

(19)



(11)

EP 2 679 726 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
01.01.2014 Patentblatt 2014/01

(51) Int Cl.:
E02D 27/42 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13173881.7**

(22) Anmeldetag: **26.06.2013**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder: **Maritime Offshore Group GmbH**
28355 Bremen (DE)

(72) Erfinder: **Reales Bertomeo, Emilio**
27367 Horstedt (DE)

(30) Priorität: **26.06.2012 DE 102012210904**

(74) Vertreter: **Eisenführ Speiser**
Patentanwälte Rechtsanwälte PartGmbH
Postfach 10 60 78
28060 Bremen (DE)

(54) Verfahren zur Herstellung von Rohrkonstruktionen sowie Bestückungsrahmen

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren (100) zur Herstellung von Rohrkonstruktionen, insbesondere Gründungsstrukturen (1) für Offshore-Windenergieanlagen, mit den Schritten: Anordnen (106) einer Mehrzahl an Rohrkonstruktions-Segmenten (14, 20, 22, 24) auf einem Bestückungsrahmen (60); Ausrichten (110) der einzelnen Segmente (14, 20, 22, 24) zueinander; und Verschweißen (111) der Segmente (14, 20, 22, 24). Ferner betrifft die Erfindung einen Bestückungsrahmen (60) zur Aufnahme von einer Mehrzahl an Rohrkonstruktions-Segmenten (14, 20, 22, 24) für eine Rohrkonstruktion, insbesondere eine Gründungsstruktur (1) für eine Offshore-Windenergieanlage, mit einem Rahmenbett (62), auf dem wenigstens Segmente (14, 20, 22, 24) zum Bilden eines Leiterelements (30, 31, 32) einer Offshore-Gründungsstruktur (1) anordenbar sind.

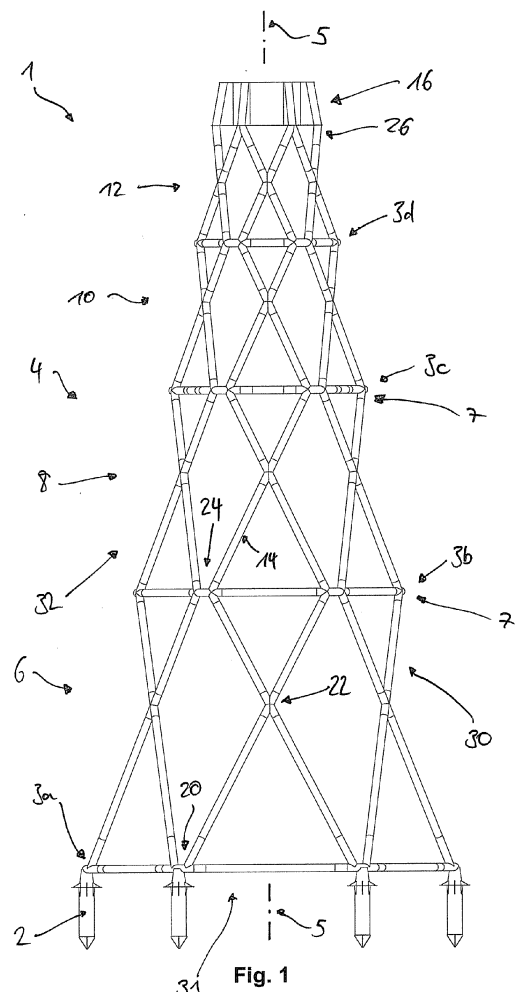


Fig. 1

EP 2 679 726 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Rohrkonstruktionen, insbesondere Gründungsstrukturen für Offshore-Windenergieanlagen sowie einen Bestückungsrahmen zur Aufnahme von einer Mehrzahl an Rohrkonstruktions-Segmenten für eine Rohrkonstruktion, insbesondere eine Gründungsstruktur für eine Offshore-Windenergieanlage.

[0002] Seit einiger Zeit werden Windenergieanlagen nicht nur "Onshore", also an Land, sondern verstärkt auf dem Meer "Offshore" installiert, beispielsweise in sogenannten Offshore-Windparks in der Nord- und Ostsee. Die Offshore-Windenergieanlagen sind extremen Bedingungen ausgesetzt. Sie werden beispielsweise in 20 bis 60 Metern Meerestiefe mit Hilfe eines Fundaments verankert. Das Fundament, welches auch als Tragstruktur bezeichnet werden kann, ist hohen mechanischen und chemischen Belastungen sowie Meeresströmungen ausgesetzt. Verschiedene Typen von Offshore-Fundamenten sind bekannt, beispielsweise Monopile-, Jacket-, Tripod-, Tripile- oder Bucket-Konstruktionen. Die vorliegende Erfindung betrifft in erster Linie eine sogenannte Jacket-Konstruktion. Diese ist eine Stabwerk- oder Rohrkonstruktion, bevorzugt aus Stahlrohren errichtet.

[0003] Eine derartige Gründungsstruktur ist beispielsweise in DE 20 2011 101 599 U1 der hiesigen Anmelderin offenbart. Die dort offenbarte Gründungsstruktur weist mehrere, vorzugsweise sechs im Meeresgrund verankerbare, insbesondere rohrförmige Pfähle und eine mit den Pfählen verbindbare, aus einer Vielzahl von Stäben, insbesondere Stahlrohren, zusammengesetzte Stabwerkstruktur auf. Die einzelnen Stäbe der Stabwerkstruktur sind mittels verschiedener Knoten, wie beispielsweise Kreuzknoten, Mittelknoten und Fußknoten, miteinander verbunden. Die einzelnen Knoten sind ebenfalls aus Stäben bzw. Rohren gebildet, die in entsprechenden Winkeln miteinander verschweißt sind.

[0004] Die Herstellung derartiger Gründungsstrukturen ist nicht zuletzt aufgrund des hohen Gewichts und der großen Ausmaße aufwendig und komplex. Meist wird diese im Rahmen von Werkstattfertigung per Hand durchgeführt. Dazu werden einfache Baugerüste und Stützen zur Fixierung der einzelnen Segmente wie beispielsweise Rohre, Rohrabschnitte und Knoten, benutzt, um diese anschließend miteinander zu verschweißen. Üblicherweise werden dabei die Gründungsstrukturen von unten nach oben hin aufgebaut, d. h., es wird zunächst mit den Fußknoten begonnen, die die Verbindung zu den Rampaufpählen bilden, und anschließend wird die fachwerkartige Struktur nach und nach in die Höhe aufgebaut bis zum sogenannten Transition Piece (oder auch Kopfstück genannt), welches die Verbindung zu einer Windenergieanlage (WEA) darstellt.

[0005] Darunter leidet nicht nur die Durchlaufzeit bei der Herstellung derartiger Gründungsstrukturen, sondern auch die Maßhaltigkeit, da die einzelnen Segmente von Hand zueinander ausgerichtet werden. Dabei kom-

men üblicherweise einfache Handmessstäbe, Theodoliten und Augenmaß zum Einsatz. Die endgültige Ausrichtung der einzelnen Segmente zueinander wird dann meist mittels Kettenzügen, handbetätigten Hydraulikkolben oder auch schweren Hämmern vorgenommen. In der Regel erfolgt das Verschweißen von Hand ohne den Einsatz automatisierter Schweißanlagen.

[0006] Es besteht also Bedarf daran, ein Verfahren anzugeben, mittels dem derartige Gründungsstrukturen effizienter herstellbar sind, insbesondere mittels dem die Herstellungsdauer verringert ist, Kosten gesenkt werden und die Maßhaltigkeit verbessert ist.

[0007] Die vorliegende Erfindung löst die Aufgabe bei einem Verfahren eingangs genannter Art mit den Schritten:

- Anordnen einer Mehrzahl an Rohrkonstruktions-Segmenten auf einem Bestückungsrahmen;
- Ausrichten einzelner Segmente zueinander;
- Verschweißen der Segmente.

[0008] Unter Segmente werden einzelne Elemente einer Rohrkonstruktion verstanden, wie insbesondere Rohre, Rohrabschnitte, vorgefertigte Knoten, welche aus mehreren miteinander verbundenen Rohrstümpfen bestehen, vorgefertigte Abschnitte und dergleichen. Der Bestückungsrahmen bildet erfindungsgemäß eine Art Schablone für die Rohrkonstruktion. Auf dieser werden die einzelnen Rohrkonstruktions-Segmente angeordnet. Dies kann beispielsweise per Hand oder per Kran erfolgen. Vorzugsweise erfolgt das Anordnen von oben, so dass die einzelnen Segmente auf dem Bestückungsrahmen abgelegt werden. Die einzelnen Segmente lassen sich so auf dem Bestückungsrahmen angeordnet auf einfache Art und Weise zueinander ausrichten. Nachdem die einzelnen Segmente ausgerichtet sind, werden diese verschweißt. Indem die einzelnen Segmente an dem Bestückungsrahmen angeordnet werden, der eine Schablone für die Rohrkonstruktion bildet, ist die Herstellung der Gründungsstruktur wesentlich vereinfacht. Ein aufwendiges Neuausrichten der einzelnen Segmente für jede einzelne Gründungsstruktur wird so vermieden. Vielmehr kann standardisiert vorgegangen werden, und der Bestückungsrahmen bildet die Grundlage hierfür.

[0009] Bevorzugt werden die Segmente im Wesentlichen horizontal ausgerichtet auf dem Bestückungsrahmen angeordnet. Dadurch ist weiter die Fertigung wesentlich vereinfacht. Vorzugsweise wird zunächst ein flächiger Abschnitt einer seitlichen Mantelfläche der Jacket-Gründungsstruktur hergestellt. Eine Jacket-Struktur kann beispielsweise sechseckig, fünfeckig, viereckig oder dreieckig sein. Demnach ist eine solche Seitenfläche eine Seitenwand des im Wesentlichen sechseckig, kegelstromförmig ausgebildeten Rohrkonstrukts. Dieser flächige Abschnitt wird hier als Leitelement bezeichnet. Dieses wird bevorzugt liegend, also horizontal ausgerichtet, hergestellt. So können die einzelnen Segmente einfach von oben auf den Bestückungsrahmen gelegt

werden und liegend zueinander ausgerichtet werden. Sind die einzelnen Segmente derart angeordnet, können Arbeiter diese leicht erreichen, ohne auf komplizierte Gerüste, Kettenzüge und Hydraulikantriebe zurückgreifen zu müssen.

[0010] Vorzugsweise umfasst das Verfahren ferner den Schritt: Fixieren der einzelnen Segmente mittels Aufnahmeclammern auf dem Bestückungsrahmen. Die einzelnen Segmente werden bevorzugt mittels Aufnahmeclammern an dem Bestückungsrahmen fixiert. Die Aufnahmeclammern sind dazu an dem Bestückungsrahmen vorzugsweise angeordnet. Dies erleichtert weiter das Anordnen sowie insbesondere das Ausrichten.

[0011] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung umfasst das Verfahren ferner den Schritt: Erwärmen der Segmente auf eine gemeinsame einheitliche Temperatur. Besonders bevorzugt wird der Schritt des Erwärmens nach dem Anordnen bzw. Fixieren und vor dem Ausrichten der Segmente durchgeführt. Dies ist besonders vorteilhaft, um einerseits vor dem Schweißen eine proportionale Längenausdehnung sämtlicher Segmente zu erreichen, so dass der Verzug nach dem Schweißen wesentlich verringert ist. Ferner ist das Erwärmen vorteilhaft, um übermäßige Spannungen, die durch das Schweißen bzw. die lokale Erwärmung des Materials beim Schweißen hervorgerufen werden, zu verringern.

[0012] In der weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens erfolgt das Ausrichten einzelner Segmente mittels Bewegen der Aufnahmeclammern. Dies ist besonders vorteilhaft, da so die Segmente nicht innerhalb der Klammern hin- und hergeschoben werden müssen, sondern die Segmente können zunächst mittels der Aufnahmeclammern fixiert werden, und die Aufnahmeclammern werden dann bewegt. Dazu sind die Aufnahmeclammern vorzugsweise relativ zueinander und relativ zu einem Rahmenbett des Bestückungsrahmens bewegbar. Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Ausrichten einzelner Segmente mittels hydraulischer Elemente erfolgt. Derartige hydraulische Elemente können beispielsweise mit den Aufnahmeclammern zusammenwirken, um diese zu bewegen und so die einzelnen Segmente zueinander auszurichten. Hydraulische Elemente sind bevorzugt, da diese rohe Kräfte aufbringen können und sehr genau einstellbar sind.

[0013] In einer bevorzugten Weiterbildung umfasst das Verfahren ferner die Schritte:

- Vermessen der Position der Segmente auf dem Bestückungsrahmen;
- Vergleichen der gemessenen Positionen mit Soll-Positionen.

[0014] Derartige Soll-Positionen können beispielsweise auf einem Montageplan verzeichnet oder auch in einem Computer zentral gespeichert sein und dann mit den gemessenen Positionen abgeglichen werden. Das Vermessen der Positionen erfolgt beispielsweise mittels induktiver oder mittels optischer Messmittel.

[0015] Besonders bevorzugt erfolgen das Vermessen und/oder das Ausrichten automatisch, insbesondere computergestützt. Nachdem die Positionen der Segmente auf dem Bestückungsrahmen vermessen wurden und nachdem diese gemessenen Positionen mit den Soll-Positionen verglichen wurden, werden die einzelnen Segmente ausgerichtet, bis die gemessenen Positionen den Soll-Positionen entsprechen. Dies erfolgt vorzugsweise computergestützt. Dazu kommen vorzugsweise automatisiert betreibbare Messmittel wie insbesondere induktive Messwertheber und optische Messmittel zum Einsatz. Als Computer können beispielsweise bekannte Computer Aided Manufacturing (CAM)-Systeme zum Einsatz kommen.

[0016] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung umfasst das Verfahren den Schritt: Anfasen von Rohrenden der Segmente vor dem Anordnen einer Mehrzahl an Rohrkonstruktions-Segmenten auf einem Bestückungsrahmen. Das Anfasen ist besonders vorteilhaft, wenn Rohrenden stumpf miteinander verschweißt werden. Die Fasen werden vorzugsweise an einer äußeren Umfangsfläche des Rohrendes angebracht, insbesondere in einem 45-Grad-Winkel zu einer Zentralachse des Rohres. Dadurch bilden sich beim Stumpfstoß V-förmige Nuten, in die eine Schweißnaht, wie beispielsweise eine Kehlnaht, eingebracht werden kann.

[0017] Besonders bevorzugt erfolgt das Schweißen mittels Orbitalschweißen und/oder mittels Schweißrobotern. Vereinzelt kann es auch bevorzugt sein, dass einzelne Segmente auch per Hand miteinander verschweißt werden. Dies ist insbesondere vorteilhaft bei ungünstigen Schweißwinkeln oder übergroßen Blechstärken.

[0018] Besonders bevorzugt werden auf einem Bestückungsrahmen wenigstens Segmente zum Bilden eines Leitelements einer Offshore-Gründungsstruktur angeordnet. Unter dem Leitelement werden hier (wie oben bereits erwähnt) Seitenteile, bestehend aus Knoten und Rohren, einer polygonalen Jacket-Gründungsstruktur verstanden. So können die einzelnen Leitelemente einzeln vorgefertigt werden. Anschließend können diese insbesondere liegend weiterverarbeitet werden.

[0019] Vorzugsweise werden die einzelnen Segmente beginnend von einem Fußende des Leitelements aus miteinander verschweißt. Sind die einzelnen Segmente auf dem Bestückungsrahmen angeordnet und ausgerichtet, werden diese vorzugsweise vom Fußende ausgehend miteinander verschweißt. Dadurch lassen sich einzelne schweißbedingte Toleranzen leichter ausgleichen und insgesamt ein maßhaltiges Leitelement erzeugen, was insgesamt zu einer maßhaltigen Offshore-Gründungsstruktur führt.

[0020] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird die eingangs genannte Aufgabe ferner gelöst durch einen Bestückungsrahmen zur Aufnahme von einer Mehrzahl an Rohrkonstruktions-Segmenten für eine Rohrkonstruktion, insbesondere eine Gründungsstruktur für eine Offshore-Windenergieanlage, mit einem Rah-

menbett, auf dem wenigstens Segmente zum Bilden eines Leiterelements einer Offshore-Gründungsstruktur anzuordnen sind. Besonders bevorzugt weist der Bestückungsrahmen eine Mehrzahl an Aufnahmeklammern zum Fixieren von auf dem Bestückungsrahmen angeordneten Segmenten auf. Durch einen derartigen Bestückungsrahmen lassen sich Offshore-Gründungsstrukturen auf einfache Art und Weise herstellen. Besonders bevorzugt wird ein derartiger Bestückungsrahmen in einem Verfahren nach einer der oben beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen zur Herstellung von Rohrkonstruktionen, insbesondere Gründungsstrukturen für Offshore-Windenergieanlagen, verwendet. Ferner ist es bevorzugt das Verfahren nach einer der oben beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen zur Herstellung von Rohrkonstruktionen, insbesondere Gründungsstrukturen für Offshore-Windenergieanlagen unter Nutzung des Bestückungsrahmens auszuführen. Insgesamt ist durch einen derartigen Bestückungsrahmen die Produktionszeit zur Herstellung einer Gründungsstruktur wesentlich verringert, und die Maßhaltigkeit ist verbessert, so dass insgesamt die Effizienz erhöht ist. Ein derartiger Bestückungsrahmen befähigt zum industriellen Herstellen von Offshore-Gründungsstrukturen, welche in einer Jacket-Bauweise konstruiert sind.

[0021] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Bestückungsrahmens sind die Aufnahmeklammern relativ zueinander und zu dem Rahmen bewegbar angeordnet. Dadurch lassen sich einzelne auf dem Bestückungsrahmen angeordnete bzw. mittels der Aufnahmeklammern fixierte Segmente zueinander ausrichten.

[0022] In einer bevorzugten Weiterbildung ist der Bestückungsrahmen vorgesehen, im Wesentlichen horizontal ausgerichtet zu werden, so dass die Segmente im Wesentlichen horizontal ausgerichtet auf diesem anordenbar sind. Dadurch kann die Gründungsstruktur liegend hergestellt werden. So sind die einzelnen Schweißpunkte auf einfache Art und Weise durch Arbeiter erreichbar. Ferner sind zum Anordnen der Segmente auf dem Bestückungsrahmen keine komplexen Hebezeuge erforderlich, vielmehr können die einzelnen Segmente einfach auf dem Bestückungsrahmen von oben abgelegt werden.

[0023] Vorzugsweise weist der Bestückungsrahmen eine Heizeinrichtung zum gleichmäßigen und einheitlichen Erwärmen der auf dem Bestückungsrahmen angeordneten Segmente auf. Ferner ist bevorzugt, dass die Aufnahmeklammern mittels Antrieben in Längs- und/oder Querrichtung der Seelenachsen der in diesen aufgenommenen Rohren bewegbar sind. Das Bewegen erfolgt vorzugsweise mittels hydraulischer Elemente. Besonders bevorzugt sind die Antriebe ferngesteuert, insbesondere mittels eines Zentralrechners. Dadurch lassen sich die einzelnen Segmente auf besonders einfache Art und Weise zueinander ausrichten. Die Ausrichtung erfolgt über die Fernsteuerung, so dass hier weniger Arbeitskraft in Form von Personen eingesetzt werden muss und die Effizienz insgesamt erhöht ist.

[0024] Vorzugsweise weist der Bestückungsrahmen ferner eine Einrichtung zum Verstellen einer Höhe der Aufnahmeklammern relativ zu dem Rahmenbett auf. So lassen sich auch auf einfache Art und Weise verschiedene Rohrdurchmesser derart ausrichten, dass die Seelenachsen der Rohre jeweils im Wesentlichen koaxial zueinander sind bzw. in einer Ebene liegen oder sich schneiden. Dadurch ist die Fertigung weiter vereinfacht und eine Produktionsdurchlaufzeit verkürzt.

[0025] Besonders bevorzugt weisen die Aufnahmeklammern einen im Wesentlichen U-förmigen Querschnitt auf. Vorzugsweise ist die Öffnung der Aufnahmeklammern nach oben ausgerichtet. Dadurch lassen sich die Segmente einfach von oben in die Aufnahmeklammern einsetzen, beispielsweise mittels eines Krans, Gabelstaplers oder händisch, und mittels der Aufnahmeklammern fixieren. Allein durch die Schwerkraftwirkung sind die Segmente schon in einem gewissen Grad in den Aufnahmeklammern aufgenommen und in diesen fixiert und können zusätzlich von diesen noch geklemmt werden.

[0026] In einer bevorzugten Weiterbildung weist der Bestückungsrahmen ferner eine Messeinrichtung zum Bestimmen von Positionen der auf dem Bestückungsrahmen angeordneten Segmente auf. Dadurch können die Segmente besser ausgerichtet werden. Vorzugsweise wirkt die Messeinrichtung mit einem Zentralcomputer, beispielsweise einem Computer Aided Manufacturing-System zusammen, so dass auch das Ausrichten nach dem Messen der Positionen automatisiert erfolgen kann.

[0027] Es soll verstanden werden, dass das Verfahren zur Herstellung von Rohrkonstruktionen sowie der Bestückungsrahmen zur Aufnahme einer Mehrzahl an Rohrkonstruktions-Segmenten gleiche und ähnliche Aspekte aufweisen, die insbesondere in den Unteransprüchen Niederschlag finden.

[0028] Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die beiliegenden Figuren näher erläutert. Hierbei zeigen:

- Fig. 1 eine Seitenansicht einer Offshore-Gründungsstruktur nach der Jacket-Bauweise;
- Fig. 2 einen X-Knoten für die Offshore-Gründungsstruktur aus Fig. 1;
- Fig. 3 einen W-Knoten für die Offshore-Gründungsstruktur aus Fig. 1;
- Fig. 4 einen Fußknoten mit Fuß für eine Offshore-Gründungsstruktur aus Fig. 1;
- Fig. 5 ein Rohr in einer Seitenansicht für eine Offshore-Gründungsstruktur aus Fig. 1;
- Fig. 6 eine Seitenansicht eines Transition Piece für eine Offshore-Gründungsstruktur aus Fig. 1;

- Fig. 7 eine Draufsicht auf einen Bestückungsrahmen;
 Fig. 8 eine Seitenansicht des Bestückungsrahmens aus Fig. 7 und
 Fig. 9 einen schematischen Ablauf eines Verfahrens zur Herstellung von Rohrkonstruktionen.

[0029] Die Offshore-Gründungsstruktur 1 für Windenergieanlagen (WEA) weist gemäß Figur 1 sechs im Meeresgrund verankerbare Pfähle 2 auf (nicht alle sind mit Bezugszeichen versehen). Mit den Pfählen 2 ist eine Fachwerkstruktur 4 verbunden. Die Fachwerkstruktur 4 ist im Wesentlichen konisch oder kegelstumpfförmig ausgebildet und hat einen im Wesentlichen sechseckigen Querschnitt bezogen auf eine Längsachse 5 der Fachwerkstruktur 4. Sie ist mit ihren sechs unteren Ecken 3a (nur eine mit Bezugszeichen versehen) über entsprechende Fußknoten 20 (siehe Figur 4) mit den sechs Pfählen 2 verbunden. Die Fachwerkstruktur 4 weist vier Abschnitte 6, 8, 10, 12 auf, die übereinander im Wesentlichen koaxial zueinander angeordnet sind. Die Fachwerkstruktur 4 sowie die Abschnitte 6, 8, 10, 12 sind aus Rohren 14 (nicht alle mit Bezugszeichen versehen) gebildet, welche mittels Knoten 20, 22, 24 miteinander verbunden sind.

[0030] Jeder der Abschnitte 6, 8, 10, 12 ist im Wesentlichen konisch bzw. kegelstumpfförmig gebildet und weist einen sechseckigen Querschnitt auf, der entsprechend eines gleichmäßigen Sechsecks gebildet ist. Ein Abschnitt 6, 8, 10, 12 weist demnach sechs untere Ecken 3a, 3b, 3c, 3d und sechs obere Ecken 3a, 3b, 3c, 3d auf (jeweils nur eine Ecke mit Bezugszeichen versehen). So weist beispielsweise der unterste Abschnitt 6 sechs untere Ecken 3a (nur eine mit Bezugszeichen versehen) und sechs obere Ecken 3b (nur eine mit Bezugszeichen versehen) auf. Die sechs oberen Ecken 3b des untersten Abschnitts 6 bilden gleichzeitig die unteren Ecken 3b des zweituntersten Abschnitts 4. An den Ecken 3a, 3b, 3c, 3d sind gemäß diesem Ausführungsbeispiel entweder Fußknoten 20 oder W-Knoten 24 angeordnet. Die Fußknoten 20 sowie die W-Knoten 24 sind dabei jeweils derart mit im Wesentlichen horizontal ausgerichteten Rohren 14 verbunden, dass ein im Wesentlichen gleichmäßiges Sechseck gebildet wird. Die oberen Ecken 3a, 3b, 3c, 3d eines jeden Abschnitts 6, 8, 10, 12 sind ferner mit den unteren Ecken 3a, 3b, 3c, 3d eines jeden Abschnitts 6, 8, 10, 12 über Rohre 14 und X-Knoten 22 in vertikaler Richtung beabstandet miteinander verbunden. Dabei sind die Rohre 14 sowie die X-Knoten 22 derart an der Fachwerkstruktur 4 angeordnet, dass sie im Wesentlichen in einer Mantelfläche der Fachwerkstruktur 4 liegen. Das Innere der Fachwerkstruktur 4 ist demnach hohl bzw. frei von Rohren oder Verstrebungen. Die genaue Gestaltung der einzelnen Knoten 20, 22, 24 ist aus den Figuren 2 bis 4 ersichtlich.

[0031] Am oberen Ende der Gründungsstruktur 1 ist an der Fachwerkstruktur 4 ein Transition Piece 16 für die

Aufnahme einer Windenergieanlage angeordnet. Das Transition Piece 16 ist dazu mit den oberen Knoten 26 des obersten Abschnitts 12 verbunden.

[0032] Genauso wie die Gründungsstruktur 1 über die vier koaxial senkrecht übereinander angeordneten Abschnitte 6, 8, 10 und 12 beschrieben werden kann, kann diese über sechs ringförmig um die Zentralachse 5 herum angeordneten Leiterelemente 30, 31, 32 (in Fig. 1 nur drei gezeigt) beschrieben werden. Ein Leiterelement 30, 31, 32 besteht demnach aus zwei unteren Fußknoten, sich daran anschließenden Rohren mit einem X-Knoten 22, darüber zwei W-Knoten 24, die die Ecke 3b bilden, darüber wiederum Rohre 14 mit einem X-Knoten 22 bis zu den W-Knoten 24, die die Ecke 3c bilden, darüber wiederum Rohre 14 mit einem X-Knoten 22 und darüber angeordneten W-Knoten 24, welche die Ecke 3d bilden, um anschließend wiederum über Rohre 14 sowie einen X-Knoten 22 an die oberen Knoten 26 anzuschließen. Ein solches Leiterelement 30, 31, 32 ist im Wesentlichen flächenförmig.

[0033] In den Figuren 2 bis 6 sind einzelne Rohrkonstruktions-Segmente 14, 20, 22, 24, 26 dargestellt, wie sie auf einem Bestückungsrahmen (siehe Fig. 7 und 8; weiter unten detaillierter beschrieben) anordenbar sind, um eine Gründungsstruktur 1 zu bilden.

[0034] Gemäß Fig. 2 weist ein X-Knoten 22 ein Hauptrohr 34 auf, an dem zwei weitere Rohrstümpfe 36, 38 mittels Schweißnähten 40, 42 derart angeordnet sind, dass sich die Längsachsen der einzelnen Rohre 34, 36, 38 jeweils schneiden. Dadurch weist der X-Knoten 22 vier Anschlüsse 44a, 44b, 44c, 44d auf, um weitere vier Rohre 14 (siehe Fig. 5) miteinander zu verbinden. Der X-Knoten 22 ist im Wesentlichen X- oder kreuzförmig gebildet und schließt zwischen seinen Schenkeln je zwei spitze und zwei stumpfe Winkel ein. Die Anschlüsse 44a, 44b, 44c, 44d sind derart ausgerichtet, dass die damit verbundenen Rohre 14 (diese werden nicht gezeigt) sämtlich im Wesentlichen in einer Ebene liegen.

[0035] Gemäß Fig. 3 weist ein W-Knoten ebenfalls ein Hauptrohr 46 auf, sowie zwei an diesem Hauptrohr 46 angeschweißte Rohrstümpfe 48, 50. Ein W-Knoten 24 weist gemäß Fig. 3 vier Anschlüsse 52a, 52b, 52c, 52d auf, wobei an den Anschluss 52a vorzugsweise ein weiterer W-Knoten 24 angeordnet wird, der spiegelverkehrt zu dem in Fig. 3 gezeigten W-Knoten ausgebildet ist. So lassen sich dann Ecken 3b, 3c, 3d bilden, wie in Fig. 1 gezeigt. Das Hauptrohr 46 ist vorzugsweise gekrümmt ausgebildet, so dass die Ecken 3b, 3c, 3d abgerundet sind ("rounded nodes"). Dies führt zu einem vorteilhaften Kraftfluss innerhalb der Gründungsstruktur 1.

[0036] Gemäß Fig. 4 ist ein Fußknoten 20 grundsätzlich ähnlich zu einem W-Knoten 24 gebildet, er weist jedoch nach unten ausgerichtet keinen Anschluss 52d auf (vgl. Fig. 3), sondern ist dort mit einem Pfahl 2 verbunden.

[0037] In den Figuren 7 und 8 ist ein Bestückungsrahmen 60 jeweils in einer Seiten- und einer Draufsicht gezeigt. Wie insbesondere aus Fig. 7 ersichtlich ist, stellt der Bestückungsrahmen 60 im Wesentlichen eine Scha-

blone für ein Leiterelement 30, 31, 32 der Gründungsstruktur 1 dar. Der Bestückungsrahmen 60 weist ein Rahmenbett 62 auf, welches aus einer Mehrzahl von Streben 64 gebildet ist. Die Streben 64 sind derart angeordnet, dass sich eine Schablone für das Leiterelement 30, 31, 32 ergibt. Daher weist auch der Bestückungsrahmen 60 vier Abschnitte, in Fig. 7 mit 6', 8', 10', 12' bezeichnet, auf, die jeweils durch gerade Streben 64 getrennt sind, die Schablonen für die Ringelemente 7 gemäß Fig. 1 bilden und in Fig. 7 mit 7' bezeichnet sind.

[0038] Auf diesen Streben 64 sind mehrere Aufnahmeklammern 66 angeordnet, von denen jeweils in Fig. 7 und 8 nur zwei bezeichnet sind. Mittels den Aufnahmeklammern 66, die gemäß Fig. 8 einen im Wesentlichen U-förmigen Querschnitt haben, können die einzelnen Segmente 14, 20, 22, 24 klemmend fixiert werden. Die Aufnahmeklammern 66 sind derart an den Streben 64 angeordnet, dass diese in Richtung der Seelenachse der einzelnen Segmente bewegbar sind sowie quer zu diesen. Dazu sind die Aufnahmeklammern 66 mit nicht gezeigten Hydraulikelementen verbunden, die mittels eines ebenfalls nicht gezeigten Zentralcomputers fernsteuerbar sind.

[0039] Wie aus Fig. 8 ersichtlich, ist der Bestückungsrahmen 60 auf einem Grund G liegend angeordnet, so dass das Anordnen, Ausrichten und Verschweißen der Segmente 14, 20, 22, 24 zu dem Leiterelement 30, 31, 32 horizontal, also im Wesentlichen liegend erfolgt. Die Höhe H des Bestückungsrahmens 60 ist derart gewählt, dass Personal an diesem stehend bequem arbeiten kann. Beispielsweise ist eine Höhe H von 80 cm bis 1,40 m bevorzugt, besonders bevorzugt ca. 1 Meter. Jeweils an einem Kopfende 60a und einem Fußende 60b des Bestückungsrahmens 60 weist dieser abgeschrägte Abschnitte 61 a, 61 b auf, die sich schräg vom Grund G weg erstrecken, so dass der Bestückungsrahmen an dem Kopfende 60a und an dem Fußende 60b im Wesentlichen keilförmig zuläuft. Dadurch ist der Bestückungsrahmen 60 insgesamt einfacher zu transportieren und kann auch in gewissen Bereichen gekippt werden.

[0040] Der Bestückungsrahmen 60 verfügt ferner über eine nicht gezeigte Heizeinrichtung sowie über eine nicht gezeigte Messeinrichtung, wie diese weiter oben beschrieben sind.

[0041] Fig. 9 zeigt schematisch den Ablauf eines Verfahrens 100 zur Herstellung von Rohrkonstruktionen, insbesondere Gründungsstrukturen für Offshore-Windenergieanlagen. Zunächst erfolgt in einem ersten Schritt 101 die Materialanlieferung, d. h., hier werden die einzelnen Segmente 14, 20, 22, 24 zur Produktionsstätte angeliefert. Anschließend erfolgt eine Kontrolle 102 der Maße dieser Segmente 14, 20, 22, 24, um festzustellen, ob diese den Maßanforderungen genügen. Ist dies nicht der Fall, erfolgt in Schritt 103 eine optionale Längenkorrektur. In Schritt 104 werden Fasen an den Rohrmündungen angebracht, um im Stumpfstoß eine Schweißnaht einbringen zu können. Solche Fasen sind vorzugsweise im 45-Grad-Winkel an einer Außenseite

des Rohres angebracht. Werden die so vorbereiteten Segmente 14, 20, 22, 24 nicht direkt weiterverarbeitet, werden sie in Schritt 105 in ein Produktionslager aufgenommen.

[0042] Nach diesen vorbereitenden Schritten werden dann zum Erzeugen der Rohrkonstruktion die einzelnen Segmente 14, 20, 22, 24 in Schritt 106 auf dem Bestückungsrahmen 60 angeordnet. Dazu kann beispielsweise ein Kran oder dergleichen benutzt werden. Auch können einzelne Knoten 20, 22, 24 beispielsweise per Hand eingelegt werden, solange diese noch kein Gewicht erreicht haben, welches den Einsatz eines Krans erfordert. In Schritt 107 werden diese angeordneten Segmente 14, 20, 22, 24 dann mittels der Aufnahmeklammern 66 fixiert. Zum besseren Verschweißen werden die angeordneten 106 und fixierten 107 Segmente 14, 20, 22, 24 in Schritt 108 dann auf eine einheitliche und gleichmäßige Temperatur erwärmt. Dies bedeutet, dass alle Segmente 14, 20, 22, 24 im Wesentlichen die gleiche Temperatur haben. Anschließend erfolgt ein Vermessen 109 der Position der Teile. Das Vermessen 109 nach dem Erwärmen 108 durchzuführen, ist sehr vorteilhaft, da so die proportionale Längendehnung der einzelnen Segmente 14, 20, 22, 24 mit berücksichtigt werden können.

[0043] Nachdem die einzelnen Segmente 14, 20, 22, 24 vermessen wurden und das Ergebnis mit den Soll-Positionen abgeglichen wurde, können die einzelnen Segmente 14, 20, 22, 24 in Schritt 110 ausgerichtet werden. Beim Ausrichten wird vorzugsweise ebenfalls vom Fußende ausgegangen. Zunächst werden die Fußknoten ausgerichtet, anschließend die Rohre, die mit diesen verbunden sind, und so fort, bis zu den oberen Knoten, die an das Transition Piece 16 angeschlossen werden. So wird eine gleichmäßige Verteilung der Toleranzen erreicht und insgesamt ein maßhaltiges Leiterelement 30, 31, 33 erzeugt.

[0044] Im Anschluss an das Ausrichten 110 sämtlicher Segmente 14, 20, 22, 24, können diese mittels Orbital-schweißen 111 verschweißt werden. Ist der Einsatz von Orbital-schweißen im Schritt 111 nicht möglich, beispielsweise aufgrund ungünstiger Windverhältnisse oder überdicker Bleche, können in Schritt 111 auch Schweißroboter oder Schweißen von Hand eingesetzt werden.

[0045] Folgend an den Schritt 111 werden die Segmente 14, 20, 22, 24, welche auf dem Bestückungsrahmen 60 angeordnet sind, erneut vermessen (Schritt 112), und eine Korrektur der Endmaße (Schritt 113) findet erforderlichenfalls statt. Anschließend wird die so erzeugte Rohrkonstruktion, nämlich das so erzeugte Leiterelement 30, 31, 32 abtransportiert (Schritt 114), um mit weiteren Leiterelementen 30, 31, 32 verbunden zu werden, um die Offshore-Gründungsstruktur 1 zu bilden.

55 Patentansprüche

1. Verfahren (100) zur Herstellung von Rohrkonstruktionen, insbesondere Gründungsstrukturen (1) für

Offshore-Windenergieanlagen, mit den Schritten:

- Anordnen (106) einer Mehrzahl an Rohrkonstruktions-Segmenten (14, 20, 22, 24) auf einem Bestückungsrahmen (60);
- Ausrichten (110) der einzelnen Segmente (14, 20, 22, 24) zueinander;
- Verschweißen (111) der Segmente (14, 20, 22, 24).

2. Verfahren nach Anspruch 1,
gekennzeichnet durch den Schritt:

- Fixieren (107) der einzelnen Segmente (14, 20, 22, 24) mittels Aufnahmeklammern (66) auf dem Bestückungsrahmen (60),

wobei vorzugsweise die Segmente (14, 20, 22, 24) im Wesentlichen horizontal ausgerichtet auf dem Bestückungsrahmen (60) angeordnet werden, und/oder das Ausrichten (110) der einzelnen Segmente (14, 20, 22, 24) mittels Bewegen der Aufnahmeklammern (66) erfolgt, vorzugsweise das Ausrichten (110) der einzelnen Segmente (14, 20, 22, 24) mittels hydraulischer Elemente erfolgt.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2,
gekennzeichnet durch den Schritt:

- Erwärmen (108) der Segmente (14, 20, 22, 24) auf eine gemeinsame einheitliche Temperatur,

wobei vorzugsweise der Schritt des Erwärmens (108) nach dem Fixieren (107) und vor dem Ausrichten (110) der Segmente (14, 20, 22, 24) erfolgt.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch den Schritt:

- Vermessen (109) der Position der Segmente (14, 20, 22, 24) auf dem Bestückungsrahmen (60);
- Vergleichen der gemessenen Positionen mit Sollpositionen,

wobei vorzugsweise das Ausrichten (110) und/oder das Vermessen (109) automatisch, insbesondere computergestützt, erfolgt.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch den Schritt:

- Anfasen (104) von Rohrenden der Segmente (14, 20, 22, 24) vor dem Anordnen (106) einer Mehrzahl an Rohrkonstruktions-Segmenten (14, 20, 22, 24) auf einem Bestückungsrahmen (60).

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das Schweißen (111) mittels Orbitalschweißen und/oder mittels Schweißrobotern erfolgt.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass auf dem Bestückungsrahmen (60) wenigstens Segmente (14, 20, 22, 24) zum Bilden eines Leiterelements (30, 31, 32) einer Offshore-Gründungsstruktur (1) angeordnet werden, wobei vorzugsweise beginnend von einem Fußende des Leiterelements (30, 31, 32) aus die einzelnen Segmente (14, 20, 22, 24) miteinander verschweißt (111) werden.

8. Bestückungsrahmen (60) zur Aufnahme von einer Mehrzahl an Rohrkonstruktions-Segmenten (14, 20, 22, 24) für eine Rohrkonstruktion, insbesondere eine Gründungsstruktur (1) für eine Offshore-Windenergieanlage, mit einem Rahmenbett (62), auf dem wenigstens Segmente (14, 20, 22, 24) zum Bilden eines Leiterelements (30, 31, 32) einer Offshore-Gründungsstruktur (1) anordenbar sind.

9. Bestückungsrahmen nach Anspruch 8,
gekennzeichnet durch eine Mehrzahl an Aufnahmeklammern (66) zum Fixieren von auf dem Bestückungsrahmen (60) angeordneten Segmenten (14, 20, 22, 24), wobei vorzugsweise die Aufnahmeklammern (66) relativ zueinander und zu dem Rahmenbett (62) bewegbar angeordnet sind, und/oder der Bestückungsrahmen (60) vorgesehen ist im Wesentlichen horizontal ausgerichtet zu werden, sodass die Segmente (14, 20, 22, 24) im Wesentlichen horizontal ausgerichtet auf diesem anordenbar sind.

10. Bestückungsrahmen nach Anspruch 9,
gekennzeichnet durch eine Heizeinrichtung zum gleichmäßigen und einheitlichen Erwärmen der auf dem Bestückungsrahmen (60) angeordneten Segmente (14, 20, 22, 24).

11. Bestückungsrahmen nach einem der Ansprüche 9 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass die die Aufnahmeklammern (66) mittels Antrieben in Längs- und/oder Querrichtung der Seelenachsen der in diesen aufgenommenen Rohre (14) bewegbar sind, wobei vorzugsweise die Antriebe ferngesteuert sind, insbesondere mittels eines Zentralrechners ferngesteuert sind.

12. Bestückungsrahmen nach einem der Ansprüche 9 bis 11,
gekennzeichnet durch eine Einrichtung zum Ver-

stellen einer Höhe der Aufnahmeklammern (66) relativ zu dem Rahmenbett (62).

13. Bestückungsrahmen nach einem der Ansprüche 9 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, dass die die Aufnahmeklammern (66) einen im Wesentlichen U-förmigen Querschnitt aufweisen. 5
14. Bestückungsrahmen nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet, dass die Öffnungen der Aufnahmeklammern (66) nach oben ausgerichtet sind. 10
15. Bestückungsrahmen nach einem der Ansprüche 9 bis 14,
gekennzeichnet durch eine Messeinrichtung zum Bestimmen von Positionen der auf dem Bestückungsrahmen (60) angeordneten Segmente (14, 20, 22, 24). 15 20

25

30

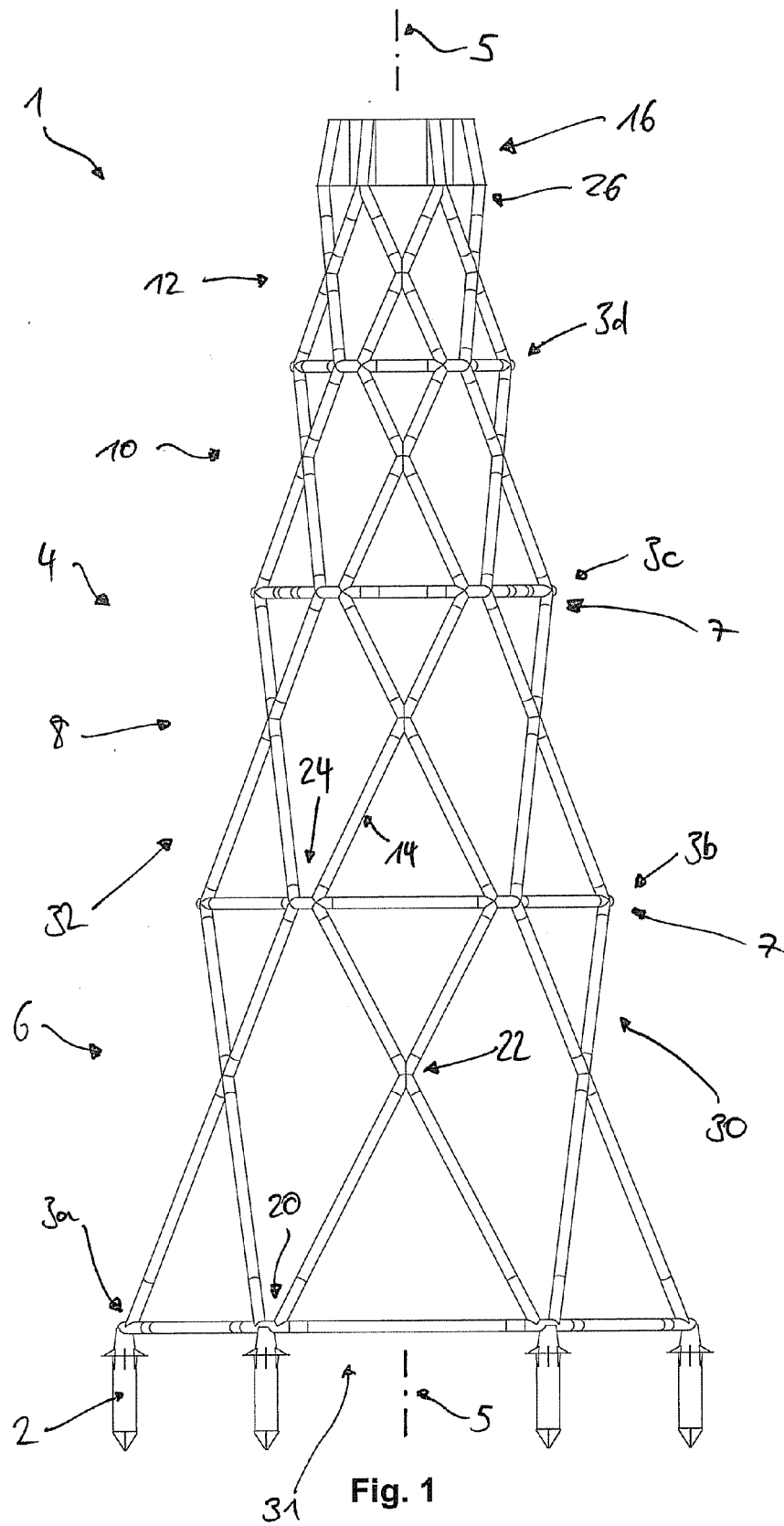
35

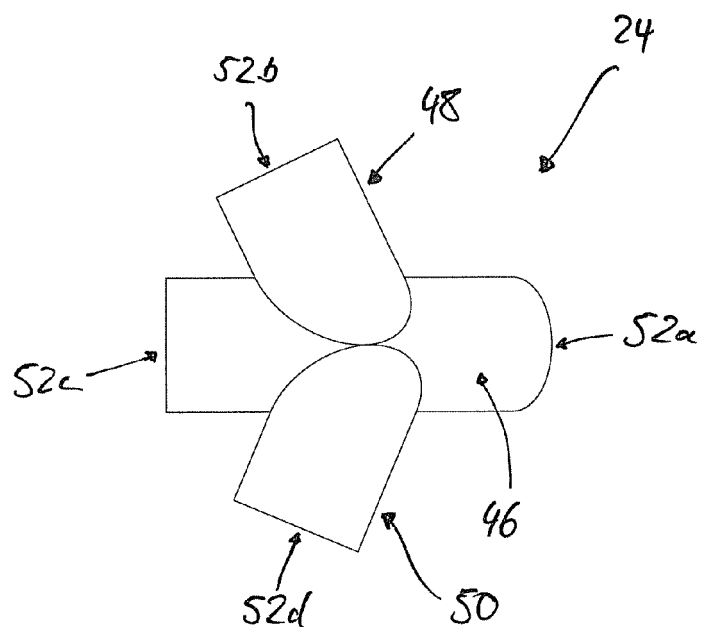
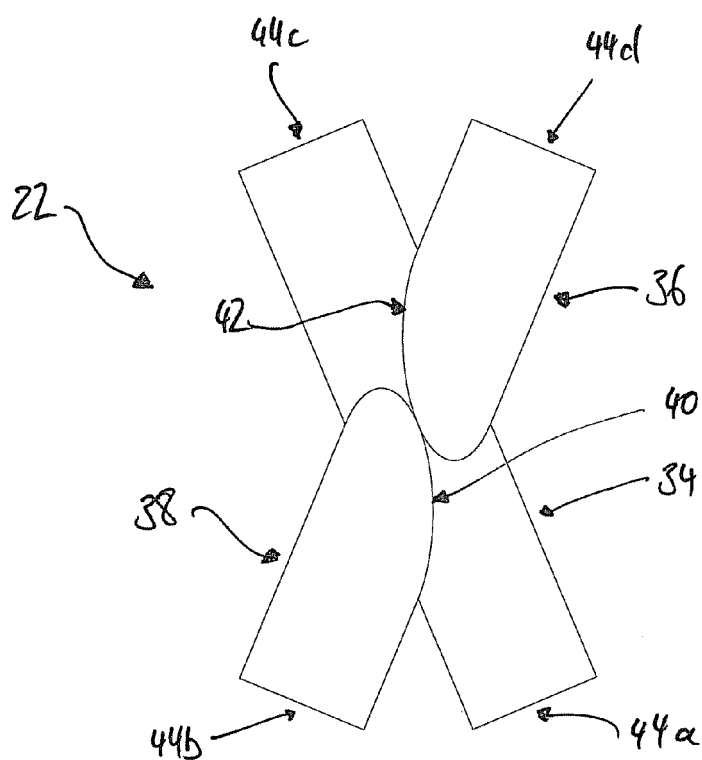
40

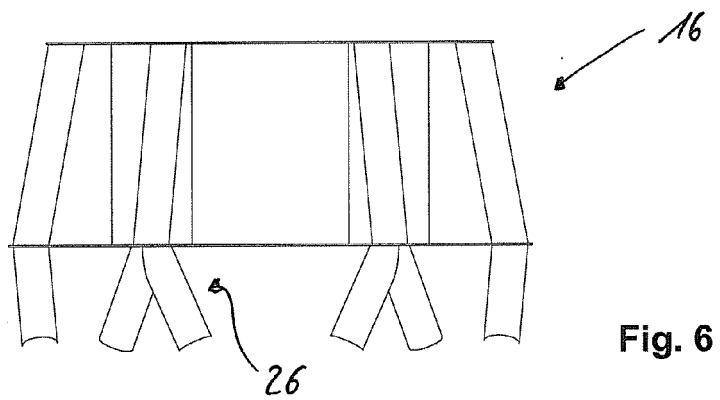
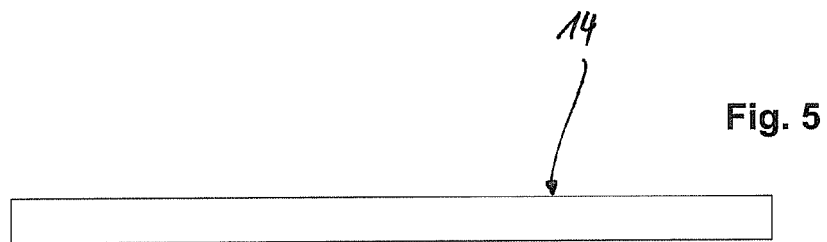
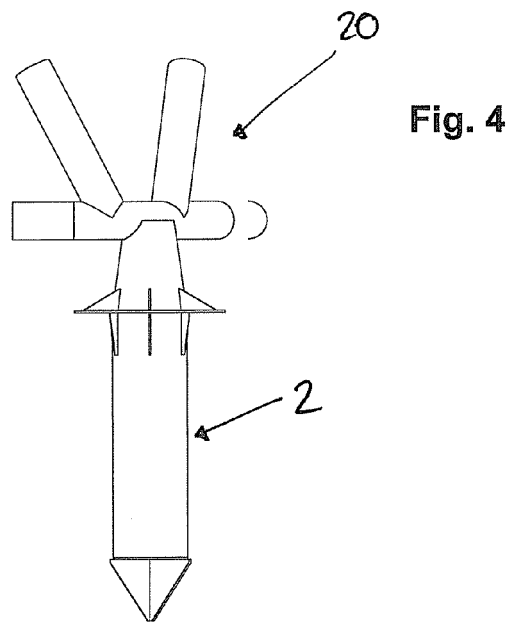
45

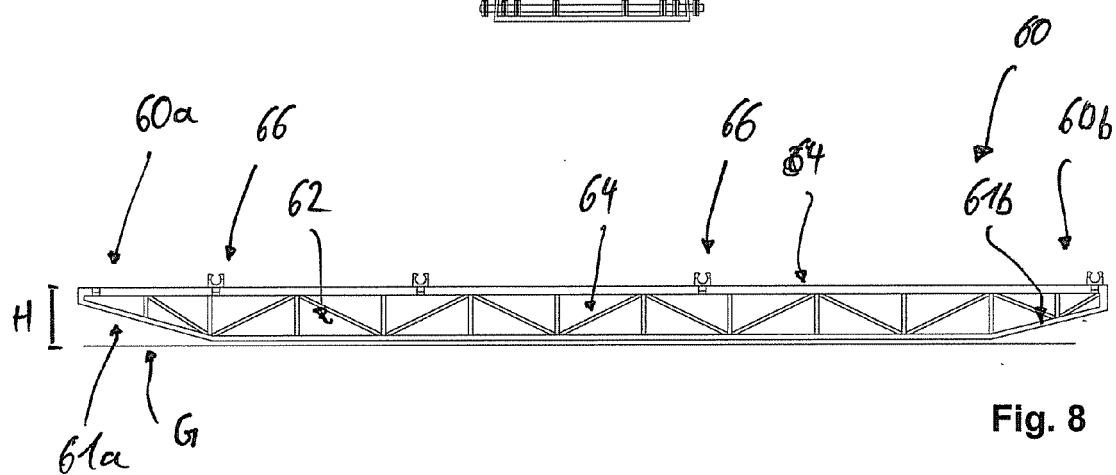
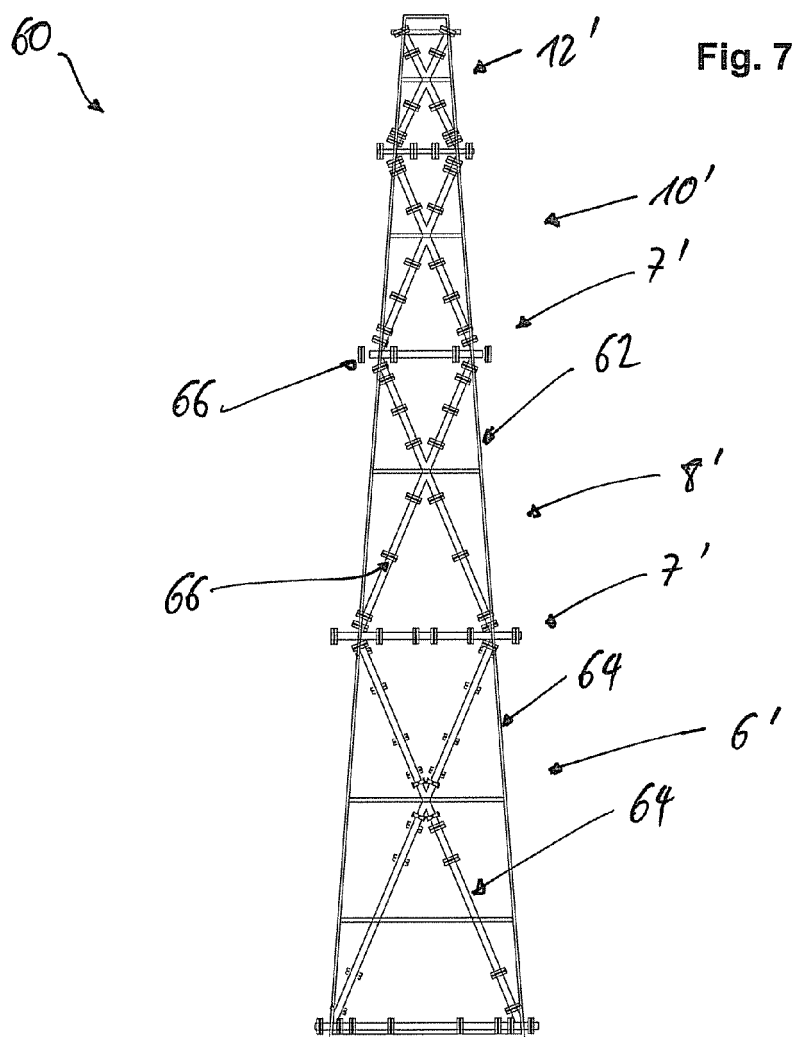
50

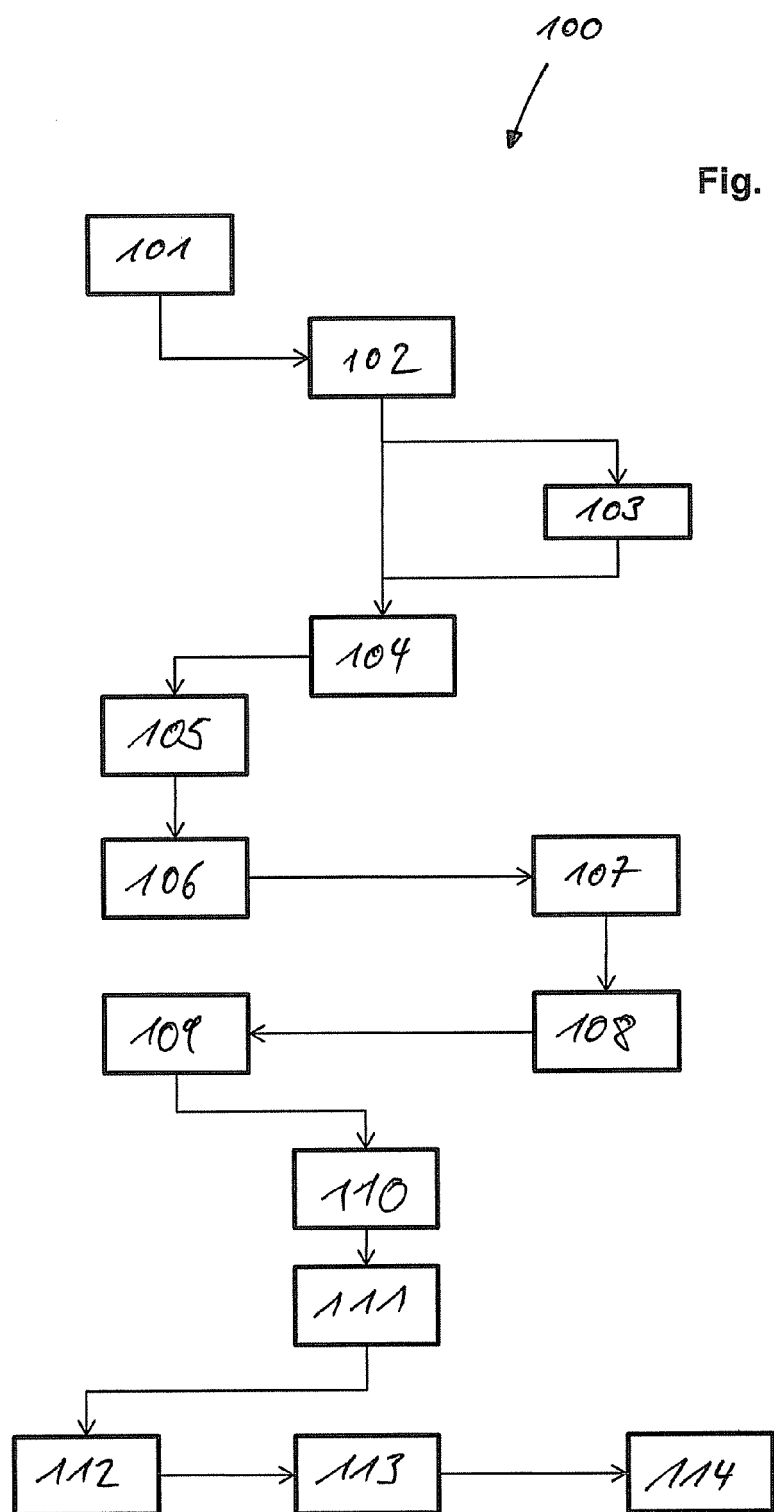
55











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 202011101599 U1 [0003]