachse (12) verbundenen und von dieser zumindest abschnittsweise beabstandeten Rotorblatt (14), wobei das wenigstens eine Rotorblatt (14) im Wesentlichen vertikal ausgerichtet und um die vertikale Rotationsachse (12) drehbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine Rotorblatt (14) durch Bewegen von zumindest einem Teil des Rotorblatts aus einer Betriebsstellung, in der es im Wesentlichen eine Auftriebskraft zur Funktion der Turbine als Darrieus-Turbine ausbildet, in eine Startstellung zur zumindest teilweisen Funktion der Turbine als Savonius-Rotor verstellbar ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vertikalachsenturbine nach dem Darrieus-Prinzip.

[0002] Vertikalachsenturbinen werden als fluidgetriebene Anlagen mit einer senkrecht zur Fluidströmungsrichtung stehenden Rotationsachse verstanden. Das Fluid ist dabei vorzugsweise Luft, kann aber auch ein beliebiges Gas oder eine Flüssigkeit, beispielsweise Wasser, sein. Die Beschreibung und die Ansprüche sollen so verstanden werden, dass die Vertikalachsenturbine für eine Vielzahl von Fluiden geeignet ist. Wenn in der Beschreibung und in den Ansprüchen Wind als Fluid genannt wird, so soll dieser Begriff stellvertretend für ein Fluid stehen.

[0003] Aufgrund der steigenden Energiepreise spielt die Energiegewinnung aus Windkraft eine immer wichtigere Rolle. Die meisten der heutigen Windkraftanlagen sind Windkraftanlagen mit horizontal liegender Rotationsachse. Diese haben den Vorteil, dass sie verglichen mit den weniger bekannten Windkraftanlagen mit vertikaler Rotationsachse bei optimalen Windverhältnissen einen höheren Erntegrad erreichen. Nachteilig an den Windkraftanlagen mit horizontaler Rotationsachse ist jedoch, dass sie immer den optimalen Windverhältnissen nachgeführt werden müssen, was recht aufwändig ist. Deshalb benötigen Windkraftanlagen mit horizontal liegender Rotationsachse möglichst konstante Windverhältnisse. Da relativ konstante optimale Windverhältnisse erst in großer Höhe herrschen, werden Windkraftanlagen mit einer horizontalen Rotationsachse zusammen mit ihrer Generatorgondel meist auf einen hohen Turm gesetzt. Dies bedeutet aber immer einen teuren Einsatz von Schwerlastkränen.

[0004] In Bodennähe herrschen in der Regel turbulente Winde. Aufgrund der Tatsache, dass Windkraftanlagen mit horizontaler Rotationsachse immer den optimalen Windverhältnissen nachgeführt werden müssen, eignen sich diese weniger für den Einsatz in Bodennähe. Windkraftanlagen mit vertikaler Rotationsachse drehen sich aufgrund ihres Wirkungsprinzips unabhängig von der Windrichtung und müssen deshalb nicht den optimalen Windverhältnissen nachgeführt werden. Somit sind Windkraftanlagen mit vertikaler Rotationsachse für den Einsatz bei turbulenten Winden, z. B. in Bodennähe, geeignet. Weiterhin haben Windkraftanlagen mit vertikaler Achse den Vorteil, dass sie einfach und kostengünstig herstellbar sind, da die Profilform der Rotorblätter konstant ist und somit als Meterware herstellbar ist. Darüber hinaus müssen sie auf keinen hohen Turm gesetzt werden und falls dennoch ein Anbringen in großer Höhe erwünscht ist, muss der Turm keine großen Lasten tragen, da der Generator und das Getriebe bodennah angeordnet werden können.

[0005] Bei den Windkraftanlagen mit vertikaler Rotationsachse unterscheidet man im Prinzip zwei Arten, den Savonius-Rotor und Rotoren nach dem Darrieus-Prinzip.

[0006] Der Savonius-Rotor funktioniert nach dem Widerstandsprinzip und erzielt keine besonders hohen Energieausbeuten, weswegen er seinen Einsatz weniger zur Energiegewinnung als zu anderen Zwecken wie beispielsweise in Windmeßanlagen findet.

[0007] Die Rotoren nach dem Darrieus-Prinzip basieren auf dem Auftriebsprinzip. Man unterscheidet hierbei zwei Arten: den klassischen Darrieus-Rotor und den H-Darrieus-Rotor. Beim klassischen Darrieus-Rotor sind die Rotorblätter am oberen und unteren Ende der vertikalen Drehachse befestigt und ragen bogenförmig nach außen. Der H-Darrieus-Rotor weist Blätter mit einer geraden Längsachse auf, die freistehend mit Hilfe von Trägerarmen radial beabstandet von der vertikalen Drehachse an dieser befestigt sind. Der derzeit realisierbare Wirkungsgrad der Windkraftanlagen nach dem Darrieus-Prinzip liegt etwas unter dem der Windkraftanlagen mit horizontaler Rotationsachse. Dies ist jedoch nicht das Hauptproblem der Windkraftanlagen nach dem Darrieus-Prinzip, sondern die Tatsache, dass Windkraftanlagen nach dem Darrieus-Prinzip nicht von alleine starten und dass sie nach jeder Flaute wieder durch einen Startermotor angeworfen werden müssen.

[0008] Um dieses Problem zu lösen, werden meist zusätzliche, kleinere Savonius-Rotoren innerhalb des Darrieus-Rotors eingebaut. Durch den Einbau von Savonius-Rotoren innerhalb des Darrieus-Rotors werden jedoch starke turbulenzbehaftete Nachstromfelder erzeugt, wodurch der Darrieus-Rotor gestört und in seinem Wirkungsgrad verschlechtert wird.

[0009] Aus der DE 41 20 908 ist ein Darrieus-Rotor bekannt, bei dem die Profilgeometrie so verändert ist, dass sie anteilig wie ein Savoniusrotor funktioniert, so dass der Darrieus-Rotor von alleine gestartet wird. Nachteilig an dieser Lösung ist, dass der Wirkungsgrad der Anlage, wenn sie gestartet ist, vergleichsweise schlecht ist.

[0010] Weiterhin wurde vorgeschlagen, die Rotorblätter zu verstellen, um den Wirkungsgrad zu erhöhen und den Darrieus-Rotor von alleine zu starten. Hierbei geht aber das Prinzip der Richtungsunabhängigkeit verloren.

[0011] Zusätzlich zu dem gerade beschriebenen besteht bei Windkraftanlagen mit vertikaler Drehachse das Problem, dass bei diesen die Drehzahl und das Drehmoment nicht an die aktuelle Windgeschwindigkeit angepasst werden können.

[0012] Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, eine

verbesserte Windkraftanlage mit vertikaler Rotationsachse nach dem Darrieus-Prinzip bereitzustellen, die von alleine startet und die wenigstens eines der oben genannten Probleme überwindet.

[0013] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vertikalachsenturbine gelöst, die eine vertikale Rotationsachse mit wenigstens einem mit der vertikalen Rotationsachse verbundenen und von dieser zumindest abschnittsweise beabstandeten Rotorblatt umfasst, wobei das wenigstens eine Rotorblatt durch Bewegungen von wenigstens einem Teil des Rotorblatts aus einer Betriebsstellung, in der es im Wesentlichen eine Auftriebskraft zur Funktion der Turbine als Darrieus-Turbine ausbildet, in eine Startstellung zur zumindest teilweisen Funktion der Turbine als Savonius-Rotor verstellbar ist.

[0014] Die erfindungsgemäße Vertikalachsenturbine hat nun den Vorteil, dass, wenn sich das Rotorblatt in der Startstellung befindet, die Fluidangriffsfläche, beispielsweise die Windangriffsfläche in einer ersten Richtung gegenüber einer hierzu entgegengesetzten Richtung erhöht ist, so dass die Vertikalachsenturbine im Wesentlichen nach dem Savoniusprinzip funktioniert und nach einer Flaute von alleine starten kann. In der Betriebsstellung des Rotorblatts ist der Windwiderstand in der ersten Richtung im Vergleich zur Startstellung verringert und die Vertikalachsenturbine kann eine höhere Drehgeschwindigkeit erreichen, was eine bessere Energieausbeute bedeutet. D. h. in der Betriebsstellung des Rotorblatts weist die Vertikalachsenturbine im Wesentlichen die Funktion des Darrieus-Rotors auf. Da die Vertikalachsenturbine von einer Startstellung zu einer Betriebsstellung, bei der sie bestimmungsgemäß Energie erzeugen kann, im Wesentlichen von einem Savonius-Rotor zu einem Darrieus-Rotor übergeht, vereinbart die vorliegende Erfindung die Vorteile eines Savonius-Rotors mit einem Darrieus-Rotor, ohne deren Nachteile in Kauf nehmen zu müssen.

[0015] Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist das Teil des wenigstens einen Rotorblatts um eine Achse schwenkbar, die in im Wesentlichen vertikaler Richtung durch das Rotorblatt läuft. Auf diese Weise kann in der Startstellung eine sehr große Windangriffsfläche bereitgestellt werden, was ein Anlaufen der Vertikalachsenturbine auch bei geringen Windstärken ermöglicht.

[0016] Vorzugsweise ist das Teil klappenähnlich ausgebildet. Unter klappenähnlich ist hier eine Form des Teils zu verstehen, die geeignet ist wie eine Auftriebshilfe im Flugzeug beispielsweise in Form einer Landeklappen, insbesondere in Form einer Spreizklappen, den Auftrieb zu beeinflussen. Die klappenförmige Gestaltung des Teils ermöglicht einen einfachen und kostengünstigen Aufbau des Rotorblatts der erfindungsgemäßen Vertikalachsenturbine.

[0017] Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist das Teil in der Betriebsstellung als Bestandteil eines idealen Rotorblatts ausgebildet. Das ideale Rotorblatt zeichnet sich dadurch aus, dass es das für den Betriebszustand einer Vertikalachsenturbine, d. h. für den Zustand, um bestimmungsgemäß Energie zu erzeugen, notwendige aerodynamische Profil aufweist. Bei dieser bevorzugten Ausführungsform kann das Teil in der Betriebsstellung in das notwendige aerodynamische Profil integriert sein, so dass ein negativer Einfluss des Teils auf die Energieausbeute einer Vertikalachsenturbine minimiert, wenn nicht sogar eliminiert ist.

[0018] Bei einer alternativen Ausführungsform kann das Teil beispielsweise in Form von Kippnasen, Krügerklappen oder Vorflügel, an dem idealen Rotorblatt befestigbar sein. Dies ermöglicht einen einfachen, nachträglichen Umbau bestehender Vertikalachsenturbinen zu einer Vertikalachsenturbine gemäß der vorliegenden Erfindung. Darüber hinaus kann bei neuen Vertikalachsenturbinen das Profil des Rotorblatts so gewählt werden, dass es einfach herstellbar ist, beispielsweise als Strangpressprofil oder Faserverbund-Meterware, und das Teil kann anschließend an dem Rotorblatt befestigt werden. Dies ermöglicht eine sehr kostengünstige Herstellung der vorliegenden Erfindung.

[0019] Es ist weiterhin bevorzugt, dass sich das Teil in Rotationsrichtung des Rotorblattes am hinteren Ende des Rotorblattes befindet, insbesondere das hintere Ende ausbildet. Alternativ kann sich das Teil in Rotationsrichtung des Rotorblattes seitlich am Rotorblatt befinden. Je nach Anwendungsart und/oder Rotorblattgeometrie kann die eine oder andere genannte Variante gewählt werden, so dass die erfindungsgemäße Vorrichtung vielseitig verwendbar ist.

[0020] Weiterhin ist es bevorzugt, dass das Teil nach innen, in Richtung Rotationsachse und/oder nach außen von der Rotationsachse weg schwenkbar ist. Diese Flexibilität ermöglicht ebenfalls einen vielseitigen Einsatz der vorliegenden Erfindung. Je nach Größe und Platzverhältnis der Vertikalachsenturbine kann das Teil nach innen, in Richtung Rotationsachse und/oder nach außen weg von der Rotationsachse schwenkbar sein.

[0021] Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind Auslenkmittel vorgesehen, um das Teil in eine ausgeschwenkte Position zu bewegen. Beispielsweise kann ein solches Auslenkmittel ein elastisches Element, wie etwa ein Feder-System, eine vorgeformte biegsame Folie oder ein vorgeformtes biegsames Laminat sein. Die Auslenkmittel bewirken, dass sich das Teil in der Startstellung der Vertikalachsenturbine in einer ausgeschwenkten Position befindet und nicht aus irgendwelchen Gründen, wie etwa aufgrund von Winddruck, am Profil des Rotorblatts anliegt. Sobald

Wind auf die Rotorblätter trifft, wird die maximale Windangriffsfläche bereitgestellt und die Vertikalachsenturbine kann sofort starten. Auf diese Weise wird nicht nur ein schneller sondern auch ein zuverlässiger Start der Vertikalachsenturbine bereitgestellt.

[0022] Es ist darüber hinaus bevorzugt, dass die auf das Teil ausgeübte Kraft der Auslenkmittel so gewählt ist, dass das Teil aufgrund der nach Abschluss des Startvorgangs der Vertikalachsenturbine wirkenden Fliehkraft am Profil des Rotorblatts von der Startstellung in die Betriebsstellung bewegt wird. Durch das Wechselspiel der Auslenkkraft der Auslenkmittel mit der Fliehkraft wird gewährleistet, dass sich das Teil zum Starten der Vertikalachsenturbine in einer ausgeschwenkten Position befindet, um eine optimale Windangriffsfläche bereitzustellen, da beim Starten der Vertikalachsenturbine keine oder nur eine sehr geringe Fliehkraft wirkt. Mit zunehmender Drehzahl der Vertikalachsenturbine steigt die Fliehkraft, so dass sich das Teil gegen die Auslenkkraft der Auslenkmittel in Richtung des Profils des Rotors bewegt und im Idealfall an das Profil des Rotorblatts angelegt wird. Zusätzlich oder alternativ kann eine Druckverteilung aufgrund eines die Vertikalachsen umgebenden Fluids, beispielsweise die aerodynamische Druckverteilung, am Profil des Rotorblattes genutzt werden, um das Teil gegen die Kraft der Auslenkmittel an das Profil des Rotorblatts anzulegen.

[0023] Es ist bevorzugt, dass das Teil ansteuerbar ist. Somit kann der Einstellwinkel des Teils und somit die Drehzahl und das Drehmoment der Vertikalachsenturbine aktuellen Windverhältnissen angepasst werden.

[0024] Bei einer alternativen Ausführungsform ist das gesamte Rotorblatt als schwenkbares Teil ausgebildet. Dies hat den Vorteil, dass das Rotorblatt eine sehr einfache Konstruktion ohne den Ein- oder Anbau von zusätzlichen, schwenkbaren Teile aufweisen kann. Diese Rotorblätter können einfach z. B. als Meterware oder Strangpressprofile hergestellt werden.

[0025] Zur weiteren Optimierung der Energieausbeute kann bei einer bevorzugten Ausführungsform wenigstens eine Strebe der Vertikalachsenturbine, insbesondere eine um die Rotationsachse drehbare Strebe in der Rotationsachse, ein Strömungsprofil aufweisen.

[0026] Bei einer alternativen Ausführungsform gemäß Anspruch 16 kann das Rotorblatt ein Teil aufweisen, das sich feststehend von dem Profil des Rotorblatts weg erstreckt, um in einer Startstellung eine Vertikalachsenturbine mit zumindest teilweiser Funktion als Savonius-Rotor bereitzustellen. Das Teil kann beispielsweise in Form einer Klappe unter einen vor-

bestimmten Winkel feststehend an dem Rotorblatt befestigt sein. Zwar werden dadurch die Profileigenschaften des Rotorblatts und somit die maximal erreichbare Energieausbeute verschlechtert, allerdings lässt sich das Rotorblatt einfach, beispielsweise an einem Stück, herstellen.

[0027] Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden anhand der anhängenden Figuren beschrieben, Darin zeigen:

[0028] [Fig. 1](#): eine Ansicht eines klassischen Darrieus-Rotors;

[0029] [Fig. 2](#): eine Ansicht eines H-Darrieus-Rotors;

[0030] [Fig. 3](#): einen Schnitt durch eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Rotorblatts mit einem nach innen, Richtung Rotationsachse schwenkbaren, klappenähnlichen Teil;

[0031] [Fig. 4](#): einen Schnitt durch eine zweite Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Rotorblatts, wobei das nach innen, Richtung Rotationsachse schwenkbare, klappenähnliche Teil an der Seite des Rotorblattes angebracht ist;

[0032] [Fig. 5](#): einen Schnitt durch eine dritte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Rotorblatts, wobei das Rotorblatt zwei nach innen, Richtung Rotationsachse schwenkbare, klappenähnliche Teile umfasst;

[0033] [Fig. 6](#): einen Schnitt durch eine vierte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Rotorblatts, bei dem das schwenkbare, klappenähnliche Teil nach außen, in Richtung weg von der Rotationsachse schwenkbar ist;

[0034] [Fig. 7](#): einen Schnitt durch eine fünfte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Rotorblatts, bei dem das gesamte Rotorblatt als schwenkbares Teil ausgebildet ist.

[0035] In [Fig. 1](#) ist eine Vertikalachsenturbine **10** nach dem Darrieus Prinzip gezeigt. Hierbei handelt es sich um einen klassischen Darrieus-Rotor mit einer vertikalen Rotationsachse **12** und zwei Rotorblättern **14**. Die Rotorblätter **14** verlaufen im Wesentlichen vertikal, sind von der Rotationsachse **12** beabstandet, wobei sie an ihrem oberen und unteren Ende an der vertikalen Rotationsachse **12** befestigt sind, und drehen sich um die vertikale Rotationsachse **12**.

[0036] [Fig. 2](#) zeigt ebenfalls eine Vertikalachsenturbine **10** nach dem Darrieus Prinzip, wobei es sich hier um einen H-Darrieus-Rotor handelt. Der H-Darrieus-Rotor umfasst wie der klassische Darrieus-Rotor eine vertikale Rotationsachse **12** und Rotorblätter

14, die sich vertikal erstrecken. Im Gegensatz zum klassischen Darrieus-Rotor sind die Rotorblätter gerade und nur über Trägerarme **16** mit der vertikalen Rotationsachse **12** verbunden.

[0037] In [Fig. 3](#) ist ein Querschnitt durch ein Rotorblatt **14** gezeigt. Das Rotorblatt **14** weist ein im Wesentlichen stromlinienförmiges Profil auf, wobei der Pfeil die Rotationsrichtung des Rotorblattes **14** und somit der Vertikalachsenturbine **10** angibt. Am in Rotationsrichtung gesehenen hinteren Ende des Rotorblattes **14** ist auf der zur Rotationsachse gewandten Seite ein Teil des Rotorblattes **14** als eine schwenkbare Klappe **18** ausgebildet, die in etwa die Form einer im Flugzeugbau üblichen Landeklappen, insbesondere Spreizklappen, aufweist. Die Klappe **18** ist um eine im Wesentlichen vertikal durch das Rotorblatt verlaufende Achse **20** entgegen der Rotationsrichtung der Vertikalachsenturbine schwenkbar. Weiterhin ist ein Feder-Dämpfer-System **22** vorgesehen, um die Klappe **18** nach innen, in Richtung der Rotationsachse abzuspreizen. Die Dämpfung des Feder-Dämpfer-Systems **22** ist so gewählt, dass im abgespreizten Zustand keine Schwingungen und kein Flattern auftreten.

[0038] Zusätzlich zum Feder-Dämpfer-System **22** ist an der Klappeninnenseite **24** eine Zusatzmasse **26** vorgesehen, die dazu dient, das Feder-Dämpfer-System **22** abzustimmen, wenn die Klappe **18** beispielsweise eine zu geringe Masse aufweist, um ein Schwingen und Flattern der Klappe **18** im abgespreizten Zustand zu verhindern. Je nach Art des Rotorblattes kann das Feder-Dämpfer-System **22** und/oder die Zusatzmasse **26** weggelassen werden, wenn sich die Klappe durch den von hinten auf das Rotorblatt auftreffenden Wind von alleine abspreizt oder wenn zum Beispiel das Eigengewicht der Klappe **18** entsprechend hoch ist, um im Ruhezustand der Vertikalachsenturbine **10** in die abgespreizte Position zu gelangen.

[0039] Befindet sich die Vertikalachsenturbine **10** im Ruhezustand, wird die Klappe **18** aufgrund des Feder-Dämpfer-Systems **22** in Richtung der Rotationsachse geschwenkt. Das so erhaltene, von hinten offene Profil des Rotorblattes **14** weist einen höheren Widerstand auf als das Profil mit geschlossener Klappe **18**.

[0040] Gleichzeitig ist der Windwiderstand, des von der Rückseite angeblasenen Rotorblattes **14** größer als der, des von vorne angeblasenen Rotorblattes **14**, was dazu führt, dass das Rotorblatt **14** anfängt, sich in Rotationsrichtung zu bewegen. D. h. die Vertikalachsenturbine **10** wirkt wie ein Savonius-Rotor und startet selbständig, sobald Wind von hinten auf das Rotorblatt **14** bläst. Darüber hinaus bewirkt die Klappe **18**, dass die Profilwölbung erhöht ist, d. h. das Rotorblatt **14** ein dickes Profil aufweist, was ebenfalls zu

einem leichteren Starten der Vertikalachsenturbine **10** gerade bei schwachen Winden führt.

[0041] Eine hohe Energieausbeute wird jedoch nur dann erzielt, wenn die Schnelllaufzahl, d. h. das Verhältnis der Umfangsgeschwindigkeit der Blattspitze zur Windgeschwindigkeit groß ist. Eine hohe Schnelllaufzahl wird nur von relativ schlanken Profilen erreicht. Um ausgehend von dem dicken Startprofil aufgrund der ausgeschwenkten Klappe **18** ein schlankes Profil zu erhalten, wird die ausgeschwenkte Klappe **18** an das Profil des Rotorblattes **14** angelegt. Dieses Anlegen erfolgt alleine aufgrund der Fliehkraft bzw. der aerodynamischen Druckverteilung, die herrschen, sobald sich die Vertikalachsenturbine **10** dreht. Mit steigender Drehzahl der Vertikalachsenturbine **10** nimmt die Fliehkraft zu bzw. ändert sich die aerodynamische Druckverteilung, so dass die Fliehkraft bzw. die aerodynamische Druckverteilung gegen die Federkraft des Feder-Dämpfer-Systems **22** und/oder gegen das Gewicht der Zusatzmasse **26** wirken und die Klappe **18** sich stufenlos an das Profil des Rotorblattes **14** anlegt. Im Betriebszustand, d. h. bei der Solldrehzahl der Vertikalachsenturbine zur bestimmungsgemäßen Energiegewinnung, ist die Klappe **18** vollständig mit dem Profil des Rotorblattes **14** verschmolzen und die optimale aerodynamische Geometrie des Rotorblattes **14** kann für eine maximale Energiegewinnung genutzt werden. In dieser Betriebsstellung wirkt die Vertikalachsenturbine **10** wie ein Darrieus-Rotor.

[0042] [Fig. 4](#) zeigt eine alternative Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, bei der sich die Klappe **18** im Wesentlichen mittig an der zur Rotationsachse zugewandten Seite des Rotorblattes **14** befindet.

[0043] Die Funktion der Klappe **18** der alternativen Ausführungsform entspricht der eben beschriebenen Funktion der Klappe **18**, die sich in Rotationsrichtung gesehenen am hinteren Ende des Rotorblattes **14** befindet.

[0044] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist in [Fig. 5](#) gezeigt, bei der neben einer um eine erste Achse **30** schwenkbare erste Klappe **28**, eine zweite Klappe **32** am in Rotationsrichtung gesehenen hinteren Ende des Rotorblattes **12** vorgesehen ist, die um eine zweite Achse **34** schwenkbar ist. Sowohl die erste Klappe **28** als auch die zweite Klappe **32** werden jeweils mittels eines Feder-Dämpfer-Systems **34** bzw. **36** nach innen in Richtung der Rotationsachse abgespreizt. Der Schwenkbereich der zweiten Klappe **32** ist geringer als der der ersten Klappe **28**.

[0045] Wie bei der in Zusammenhang mit [Fig. 3](#) beschriebenen Ausführungsform werden die erste und zweite Klappe **28**, **32** durch das jeweilige Fe-

der-Dämpfer-System **34, 36** in Richtung der Rotationsachse geschwenkt, um der Vertikalachsenturbine als Savonius-Rotor einen Start zu ermöglichen. Aufgrund der Fliehkraft bzw. Änderung der aerodynamischen Druckverteilung während der zunehmenden Drehzahl der Vertikalachsenturbine werden die erste und zweite Klappe **28, 32** an das Rotorblatt **14** gedrückt und verschmelzen beim Erreichen des Betriebszustandes der Vertikalachsenturbine, d. h. beim Erreichen der Solldrehzahl, mit dem Rotorblatt, um einen Darrieus-Rotor auszubilden und die optimale aerodynamische Geometrie des Rotorblatts zur Energiegewinnung auszunutzen.

[0046] In **Fig. 6** ist eine Variante der vorliegenden Erfindung gezeigt, bei der eine Klappe **38** zusätzlich nach außen von der Rotationsachse weg schwenkbar ist, wobei die Klappe **38** über eine Verzahnung **40** an das Rotorblatt **14** gekoppelt ist.

[0047] Wenn das Gewicht der nach außen schwenkbaren Klappe **38** geringer als das der nach innen schwenkbare Klappe gewählt ist, können sich die nach außen schwenkbare Klappe **38** und die nach innen schwenkbare Klappe in der Betriebsstellung der Vertikalachsenturbine ebenfalls aufgrund der angreifenden Fliehkraft vollständig an das Profil des Rotorblatts **14** anlegen.

[0048] **Fig. 7** zeigt eine Ausführungsform, bei der das gesamte Rotorblatt **14** um eine Schwenkachse **42** schwenkbar ist. Die Schwenkachse **42** ist in Rotationsrichtung vor dem Schwerpunkt des Rotorblattes **14** angeordnet. Zur Vermeidung von Schwingungen ist das Rotorblatt **14** viskoelastisch gelagert. Auch bewirkt ein (nicht dargestelltes) Feder-Dämpfer-System, dass sich das in Rotationsrichtung gesehene hintere Ende des Rotorblattes **12** in Richtung der Rotationsachse dreht, um einen Start der Vertikalachsenturbine zu ermöglichen. Mit steigender Drehzahl dreht sich das in Rotationsrichtung gesehene hintere Ende des Rotorblattes von der Rotationsachse in eine Grundstellung zurück.

[0049] Bei einer alternativen, nicht dargestellten Ausführungsform kann die Schwenkachse **42** in Rotationsrichtung hinter dem Schwerpunkt des Rotorblattes **14** angeordnet sein. Zum Starten der Vertikalachsenturbine dreht das (nicht dargestellte) Feder-Dämpfer-System das hintere Ende des Rotorblattes **12** mittels des Feder-Dämpfer-Systems von der Rotationsachse weg.

[0050] Weitere Ausführungsformen sind im Rahmen der vorliegenden Erfindung denkbar. So können zum Beispiel zusätzlich oder alternativ zu den beschriebenen Ausführungsformen Kippnasen, Vorflügel oder dergleichen vorgesehen sein, die auschwenkbar sind und die abhängig von der Drehzahl der Vertikalachsenwindturbine an das Profil des Ro-

torblattes anlegbar sind. Diese Kippnasen, Vorflügel oder dergleichen können zum Beispiel an dem Rotorblatt befestigt sein.

[0051] Jedes hier beschriebene schwenkbare Teil kann alternativ feststehend ausgebildet sein, wenn es bei einer Windkraftanlage nur darauf ankommt, dass eine Vertikalachsenturbine selbst startet.

[0052] Alternativ kann eine Fernsteuerung vorgesehen sein, um den Einstellwinkel der Klappe bzw. des Rotorblattes, beispielsweise durch Änderung der Federkennlinie des Feder-/Dämpfer-Systems, zu ändern. Dies hat den Vorteil, dass die Drehzahl und das Drehmoment der Vertikalachsenturbine aktuellen Windverhältnissen angepasst werden kann.

[0053] Anstelle des Feder-Dämpfer-Systems kann beispielsweise für kleinere Anlagen ein Folie/Luftspaltsystem vorgesehen sein. Hierbei kann die Klappe selbst auch aus der Folie oder einem dünnen Laminat gebildet sein.

[0054] Auch sind Kombinationen der dargestellten Ausführungsformen denkbar. So kann das in Zusammenhang mit **Fig. 8** beschriebene schwenkbare Rotorblatt zusätzlich eine wie zum Beispiel in Zusammenhang mit **Fig. 3** beschriebene Klappe aufweisen.

[0055] Vertikalachsenturbinen gemäß der vorliegenden Erfindung in der beschriebenen Form als Windkraftanlage eignen sich unter anderem zur Verwendung in einer Inselanlage wie etwa auf Segelbooten. Da die Vertikalachsenturbinen gemäß der vorliegenden Erfindung klein ausgebildet werden können, können diese oben auf der Mastspitze montiert werden, denn dort herrschen die besten Windverhältnisse. Der Generator kann hierbei unterhalb der Mastspitze angebracht werden, um das Topgewicht des Mastes gering zu halten.

[0056] Besonders von Vorteil ist dabei, dass die Vertikalachsenturbine wegen ihrer Richtungsunabhängigkeit allein aus der bei Segelbooten vorliegenden starken Masttopbewegungen Energie erzeugen kann, während eine Horizontalachsenturbine an dieser Stelle durch ständig notwendiges Nachführen wenig effektiv wäre. Wenn die Vertikalachsenturbine im Allgemeinen im stationären Betrieb einen geringeren Erntegrad aufweist als eine Horizontalachsenturbine, so kann die Vertikalachsenturbine im nicht stationären Betrieb einen höheren Erntegrad erreichen als eine Horizontalachsenturbine.

[0057] Die Vertikalachsenturbine wurde hier als Windkraftanlage beschrieben, allerdings eignet sich die hier beschriebene Vertikalachsenturbine auch für den Einsatz im Wasser als Wasserkraftwerk oder Gezeitenkraftwerk. Hierbei kann die Vertikalachsenturbine voll in das Wasser getaucht werden. Selbstver-

ständig kann die erfindungsgemäße Vertikalachsenturbine aber auch in anderen Fluiden, wie etwa in einem Gas oder in einer beliebigen Flüssigkeit, verwendet werden.

[0058] Die Vertikalachsenturbinen gemäß der vorliegenden Erfindung können in vielen Bereichen des privaten Haushalts aber auch im Großanlagenbereich eingesetzt werden.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 4120908 [\[0009\]](#)

Schutzansprüche

1. Vertikalachsenturbine umfassend eine vertikale Rotationsachse (12) mit wenigstens einem mit der vertikalen Rotationsachse (12) verbundenen und von dieser zumindest abschnittsweise beabstandeten Rotorblatt (14), wobei das wenigstens eine Rotorblatt (14) im Wesentlichen vertikal ausgerichtet und um die vertikale Rotationsachse (12) drehbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das wenigstens eine Rotorblatt (14) durch Bewegen von zumindest einem Teil des Rotorblatts aus einer Betriebsstellung, in der es im Wesentlichen eine Auftriebskraft zur Funktion der Turbine als Darrieus-Turbine ausbildet, in eine Startstellung zur zumindest teilweisen Funktion der Turbine als Savonius-Rotor verstellbar ist.

2. Vertikalachsenturbine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Teil (14, 18, 28, 32, 38) des wenigstens einen Rotorblatts um eine Achse (20, 30, 34, 40) schwenkbar ist, die in im Wesentlichen vertikaler Richtung durch das Rotorblatt (14) läuft.

3. Vertikalachsenturbine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Teil (14, 18, 28, 32) klappenähnlich ausgebildet ist.

4. Vertikalachsenturbine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Teil (14, 18, 28, 32, 38) in der Betriebsstellung als Bestandteil eines idealen Rotorblatts (14) ausgebildet ist.

5. Vertikalachsenturbine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich das Teil (14, 18, 28, 32) in Rotationsrichtung des Rotorblattes (14) am hinteren Ende des Rotorblattes (14) befindet, insbesondere das hintere Ende bildet.

6. Vertikalachsenturbine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass sich das Teil (14, 18, 28, 32) in Rotationsrichtung des Rotorblattes (14) seitlich am Rotorblatt (14) befindet.

7. Vertikalachsenturbine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Teil (14, 18, 28, 32, 38) nach innen in Richtung Rotationsachse (12) schwenkbar ist.

8. Vertikalachsenturbine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Teil (14, 18, 28, 32, 38) nach außen weg von der Rotationsachse (12) schwenkbar ist.

9. Vertikalachsenturbine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Auslenkmittel (22, 30, 36) vorgesehen sind, um das Teil (14, 18, 28, 32, 38) in eine ausgeschwenkte

Stellung zu bewegen.

10. Vertikalachsenturbine nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Auslenkmittel (22, 30, 36) ein elastisches Element ist.

11. Vertikalachsenturbine nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das elastische Element (22, 30, 36), ein Federsystem, eine vorgeformte biegsame Folie oder ein vorgeformtes biegsames Laminat ist.

12. Vertikalachsenturbine nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die auf das Teil ausgeübte Kraft der Auslenkmittel (22, 30, 36) so gewählt ist, dass das Teil (14, 18, 28, 32, 38) aufgrund der nach dem Abschluss des Startvorgangs der Vertikalachsenturbine wirkenden Fliehkraft und/oder der aufgrund eines Fluids herrschenden Druckverteilung, beispielsweise aerodynamische Druckverteilung, am Profil des Rotorblatts (14) von der Startstellung in die Betriebsstellung bewegt wird.

13. Vertikalachsenturbine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Teil (14, 18, 28, 32, 38) ansteuerbar ist.

14. Vertikalachsenturbine nach einem der Ansprüche 1, 2 und 7 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das gesamte Rotorblatt (14) das Teil (38) ausbildet, insbesondere das gesamte Rotorblatt um eine vertikale Achse schwenkbar ist.

15. Vertikalachsenturbine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Strebe der Vertikalachsenturbine, insbesondere eine um die Rotationsachse drehbar gelagerte Strebe in der Rotationsachse (12), ein Strömungsprofil aufweist.

16. Vertikalachsenturbine umfassend eine vertikale Rotationsachse (12) mit wenigstens einem mit der vertikalen Rotationsachse (12) verbundenen und von dieser zumindest abschnittsweise beabstandeten Rotorblatt (14), wobei das wenigstens eine Rotorblatt (14) im Wesentlichen vertikal ausgerichtet und um die vertikale Rotationsachse (12) drehbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine Rotorblatt (14) ein Teil aufweist, das sich feststehend von dem Profil des Rotorblattes (14) weg erstreckt, um in einer Startstellung eine Vertikalachsenturbine mit zumindest teilweiser Funktion als Savonius-Rotor bereitzustellen.

17. Vertikalachsenturbine nach Anspruch 16, gekennzeichnet durch einen oder mehrere der Ansprüche 3, 5, 6 und 15.

18. Vertikalachsenturbine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

dass die Vertikalachsenturbine für den Einsatz in einem gasförmigen Medium, beispielsweise Luft, beispielsweise als Windkraftanlage, geeignet ist.

19. Vertikalachsenturbine nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Vertikalachsenturbine für den Einsatz in einem flüssigen Medium, beispielsweise Wasser, beispielsweise als Wasserkraftwerk oder Gezeitenkraft geeignet ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

