



(10) **DE 10 2016 105 409 A1** 2017.09.28

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 105 409.7**

(22) Anmeldetag: **23.03.2016**

(43) Offenlegungstag: **28.09.2017**

(51) Int Cl.: **F03D 3/04 (2006.01)**

(71) Anmelder:
**TWE - Tandem Wind Energy GmbH, 16761
Hennigsdorf, DE**

(74) Vertreter:
Die Patenterie GbR, 95447 Bayreuth, DE

(72) Erfinder:
Friese, Jochen, Dipl. Ing., 23570 Lübeck, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

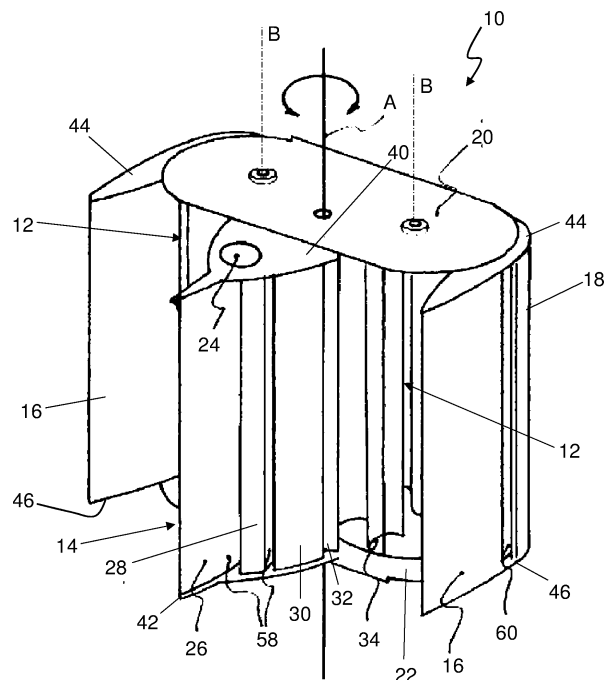
DE	103 31 682	A1
DE	10 2009 040 467	A1
US	2009 / 0 184 521	A1
US	4 174 923	A
US	419 345	A

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Windkraftanlage und Verfahren zum Steuern einer Windkraftanlage**

(57) Zusammenfassung: Es werden eine Windkraftanlage (10) und ein Verfahren zum Steuern einer Windkraftanlage (10) mit zwei gegenläufig um eine vertikale Rotationsachse (B) drehbaren Rotoren (12) beschrieben, wobei die Windkraftanlage (10) eine Ablenkeinheit (14) aufweist, welche die Rotoren (12) jeweils mindestens abschnittsweise verdeckt und die Ablenkeinheit (14) Luftleitelemente (26, 28, 30, 32) aufweist, die beabstandet zueinander angeordnet sind, und wobei zwischen den Luftleitelementen (26, 28, 30, 32) Kanäle mit frontseitigen Eintrittsöffnungen (58) und den Rotoren (12) zugewandten Austrittsöffnungen ausgebildet sind. Die Ablenkeinheit (14) weist mindestens zwei um parallel zu den Rotationsachsen (B) der Rotoren (12) verschwenkbar gelagerte Luftleitelemente (32) auf, wobei über eine Einrichtung in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit die Luftleitelemente (32) verschwenkt werden, um die Austrittsöffnungen der Ablenkeinheit (14) zu öffnen, zu schließen und in Zwischenstellungen mit verschiedenen Öffnungsweiten zu verbringen.



Beschreibung

[0001] Es werden eine Windkraftanlage mit zwei gegenläufig um eine vertikale Rotationsachse drehbaren Rotoren und ein Verfahren zum Steuern einer Windkraftanlage mit zwei gegenläufig um eine vertikale Rotationsachse drehbaren Rotoren beschrieben.

[0002] Hinsichtlich der Leistungsklassen unterscheidet man Klein-(Mikro-, Miniwindkraftanlagen), Mittel- und Großwindkraftanlagen mit jeweils unterschiedlichen Nennleistungen. Bei der Bauform wird in Bezug auf die Anordnung der Rotorachse zwischen horizontalen (HAWT – Horizontal Axis Wind Turbine) und vertikalen (VAWT – Vertical Axis Wind Turbine) Windkraftanlagen unterschieden. Die Umwandlung der kinetischen Energie in mechanische Energie erfolgt durch den Rotor der Windkraftanlage. So erfolgt bspw. bei Savonius-Rotoren (VAWT) die Energieumwandlung nach dem Widerstandsprinzip und bei herkömmlichen Windrädern (HAWT) nach dem Auftriebsprinzip (z.B. Horizontalanlage mit dreiflügeligem Rotor). Bei dem Auftriebsprinzip (z.B. Horizontalanlage) wird bei dem Vorbeiströmen des Windes an den Flügeln der Windkraftanlage ein Auftrieb ähnlich wie bei Flugzeugflügeln erzeugt, der den Flügel der Anlage in Rotation versetzt. Bei dem Widerstandsläufer (Savonius-Rotor) wird dem Wind ein Widerstand entgegengesetzt und der Rotor in Bewegung gesetzt.

[0003] VAWT-Anlagen eignen sich aufgrund des robusten Betriebsverhaltens, den geringen Schallemissionen und der Vermeidung von Schattenschlägen insbesondere für den Betrieb in Wohngebieten und an Standorten mit hohen Geräusch- und Lärmanforderungen. Nachteilig sind die geringen Wirkungsgrade dieser Anlagenform mit oftmals nur ca. 20%.

[0004] HAWT-Anlagen zeichnen sich durch hohe Wirkungsgrade von ca. 40% und günstigen Herstellkosten aus. Nachteilig sind Emissionen (Schall/ Vibrationen), Schattenwürfe und Diskoeffekte insbesondere bei tiefstehender Sonne. Darüber hinaus weisen diese Anlagen ein schlechteres Leistungsverhalten bei starken Windverhältnissen aus. Entsprechende Anlagen werden bei ca. 20 m/s aus dem Wind genommen und heruntergefahren.

[0005] Die gegenüber freiumströmenden Windenergieanlagen höhere Energieausbeute bei Mantelstromturbinen beruht auf der Tatsache, dass der die Turbine um- und durchströmende Wind durch den nach dem aerodynamischen Prinzip eines Flugzeugflügels arbeitenden Diffusor oder Ablenkeinheit beschleunigt wird. Ein Diffusor stellt eine Ummantelung des Rotors mit einem umgekehrten Trichter dar. Dieser Diffusor bewirkt eine zusätzliche Zirkulationsströmung, deren Geschwindigkeitskomponenten im

Diffusor gleichsinnig mit der Windströmung gerichtet sind und diese somit verstärkt.

[0006] Windkraftanlagen mit Savonius-Rotoren weisen jedoch gegenüber HAWT-Anlagen auch Vorteile auf. So kann der Wind von allen Seiten aufgenommen werden, ohne dass eine Windnachführung benötigt wird. VAWT arbeiten auch bei turbulenten Windverhältnissen problemlos – aufwendige Rotorblätter-Verstelleinrichtungen entfallen. VAWT-Anlagen brauchen bei Sturm nicht aus dem Wind genommen werden, wobei demgegenüber HAWT-Anlagen in der Regel zwischen 24–27 m/s abgeschaltet werden. Savonius-Rotoren sind robuster, zeigen kaum Verschleiß, sind nahezu wartungsfrei und günstig bei den Betriebskosten, da der mechanische Aufbau weit weniger komplex ist. Auch deshalb können Savonius-Rotoren für längere Betriebszeiten ausgelegt werden. Darüber hinaus sind Savonius-Rotoren fast geräusch- und emissionsfrei.

[0007] Die Rotoren solcher Windkraftanlagen weisen in der Regel mindestens zwei Flügel auf. Solche als VAWT bezeichneten Windkraftanlagen können neben Savonius- auch Darrieus-Rotoren aufweisen.

[0008] Windkraftanlagen mit Savonius-Rotoren weisen oftmals eine Ummantelung auf. Die Ummantelung dient dazu die auf die Rotoren treffende Luft zu kanalisieren und dadurch den Wirkungsgrad der Windkraftanlagen zu erhöhen.

[0009] Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Windkraftanlagen mit Savonius-Rotoren bekannt, welche beispielsweise in GB 2 496 277 A, FR 250 93 84 A1 oder DE 103 31 682 A1 beschrieben sind.

[0010] DE 103 31 682 A1 offenbart eine Windkraftanlage mit zumindest einem Rotor mit vertikaler Rotationsachse, der eine Anzahl von Rotorblättern umfasst, die in Umfangsrichtung in gleichen Abständen verteilt um einen freien Durchströmraum im Bereich der Rotationsachse herum angeordnet sind. Eine den Rotor teilweise umschließende Leitflächenkonstruktion weist einen seitlichen Strömungseinlass, der von zwei Leitflächen begrenzt wird, von denen die in Bezug auf die Umlaufrichtung des Rotors stromaufwärts gelegene Leitfläche einen konkav gewölbten horizontalen Querschnitt aufweist, und einen Strömungsauslass auf, der dem Strömungseinlass gegenüberliegt. Im Strömungseinlass ist zumindest eine Leitflosse angeordnet, die gemeinsam mit der stromaufwärts gelegenen Leitfläche einen Strömungskanal begrenzt, der sich zu einer Mündung hin verjüngt. Diese Mündung ist so ausgerichtet, dass der aus dem Strömungskanal austretende Luftstrom tangential auf die zylindrische Einhüllfläche des Rotors trifft.

[0011] FR 250 93 84 A1 offenbart eine Windkraftanlage mit zwei gegenläufig drehbaren Rotoren sowie zwei seitlichen Luftablenkmitteln, die verschwenkt werden können, um den Luftstrom auf die Rotoren in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit zu beeinflussen.

[0012] GB 2 496 277 A offenbart eine Windkraftanlage mit zwei gegenläufig drehbaren Rotoren sowie zwei seitlich angeordneten Ablenkelementen und einem mittigen, die beiden Rotoren mindestens abschnittsweise verdeckenden Ablenkelement. Das mittig angeordnete Ablenkelement sowie die seitlichen Ablenkelemente können verschwenkt werden, um in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit einen Luftstrom auf die Flügel der Rotoren einzustellen.

[0013] Horizontale Windkraftanlagen eignen sich gegenüber horizontalen Windkraftanlagen aufgrund des robusten Betriebsverhaltens, den geringen Schallemissionen und der Vermeidung von Schattenschlägen insbesondere für den Betrieb in Wohngebieten und an Standorten mit hohen Geräusch- und Lärmanforderungen. Jedoch sind die Wirkungsgrade bei vertikalen Windkraftanlagen oftmals geringer als bei horizontalen Windkraftanlagen. Durch die Anordnung von Ablenkeinrichtungen wird versucht, den auftreffenden Luftstrom gezielt so auf die Flügel der Rotoren zu bringen, dass eine Erhöhung des Wirkungsgrades erreicht wird. Problematisch bei den aus dem Stand der Technik bekannten Windkraftanlagen ist es jedoch, dass in Abhängigkeit der Stellung von beispielsweise mittig angeordneten Ablenkeinheiten, einströmende Luft auf einen zurückkommenden Flügel treffen kann, wodurch der Wirkungsgrad wieder reduziert wird.

[0014] Es ist daher Aufgabe, eine Windkraftanlage sowie ein Verfahren zum Steuern einer Windkraftanlage anzugeben, wobei der Wirkungsgrad von horizontalen Windkraftanlagen erhöht wird und die Windkraftanlage geräuscharm sowie ohne Vibrationen betrieben werden kann.

[0015] Die Aufgabe wird durch eine Windkraftanlage mit den in Anspruch 1 angegebenen technischen Merkmalen und durch ein Verfahren zum Steuern einer Windkraftanlage mit den in Anspruch 11 angegebenen technischen Merkmalen gelöst.

[0016] Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen im Detail angegeben.

[0017] Bei einer die Aufgabe lösenden Windkraftanlage mit zwei gegenläufig um eine vertikale Rotationsachse drehbaren Rotoren, die jeweils mindestens zwei Flügel aufweisen, und einer in Strömungsrichtung vorgelagerten Ablenkeinheit, welche die Rotoren jeweils mindestens abschnittsweise verdeckt, weist die Ablenkeinheit Luftleitelemente auf, die be-

abstandet zueinander angeordnet sind, wobei zwischen den Luftleitelementen Kanäle mit frontseitigen Eintrittsöffnungen und den Rotoren zugewandten Austrittsöffnungen ausgebildet sind.

[0018] Die Ablenkeinheit kann ferner ein mittig angeordnetes Luftleitelement aufweisen, das sich in Strömungsrichtung frontseitig erstreckt. Zudem können die Flügel der Rotoren zwischen einer oberen und einer unteren Rotorplatte angeordnet sein.

[0019] Durch die Ausbildung von Kanälen in der Ablenkeinheit wird die Luftzufuhr zu den Flügeln der Rotoren gegenüber ähnlichen Einrichtungen aus dem Stand der Technik verbessert. Im Stand der Technik werden zwei zueinander verschwenkbare Luftleitbleche offenbart, wobei über deren Stellung die Ablenkung der Luft zu den Rotoren erfolgt. Weist die Ablenkeinheit, wie bei der hierin beschriebenen Windkraftanlage vorgesehen, Kanäle auf, so strömt die Luft nicht nur entlang der Oberfläche der Ablenkeinheit und dem mittig angeordneten Luftleitelement entlang, sondern durchströmt auch die Ablenkeinheit, sodass in Abhängigkeit der Ausbildung der Luftleitelemente und der Kanäle auftreffende Luft auch zu den Bereichen der Rotoren geführt werden kann, welche bei den Anlagen aus dem Stand der Technik von den Luftleitblechen verdeckt sind. Ein mittig angeordnetes Luftleitelement ermöglicht die Aufteilung eines auftreffenden Luftstroms zu den beiden Rotoren. Die Ablenkeinheit kann ferner ein rückseitiges, mittiges Luftleitelement aufweisen, das an der Ablenkeinheit angeordnet ist und sich zumindest so weit nach hinten erstreckt, dass es die beiden Rotoren voneinander trennt.

[0020] Die Ausbildung der Ablenkeinheit ermöglicht es, einströmende Winde zu kanalisieren, leistungsmäßig zu beschleunigen und gebündelt auf die Flügel der Rotoren zu leiten. Aufgrund der entgegengesetzten Laufrichtung der Rotoren wird erreicht, dass sich Schwingungen und Emissionen aufheben und ein nahezu geräuschloser Betrieb ermöglicht wird. Schattenschlag und Diskoeffekte sind konzeptionell gering.

[0021] Die Luft strömt bei den hierin beschriebenen Windkraftanlagen gerichtet durch den sich verengenden Einströmungsbereich auf die Flügel der Rotoren. Die Luft durchströmt die Flügel, so dass die kinetische Energie der Luft in mechanische Energie (Rotationsenergie) umgewandelt wird. Jeder der Rotoren ist mit einem Generatorsystem verbunden, welches die mechanische Leistung der Rotoren in elektrische Leistung umwandelt. Das Generatorsystem besteht mindestens aus zwei Generatoren, einer Leistungselektronik und der Regelung und Steuerung des Systems.

[0022] Neben den Rotoren kann jeweils mindestens ein Ablenkelement angeordnet sein. Die seitlich

angeordneten Ablenkelemente dienen ebenfalls der Luftzufuhr bzw. Luftablenkung in Richtung zu den Rotoren.

[0023] Die Ablenkelemente können in weiteren Ausführungsformen mindestens einen Kanal mit einer Eintrittsöffnung und einer den Rotoren zugewandten Austrittsöffnung aufweisen, wobei der Querschnitt der Austrittsöffnung kleiner ist als der Querschnitt der Eintrittsöffnung. Über einen solchen Kanal kann an den Ablenkelementen entlang strömende Luft durch eine spezielle Krümmung der Öffnung auf Flügel der Rotoren geführt werden, die nicht direkt einströmender Luft ausgesetzt sind. Hierüber wird ebenso der Wirkungsgrad der Windkraftanlage erhöht. Der mindestens eine Kanal kann so ausgebildet sein, dass dieser einen sich verkleinernden Querschnitt aufweist, sodass eine Beschleunigung des Luftstroms auftritt. Zudem können die Ablenkelemente eine Krümmung aufweisen, die ein Entlangströmen der Luft auch durch den Kanal hindurch in einer bestimmten Ablenkrichtung bewirkt.

[0024] In weiteren Ausführungsformen weist die Ablenkeinheit mindestens zwei um parallel zu den Rotationsachsen der Rotoren verschwenkbar gelagerte Luftleitelemente auf, die im Bereich der Austrittsöffnungen angeordnet sind. In noch weiteren Ausführungsformen können auch im Bereich der frontseitigen Eintrittsöffnungen verschwenkbar gelagerte Luftleitelemente angeordnet sein. Die schwenkbar gelagerten Luftleitelemente ermöglichen die Menge der einströmenden Luft und die Menge der ausströmenden Luft auf die Rotoren zu steuern. Darüber hinaus kann die Geschwindigkeit der ausströmenden Luft beeinflusst werden, wenn die Weite der Kanäle verändert wird. Die Luftleitelemente sind hierzu mit Verstelleinrichtungen und einer Steuereinheit gekoppelt, welche beispielsweise in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit die Luftleitelemente verschwenkt.

[0025] In weiteren Ausführungsformen können neben den Rotoren jeweils zwei Ablenkelemente angeordnet sein, wobei mindestens eines der Ablenkelemente um eine parallel zu den Rotationsachsen der Rotoren verlaufende Achse verschwenkbar ist. Zwischen den beiden Ablenkelementen kann in sämtlichen Stellungen des mindestens einen verschwenkbar gelagerten Ablenkelementes ein Kanal bestehen oder der Kanal kann in Abhängigkeit der Stellung des mindestens einen verschwenkbar gelagerten Ablenkelementes auch vollständig verschlossen werden. Die beiden zu jeder Seite angeordneten Ablenkelemente weisen eine entsprechende Krümmung auf, sodass frontseitig auf die Windkraftanlage auftreffende Luft entlang mindestens eines frontseitig angeordneten Ablenkelementes entlangströmt und über den Kanal einen rückseitigen Bereich der Rotoren zugeführt wird. In Anhängigkeit eines hinteren verschwenkbar gelagerten Ablenkelementes kann da-

bei die Lufteintritts- und die Luftaustrittsweite des Kanals verändert werden, um die Menge, die Geschwindigkeit und die Richtung der einströmenden sowie der ausströmenden Luft zu verändern. Hierzu können Verstelleinrichtungen und eine damit gekoppelte Steuereinheit vorgesehen sein, die beispielsweise in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit mindestens eines der beiden verschwenkbar gelagerten Ablenkelemente zu jeder Seite verschwenkt, um eine entsprechende Menge an Luft mit einer einstellbaren Geschwindigkeit dem rückseitigen Bereich der Rotoren zuzuführen.

[0026] Mindestens die Luftleitelemente der Ablenkeinheit, der mindestens eine Kanal der Ablenkelemente und/oder die Oberflächen mindestens eines Bereichs der Ablenkelemente können eine gekrümmte Oberfläche aufweisen. Über die gekrümmte Oberfläche kann unter Ausnutzung des Coanda-Effekts eine Ablenkung der Luftströme erreicht werden. Dadurch kann gezielt Luft auf bestimmte Bereiche der Rotoren gebracht werden, sodass beispielsweise frontal auf die Windkraftanlage auftreffende Luft umgelenkt wird, um tangential zu den Rotationsachsen der Rotoren auf die Flügel zu treffen.

[0027] Die Oberfläche der Flügel kann eine Vielzahl von Erhebungen und Vertiefungen aufweisen. Analog zu einer entsprechenden Oberflächenausbildung bei Golfbällen werden Turbulenzströmungen der Luft verhindert und damit der Wirkungsgrad der Rotoren erhöht.

[0028] Die Oberflächen der Flügel können in weiteren Ausführungsformen Kanäle aufweisen. Die Kanäle vergrößern die Oberfläche der Flügel und erhöhen damit den Wirkungsgrad. Die Kanäle können auch so ausgebildet sein, dass diese ausgehend von einer Innen- oder Außenkante der Flügel abfallend oder ansteigend ausgebildet sind. Auch die Breite der Kanäle kann sich ausgehend von der Außenkante oder der Innenkante vergrößern bzw. verkleinern.

[0029] Die Flügel können an ihrer Außenkante zu ihrer Innenkante hin eine abnehmende Dicke aufweisen und/oder an der Außenkante der Flügel können drehbar gelagerte Zylinder angeordnet sein. Die beispielsweise über Kugellager drehbar gelagerten Zylinder werden durch einströmende Luft in Drehung versetzt. Die Zylinder wirken dabei wie Flettner-Rotoren und erzeugen eine quer zu Anströmung gerichtete Ablenkungskraft. Hierüber wird der Wirkungsgrad der Windkraftanlagen weiter erhöht.

[0030] Die Luftleitelemente können in weiteren Ausführungsformen zwischen einer oberen und einer unteren Leitplatte angeordnet sein und zumindest die untere oder die obere Leitplatte können mindestens eine Öffnung aufweisen, wobei die Öffnung in einen zwischen den Luftleitelementen gebildeten Ka-

nal mündet. Die Öffnung mündet insbesondere in die engste Stelle in dem entsprechenden Kanal. In diesem Abschnitt wird die frontseitig einströmende Luft beschleunigt und über die Öffnung einströmende zusätzliche Luft mitgerissen. Hierdurch ergibt sich eine weitere Erhöhung des Wirkungsgrads der Windkraftanlage.

[0031] Die Aufgabe wird auch durch ein Verfahren zum Steuern einer Windkraftanlage zwei gegenläufig um eine vertikale Rotationsachse drehbaren Rotoren, die jeweils mindestens zwei Flügel aufweisen, und einer in Strömungsrichtung vorgelagerten Ablenkeinheit gelöst, welche die Rotoren jeweils mindestens abschnittsweise verdeckt, wobei die Ablenkeinheit Luftleitelemente aufweist, die beabstandet zueinander angeordnet sind, und wobei zwischen den Luftleitelementen Kanäle mit frontseitigen Eintrittsöffnungen und den Rotoren zugewandten Austrittsöffnungen ausgebildet sind, wobei die Ablenkeinheit mindestens zwei um parallel zu den Rotationsachsen der Rotoren verschwenkbar gelagerte Luftleitelemente aufweist, die im Bereich der Austrittsöffnungen angeordnet sind, wobei über eine Einrichtung in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit die Luftleitelemente verschwenkt werden, um die Austrittsöffnungen der Ablenkeinheit zu öffnen, zu schließen und in Zwischenstellungen mit verschiedenen Öffnungsweiten zu verbringen.

[0032] Das Verfahren ermöglicht die Windkraftanlage bei verschiedenen Windgeschwindigkeiten derart optimiert zu betreiben, dass ein möglichst hoher Wirkungsgrad erzielt wird. Dies wird durch eine Veränderung der Stellung der verschwenkbar gelagerten Luftleitelemente erreicht, sodass über die verschiedenen Öffnungsweiten die Luftgeschwindigkeit und die beförderte Luftmenge auf die Flügel der Rotoren verändert werden können.

[0033] In weiteren Ausführungsformen sind neben den Rotoren jeweils zwei Ablenkelemente angeordnet und mindestens eines der Ablenkelemente ist um eine parallel zu den Rotationsachsen der Rotoren verlaufende Achse verschwenkbar, wobei über die Einrichtung in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit die Ablenkelemente verschwenkt werden, um den Abstand zwischen zwei benachbarten Ablenkelementen und die Luftführung entlang der Ablenkelemente zu verändern. Ein Verschwenken der Ablenkelemente bewirkt eine Veränderung des Abstands zwischen zwei benachbarten Ablenkelementen, sodass ein Kanal gebildet wird oder der Kanal zwischen den Ablenkelementen vergrößert wird. Hierüber kann die Luftmenge, welche auf die rückseitigen Bereiche der Rotoren strömt, verändert werden. Zudem kann durch eine Veränderung der Stellung der Ablenkelemente die Richtung verändert werden, um welche der Luftstrom abgelenkt wird. Da der Luftstrom an einer gekrümmten Oberfläche der Ab-

lenkelemente entsprechend gerichtet auf einem Bereich der Rotoren trifft, kann durch ein Verschwenken der Ablenkelemente auch der angeströmte Bereich verändert werden.

[0034] Weitere Vorteile, Merkmale sowie Ausgestaltungsmöglichkeiten ergeben sich aus der nachfolgenden Figurenbeschreibung. Die in den Figuren gezeigten und in der nachfolgenden Figurenbeschreibung angegebenen Merkmale können Bestandteil jeder der vorstehend beschriebenen Windkraftanlagen und Verfahren sein.

[0035] In den Zeichnungen zeigt:

[0036] Fig. 1 eine perspektivische Darstellung einer Windkraftanlage einer beispielhaften Ausführungsform;

[0037] Fig. 2 eine schematische Schnittdarstellung einer Windkraftanlage einer weiteren Ausführungsform;

[0038] Fig. 3 eine schematische Schnittdarstellung einer Windkraftanlage einer noch weiteren Ausführungsform;

[0039] Fig. 4 eine schematische Explosionszeichnung einer Windkraftanlage einer Ausführungsform;

[0040] Fig. 5 schematische Darstellungen von Ablenkelementen einer Windkraftanlage;

[0041] Fig. 6 schematische Darstellungen einer Ablenkeinheit einer Windkraftanlage;

[0042] Fig. 7a, b verschiedene schematische Darstellungen von Rotoren einer Windkraftanlage;

[0043] Fig. 8 eine schematische Schnittdarstellung einer Windkraftanlage einer noch weiteren Ausführungsform; und

[0044] Fig. 9a-j schematische Schnittdarstellungen verschiedener Rotoren für eine Windkraftanlage.

[0045] In den Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehene Teile entsprechen im Wesentlichen einander, sofern nichts anderes angegeben ist. Im Weiteren wird darauf verzichtet, Bestandteile und Komponenten zu beschreiben, welche nicht wesentlich für das Verständnis der hierin offenbarten technischen Lehre sind.

[0046] Fig. 1 zeigt eine perspektivische Darstellung einer Windkraftanlage **10** einer beispielhaften Ausführungsform. Die Windkraftanlage **10** weist eine Ablenkeinheit **14**, Rotoren **12**, Ablenkelemente **16** und **18** und mindestens eine obere Platte **20** und eine untere Platte **22** auf. Zudem weist die Windkraftan-

ge **10** weitere Komponenten auf, die in **Fig. 1** nicht dargestellt sind. Die Windkraftanlage **10** ist über eine Ständeranordnung um die Achse A drehbar gelagert. Daher kann die Windkraftanlage **10** bei sich verändernden Windverhältnissen dem Wind folgen, sodass die Vorderseite der Windkraftanlage **10** direkt in den Wind ausgerichtet ist. Zwischen der oberen Platte **20** und der unteren Platte **22** sind zwei Rotoren **12** drehbar gelagert. Die Rotoren **12** sind nebeneinander auf sich drehenden vertikalen Rotorwellen angeordnet. Die Rotoren **12** sind beispielsweise über Kugellager gelagert und mit der Rotorwelle verbunden, die mit einem Generator zur Stromerzeugung gekoppelt ist. Die Rotoren **12** sind so ausgebildet und angeordnet, dass diese bei einströmender Luft sich gegenläufig zueinander drehen. Bei gegenläufigen Rotoren **12** eliminieren sich Vibrationen im Wesentlichen. Dadurch wird ein geräuschreduzierter Betrieb erreicht, was eine Installation der Windkraftanlagen **10** in Wohngebieten ermöglicht.

[0047] Die Rotoren **12** sind an der Platte **20** und der Platte **22** über Aufnahmekugeln oder Axiallager gelagert. Die Rotoren **12** weisen jeweils drei doppelwandige, halbschalförmige Flügel **34** mit einer konvexen und konkaven Struktur auf. Die Struktur wird durch Kanäle **50** erzeugt (siehe **Fig. 7**).

[0048] Zwischen den Platten **20** und **22** ist eine Ablenkeinheit **14** angeordnet, deren Ausgestaltungsmöglichkeiten in den nachfolgenden Figuren dargestellt sind. Die Ablenkeinheit **14** weist ein frontseitiges Luftleitelement **26** auf, das unbeweglich ausgebildet ist. Zusätzlich sind Luftleitelemente **28**, **30** und **32** angeordnet, die so zueinander und zu dem Luftleitelement **26** angeordnet sind, dass Kanäle dazwischen bestehen. Über Eintrittsöffnungen **58** gelangt ein auftreffender Luftstrom in die zwischen den Luftleitelementen **26**, **28** und **30** gebildeten Kanäle. Über Austrittsöffnungen im Bereich der Luftleitelemente **32** tritt die über die Eintrittsöffnungen **58** einströmende Luft wieder aus der Ablenkeinheit **14** aus. Die Weite der Austrittsöffnungen wird über die hinteren Luftleitelemente **32** gesteuert, wozu die hinteren Luftleitelemente **32** um parallel zu Rotationsachsen B der Rotoren **12** verlaufende Achsen C drehbar gelagert sind. Durch die Stellung der Luftleitelemente **32** kann eingestellt werden, welche Menge an Luft durch die Ablenkeinheit **14** strömt und welche Geschwindigkeit der austretende Luftstrom hat.

[0049] Zusätzlich können in weiteren Ausführungsformen auch die Luftleitelemente **28** und **30** um parallel zu den Rotationsachsen B der Rotoren **12** verlaufende Achsen verschwenkbar sein. Die Stellung der Luftleitelemente **32** bzw. der Luftleitelemente **28** bis **32** kann damit vorgeben, wie viel Luft durch die Ablenkeinheit **14** strömen kann und damit auf Flügel **34** der Rotoren **12** trifft. Die Rotoren **12** weisen mindestens zwei Flügel **34** auf, die vorzugsweise halbscha-

lenartig ausgebildet sind. Die Rotoren **12** sind insbesondere als Savonius-Rotoren ausgebildet, wobei die einzelnen Flügel **34** an ihren Innenkanten nicht miteinander verbunden sind und damit einen Freiraum definieren.

[0050] Die Luftleitelemente **26** bis **32**, die zwischen einer oberen Leitplatte **40** und einer unteren Leitplatte **42** angeordnet sind, weisen einen Abstand zueinander auf, sodass auftreffende Luft in die zwischen den Luftleitelementen **26** und **32** gebildeten Kanäle einströmen kann und über entsprechende Austrittsöffnungen austritt und auf die Flügel **34** trifft. Die Ablenkeinheit **14** weist ein Element **48** auf, das sich zwischen den beiden Rotoren **12** erstreckt und innerhalb der Ablenkeinheit **14** so ausgebildet ist, dass eine Luftablenkung von in der Ablenkeinheit **14** einströmender Luft erfolgt. Eine beispielhafte Ausgestaltung des Elementes **48** ist in **Fig. 2** gezeigt. Die obere Leitplatte **40** weist eine Öffnung **24** auf, über welche zusätzliche Luft einströmen kann und mit dem Luftstrom durch die Ablenkeinheit **14** mitgerissen wird.

[0051] Die Windkraftanlage **10** weist neben den Rotoren **12** seitlich angeordnete Ablenkelemente **16** und **18** auf. Zu jeder Seite ist jeweils ein Ablenkelement **16** und ein Ablenkelement **18** angeordnet, die zwischen einer oberen Leitplatte **44** und einer unteren Leitplatte **46** angeordnet sind. Die Leitplatten **44** und **46** sind mit der Platte **20** bzw. **22** der Windkraftanlage **10** verbunden. Zum einen können die Ablenkelemente **16** und **18** über eine drehbewegliche Lagerung der Leitplatten **44** und **46** gemeinsam mit diesen in Bezug auf die Platten **20** und **22** verschwenkt werden. In weiteren Ausführungsformen sind die Leitplatten **44** und **46** fest mit den Platten **20** und **22** verbunden und nur das hintere Ablenkelement **18** ist drehbar gelagert. In weiteren Ausführungsformen kann zusätzlich das vordere Ablenkelement **18** drehbar gelagert sein. Die Drehachsen der Ablenkelemente **16** und **18** verlaufen parallel zu den Rotationsachsen B der Rotoren **12**. Zwischen den Ablenkelementen **16** und **18** besteht ein Luftspalt, sodass an dem vorderen Ablenkelement **16** entlang strömende Luft über eine entsprechende Ausbildung der Eintrittsöffnung **60** auf einen zurückkommenden Flügel **34** der Rotoren **12** geleitet werden kann.

[0052] Der Raum zwischen den Platten **20**, **22**, den Ablenkelementen **16**, **18** und der Ablenkeinheit **14** bildet einen Durchströmungskanal, in dem der Luftstrom massiv beschleunigt wird. Wirksam wird der aerodynamische Vorgang dadurch, dass die drei schaufelartigen Flügel **34** nicht auf einer gemeinsamen Rotorebene ausgerichtet sind. Eine frontale Anströmung der Flügel **34** wird dadurch vermieden.

[0053] Durch die trichterförmige Zuführung der Luftströmung steigt die Strömungsgeschwindigkeit bei sich verengendem Querschnitt an und die Strö-

mungsgeschwindigkeit ist dort am größten, wo der Querschnitt der Zuführung am kleinsten ist. Die zunehmende Querschnittsveränderung verursacht also auf der Einströmseite eine Beschleunigung des Luftstromes. Durch die Kanalisierung der anströmenden Winde kann die Strömungsgeschwindigkeit um das 3,5 fache erhöht werden. Dieses Prinzip ermöglicht eine Leistungserhöhung im Vergleich zu freiumströmenden Windkraftanlagen bei gleichem Rotordurchmesser um das bis zu 2,5-fache.

[0054] Die Oberflächen der Luftleitelemente **26**, **28**, **30** und **32** sowie der Ablenkelemente **16** und **18** sind so ausgebildet, dass die Oberflächen entlang strömende Luft der Krümmung der Oberflächen unter Ausnutzung des Coanda-Effekts folgt. Das Verstellen der Luftleitelemente **32** und der Ablenkelemente **16** und **18** erfolgt über eine Einrichtung zum Verschwenken der Luftleitelemente **32** und der Ablenkelemente **16** und **18**. Die Einrichtung kann eine der Anzahl der zu verstellenden Luftleitelemente **26** bis **32** und Ablenkelemente **16** und **18** entsprechende Anzahl an Elektromotoren oder anderen Stellantrieben aufweisen. Die Stellantriebe oder Elektromotoren sind mit Lagerzapfen oder Wellen der Ablenkelemente **16** und **18** und der Luftleitelemente **26** bis **32** verbunden, die durch die Achsen C, D und E verlaufen. Über eine Steuereinheit wird der Einrichtung mitgeteilt, in welchem Umfang ein Verschwenken der Luftleitelemente **26** bis **32** und der Ablenkelemente **16** und **18** erforderlich ist. Das Verschwenken wird durch die Steuereinheit in Abhängigkeit messbarer Umweltparameter ermittelt. Messbare Umweltparameter umfassen nicht abschließend die Windgeschwindigkeit und die Windrichtung.

[0055] Die Luft strömt bei der Windkraftanlage **10** gerichtet durch den sich verengenden Einströmungsbereich auf die Flügel **34** der Rotoren **12**. Die Luft durchströmt die Flügel **34**, so dass die kinetische Energie der Luft in mechanische Energie (Rotationsenergie) umgewandelt wird. Jeder der Rotoren **12** ist mit einem Generatorsystem (nicht dargestellt) verbunden, welches die mechanische Leistung der Rotoren **12** in elektrische Leistung umwandelt. Das Generatorsystem besteht mindestens aus zwei Generatoren, der Leistungselektronik und der Regelung und Steuerung des Systems. Die Generatoren sind bspw. hängend an den Rotorwellen über Hardyscheiben angeschlossen. Diese Konfiguration verhindert Radial-schwingungen.

[0056] Ein Ausrichten der Windkraftanlage **10** kann sowohl über einen Stellantrieb als auch automatisch erfolgen, wobei die Windkraftanlage bspw. eine Fahne aufweist. Über die Fahne wird stets sichergestellt, dass die Ablenkeinheit **14** frontseitig angeströmt wird. Die Fahne kann bspw. ein Leitblech sein, das am hinteren Ende im Bereich des Elements **48** an der Windkraftanlage **10** angeordnet ist.

[0057] Die Ummantelung der Rotoren **12** durch die Platten **20**, **22**, die Ablenkelemente **16**, **18** und die Ablenkeinheit **14** ermöglicht gegenüber freiumströmenden horizontalen und vertikalen Windkraftanlagen eine gerichtete Strömung des Windes auf die Rotoren **12** und ermöglicht, dass 85% des einströmenden Windes auf die Flügel **34** gelangt. Bei frei umströmten Anlagen gelangt lediglich 15% des einströmenden Windes auf die Flügel der Rotoren.

[0058] Fig. 2 zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer Windkraftanlage **10** in einer weiteren Ausführungsform. Bei der in Fig. 2 gezeigten Windkraftanlage **10** sind lediglich die Luftleitelemente **32** um Achsen C verschwenkbar gelagert. Zusätzlich sind die Ablenkelemente **16** um Achsen E und die Ablenkelemente **18** um Achsen D schwenkbar gelagert. In Fig. 2 sind zwei verschiedene Rotoren **12** dargestellt, wobei der eine Rotor **12** vier Flügel **34** und der andere Rotor **12** fünf Flügel aufweist. In der Regel weisen jedoch die Rotoren **12** eine gleiche Anzahl an Flügeln **34** auf.

[0059] Aus Fig. 2 ist insbesondere die Ausbildung der Ablenkeinheit **14** ersichtlich. Das frontseitige Luftleitelement **26** teilt einen frontal auftreffenden Luftstrom (in Zeichnungsrichtung von unten) in Richtung zu den beiden Rotoren **12**. Auftreffende Luft strömt durch die zwischen den Luftleitelementen **26** und **28** sowie **28** und **30** gebildeten Kanäle und wird über die Ausbildung des Kanals, die Ausbildung des Elementes **48** sowie die Ausbildung und Anordnung der Luftleitelemente **32** umgelenkt. Hierdurch ist es möglich, frontseitig einströmende Luft durch eine Verjüngung der Kanäle zu beschleunigen und durch die gekrümmte Ausbildung der Luftleitelementen **32** sowie des Elementes **48** so abzulenken, dass die Luft tangential zu den Rotationsachsen B der Rotoren **12** strömt. Darüber hinaus ist es möglich, frontseitig auftreffende Luft auch hinter zurückkommende Flügel **34** zu leiten. Bei der Ausgestaltung der Ablenkeinheit **14** kann in Abhängigkeit der Stellung der Luftleitelemente **32** die Menge und die Geschwindigkeit der ausströmenden Luft verändert werden. Hierzu sind die Luftleitelemente **32** mit einer Einrichtung zum Verschwenken der Luftleitelemente **32** verbunden, die über eine Steuereinheit betätigt wird. Die Steuereinheit ist beispielsweise mit einer Messeinrichtung zur Erfassung der Luftgeschwindigkeit gekoppelt. Hierdurch kann in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit die optimale Stellung der Luftleitelemente **32** ermittelt und ein Verstellen in die optimale Stellung erreicht werden. Dadurch wird der Wirkungsgrad der Windkraftanlage **10** erhöht.

[0060] Über die verschwenkbar gelagerten Ablenkelemente **16** und **18** können die bei konventionellen Windkraftanlagen nicht nutzbare Luftströme gezielt auf Flügel **34** geleitet werden, die sich auf der windabgewandten Seite der Windkraftanlage **10** befinden.

Durch die gekrümmte Ausbildung der Ablenkelemente **16** folgt ein entlang der Ablenkelemente **16** strömender Luftstrom der Krümmung und wird auf die strömungsabseitig gelegenen Flügel **34** geleitet. Zusätzlich bewirkt die Ausbildung und Stellung der Ablenkelemente **18** eine Luftzufuhr auf die strömungsabseitig gelegenen Flügel **34**.

[0061] Fig. 3 zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer Windkraftanlage **10** einer noch weiteren Ausführungsform. Die in Fig. 3 gezeigte Ausführungsform unterscheidet sich von den vorstehend gezeigten Ausführungsformen unter anderem dadurch, dass die Rotoren **12** jeweils drei Flügel **34** aufweisen, die sich ausgehend von ihrer Innenkante zu ihrer Außenkante vergrößern und an deren Außenkante drehbar gelagerte Zylinder **36** angeordnet sind. Die Zylinder **36** dienen dabei als Flettner-Rotoren und erzeugen durch die Rotation aufgrund der auftretenden Luft eine Kraft quer zur Windrichtung. Dies unterstützt die Rotation der Rotoren **12**, sodass der Wirkungsgrad der gesamten Windkraftanlage **10** erhöht wird.

[0062] In den Kanal **15** zwischen den Luftleitelementen **26**, **28**, **30** und **32** sowie dem Element mündet eine Öffnung, die analog zu der Öffnung **24** (Fig. 1) ausgebildet ist. Über diese Öffnung kann Luft von außerhalb der ummantelten Windkraftanlage **10** einströmen und wird über den von vorne auf die Ablenkeinrichtung **14** treffenden Luftstrom mitgerissen. Dieser Luftstrom trifft auf die gewölbte Fläche des Elements **48** von wo er zu den Luftleitelementen **32** hin abgelenkt. Über die Luftleitelemente **32** und die Ausbildung der Oberfläche des Elements **48** erfolgt eine gezielte Ablenkung des Luftstroms, der unter Ausnutzung des Coanda-Effekts dem Verlauf der Oberfläche folgt. Hierdurch wird ein Luftstrom tangential zu den Rotationsachsen B der Rotoren **12** eingebracht, der insbesondere hinter zurückkommende Flügel **34** geleitet wird.

[0063] Fig. 4 zeigt eine schematische Explosionszeichnung einer Windkraftanlage **10** einer beispielhaften Ausführungsform. In Fig. 4 sind Komponenten wie Kugellager, Generatoren, Steuereinrichtungen, Antriebe und weitere nicht dargestellt. Die in Fig. 4 gezeigte Darstellung umfasst die Platten **20** und **22**, die Leitplatten **40** bis **46**, die Ablenkelemente **16** und **18** sowie die Ablenkeinheit **14** und die Rotoren **12**. Zusätzlich ist eine zusammengesetzte Windkraftanlage **10** gezeigt.

[0064] Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung von Ablenkelementen **16** und **18** einer Windkraftanlage **10**. Auf der linken Seite von Fig. 5 sind zwei Ablenkelemente **16** und **18** mit ihren Leitplatten **44** und **46** dargestellt. Rechts davon ist die Darstellung ohne Leitplatten **44** und **46** gezeigt, wobei ersichtlich ist, dass auch bei einer nicht drehbar gelagerten Ausge-

staltung der Ablenkelemente **16** und **18** eine gezielte Luftablenkung aufgrund der Ausnutzung des Coanda-Effekts über das Ablenkelement **16** erreicht werden kann. Zudem ist die Eintrittsöffnung **60** zwischen den Ablenkelementen **16** und **18** größer als die Austrittsöffnung, sodass eine Beschleunigung des durchströmenden Luftstroms erreicht wird. Die Außenflächen der Ablenkelemente **16** und **18** können als Werbefläche oder zur Anbringung von Solarpanelen zur zusätzlichen Stromerzeugung genutzt werden.

[0065] Fig. 6 zeigt schematische Darstellungen einer Ablenkeinheit **14** einer Windkraftanlage **10**. Die Beschleunigung der Luft, welche durch die Ablenkeinheit **14** strömt, hängt insbesondere von dem Abstand der Luftleitelemente **26**, **28** und **30** zueinander und den dadurch gebildeten Eintrittsöffnungen **58** sowie der Weite der Kanäle ab. Darüber hinaus ist entscheidend, wie groß die Weite der Austrittsöffnungen im Bereich der Luftleitelemente **32** ist. Dabei spielt der Querschnitt der Luftleitelemente **32** und deren Verstellbarkeit eine entscheidende Rolle zur Beeinflussung der Luftgeschwindigkeit der ausströmenden Luft sowie der Luftmenge.

[0066] Fig. 7a, b zeigen verschiedene schematische Darstellungen von Rotoren **12** einer Windkraftanlage **10**. Fig. 7a zeigt eine perspektivische Darstellung eines Rotors **12** mit nur zwei Flügeln **34**. Ein dritter Flügel **34** ist aus Gründen der Übersichtlichkeit und zur besseren Darstellung der anderen beiden Flügel **34** nicht dargestellt. Die Flügel **34** sind so an einer Rotorplatte **38** angeordnet, dass die Innenkanten der Flügel **34** beabstandet zueinander sind. Hierdurch wird ein Freiraum zwischen den Innenkanten der Flügel **34** gebildet, wie bei Savonius-Rotoren üblich. Die Flügel **34** weisen zudem Kanäle **50** auf. Die Kanäle **50** vergrößern die Oberfläche der Flügel **34**.

[0067] Fig. 7b zeigt die Darstellung eines einzelnen Flügels **34** eines Rotors **12**. In Fig. 7b ist die Ausbildung der Kanäle **50** gezeigt. Die Kanäle **50** können ansteigend und abfallend ausgebildet sein, sodass eine entsprechende Strömung der eintreffenden Luft erreicht wird. Die Kanäle **50** können sich über die komplette Oberfläche der Flügel **34** erstrecken. Die spezielle Ausbildung der Kanäle verhindert, dass Verwirbelungen entstehen und erhöht damit den Wirkungsgrad der Windkraftanlage **10**.

[0068] Die Innenseiten der Flügel sind mit Kanälen **50** ausgestattet, hierdurch erhöht sich auf den Flügeln die Strömungsgeschwindigkeit um das 3,5-fache ähnlich einem Trichter (Kanalisationseffekt).

[0069] Die Flügel **34** mit je drei schaufelartigen rechts- und linksdrehenden Außenflügeln sind mit einem konvex/konkaven Wellenprofil konstruiert, wodurch die Flügelfläche vergrößert wird. Die Ober- und Unterseite des Rotors sind so verändert worden, dass

eine höhere Effizienz erreichbar wird. Die Oberseite der Rotorflügel ist durch vertikale, konkave Einschnitte so verändert, dass die Oberfläche insgesamt vergrößert worden ist. Die Unterseite ist durch konvexe Einschnitte verändert worden. Beide Veränderungen erhöhen den Auftrieb und somit die Effizienz um 30%.

[0070] In weiteren Ausführungsformen weisen die Flügel **34** an ihren Außenkanten ein höheres Gewicht auf als an ihren Innenkanten.

[0071] Dies kann einerseits durch eine zunehmende Dicke von der Innenkante zur Außenkante der Flügel **34** oder durch das Anbringen von zusätzlichen Gewichten erreicht werden. Diese Modifikationen können bei allen hierin beschriebenen Varianten vorgesehen sein. Die Rotoren **12** können am Ende der Peripherie eine Vielzahl von N-Magneten aufweisen. Durch das Gewicht entsteht eine Schwungmasse (vergleichbar dem Prinzip eines Kreisel).

[0072] Fig. 8 zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer Windkraftanlage **10** einer noch weiteren Ausführungsform. Bei dieser Windkraftanlage können die Ablenkelemente **16** und **18** sowie die Luftleitetelemente **32** um parallel zur Rotationsachse B der Rotoren **12** verlaufende Achsen verschwenkt werden, um die Luftzufuhr in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit entsprechend zu steuern. Die in Fig. 8 gezeigte Windkraftanlage **10** weist zwei unterschiedliche Rotoren **12** auf, wobei der linke Rotor **12** vier Flügel **34** und der rechte Rotor **12** sechs Flügel **34** aufweist.

[0073] Die Fig. 9a–j zeigen schematische Schnittdarstellungen verschiedener Rotoren **12** für eine Windkraftanlage **10**.

[0074] Der in Fig. 9a gezeigte Rotor **12** weist drei Flügel **34** auf, an welchen jeweils Flügelansätze **52** angeordnet sind. Die Flügelansätze **52** dienen als Segel und unterstützen die Rotation des Rotors **12**.

[0075] Fig. 9b zeigt einen Rotor **12** mit drei Flügeln **34**, die ausgehend von ihrer Innenkante eine zunehmende Dicke aufweisen.

[0076] Fig. 9c zeigt einen Rotor **12** mit drei Flügeln **34**, bei welchen der Abstand der Innenkanten der Flügel **34** größer ist als bei dem in Fig. 9b gezeigten Rotor **12**.

[0077] Fig. 9d zeigt einen Rotor **12** mit nur zwei Flügeln **34**. Fig. 9e zeigt einen Rotor **12** mit drei Flügeln **34**, die einen Freiraum **54** umgeben. In weiteren Ausführungsformen ist die in Fig. 9e gezeigte Ausbildung des Rotors **12** invertiert, wobei der Querschnitt der Rotors **12** ein Negativ des in Fig. 9e gezeigten Rotors **12** ist. Dabei werden die Flügel **34** an ihren Innenkan-

ten fest mit einem zylindrischen Block des Rotors **12** verbunden, welcher in der Mitte angeordnet ist.

[0078] Fig. 9f zeigt einen Rotor **12** mit drei miteinander verbundenen Flügeln **34**, die ausgehend von ihrer Außenkante eine zunehmende Dicke aufweisen. Zusätzlich sind Zylinder **36** angeordnet, die als Flettner-Rotor dienen und durch Anströmen von Luft in Rotation versetzt werden und eine Kraft quer zur Anströmrichtung erzeugen.

[0079] Fig. 9g zeigt eine weitere alternative Ausführungsform eines Rotors **12** mit fünf Flügeln **34**.

[0080] Fig. 9h zeigt eine weitere Ausführungsform eines Rotors **12** mit einer Vielzahl von Flügeln **34** und zusätzlichen Flügeln **56**, die um die mittlere Drehachse bzw. Rotationsachse B des Rotors **12** angeordnet sind.

[0081] Fig. 9i zeigt eine weitere Ausführungsform eines Rotors **12** mit sechs Flügeln **34**, die analog zu den in Fig. 9g gezeigten Flügeln **34** einen geschwungenen Querschnitt aufweisen.

[0082] Fig. 9j zeigt einen Rotor **12** mit einer Anordnung der Flügel **34** wie für Fig. 9h gezeigt, jedoch ohne Flügel **56**.

Bezugszeichenliste

10	Windkraftanlage
12	Rotor
14	Ablenkeinheit
15	Kanal
16	Ablenkelement
18	Ablenkelement
20	Platte
22	Platte
24	Öffnung
26	Luftleitelement
28	Luftleitelement
30	Luftleitelement
32	Luftleitelement
34	Flügel
36	Zylinder
38	Rotorplatte
40	Leitplatte
42	Leitplatte
44	Leitplatte
46	Leitplatte
48	Element
50	Kanal
52	Flügelansatz
54	Freiraum
56	Flügel
58	Eintrittsöffnung
60	Eintrittsöffnung
A	Achse

- B** Rotationsachse
- C** Achse
- D** Achse
- E** Achse

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

- GB 2496277 A [0009, 0012]
- FR 2509384 A1 [0009, 0011]
- DE 10331682 A1 [0009, 0010]

Patentansprüche

1. Windkraftanlage mit zwei gegenläufig um eine vertikale Rotationsachse drehbaren Rotoren (12), die jeweils mindestens zwei Flügel (34) aufweisen, und einer in Strömungsrichtung vorgelagerten Ablenkeinheit (14), welche die Rotoren (12) jeweils mindestens abschnittsweise verdeckt, wobei die Ablenkeinheit (14) Luftleitelemente (26, 28, 30, 32) aufweist, die beabstandet zueinander angeordnet sind, wobei zwischen den Luftleitelementen (26, 28, 30, 32) Kanäle mit frontseitigen Eintrittsöffnungen (58) und den Rotoren (12) zugewandten Austrittsöffnungen ausgebildet sind.

2. Windkraftanlage nach Anspruch 1, wobei neben den Rotoren (12) jeweils mindestens ein Ablenkelement (16; 18) angeordnet ist.

3. Windkraftanlage nach Anspruch 2, wobei die Ablenkelemente (16, 18) mindestens einen Kanal mit einer Eintrittsöffnung (60) und einer den Rotoren (12) zugewandten Austrittsöffnung aufweisen, wobei der Querschnitt der Austrittsöffnung kleiner ist als der Querschnitt der Eintrittsöffnung (60).

4. Windkraftanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Ablenkeinheit (14) mindestens zwei um parallel zu den Rotationsachsen (B) der Rotoren (12) verschwenkbar gelagerte Luftleitelemente (32) aufweist, die im Bereich der Austrittsöffnungen angeordnet sind.

5. Windkraftanlage nach Anspruch 2 oder 4, wobei neben den Rotoren (12) jeweils zwei Ablenkelemente (16, 18) angeordnet sind, wobei mindestens eines der Ablenkelemente (16; 18) um eine parallel zu den Rotationsachsen (B) der Rotoren (12) verlaufende Achse (D; E) verschwenkbar ist.

6. Windkraftanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei mindestens die Luftleitelemente (26, 28, 30, 32) der Ablenkeinheit (14), der mindestens eine Kanal der Ablenkelemente (16, 18) und/oder die Oberfläche mindestens eines Bereichs der Ablenkelemente (16, 18) eine gekrümmte Oberfläche aufweisen.

7. Windkraftanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Oberfläche der Flügel (34) eine Vielzahl von Erhebungen und Vertiefungen aufweist.

8. Windkraftanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Oberflächen der Flügel (34) Kanäle (50) aufweisen.

9. Windkraftanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Flügel (34) von ihrer Außenkante zu ihrer Innenkante hin eine abnehmende Dicke auf-

weisen und/oder an der Außenkante der Flügel (34) drehbar gelagerte Zylinder (36) angeordnet sind.

10. Windkraftanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Luftleitelemente (26, 28, 30, 32) zwischen einer oberen und einer unteren Leitplatte (40, 42) angeordnet sind und mindestens die untere oder die obere Leitplatte (40, 42) mindestens eine Öffnung (24) aufweisen, wobei die Öffnung (24) in einen zwischen den Luftleitelementen (26, 28, 30, 32) gebildeten Kanal (15) mündet.

11. Verfahren zum Steuern einer Windkraftanlage mit zwei gegenläufig um eine vertikale Rotationsachse (B) drehbaren Rotoren (12), die jeweils mindestens zwei Flügel (34) aufweisen, und einer in Strömungsrichtung vorgelagerten Ablenkeinheit (14), welche die Rotoren (12) jeweils mindestens abschnittsweise verdeckt, wobei die Ablenkeinheit (14) Luftleitelemente (26, 28, 30, 32) aufweist, die beabstandet zueinander angeordnet sind, und wobei zwischen den Luftleitelementen (26, 28, 30, 32) Kanäle mit frontseitigen Eintrittsöffnungen (58) und den Rotoren (12) zugewandten Austrittsöffnungen ausgebildet sind, wobei die Ablenkeinheit (14) mindestens zwei um parallel zu den Rotationsachsen (B) der Rotoren (12) verschwenkbar gelagerte Luftleitelemente (32) aufweist, die im Bereich der Austrittsöffnungen angeordnet sind, wobei über eine Einrichtung in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit die Luftleitelemente (32) verschwenkt werden, um die Austrittsöffnungen der Ablenkeinheit (14) zu öffnen, zu schließen und in Zwischenstellungen mit verschiedenen Öffnungsweiten zu verbringen.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei neben den Rotoren jeweils zwei Ablenkelemente (16, 18) angeordnet sind und mindestens eines der Ablenkelemente (16; 18) um eine parallel zu den Rotationsachsen (B) der Rotoren (12) verlaufende Achse (D; E) verschwenkbar ist, wobei über die Einrichtung in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit die Ablenkelemente (16; 18) verschwenkt werden, um den Abstand zwischen zwei benachbarten Ablenkelementen (16, 18) und die Luftführung entlang der Ablenkelemente (16, 18) zu verändern.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

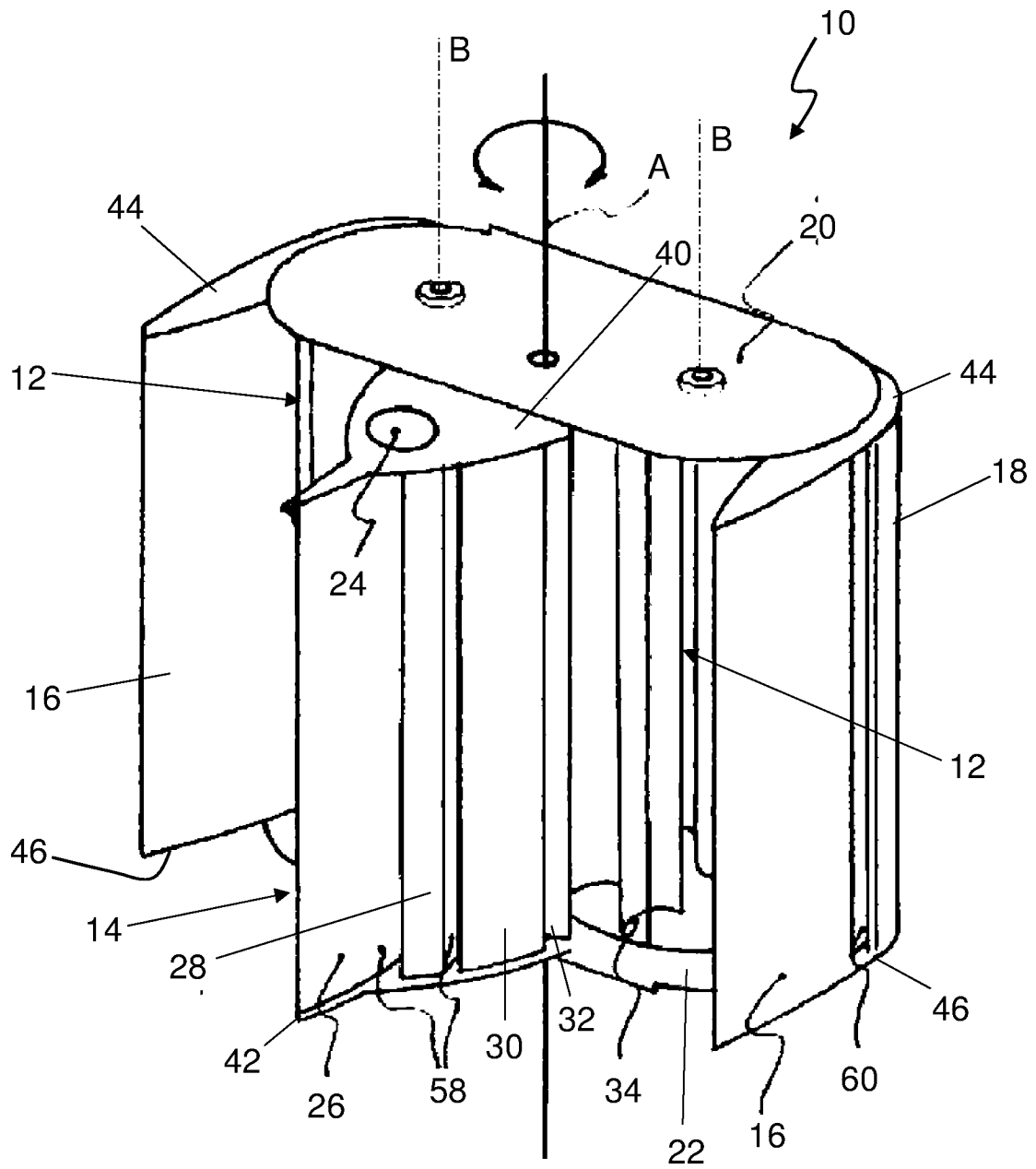


Fig. 1

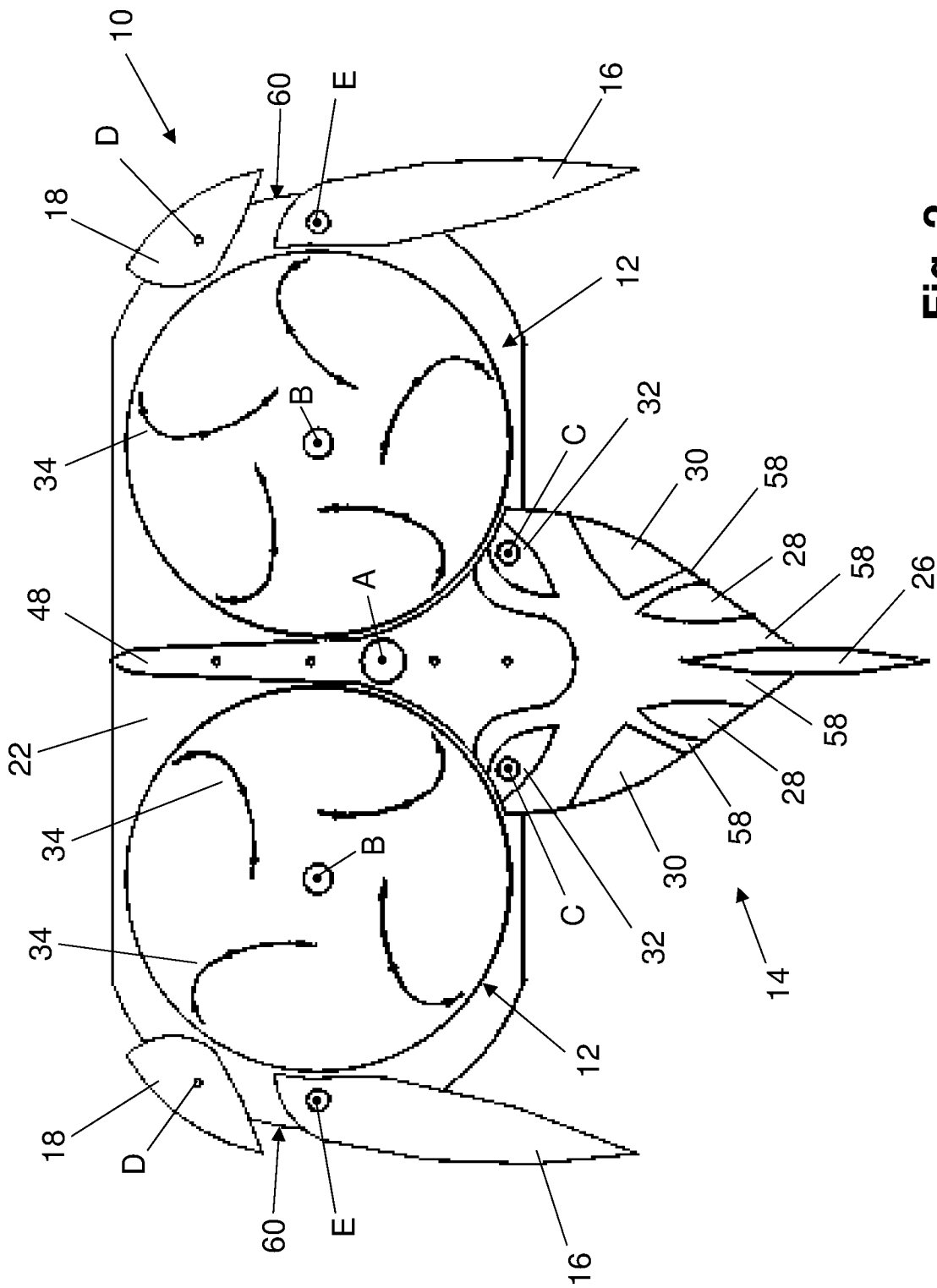


Fig. 2

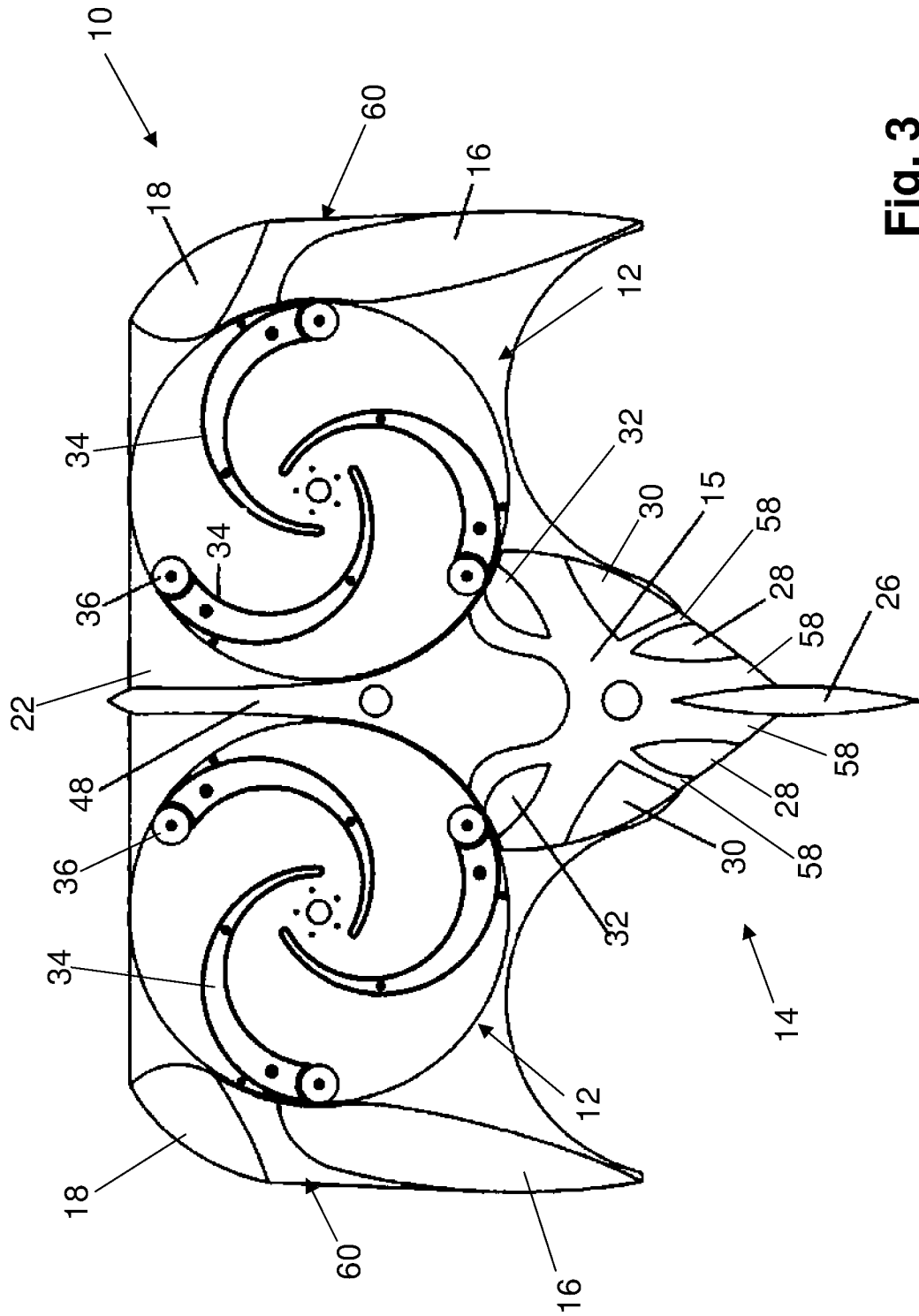


Fig. 3

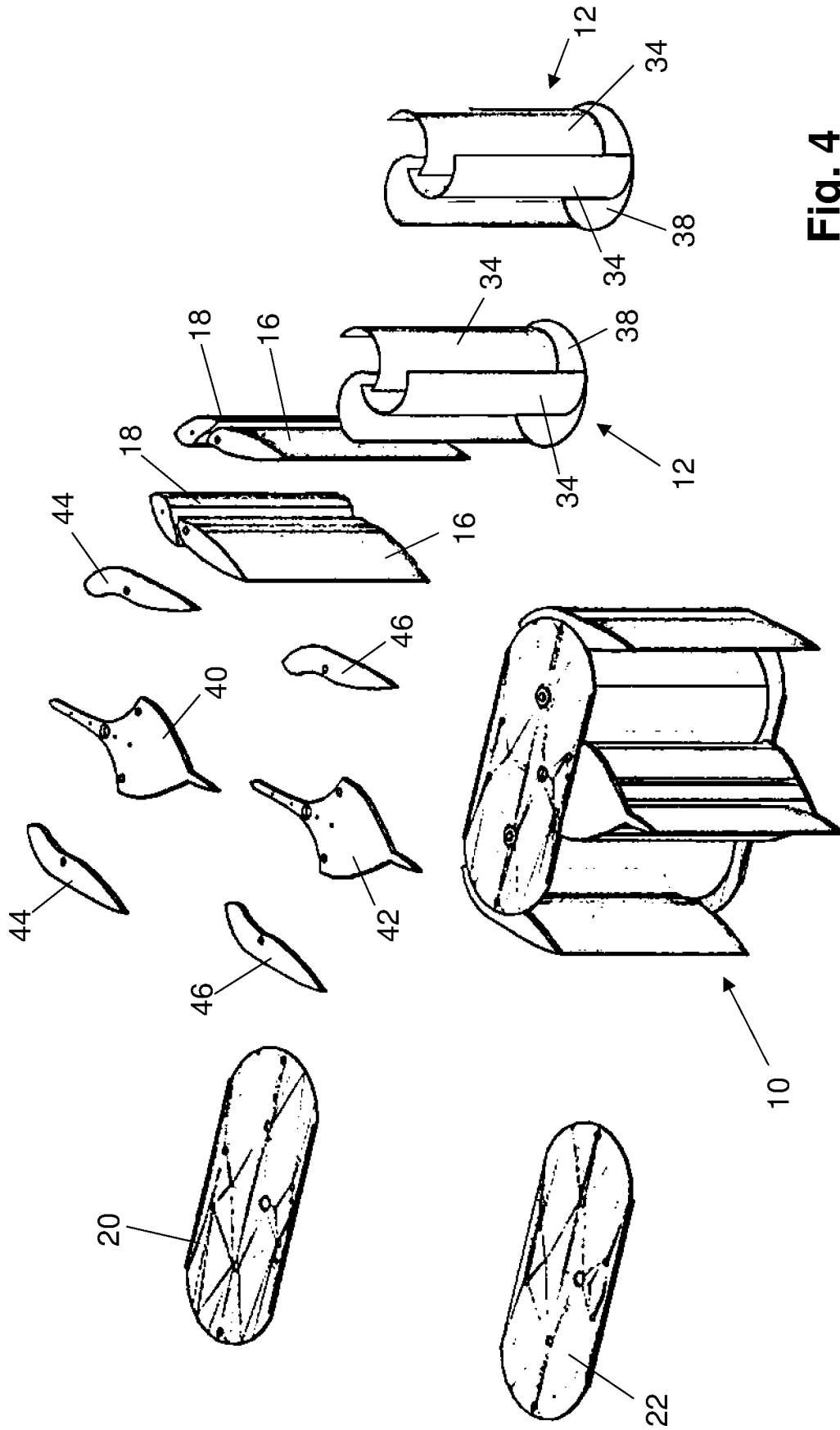


Fig. 4

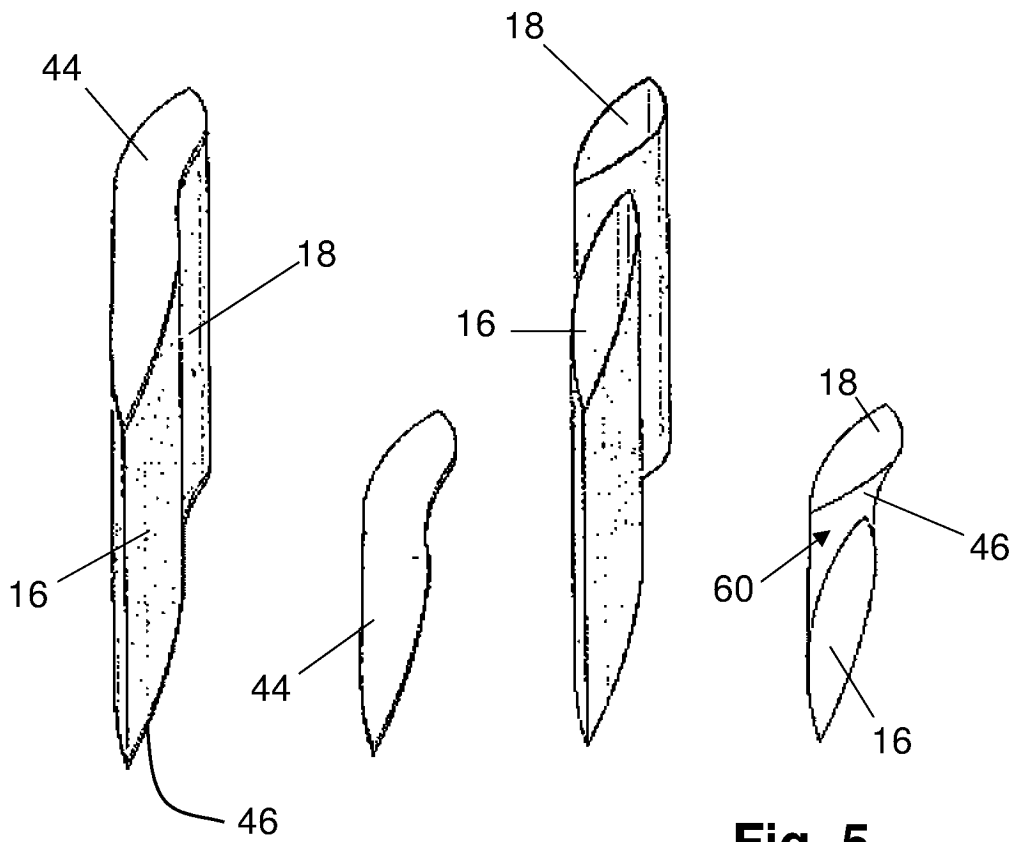


Fig. 5

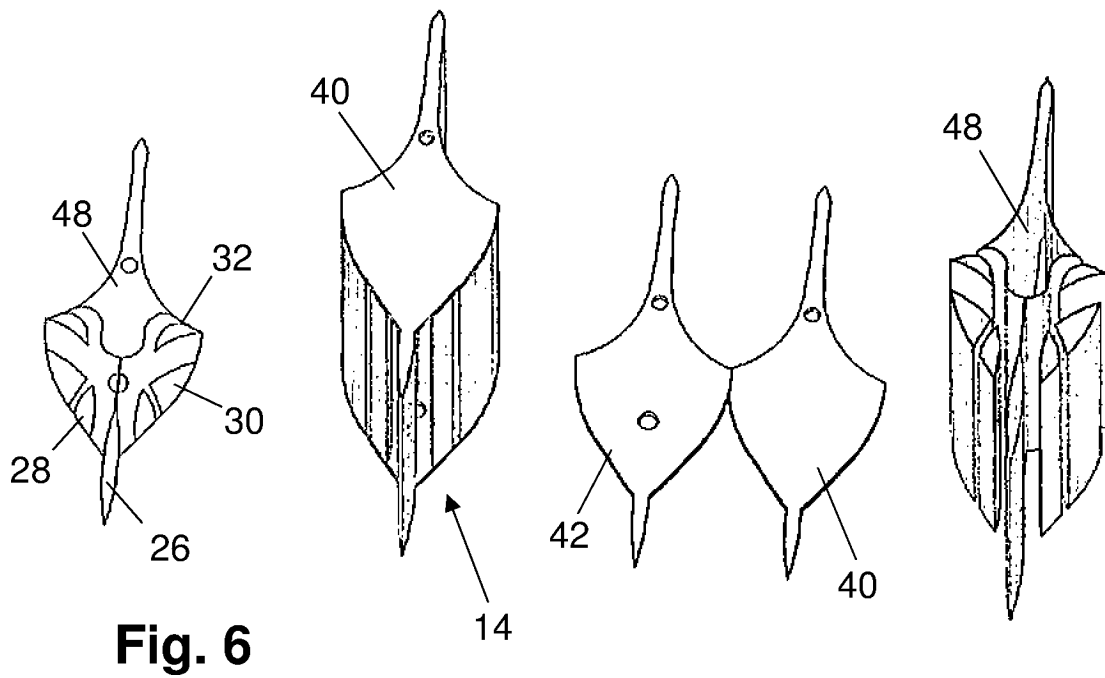


Fig. 6

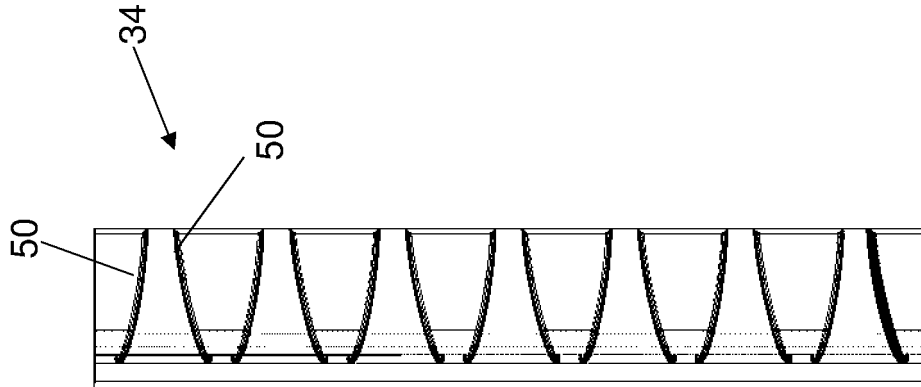


Fig. 7b

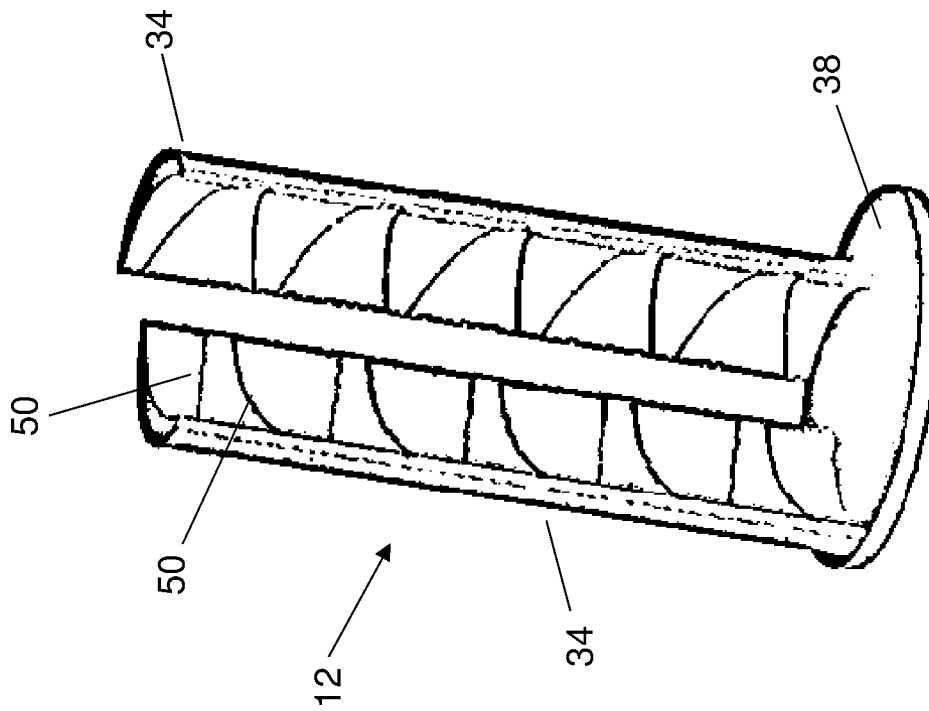


Fig. 7a

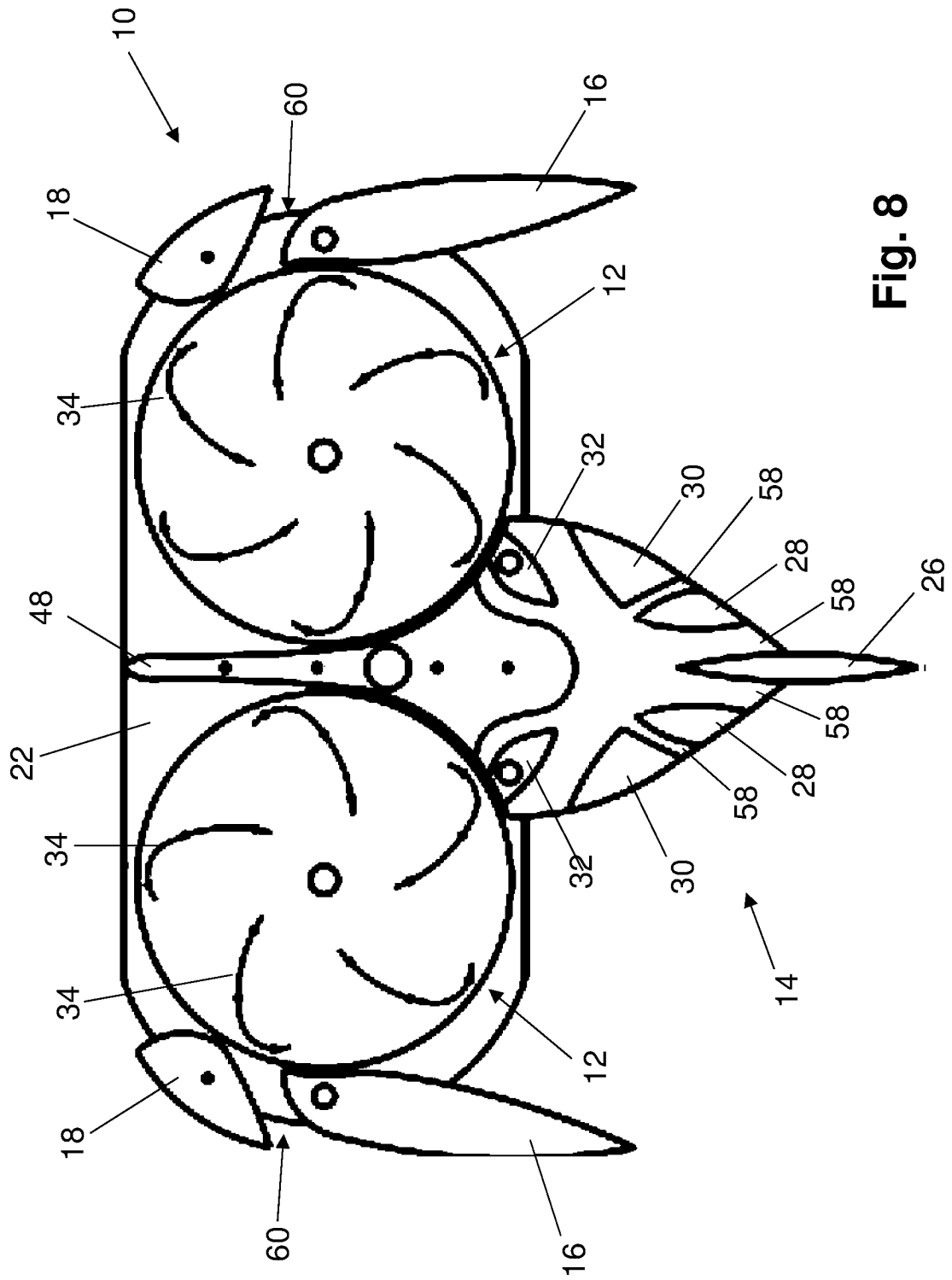


Fig. 8

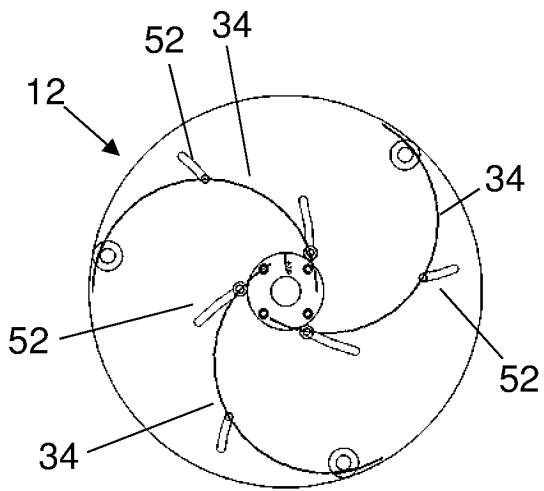


Fig. 9a

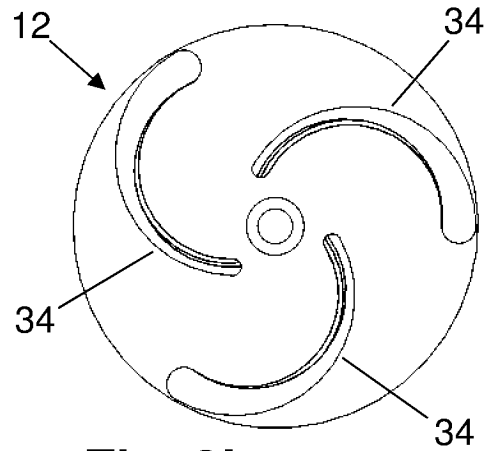


Fig. 9b

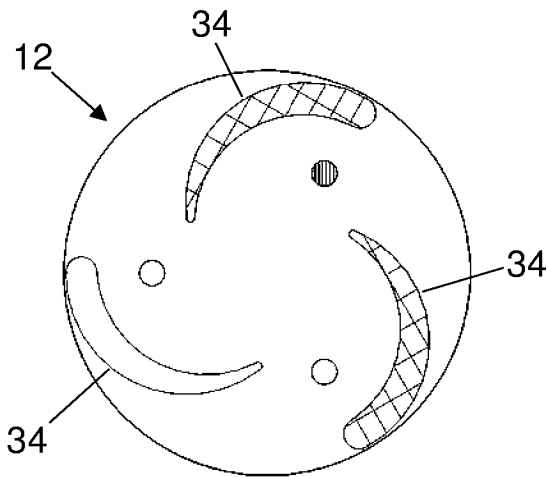


Fig. 9c

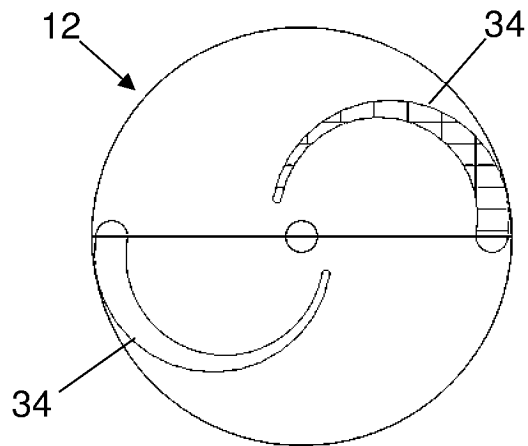


Fig. 9d

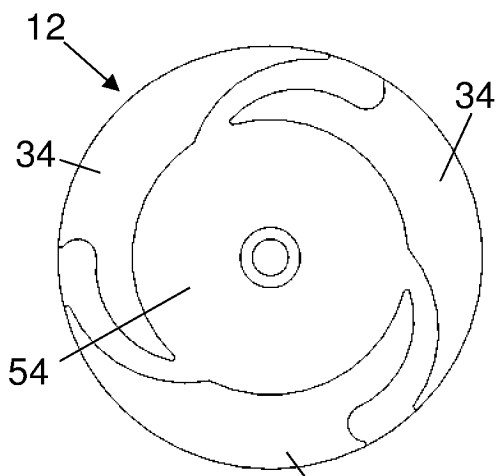


Fig. 9e

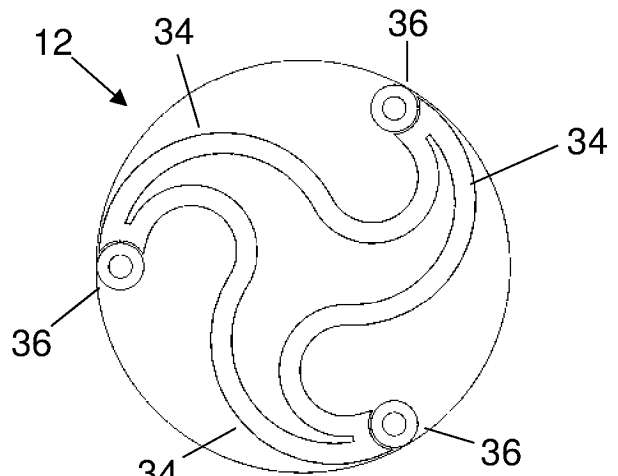


Fig. 9f

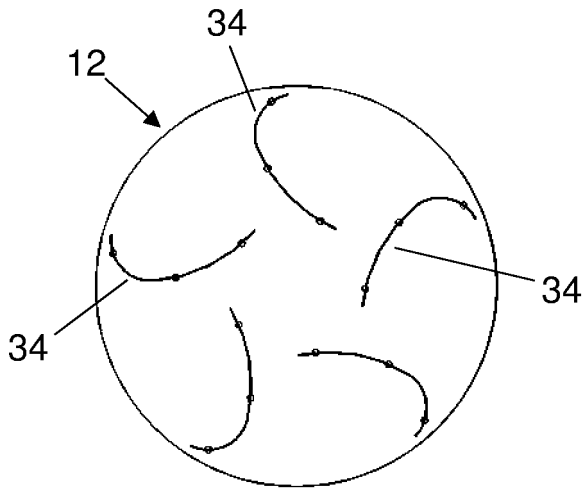


Fig. 9g

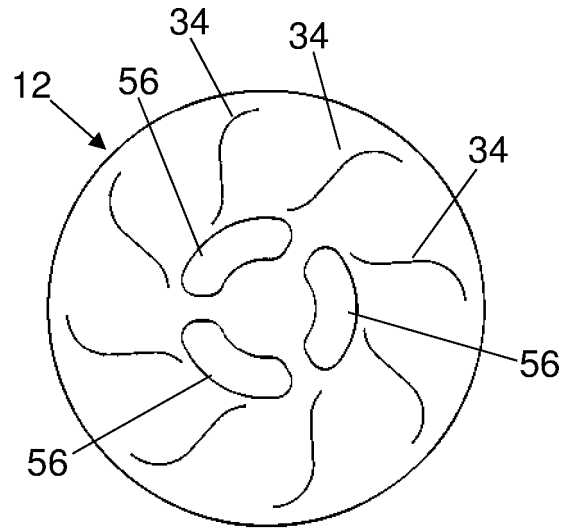


Fig. 9h

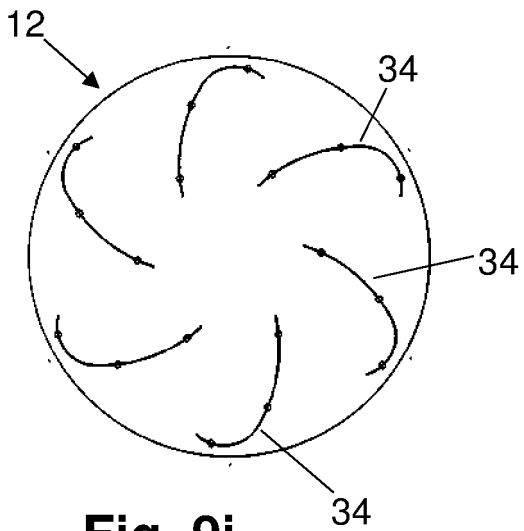


Fig. 9i

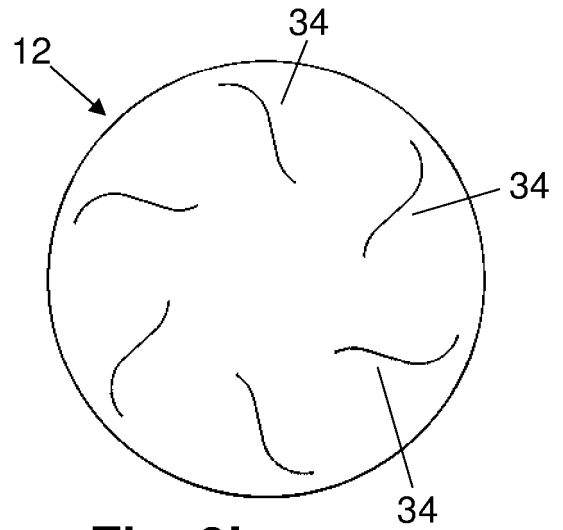


Fig. 9j