

(19)



(11)

EP 2 036 814 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

18.03.2009 Patentblatt 2009/12

(51) Int Cl.:

B63B 21/26 (2006.01)**B63B 21/50** (2006.01)(21) Anmeldenummer: **08163620.1**(22) Anmeldetag: **03.09.2008**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL BA MK RS(30) Priorität: **11.09.2007 DE 102007043268**(71) Anmelder: **Jähnig GmbH Felssicherung und
Zaunbau****01738 Dorfain (DE)**(72) Erfinder: **Jähnig, Jens****01738, Dorfain (DE)**(74) Vertreter: **Rüger, Barthelt & Abel****Patentanwälte****Webergasse 3****73728 Esslingen (DE)****(54) Metallskelett zur Errichtung unterseeischer Fundamente**

(57) Das erfindungsgemäße Metallskelett (16, 16a) eignet sich zum Aufbau unterseeischer Massivbauwerke aus Beton zum Aufbau von Ballastkörpern oder Schwergewichtsfundamenten (46). Das Metallskelett ist so aufgebaut, dass der es einhüllende Betonkörper durch die in das Metallskelett eingetragenen Zug-, Druck- oder Biegekräfte weitgehend nur auf Druck beansprucht wird. Sich unter Belastung deh nende Elemente sind vorzugs-

weise mit Kunststoff umhüllt, um eine Entkopplung vom umgebenden Beton und somit eine Entlastung desselben zu bewirken. Die Abstände zwischen den einzelnen Metallelementen sind vorzugsweise so groß, dass der verbleibende Betonkörper als unbewehrter Beton angesehen werden kann. Er bleibt nach dem Abbinden weitgehend rissfrei und unterliegt somit keiner nennenswerten Korrosion.

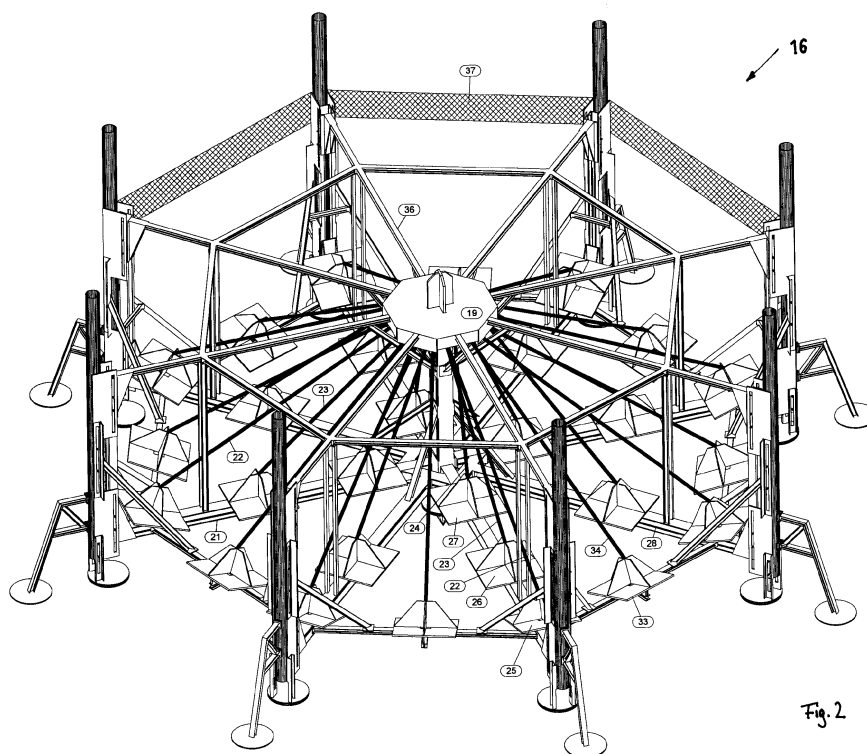


Fig. 2

EP 2 036 814 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Metallskelett für ein unterseeisches Massivbauwerk aus Beton, insbesondere zum Aufbau eines Ballastkörpers für Schwimmfundamente oder als Schwergewichtsfundament.

[0002] Zur Verankerung von Bauwerken in flacherem oder auch tieferem Wasser sind Schwimmfundamente bekannt, die Auftriebskörper umfassen. Der Auftrieb dieser Auftriebskörper ist größer als das von den Fundamenten zu tragende Gewicht. Derartige Schwimmfundamente werden durch eine geeignete zugfeste Verankerung am Meeresboden befestigt.

[0003] Zur Verankerung einer Schwimmkörperanordnung, die eine Windkraftanlage trägt, offenbart die DE 102 23 314 A1 Ballastkörper, die aufgrund ihres hohen Gewichts auf dem Meeresboden lagern. Die Ballastkörper werden an Land vorgefertigt, zum endgültigen Standpunkt geschleppt und dort installiert. Sie bestehen aus Beton.

[0004] Zur Verankerung von Windkraftanlagen auf See sind Ballastkörper erforderlich, die zusammengekommen einige tausend Tonnen wiegen. Die Erstellung von Betonkörpern derartiger Größe und die Verbringung auf See, stellt ein technisches, logistisches Problem und einen erheblichen Kostenfaktor dar.

[0005] Aus der GB 2 025 876 A ist ein Ballastkörper zur Verankerung von Schwimmplattformen bekannt. Der Ballastkörper wird durch einen großen zugfesten Beutel gebildet, der mit Lockermaterial gefüllt wird. An dem Beutel sind Zugseile verankert, von denen die Schwimmkörper gehalten werden.

[0006] Die Füllung von entsprechenden Beuteln mit Lockermaterial nutzt ggf. am Aufbauort vorgefundenes Material. Jedoch sind die so erstellten Ballastkörper nicht besonders formstabil. Bei dynamischer Last kann es zu Schwierigkeiten kommen. Es ist deshalb häufig ein Wunsch, den Ballastkörper selbst mit einer gewissen Festigkeit zu versehen. Hierbei muss aber sichergestellt werden, dass das so errichtete Betonbauwerk keine Risse bekommt, von denen im Seewasser ein korrosiver Angriff ausgehen könnte. Dies insbesondere, wenn entsprechende Ballastkörper über Jahre hinweg verlässlich Bestand haben sollen.

[0007] Davon ausgehend ist es Aufgabe der Erfindung, einen Weg anzugeben, mit dem sich belastbare langzeitstabile Verankerungselemente auf einfache Weise errichten lassen.

[0008] Diese Aufgabe wird mit einem Metallskelett gelöst, das zur Errichtung eines unterseeischen Verankerungselements aus Beton vorgesehen ist und die Merkmale des Anspruchs 1 aufweist:

[0009] Das erfindungsgemäße Metallskelett weist eine zentrale Verankerungseinrichtung zum Anschluss eines nach oben führenden Bauteils auf. Das nach oben führende Bauteil kann beispielsweise ein rein auf Zug beanspruchtes Verankerungsseil oder auch, bei Anwendung als Schwerelement, ein steifes Bauelement,

wie beispielsweise ein Turm, Mast, Pfosten oder dergleichen sein. Von der zentralen Verankerungseinrichtung gehen radial angeordnete Arme aus, die sich im Gebrauch etwa horizontal erstrecken. Die Arme sind vorzugsweise starr an der Verankerungseinrichtung befestigt. Sie können aber wenigstens im Transportzustand auch aufeinander zu und voneinander weg schwenkbar gelagert sein, um Transportvolumen zu sparen.

[0010] Das Metallskelett bildet ein Stahltragwerk. Das Stahltragwerk ist entsprechend seiner statischen Wirkungsweisen in zwei Tragwerkskomponenten untergliedert, nämlich eine Primärkomponente und eine Sekundärkomponente. Im Bauzustand, d.h. während der Montage und des nachfolgenden Betoniervorgangs übernimmt die Sekundärkomponente zunächst eine formgebende Funktion, indem sie den Schalungsdruck aufnimmt. Sie enthält eine Schalhaut, beispielsweise in Form eines tragfähigen Textilgewebes, das die Stahlkonstruktion unterseitig sowie in Umfangsrichtung über die gesamte Höhe vollständig umspannt und alle Lasten aus Betonierdruck in die Stahlkonstruktion einleitet. Im Gebrauchszustand, d.h. bei Betrieb der Windkraftanlage, übernimmt die Primärkomponente die Aktivierung des Schwergewichtsfundaments, indem sie die aufzunehmenden Zugkräfte in die Betonkonstruktion einleitet.

[0011] Eine Halteeinrichtung zur Aufstellung des Metallskeletts auf dem Meeresboden hält die Verankerungseinrichtung in einer Position, in der die Arme um eine festgelegte Distanz über dem Meeresboden positioniert sind. Diese Distanz ist vorzugsweise deutlich geringer als die Gesamthöhe des zu errichtenden Ballastkörpers. Sie beträgt beispielsweise 500 bis 1000 mm. Dies führt einerseits dazu, dass kleinere Unebenheiten des Meeresbodens von den Armen mit ausreichendem Vertikalabstand überspannt werden.

[0012] Zu der Halteeinrichtung gehören vorzugsweise im Randbereich der Stahlkonstruktion angeordnete vertikal verschiebbare Randstützen oder Füße. Beim Absetzen des Metallskeletts auf den Meeresgrund kann durch die Verschiebbarkeit der Randstützen oder Füße eine Unebenheit des Meeresbodens ausgeglichen werden. Deshalb ist die Sekundärkomponente des Metallskeletts selbstnivellierend. Auch im Fall einer stark unebenen Sohle wird ein planmäßiges Positionieren des Metallskeletts ermöglicht.

[0013] Später in das Metallskelett eingeführter Beton untergreift die Arme und schützt diese ausreichend vor korrosivem Angriff des Seewassers. Andererseits sind die Arme durch geeignete Mittel, wie beispielsweise Zuganker oder ein Fachwerk im Wesentlichen horizontal gehalten. Die Arme bilden einen den größten Teil des Betonkörpers untergreifenden Schirm zur Lasteinleitung in denselben. Die Arme sind vorzugsweise über Zugstreben nach Art einer Schrägseil-Brückenkonstruktion abgespannt. Die Zugstreben sind von dem Beton vorzugsweise entkoppelt. Dazu können Kunststoffhülsen oder Beschichtungen dienen, die die Zuelemente von dem Beton trennen. Über die Verankerungseinrichtung in das

Metallskelett eingeleitete nach oben gerichtete Zugkräfte, werden auf die Metallarme übertragen, die das darüber errichtete Betonbauwerk wie ein Schirm untergreifen. Das Betonbauwerk wird somit im Wesentlichen auf Druck beansprucht, was Rissbildung entgegenwirkt.

[0014] Die Einleitung der äußeren Seilkräfte kann außerhalb der Betonkonstruktion über entsprechende Aufhängepunkte, beispielsweise in Form vertikaler Scheiben erfolgen, die über eine gewisse Distanz z.B. 0,5 m über die Oberseite des Betonkörpers hinaus ragen und im Grundriss im Winkel beispielsweise orthogonal zueinander angeordnet sind. Ihre Höhe kann beispielsweise einen Meter betragen. Diese Elemente sind vorzugsweise starr mit einer Lastverteilungsplatte verbunden, die auf der Mittelstütze vertikal zumindest geringfügig verschiebbar gelagert und somit mit dieser nicht zugfest verbunden ist. Geringfügige Vertikalbewegungen, Hebungen und dergleichen können durch die auftretenden Verankerungskräfte bewirkt werden. Um die vertikale Verschiebbarkeit der Scheiben bzw. der Lastverteilungsplatte zu ermöglichen, werden in der Ankerplatte Durchbrüche zur Aufnahme der Mittelstütze vorgesehen. Außerdem werden die Scheiben im Bereich des randnahen Betonquerschnitts insbesondere seitlich beschichtet. Die Beschichtung kann zum Korrosionsschutz sowie zur Minderung der Haftung des Betons an der Ankerplatte dienen. An der Lastverteilungsplatte angreifende Horizontalkräfte werden in die umgebende Betonkonstruktion eingeleitet.

[0015] Bei Verwendung als Schwerkraftfundament gilt dies auch für von oben her eingeleitete Biegebeanspruchungen, die beispielsweise von einem auf dem Fundament montierten Mast herrühren können. Auch diese werden von den Armen weitgehend als Druckkräfte in den Beton eingeleitet. Die Höhe des auf den untersten Holmen der Arme liegenden Betons ist größer, vorzugsweise deutlich größer als die Höhe des unter den untersten Holmen der Arme liegenden Betons. Der bleibt vorzugsweise unbewehrt. Sollte aber, auf Grund des Anwendungszwecks als Schwerkraftfundament, der Einbau von Bewehrungsseisen, was der Rissbildung entgegenwirkt, erforderlich werden, ist dass komplikationslos möglich.

[0016] Das Metallskelett trägt außerdem eine Wandanordnung, die es zumindest an seinem Umfang, vorzugsweise aber auch an seinem Boden und ggf. auch an seiner Oberseite bedeckt. Diese Wandanordnung wird von Vertikalstreben gehalten, die an den Enden der Arme angeordnet sind. Die Wandanordnung dient dazu, in den umschlossenen Innenraum eingefüllten Frischbeton in gewünschter Form zurückzuhalten, bis er ausgehärtet ist. Die Kraftübertragung von dem nach oben führenden Bauteil auf den mit dem Metallskelett errichteten Fundamentkörper erfolgt jedoch nicht oder weniger über die Wandanordnung, sondern ganz oder vorwiegend durch die zentrale Verankerungseinrichtung und die von ihr wegführenden Arme sowie ggf. weiterer Aussteifungs- und Spannelemente, die zwischen den Armen

vorgesehen sein können und von Beton überdeckt sind.

[0017] Eine besonders wirtschaftliche Möglichkeit zur Errichtung von unterseeischen Fundamentkörpern ergibt sich unter Nutzung des erfindungsgemäßen Metallskeletts, wenn der Beton ein salzhaltiger Beton ist, der aus unterseeisch gewonnenen Zuschlagstoffen, geeigneten Bindemitteln, notwendigen Zusatzmitteln und salzhaltigem Seewasser als Anmachwasser hergestellt ist. In solchem Beton ergibt sich kein oder nahezu kein Konzentrationsgefälle zwischen dem Salzgehalt des umgebenden Seewassers und dem Beton selbst, wenn die Zuschlagstoffe und das Anmachwasser aus dem gleichen Seegebiet oder Meer stammen, in dem das Fundament auch errichtet werden soll. Das erfindungsgemäße Metallskelett kommt mit relativ wenig, dafür aber massiven Metallteilen aus, nämlich einer zentralen Verankerungseinrichtung und sich radial von ihr wegerstreckenden Armen. Diese untergreifen den Betonkörper in einer unteren Schicht desselben. Es können relativ massive Metallteile, wie T-Profile, I-Profile, U-Profile und dergleichen zur Errichtung des Metallskeletts zum Einsatz kommen. Außerdem ist es möglich als Spannelemente Spananker zu verwenden, die vorzugsweise kunststoffumhüllt sind. Die Kunststoffumhüllung trennt den vorzugsweise aus Stahl bestehenden Zuganker von dem umgebenden Beton und stellt einen in Grenzen elastischen Ausgleich zwischen dem Stahl und dem Beton bereit. Dadurch wird die belastungsbedingte Rissbildung im Beton vermindert oder beseitigt und das Vordringen von korrosivem Seewasser zu dem Stahl unterbunden. In diesem Zusammenhang ist es auch vorteilhaft, wenn die weiteren Bauteile zum Beispiel aus Profilstahl ausgebildet sind, der eine hohe Biegesteifigkeit und einen hohen Querschnitt aufweist.

[0018] Zur Eintragung der vertikalen Zugkraft in den Betonkörper sind auf den Haupt- bzw. Nebenträgern des unteren Trägerrostes mehrere, beispielsweise 28, Ankerplatten angeordnet. Diese können rund, rechteckig oder anderweitig geformt sein. Vorzugsweise haben sie eine Abmessung von 1,2 mal 1,2 Meter. An jeweils im 90°-Abstand angeordneten Hauptarmen können beispielsweise jeweils drei solcher Ankerplatten vorgesehen sein, während an dazwischen liegenden Armen weniger, wie beispielsweise zwei oder nur eine Ankerplatte vorgesehen sein können. Die einzelnen mit Ankerplatten versehenen Arme sind vorzugsweise über Freispielanker an der Lastverteilungsplatte aufgehängt. Die Freispielanker sind Zuganker, die von einem Hüllrohr umgeben sind, in dem sie sich zumindest etwas axial bewegen können. Eine auf die Lastverteilungsplatte einwirkende, nach oben gerichtete vertikale oder auch schräg nach oben gerichtete Zugkraft wird auf die Freispielanker verteilt und in die Ankerplatten eingeleitet. Die Ankerplatten bewirken somit eine nahezu gleichförmige Verteilung der eingeleiteten Kraft als Druckkraft, die von unten her auf den Betonkörper wirkt. Es stellt sich ein Gleichgewichtszustand zwischen äußerer Zugkraft und Gewichtskraft des Betonkörpers ein.

[0019] Weitere Einzelheiten vorteilhafter Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus der Zeichnung, der Beschreibung oder Ansprüchen. Die Beschreibung nennt wesentliche Aspekte der Erfindung und sonstiger Gegebenheiten. Die Zeichnung dient der Ergänzung. Insoweit können ihr Einzelheiten entnommen werden. Es zeigen:

Fig. 1 eine Windkraftanlage mit einem Schwimmfundament und drei Ballastkörpern,

Fig. 2 ein Metallskelett zur Errichtung eines Ballastkörpers nach Fig. 1,

Fig. 3 das Metallskelett nach Fig. 2 in einem Schnitt,

Fig. 4 das Metallskelett nach Fig. 2 und 3 in Draufsicht und einem anderen Maßstab,

Fig. 5 bis 7 alternative Anwendungsfälle für den Ballastkörper zur Verankerung von Schwimmfundamenten oder anderen schwimmenden Einrichtungen,

Fig. 8 ein unterseeisches Schwergewichtsfundament zur Verankerung eines Pfostens oder Mastes,

Fig. 8a das Schwergewichtsfundament nach Figur 8 mit Bewuchs, nach längerem Einsatz,

Fig. 9 ein Metallskelett zur Errichtung eines Schwergewichtsfundaments,

Fig. 10 das Schwergewichtsfundament nach Fig. 9 in Schnittdarstellung,

Fig. 11 das Schwergewichtsfundament nach Fig. 10 in Draufsicht und einem anderen Maßstab,

Fig. 12 den Einsatz des Schwergewichtsfundaments mit dem Metallskelett nach Fig. 9 bis 11 zur Errichtung einer Fischfarm.

[0020] In Fig. 1 ist eine Windenergieanlage 1 veranschaulicht, die auf See errichtet ist und zu einem größeren Windenergiepark gehören kann. Sie ist unterhalb einer Meeresoberfläche 2 verankert. Die Meereshöhe, d.h. der Abstand zwischen dem Meeresboden 3 und der Meeresoberfläche 2 kann relativ groß sein und 50 m übersteigen. Die Windenergieanlage 1 ist somit im Wasser, genau genommen im Seewasser errichtet. Der Begriff "Seewasser" umfasst Meereswasser, wie es in den Ozeanen und deren Randmeeren sowie Nord- und Ostsee vorkommt, die sich als bevorzugte Standorte für die dargestellte Windenergieanlage 1 eignen. Die Windenergieanlage 1 kann jedoch auch an Binnenseeständen errichtet werden, die Salzwasser oder auch Süßwasser führen.

[0021] Die Windenergieanlage 1 weist ein Schwimmfundament 4 auf, zu dem mehrere Auftriebskörper 5, 6, 7, gehören. Diese sind vorzugsweise in einer unter der Meeresoberfläche 2 liegenden Höhe angeordnet und durch Verstrebungen 8 untereinander und mit dem Turm 9 der Windenergieanlage 1 verbunden. Die Auftriebskörper 5, 6, 7 erzeugen einen in Fig. 1 durch Pfeile ange deuteten Auftrieb, der deutlich größer ist als das Gesamtgewicht der Windenergieanlage. Zur Verankerung ist das Schwimmfundament 4 über Verankerungsseile 10, 11, 12 mit Verankerungselementen 13, 14, 15 verbunden, die auf dem Meeresboden 3 ruhen. Die Verankerungselemente 13, 14, 15 weisen zusammenge nommen ein Gewicht auf, das ausreicht, die schwimmende Windenergieanlage 1 unter allen Strömungs- und Wetterbedingungen sicher am Ort zu verankern. Sie dienen als Ballastkörper.

[0022] Die Verankerungselemente 13, 14, 15 sind untereinander im Wesentlichen gleich ausgebildet. Nachfolgend wird das Verankerungselement 15 in Struktur und Aufbau stellvertretend für die beiden anderen Fundamentkörper 13, 14 beschrieben.

[0023] Wesentliches Bauelement des Fundamentkörpers 15 ist ein Metallskelett 16, wie es aus Fig. 2 ersichtlich ist. Dieses Metallskelett 16 ist in zwei Komponenten untergliedert, nämlich eine Primärkomponente und eine Sekundärkomponente. Die Primärkomponente umfasst alle Elemente, die der Lasteinleitung in den errichteten Betonkörper dienen. Die Sekundärkomponente umfasst alle Elemente, die der Errichtung des Betonkörpers, z.B. der Aufnahme des Schalungsdrucks usw. dienen.

[0024] Die Primärkomponente enthält eine zentrale Verankerungseinrichtung 17, die im vorliegenden Ausführungsbeispiel durch eine Lastverteilungsplatte 19 mit Anschlussstellen für weitere Teile des Skeletts gebildet ist. Die Lastverteilungsplatte 19 hat z.B. einen 8-eckigen Grundriss und weist an ihrem Außenumfang Kammerwände auf. Diese sind z.B. 200 mm hoch und mit einer Beschichtung versehen, die die Haftung des Betons an den Kammerwänden mindert oder unterbindet.

[0025] Die Lastverteilungsplatte 19 ist an einer aufrecht stehenden Säule 18 vertikal zumindest um einige Millimeter beweglich gehalten. Die Säule 18 gehört zu der Sekundärkomponente des Metallskeletts 16.

[0026] An die Säule 18 schließen sich seitwärts abgehende Elemente an. Solche Elemente sind z.B. Arme 21, die sich radial von der Säule 18 weg erstrecken. Das in Fig. 2 beispielhaft veranschaulichte Metallskelett 16 weist zunächst vier solcher Arme 21 auf, die sich etwa in Radialrichtung von der Säule 18 wegerstrecken und untereinander Winkel von 90° einschließen. Es wird darauf hingewiesen, dass die Anzahl der Arme 21 auch größer oder kleiner sein kann, wobei vorzugsweise die Winkel zwischen zwei benachbarten Armen 21 jeweils gleich sind. Die Arme 21 sind beispielsweise durch Stahlträger in Form von I-Profilen, T-Profilen oder anderen üblichen Walzprofilen gebildet. Sie sind untereinander im Wesentlichen gleich ausgebildet, so dass das Metallskelett 16

auf einer großen Anzahl von Gleichteilen beruht, die in Serie gefertigt werden können. Die Arme 21 können sich, wie Fig. 3 zeigt, in Aufbaustellung in Horizontalrichtung erstrecken. Sie können jedoch auch leicht nach oben oder unten geneigt sein, falls dies gewünscht ist. Sie sind von der Säule 19 in einer gewünschten Höhe von beispielsweise einem Meter oberhalb des Meeresbodens 3 gehalten. Sie bestehen aus einem geeigneten Baustahl und sind unbehandelt oder können auch, je nach Anforderung, mit einer korrosionsschützenden Oberfläche versehen sein. Die Arme 21 weisen eine Länge entsprechend der Größe des gewünschten Fundamentkörpers, beispielsweise einer Länge von 5 bis 10 Metern auf.

[0027] Die einzelnen Arme 21 sind, wie Fig. 2, insbesondere aber auch Fig. 3 zeigt, durch Zugstäbe 22, 23, 24 mit der Lastverteilungsplatte 19 verbunden. Die Zugstäbe 22, 23, 24, laufen dabei schräg von der Lastverteilungsplatte 19 zu dem Arm 21. Sie sind vorzugsweise als Freispielanker ausgebildet. Dazu weisen sie z.B. einen zugfesten Kern in Form eines Zugstabs oder eines anderen zugfesten Mittels und eine Umhüllung auf, die den Kern von dem umgebenden Beton wenigstens soweit separiert, dass sich der Kern in Axialrichtung ohne Kraftübertragung auf den Beton bewegen oder dehnen kann. Als Zugstäbe werden vorzugsweise ummantelte Stahlstangen, Stahlseile oder dergleichen vorgesehen. Vorzugsweise besteht die Ummantelung aus Kunststoff, beispielsweise Polyethylen, um den Zugstab korrosionssicher einzuschließen. Es können als Zugstäbe 22 bis 26 oder als sonstige Zuelemente vorgefertigte ummantelte Elemente verwendet werden, wie sie als Felsanker zur Felsicherung gebräuchlich sind.

[0028] Die Zugstäbe 22, 23, 24 sind in spitzen Winkeln zueinander orientiert. An ihren jeweiligen oberen Enden sind sie an der Lastverteilerplatte 19 vorzugsweise an deren Unterseite innerhalb der an ihr ausgebildeten nach unten offenen Kammern gefasst. Sie laufen zu den Armen 21 und sind dort gegebenenfalls mittels geeigneter Knotenbleche an Verankerungsplatten 25, 26, 27 gefasst. Die Verankerungsplatten 25, 26, 27 sind an dem Arm 21 je nach Ausführung fest oder beweglich gehalten.

[0029] Zwischen den vier Armen 21 sind im 45°-Abstand vier weitere Arme 28 angeordnet, die z.B. jeweils zwei Verankerungsplatten 29, 30 tragen. Diese sind mit Zugstäben 31, 32 verbunden, die sich schräg zu der Lastverteilerplatte 19 erstrecken. Die Zugstäbe 31, 32 sind vorzugsweise als Freispielanker ausgebildet.

[0030] Die Arme 21, 28 sind an ihren äußeren Enden mit Streben verbunden, die sich horizontal ungefähr in Umfangsrichtung erstrecken und somit die Kanten eines 8-Ecks festlegen. Diese Streben können jeweils wiederum eine Verankerungsplatte 33 tragen, die mit der Lastverteilerplatte über einen Zugstab 34 verbunden ist.

[0031] Die Enden der Arme 21, 28 tragen Vertikalstreben 35, die die unteren Arme 21, 28 mit dem oberen Armen 36 verbinden.

[0032] Das Metallskelett 16 ist außen von einer Wandanordnung 37 umgeben, die, wie Fig. 2 zeigt, den

Außenumfang des Metallskeletts 16 vollständig gegen die Umgebung abgrenzt. Außerdem kann die Wandanordnung 37 einen Boden beinhalten, der im Gebrauch auf dem Meeresboden 3 liegt. Zur Abstützung können an der Wandanordnung ein oder mehrere in Umfangsrichtung umlaufende Spannseile vorgesehen sein. Der Boden kann ganz geschlossen sein oder auch eine kleinere oder auch größere mittige Ausnehmung aufweisen. In vielen Fällen genügt es, wenn sich die Wandanordnung (die aus einem technischen Textil bestehen kann) ein oder wenige Meter radial nach innen erstreckt und in Abhängigkeit von der Qualität des Meeresbodens, der übrige, durch das Metallskelett 16 überbaute Meeresboden nicht bedeckt wird.

[0033] Die Säule 18 kann unten mit einer Halteeinrichtung 34 zur Aufstellung des Metallskeletts 16 auf dem Meeresboden 3 versehen sein. Die Halteeinrichtung 34 kann beispielsweise, in Abhängigkeit von der Qualität des Meeresbodens, ein sich von der Säule 18 vertikal nach unten erstreckender spitzer oder bohrender Abschnitt 38 sein, der sich beim Aufstellen des Metallskeletts 16 in den Meeresboden bohrt oder rammt. Er hält die Säule 18 in aufrechter Position und somit das Metallskelett 16 in einem gehörigen Abstand schwebend über dem Meeresboden 3.

[0034] An den Vertikalstreben 35 sind Füße 39 vertikal verstellbar gelagert. Vorzugsweise sind sie in Schieberführungen 40 gelagert, in denen sie bei Überwindung einer entsprechenden Reibkraft vertikal verstellt werden können. Die Füße sind außerhalb der Wandanordnung 37 angeordnet. Innerhalb der Wandanordnung sind Füße 41 gelagert, die ebenfalls höhenverstellbar sein können. Ihre Funktion besteht darin, den Boden der Wandanordnung vor dem Betonieren am Meeresboden zu halten.

[0035] An dem der Lastverteilerplatte 19 kann ein nicht weiter veranschaulichtes Verbindungsmittel, beispielsweise in Form einer Zugöse vorgesehen sein, an der sich ein oder mehrere Verankerungsseile befestigen lassen.

[0036] Die Wandanordnung 37 besteht vorzugsweise aus einem wasserdurchlässigen und etwas beweglichen Material und bildet eine Schalhaut.

[0037] Als Schalhaut wird ein hoch tragfähiges Textilgewebe zum Einsatz gebracht. Die dichte Membran umspannt die Stahlkonstruktion in Form einer Hülle unterseitig sowie im Umfangsbereich über die gesamte Bauteilhöhe. Der Beton wird als Füllstoff in die Hülle eingebracht. Die aus dem Betonierdruck resultierenden Zugkräfte der Hülle werden über die Randstützen in das Raumtragwerk eingeleitet. Im erhärteten Zustand wirkt das massige Betonbauteil auf Grund seines hohen Eigengewichtes den Seilkräften entgegen.

[0038] Die Schalhaut kann auch beispielsweise einen Metallträger aufweisen, der mit einem technischen Textil verbunden ist. Der Metallträger kann durch ein Metallnetz, ein Metallgitter, Streckmetall oder ähnliches gebildet sein. Seine Innenseite ist vorzugsweise lückenlos mit einem technischen Textil, wie beispielsweise einem

Vlies, einem dünnen Filz, einem Gewebe, Matten oder dergleichen belegt. Der Metallträger kann durch zwei umlaufende Stahlseile abgestützt sein.

[0039] Zur Errichtung des Fundamentkörpers 15 wird zunächst das Metallskelett 16 in der beschriebenen Form in Horizontalposition auf dem Meeresboden 3 abgesenkt. Die Füße 39 befinden sich in tiefstmöglicher Position unterhalb der Spitze 39 der Säule 18. Beim Aufstellen des Metallskeletts auf dem Meeresboden schieben sich die Füße 39 in den Schiebeführungen 40 so weit wie nötig nach oben, wobei sie sich an die Unebenheiten des Meeresbodens anpassen. Die Arme 21 bleiben in Horizontalposition und in ungefähr konstantem Abstand zu dem Meeresboden. Dieser Abstand beträgt vorzugsweise etwa 1 m, während die Gesamthöhe der Säule 18 und somit des Fundamentkörpers 15 mehrere Meter, beispielsweise 5 bis 10 m betragen kann.

[0040] Nachdem das Metallskelett 16 aufgestellt ist, wird es mit Frischbeton gefüllt. Dieser wird über einen geeigneten Frischschlauch oder ein Füllrohr von oben her, in den Innenraum der Wandanordnung 37 eingefüllt. Der Frischbeton wird vorzugsweise von einer schwimmenden Produktionseinrichtung, beispielsweise einem entsprechend ausgerüstetem Schiff hergestellt. Dazu führt das Schiff das erforderliche Bindemittel, beispielsweise Zement und Flugasche sowie Zusatzmittel in geeigneten Bunkern mit sich. Als Zuschlagstoff und als Anmachwasser werden vorzugsweise unterseeisch gewonnene Sande und Kiese in unklassiertem Zustand verarbeitet. Als Anmachwasser dient vorzugsweise Seewasser. Es entsteht somit ein salzhaltiger Beton, dessen Salzgehalt mit dem Salzgehalt des umgebenden Meerwassers im Wesentlichen übereinstimmt.

[0041] Der mit dem umgebenden Meerwasser in Salzgleichgewicht stehende Frischbeton füllt den Innenraum der Wandanordnung 37 von unten nach oben und hüllt dabei die Arme 21, 28 und sämtliche Zuganker vollständig ein. Der Beton schließt an den äußeren Rand der Lastverteilerplatte 19 an, ohne sie zu überdecken und ohne in deren nach unten offene Kammern einzudringen. Das vorher in der Wandanordnung 37 befindliche Seewasser wird von dem Beton nach außen verdrängt.

[0042] Der Beton kann beispielsweise in seiner Rezeptur so kreiert sein, dass mit abbindungsverlangsamenden Zusatzmitteln, mit denen er versetzt sein kann, oder mit der Verwendung entsprechender Zemente, die entstehende Hydratationswärme im Kern des Fundamentkörpers 15 zu steuern und somit einer Rissbildung im Betonkörper entgegen zu wirken. Bedarfsweise können an dem Metallskelett 16 auch Kühlschläuche vorgesehen werden, die von dem Beton umschlossen werden und durch die während des Abbindens des Betons Meerwasser gepumpt wird. Letzteres stellt jedoch einen gern zu vermeidenden Aufwand dar.

[0043] Ist der Konstruktionsbeton durchgehärtet, kann das Zugseil 12 angebracht werden. Das Verankerungselement 15 kann nun nach oben gerichtete Kräfte und dynamische Lasten aufnehmen. Diese werden durch die

Lastverteilerplatte 19 und die Zuganker 22, 23, 24, 31, 32, 34 auf die Verankerungsplatten 25, 26, 27, 29, 30, 33 übertragen und wirken somit von unten her auf den massiven geschlossenen Betonkörper ein. Dieser Lasteintrag verursacht in dem Betonkörper wenig Zug- und Biegespannungen, so dass der Betonkörper durch die Belastung kaum oder keine Rissbildung erfährt. Er bleibt homogen. Die Lastverteilerplatte 19, die Zuganker 22, 23, 24, 31, 32, 34 und die Verankerungsplatten 25, 26, 27, 29, 30, 33 bilden die Primärkomponente des Metallskeletts. Die übrigen Elemente bilden die Sekundärkomponente. Der Primärkomponente sind alle bei Betrieb der Winkkraftanlage auftretenden Zugkräfte zugewiesen. Sie dient der Aktivierung des Schwergewichtsfundaments und bildet eine Lasteinleitungskonstruktion, deren Lasteinleitungspunkt mittig an der Oberseite des Betonkörpers angeordnet ist. Sie umfasst insgesamt 28 Verankerungsplatten und Freispielanker.

[0044] Das insoweit beschriebene Verankerungselement 15 kann, wie die Figuren 5 bis 7 zeigen, auch für alternative Zwecke eingesetzt werden. Beispielsweise können solche Verankerungselement 15 gemäß Fig. 5 zur Verankerung von Schwimmkörpern 42 vorgesehen werden, die an der Meeresoberfläche 2 schwimmen und beispielsweise Einrichtungen zur Muschelplantage tragen. Auch können mit solchen Verankerungselement 15 beispielsweise schwimmende Kaianlagen 43 verankert werden, wie Fig. 6 zeigt. Außerdem können mit solchen Verankerungselement 15 schwimmende Seezeichen 44 verankert werden, wie Fig. 7 zeigt.

[0045] Das Verankerungselement 15 beruht auf einem Metallskelett 16, das insbesondere zur Aufnahme von nach oben gerichteten Zugkräften ausgelegt ist. Es kann jedoch als Metallskelett 16a gemäß Fig. 8 auch zur Aufnahme anderer Belastungen ausgelegt werden, wie sie beispielsweise von Türmen oder Masten 45 ausgehen, die starr mit dem Betonkörper verbunden sind, der dann ein Schwergewichtsfundament 46 bildet. Dieses beruht auf einem gegenüber dem bislang beschriebenen Metallskelett 16 verstärkten Metallskelett 16a gemäß Fig. 9. In diesem Fall sind die oberen Arme 36 wesentlich kräftiger ausgelegt und mit den unteren Armen 21, 29 über Streben 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58 verbunden, die zug- und drucksteif sind. Es handelt sich beispielsweise um entsprechende Stahlprofile, die mit den Armen 21 und 36 unter Ausbildung eines Dreieckgitters, d.h. eines Fachwerks verschweißt sind. Wie aus Fig. 11 ersichtlich wird wiederum ein Achteck gebildet. Weitere Zugelmente und Aussteifungen 60, 61 können sich nach unten bis auf den Meeresboden erstrecken. An der oberen Verankerungsstelle 19, ist, wie insbesondere Fig. 9 zeigt, eine große Knotenplatte vorgesehen, die mehrere Anschlüsse für einen Mastfuß aufweist.

[0046] Es ist wiederum eine Wandanordnung 37 vorgesehen, die das Metallskelett 16a außen weitgehend umschließt. Die Errichtung des entsprechenden Schwergewichtsfundaments 46 erfolgt wie zuvor anhand des Fundamentkörpers 15 beschrieben. Das Schwerege-

wichtsfundament 16a kann zur Verankerung von kleineren Türmen oder Masten dienen. Diese können die Meeresoberfläche 2 überragen oder auch unterhalb derselben enden, wie Fig. 12 zeigt. Solche Pfosten, Masten oder Türme können beispielsweise zum Halten von Netzen einer Fischfarm oder dergleichen dienen. Auf diese Weise lassen sich einfach und kostengünstig großvolumige Fischfarmen aufbauen.

[0047] Das erfindungsgemäße Metallskelett 16, 16a eignet sich zum Aufbau unterseeischer Massivbauwerke aus Beton wie z. B. zum Aufbau von Verankerungselementen oder Schwergewichtsfundamenten 40. Das Metallskelett ist so aufgebaut, dass der es einhüllende Betonkörper durch die in das Metallskelett eingetragenen Zug-, Druck- oder Biegekräfte weitgehend nur auf Druck beansprucht wird. Sich unter Belastung dehnende Elemente sind vorzugsweise mit Kunststoff umhüllt, um eine Entkopplung vom umgebenden Beton und somit eine Entlastung desselben zu bewirken. Die Abstände zwischen den einzelnen Metallelementen sind vorzugsweise so groß, dass der verbleibende Betonkörper als unbewehrter Beton angesehen werden kann. Bezugszeichen

1	Windenergieanlage
2	Meeresoberfläche
3	Meeresboden
4	Schwimmfundament
5	Auftriebskörper
6	Auftriebskörper
7	Auftriebskörper
8	Verstrebung
9	Turm
10	Verankerungsseil
11	Verankerungsseil
12	Verankerungsseil
13	Fundamentkörper
14	Fundamentkörper
15	Fundamentkörper
16	Metallskelett
17	Verankerungseinrichtung
18	Säule
19	Verankerungsstelle
20	Verankerungsstelle
21	Arm
22	Zugstab
23	Zugstab
24	Zugstab
25	Verankerungsplatte
26	Verankerungsplatte
27	Verankerungsplatte
28	Arm
29	Verankerungsplatte
30	Verankerungsplatte
31	Zugstab
32	Zugstab
33	Verankerungsplatte
34	Zugstab

35	Vertikalstreben
36	Arme
37	Wandanordnung
38	Abschnitt
5 39	Fuß
40	Schiebeführung
41	Fuß
42	Schwimmkörper
43	Kaianlagen
10 44	Seezeichen
45	Turm
46	Schwergewichtsfundament
49	Knotenblech
51-58	Streben
15 60, 61	Zuganker

Patentansprüche

- 20 1. Metallskelett (16) für einen unterseeischen Massivbauwerk aus Beton, insbesondere zum Aufbau eines Verankerungselementes (15) für Schwimmkörper (7) oder als Schwergewichtsfundament (40), mit einer Wandanordnung (37), die das Metallskelett (16) im Wesentlichen einhüllt und **dadurch** einen mit Frischbeton füllbaren Innenraum abgrenzt.
- 25 2. Metallskelett nach Anspruch 1, mit einer Zugkraftübertragungskomponente, zu der gehören:
 - 30 eine zentrale Verankerungseinrichtung (19) zum Anschluss eines nach oben führenden Bauteils (12),
 - 35 von der zentralen Verankerungseinrichtung (19) abgehende Zugelemente (22, 23, 24), Verankerungselemente (25, 26, 27), die mit den Zugelementen verbunden sind,
 - 40 und mit einer Sekundärkomponente, zu der mindestens gehören:
 - 45 eine Halteeinrichtung (18, 21, 39) zur Aufstellung des Metallskeletts (16) auf dem Meeresboden (3) in einer festgelegten Position, und die Wandanordnung (37), die das Metallskelett (16) im Wesentlichen einhüllt und **dadurch** einen mit Frischbeton füllbaren Innenraum abgrenzt.
 - 50 3. Metallskelett nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Beton ein salzhaltiger Beton bestehend aus unterseeisch gewonnenen Zuschlagstoffen, Bindemitteln und salzhaltigem Seewasser als Anmachwasser ist.
 - 55 4. Metallskelett nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Halteeinrichtung mehrere am

Außenumfang angeordnete vertikal verstellbare Füße (39) aufweist.

5. Metallskelett nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Halteeinrichtung in Abhängigkeit von der geologischen Qualität des Meeresbodens, beispielsweise eine in den Meeresboden (3) zu ram-mende Spitze (38) aufweist. 5
6. Metallskelett nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Arme (21) über Zugmittel (22, 23, 24, 25, 26, 28) mit der zentralen Verankerungs-einrichtung (17) verbunden sind. 10
7. Metallskelett nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zugelemente (22, 23, 24) Zug-stangen mit Kunststoffummantelung sind. 15
8. Metallskelett nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wandanordnung (37) ein Metall-netz- oder Gitter enthält, das mit einem Flächenge-bilde ausgekleidet ist. 20
9. Metallskelett nach Anspruch 11, **dadurch gekenn-zeichnet, dass** das Flächengebilde ein technisches Textilmaterial ist. 25
10. Metallskelett nach Anspruch 11, **dadurch gekenn-zeichnet, dass** das Flächengebilde ein Vlies ist. 30
11. Set zur Errichtung eines unterseeischen Funda-mentkörpers (15, 46) aus Beton, insbesondere zum Aufbau eines Ballastkörpers (15) für Schwimmkör-per (7) oder als Schwergewichtsfundament (46), mit einem Metallskelett (16, 16a) nach einem der vorstehenden Ansprüche, und mit Bindemittel und/oder Zusatzmitteln zur Herstel-lung von Frischbeton mittels Zuschlagstoff und Was-ser. 35

40

45

50

55

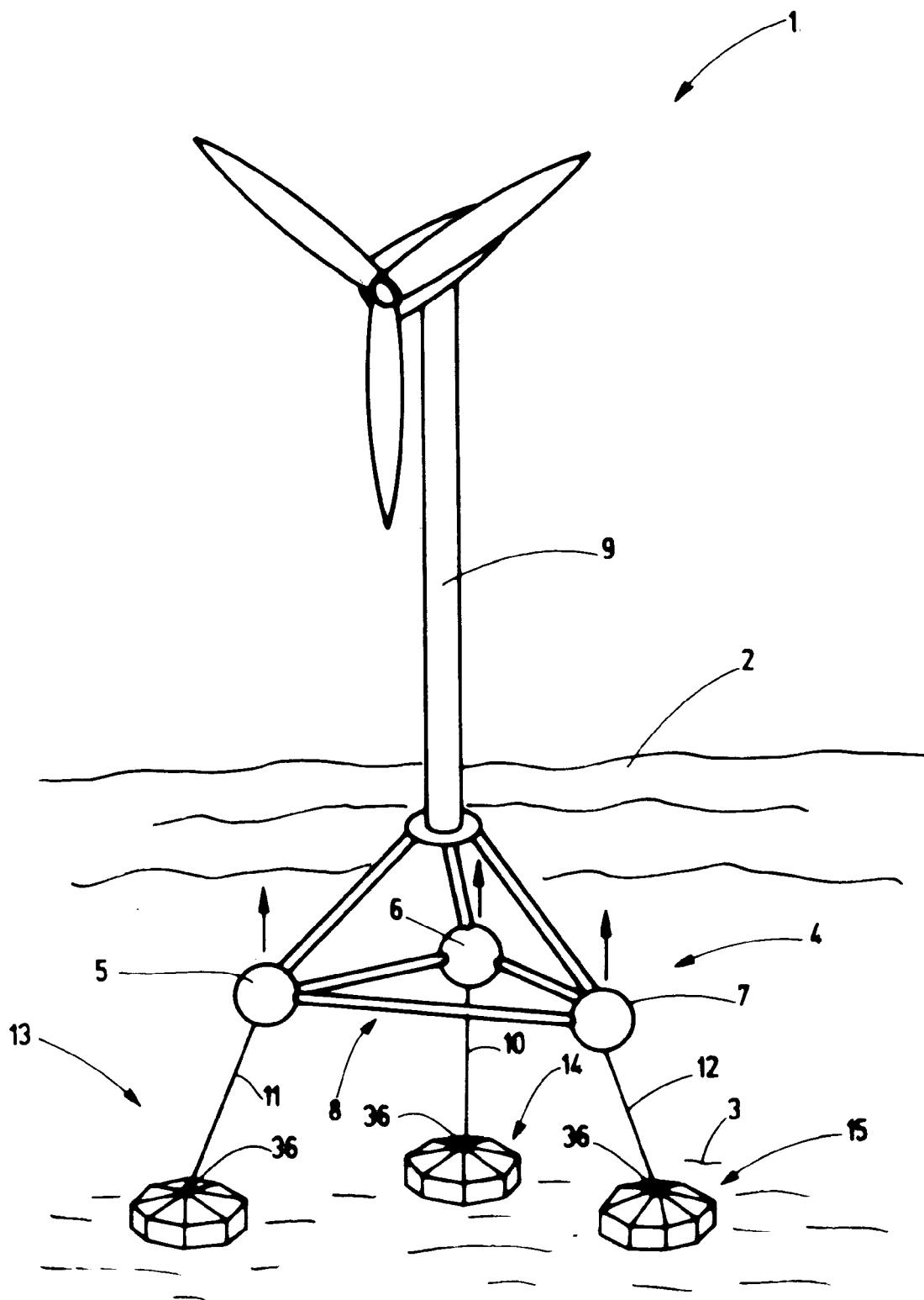


Fig.1

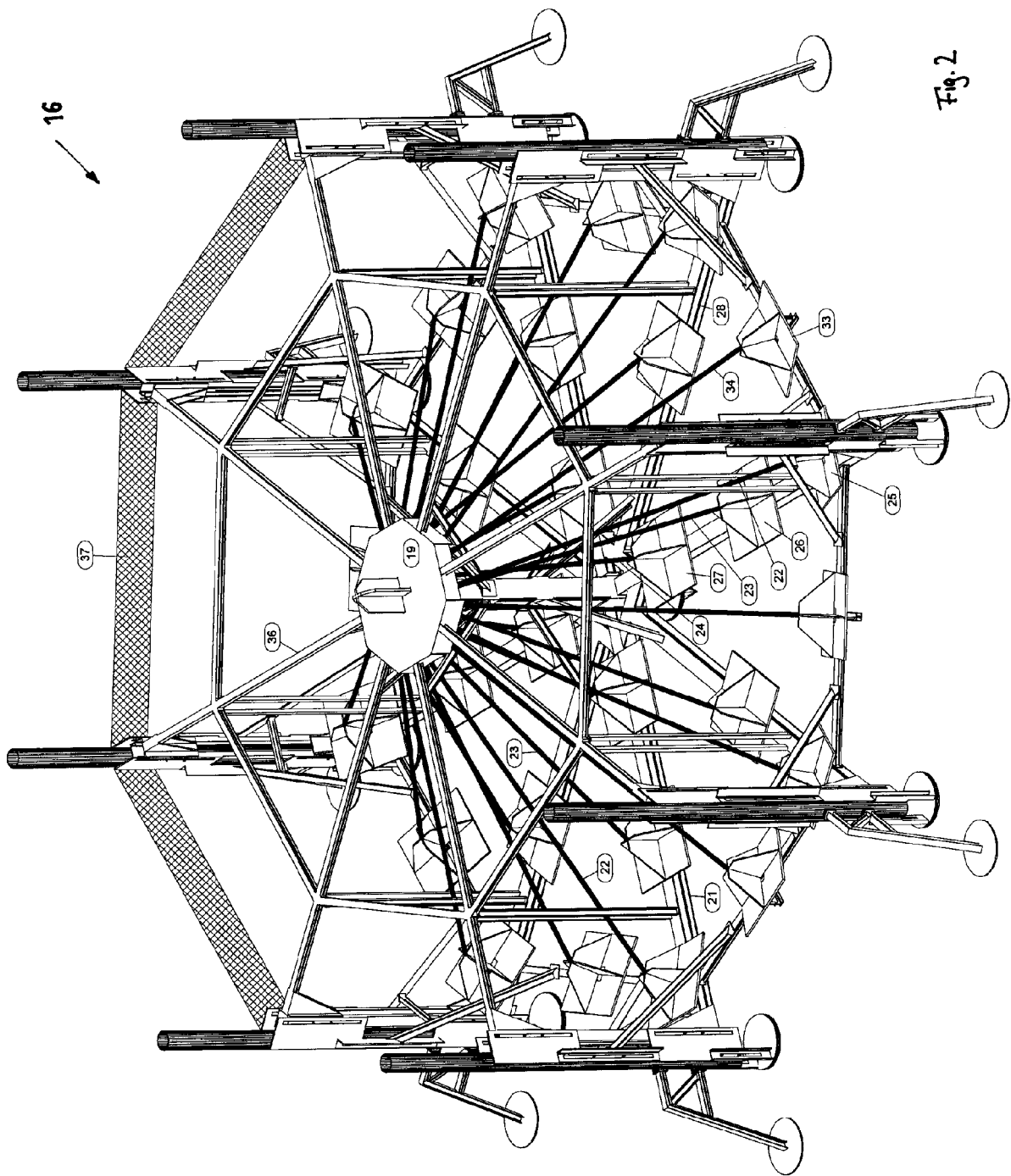
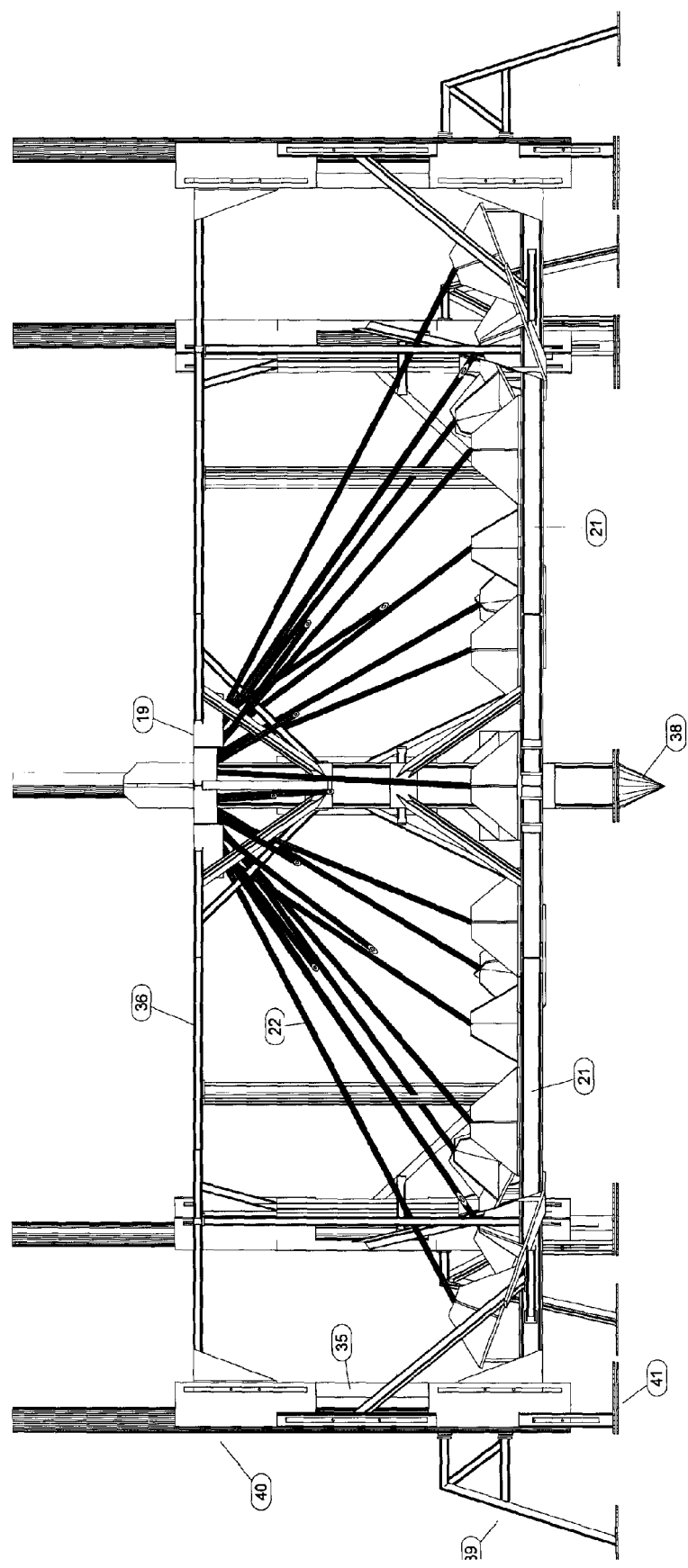


Fig. 2



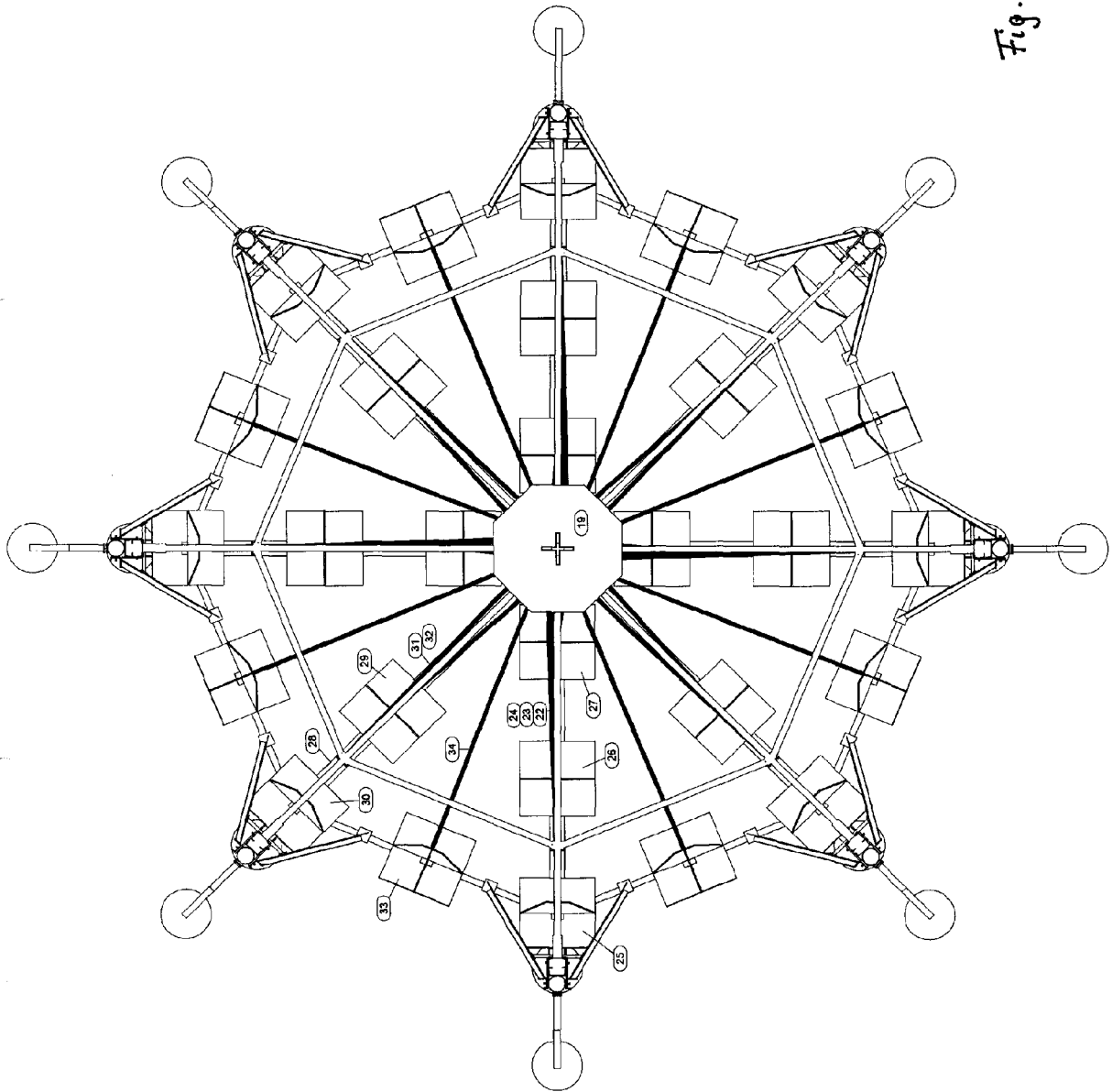
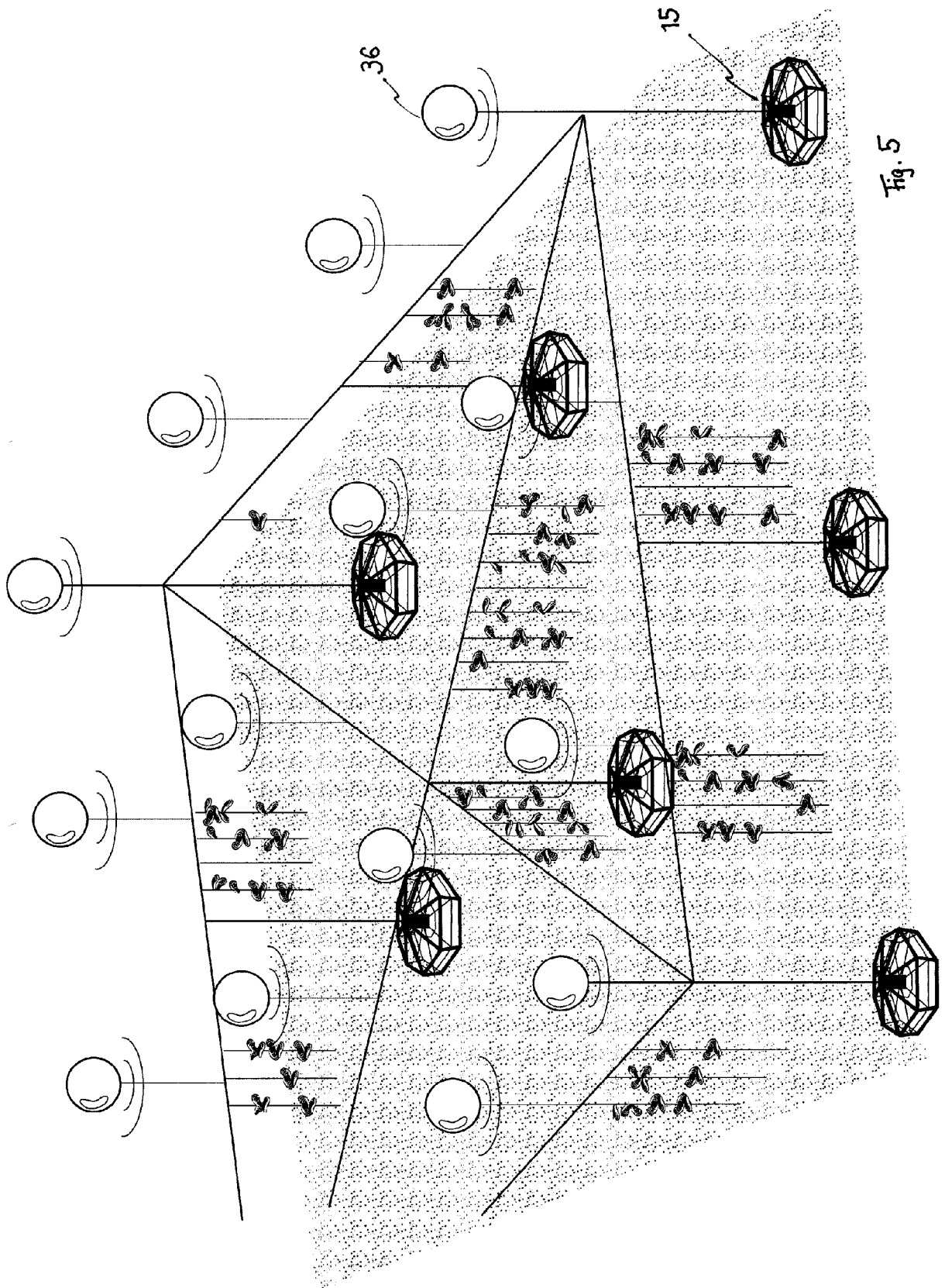
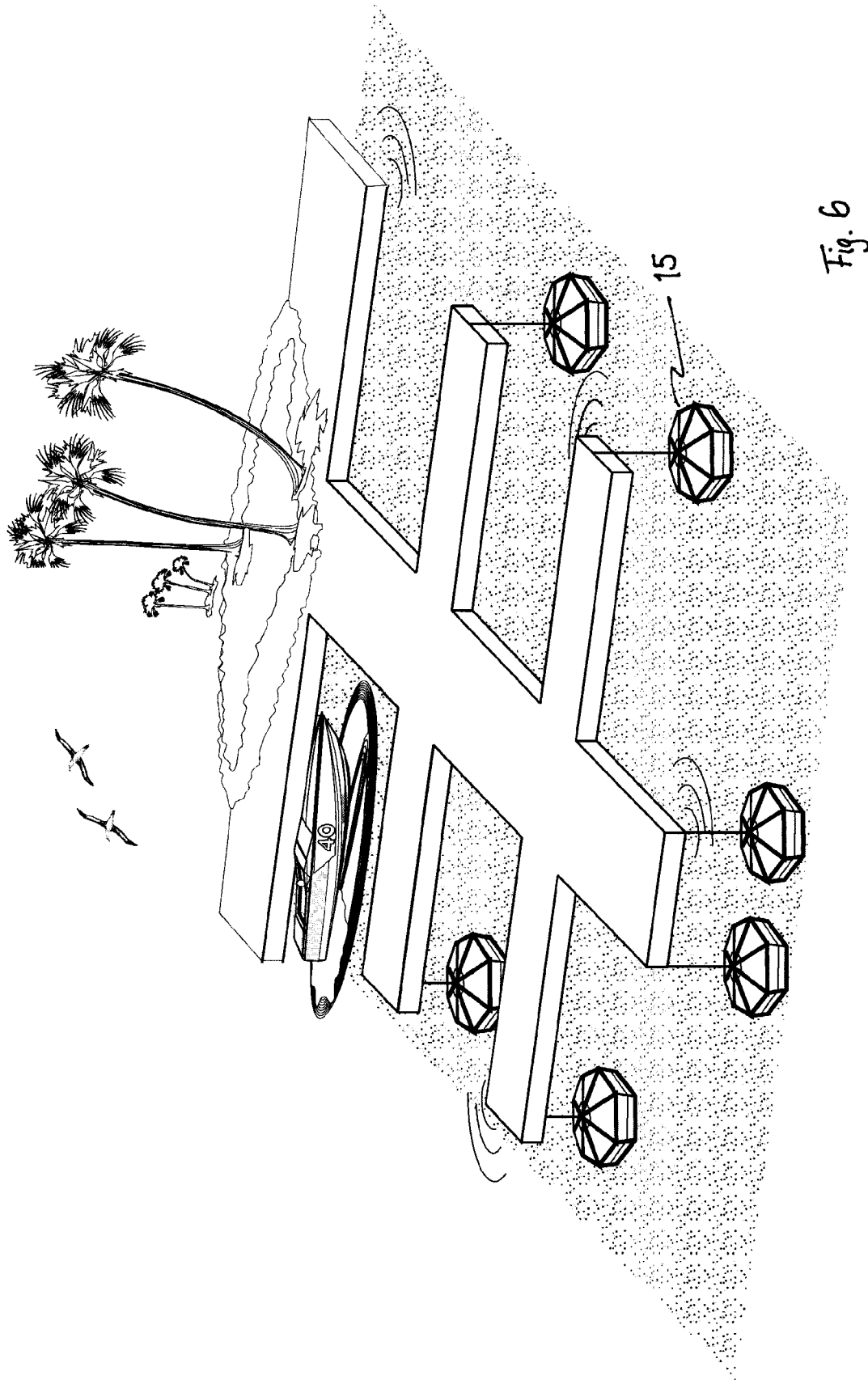


Fig. 4





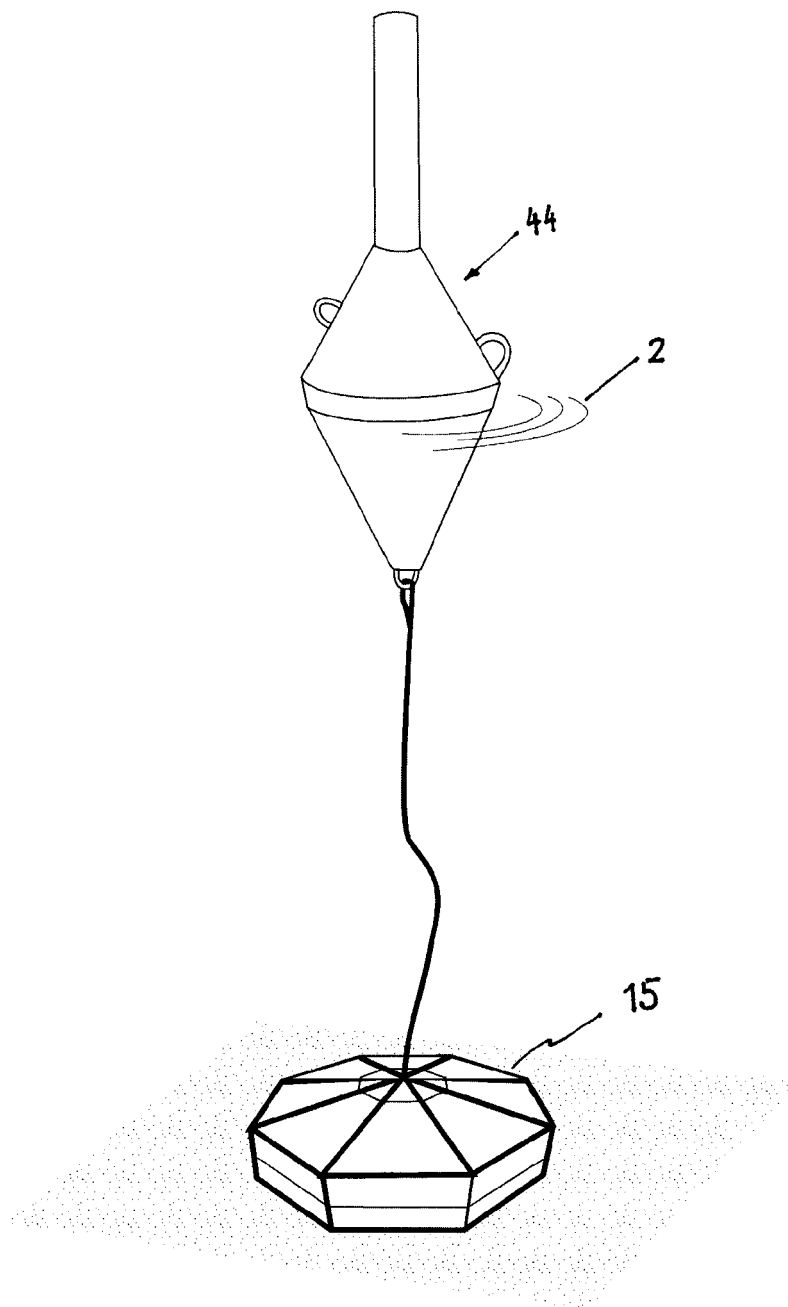
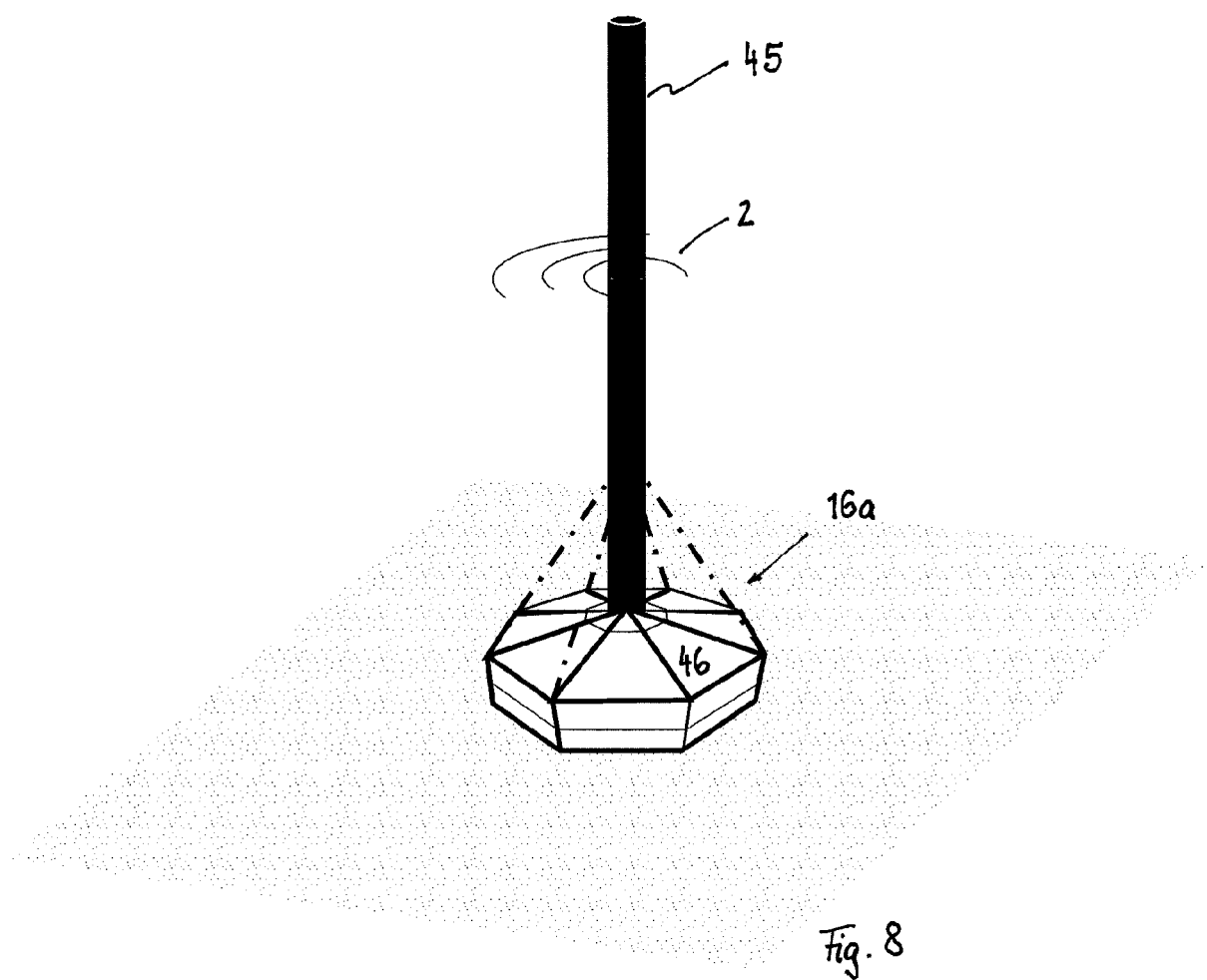


Fig. 7



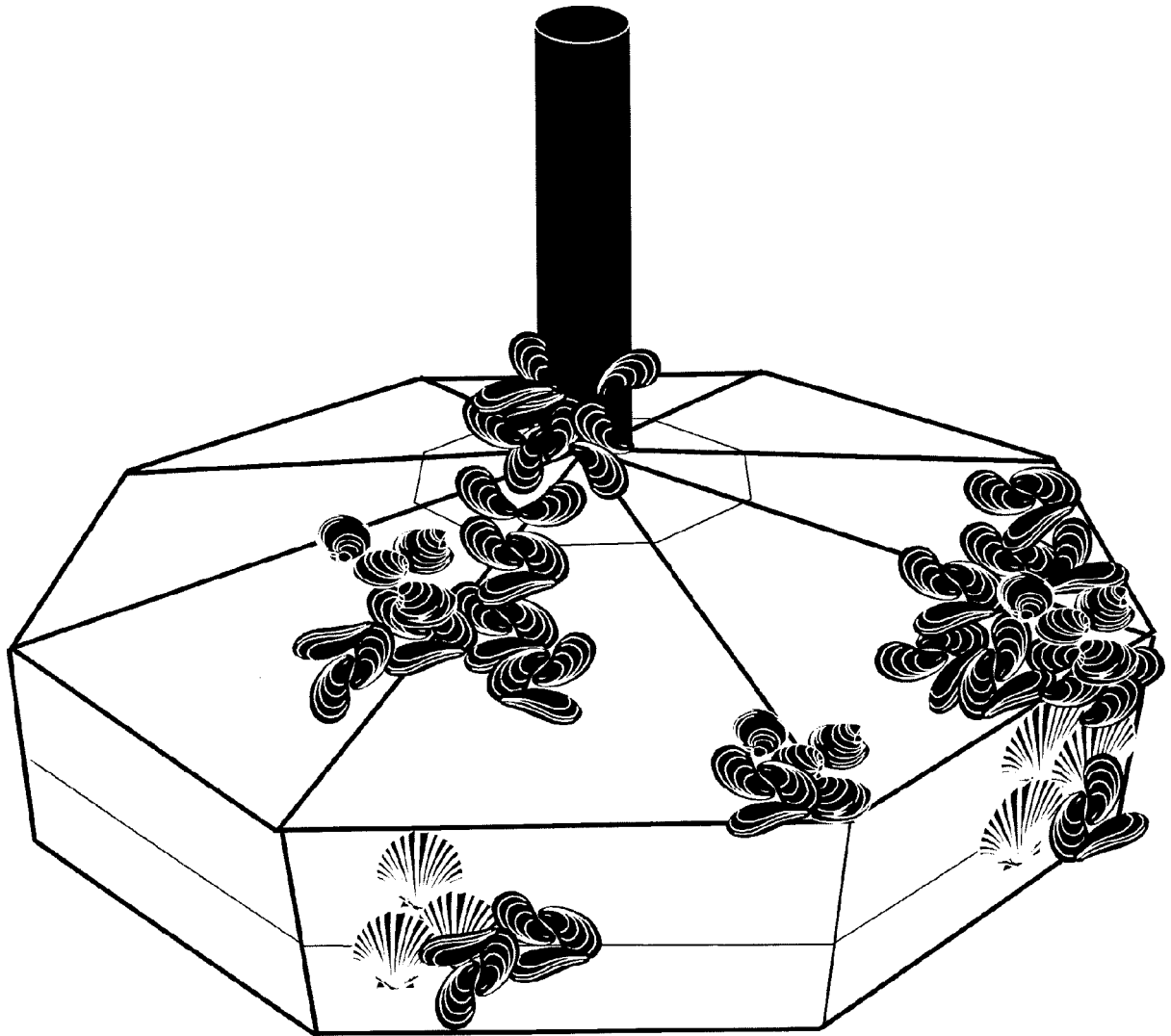
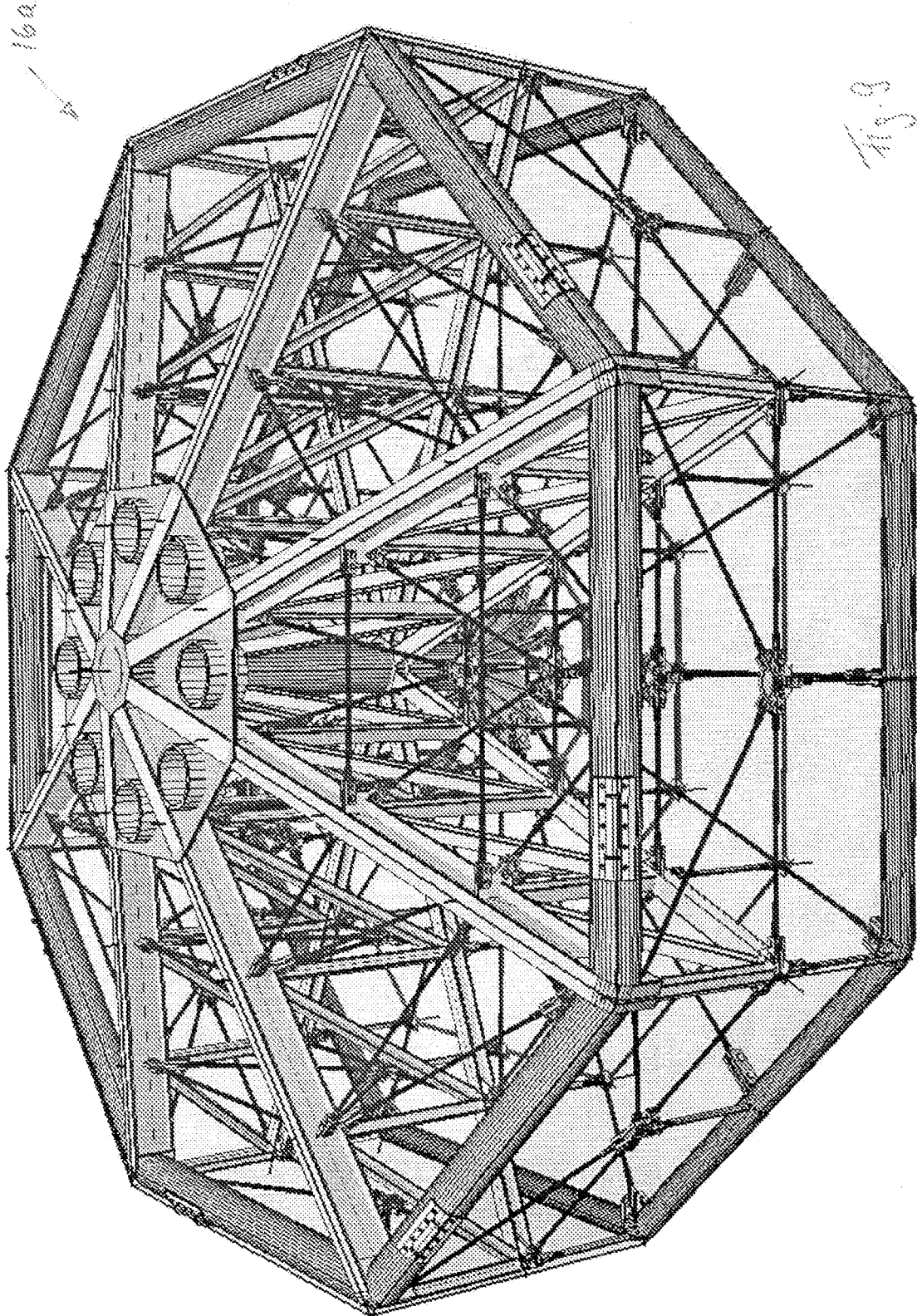
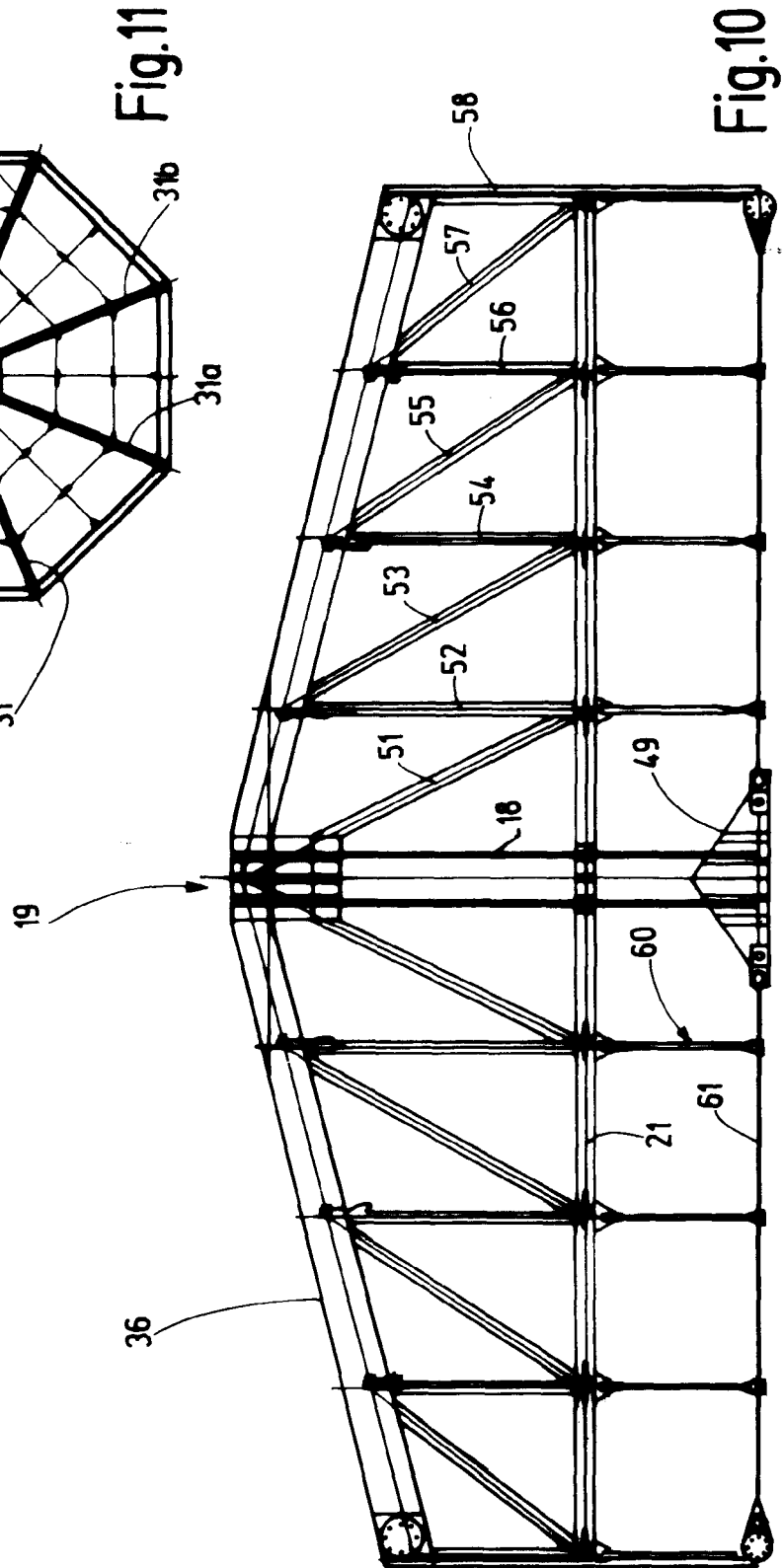
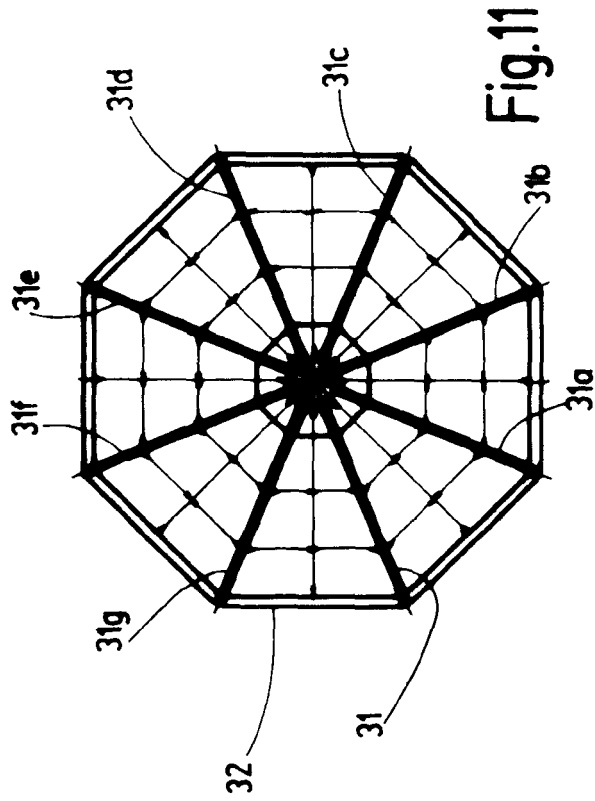
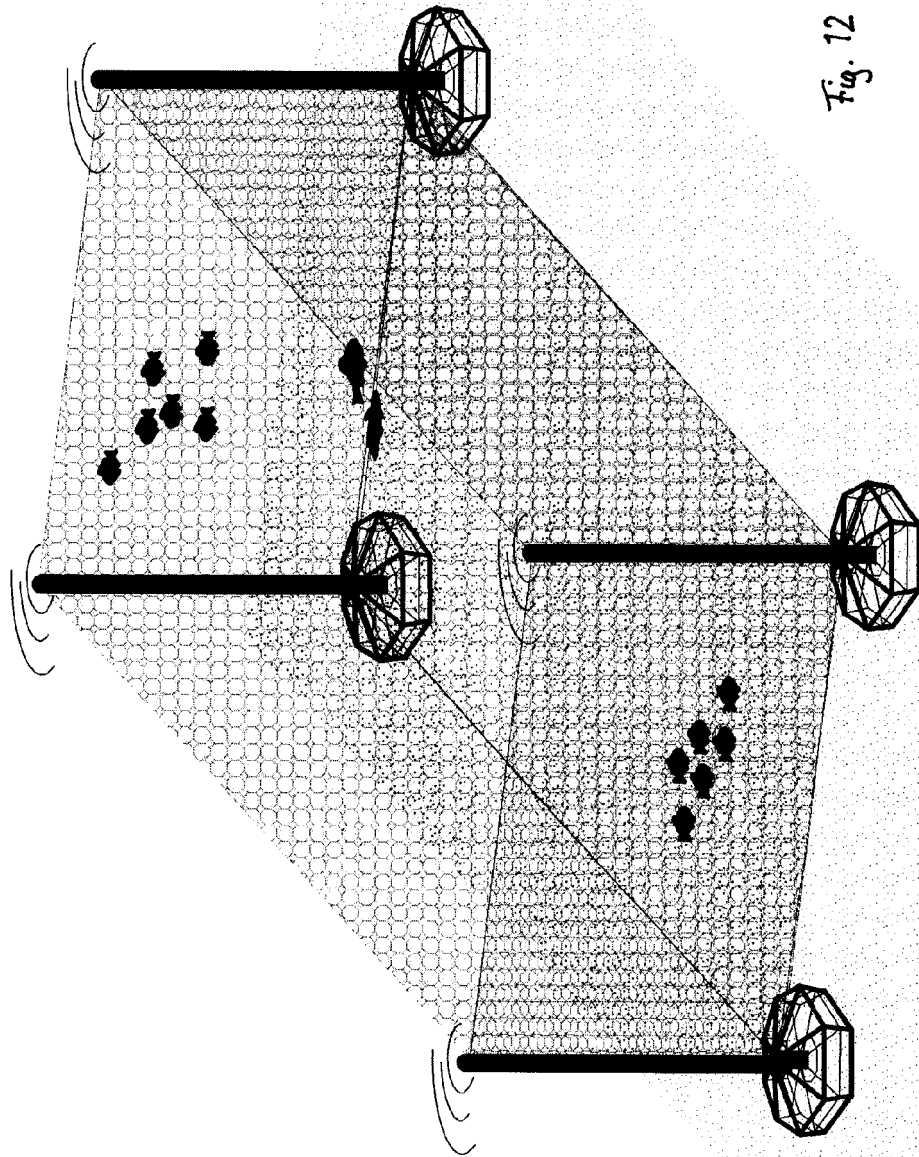


Fig. 8a







IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10223314 A1 [0003]
- GB 2025876 A [0005]