

(19)



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 3 056 611 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

17.08.2016 Patentblatt 2016/33

(51) Int Cl.:

E02B 17/00 (2006.01)**E02B 17/02 (2006.01)**(21) Anmeldenummer: **15154950.8**(22) Anmeldetag: **13.02.2015**

(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****27753 Delmenhorst (DE)**(74) Vertreter: **Eisenführ Speiser****Patentanwälte Rechtsanwälte PartGmbH****Postfach 10 60 78****28060 Bremen (DE)**

(54) **KOPPLUNGSVORRICHTUNG ZUM VERBINDEN EINER TRAGSTRUKTUR MIT EINEM
FUNDAMENT IM MEERESBODEN**

(57) Die Erfindung betrifft eine Gründungsstruktur und ein Verfahren hierzu sowie eine Kopplungsvorrichtung (28, 28', 28'' 28''') zum Verbinden einer Tragstruktur (2, 2', 2'') für Offshore-Anlagen, insbesondere Windenergieanlagen, mit einem in einem Gewässergrund verankerten Fundament (30, 30'), insbesondere mehreren Rammpfählen (36, 36'). Die Erfindung weist ferner ein mit der Tragstruktur (2, 2', 2'') koppelbares oberes Ende (32) und ein mit dem Fundament (30, 30') koppelbares unteres Ende (34), wobei die Kopplungsvorrichtung ein auf die jeweilige Gewässertiefe am Errichtungsort abgestimmtes Höhenmaß auf.

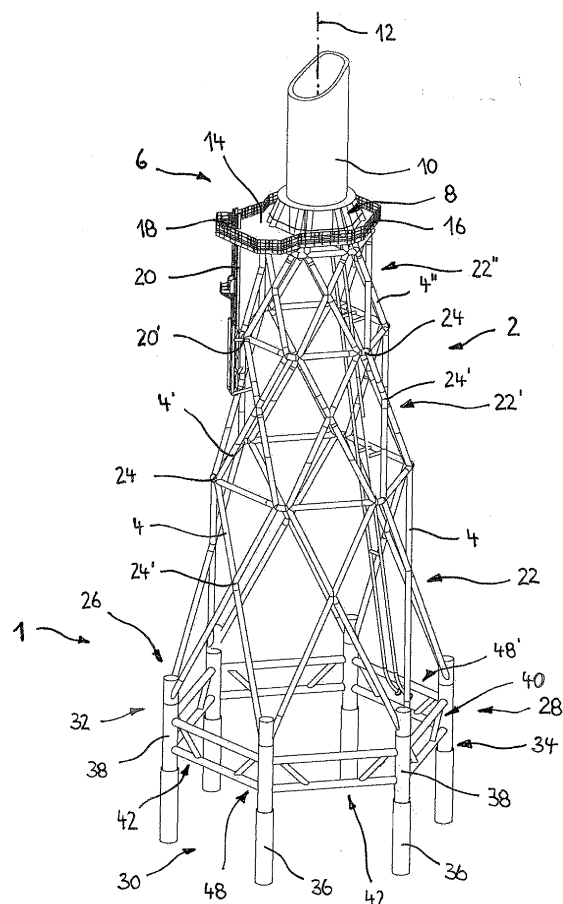


Fig. 1

EP 3 056 611 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Kopplungsvorrichtung zum Verbinden einer Tragstruktur für Offshore-Anlagen, insbesondere Windenergieanlagen, mit einem im Meeresboden verankerten Fundament, insbesondere mehreren Rammpfählen. Die Erfindung bezieht sich auch auf eine Gründungsstruktur für Offshore-Anlagen und ein Verfahren zum Herstellen solcher Gründungsstrukturen.

[0002] Bei der Installation von Offshore-Anlagen, wie beispielsweise Offshore-Windenergieanlagen kommen heutzutage die verschiedensten Gründungsstrukturen zum Einsatz, wie zum Beispiel das sogenannte "Monopile". Ein Monopile besteht aus einem einzigen Pfahl mit mehreren Metern Durchmesser, der mit wenigstens der Hälfte seiner Gesamtlänge in den Gewässergrund eingebracht, insbesondere eingerammt wird und mit seinem oberen Ende über die Wasseroberfläche heraussteht. Ein weiterer Typ einer Gründungsstruktur ist der Tripod, der aus einem Zentralkörper mit drei sternförmig verlaufenden Streben besteht, an deren Enden vertikal verlaufende rohrähnliche Hülsenkörper angeordnet sind. Die Hülsenkörper des Tripod werden mit den Köpfen von drei aus dem Gewässergrund ragenden Rammpfählen verbunden. Eine dritte häufig verwendete Bauform einer Gründungsstruktur sieht die Verwendung eines Gittermastturmes, auch bezeichnet als Jacket-Abschnitt, vor der üblicherweise wenigstens drei oder vier Außenpfähle aufweist, welche über waagrecht und schräg verlaufende Streben miteinander verbunden sind. Die unteren Enden der Außenpfähle werden ebenfalls direkt mit den Köpfen von aus dem Gewässergrund ragenden Rammpfählen verbunden. In diesem Fall ragen die Rammpfähle üblicherweise nur kurz über den Gewässergrund hervor, sodass der Verbindungsbereich zwischen Rammpfahl und Jacket-Abschnitt als Tragstruktur für die Offshore-Anlage unter Wasser liegt.

[0003] Größere Offshore-Windparks weisen unter Umständen nicht im gesamten Bereich der für die Errichtung des Windparks vorgesehenen Fläche eine gleichmäßige Wassertiefe auf. Häufig können Tiefenunterschiede von 1 bis 10 Metern vorliegen. Um die vorhandenen Tiefenunterschiede ausgleichen und sicherstellen zu können, dass die Tragstruktur mit ihrer Aufnahme für die Offshore-Anlage etwa in gleicher Höhe über der Wasseroberfläche heraus steht, ist es notwendig, unterschiedlich hohe beziehungsweise große Tragstrukturen für die Errichtung der Offshore-Anlagen zu verwenden. Speziell bei Jackets als gewählte Form der verwendeten Tragstruktur besteht, aufgrund der sich nach unten konisch beziehungsweise pyramidenförmig vergrößernden Grundfläche, die Schwierigkeit, dass mit zunehmender Wassertiefe sich automatisch deren Grundfläche vergrößert. Dadurch erhöhen sich zum einen der Material- und Arbeitsaufwand und damit gleichzeitig auch die Kosten für deren Herstellung. Zum anderen verändern sich bei unterschiedlich hohen Jackets als Tragstrukturen, was typischerweise mit einer entsprechenden Verlängerung oder Verkürzung der schräg unter einem vorbestimmten Winkel verlaufenden Außenpfähle einhergeht, auch die Abstände zwischen den unteren Enden der Außenpfähle. Dadurch verändern sich entsprechend auch die Abstände zwischen den in den Gewässergrund einzurammenden Rammpfählen, was somit grundlegend die Vorfertigung der Jacketstrukturen selbst und das Maßhalten der relativ genau einzuhaltenden Abstände bei der Fertigung eines mit dem Gewässergrund verankerten Fundamentes erschwert.

[0004] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Möglichkeit zum Verbinden einer Tragstruktur für eine Offshore-Anlage mit einem Fundament, eine Gründungsstruktur für Offshore-Anlagen sowie ein Verfahren zum Herstellen einer Gründungsstruktur anzugeben, mit denen das Errichten von Gründungsstrukturen trotz auftretender Tiefenunterschiede am Errichtungsort vereinheitlicht und mit verringertem Aufwand erfolgen kann.

[0005] Die Erfindung löst die ihr zugrunde liegende Aufgabe mit einer Kopplungsvorrichtung zum Verbinden einer Tragstruktur für Offshore-Anlagen, insbesondere Windenergieanlagen, mit einem im Meeresboden verankerten Fundament, insbesondere mehreren Rammpfählen, aufweisend ein mit der Tragstruktur koppelbares oberes Ende und ein mit dem Fundament koppelbares unteres Ende, wobei die Kopplungsvorrichtung ein auf die jeweilige Gewässertiefe am Errichtungsort abgestimmtes Höhenmaß aufweist.

[0006] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass durch den Einsatz einer Kopplungsvorrichtung eine individuelle Anpassung der Tragstrukturen für die Offshore-Anlagen selbst, aufgrund vorhandener Tiefenunterschiede des Gewässergrunds in dem für die Aufstellung der Offshore-Anlagen vorgesehenen Gebiet, nicht mehr notwendig ist. Die Anpassung an vorhandene Unterschiede der Gewässertiefe erfolgt bevorzugt ausschließlich über die erfindungsgemäße Kopplungsvorrichtung. In Abhängigkeit von der Gewässertiefe am Errichtungsort wird nunmehr der Abstand zwischen dem oberen Ende der Kopplungsvorrichtung, welches mit der Tragstruktur verbindbar ist, und dem unteren Ende der Kopplungsvorrichtung, das mit dem Fundament koppelbar ist, individuell angepasst bzw. verändert. Darüber hinaus ist auf vereinfachte Weise gewährleistet, dass eine Tragstruktur mit ihrer Aufnahme für eine zu errichtende Offshore-Anlage auf einem nahezu gleichen Höhenniveau oberhalb der Wasseroberfläche angeordnet ist, wie eine Tragstruktur, die in einem benachbarten Bereich aufgestellt wird, in dem eine abweichende Gewässertiefe vorhanden ist.

[0007] Bevorzugt weist gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung die Kopplungsvorrichtung eine sich von ihrem oberen Ende zu ihrem unteren Ende erstreckende, im Wesentlichen gleichbleibende Grundfläche auf. Damit bleibt die Grundfläche stets unabhängig von möglichen variierenden Gewässertiefen am Errichtungsort für die Offshore-Anlage konstant. Damit bleibt auch vorzugsweise die Grundfläche des im Meeresboden verankerten Fundaments für verschiedene in unterschiedlichen Gewässertiefen aufgestellte Tragstrukturen konstant. Beispielsweise als Fundament eingesetzte

Rammpfähle, die in vorbestimmten Abständen in den Gewässergrund eingetrieben werden, weisen nunmehr für mehrere zu errichtende Gründungsstrukturen jeweils identische Abstände zueinander auf. Zum Eintreiben der Rammpfähle an unterschiedlichen Errichtungsorten können dementsprechend dieselben Rammschablonen verwendet werden, wodurch die Vorfertigung der Fundamente im Gewässergrund auf vorteilhafte Weise vereinfacht ist.

[0008] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung weist die erfindungsgemäße Kopplungsvorrichtung mehrere mit dem Fundament koppelbare, im Wesentlichen senkrecht verlaufende Adapter-Stäbe und eine fachwerkartige Gitterstruktur auf, welche die Adapter-Stäbe untereinander verbindet. Mit der Verwendung bevorzugt senkrecht verlaufender Adapter-Stäbe ist gewährleistet, dass eine einfache Anbindung an das Fundament erreicht ist. Die senkrechten Adapter-Stäbe können relativ einfach mit den Rammpfählen gekoppelt, insbesondere in oder über die Köpfe der Rammpfähle geschoben werden. Die Adapter-Stäbe sind bevorzugt mittels einer fachwerkartigen Gitterstruktur untereinander verbunden, wodurch die Kopplungsvorrichtung eine ausreichende Steifigkeit erhält, um die auf sie einwirkenden Kräfte sicher aufnehmen zu können, welche beispielsweise aus den auf die Tragstruktur und die Offshore-Anlage einwirkenden Wind- oder Wellenlasten resultieren. Bevorzugt weist die Kopplungsvorrichtung drei, vier, fünf, sechs oder mehr senkrecht verlaufende Adapter-Stäbe auf, die über die Gitterstruktur miteinander verbunden sind. Die Adapter-Stäbe weisen insbesondere zu einer in Erstreckungsrichtung der Kopplungsvorrichtung verlaufenden Mittenachse ein identisches Abstandsmaß auf. Zudem sind die Adapter-Stäbe gleichmäßig verteilt um die Längsachse angeordnet, wobei der Abstand zwischen zwei unmittelbar zueinander benachbarten Adapter-Stäben je nach Anzahl der verwendeten Adapter-Stäbe variiert.

[0009] Vorzugsweise weist die Gitterstruktur mindestens zwei im Abstand parallel zueinander verlaufende Horizontal-Streben auf, welche ein Horizontal-Strebenelement ausbilden, das vorzugsweise in einer vertikalen Ebene verläuft, und über Verbindungsstreben miteinander gekoppelt sind, die vorzugsweise in einem spitzen oder stumpfen Winkel zu den Horizontal-Streben verlaufen. Damit ist eine hohe Steifigkeit eines jeweiligen Horizontal-Strebenelementes und der daraus gebildeten Gitterstruktur gewährleistet und einem Verwinden der Kopplungsvorrichtung in sich auf vorteilhafte Weise entgegengewirkt. Die Anzahl der im Abstand parallel zueinander verlaufenden Horizontal-Streben variiert bevorzugt in Abhängigkeit von der Gesamthöhe der herzustellenden Kopplungsvorrichtung. Bevorzugt bilden zwei, drei, vier oder mehr Horizontal-Streben ein jeweiliges Horizontal-Strebenelement aus. Die zwischen den Horizontal-Streben verlaufenden Verbindungsstreben verlaufen insbesondere in einem Winkel zu einer jeweiligen Horizontalstrebe, der in einem Bereich zwischen 5° und 85°, bevorzugt im Bereich zwischen 30° und 60° liegt.

[0010] In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kopplungsvorrichtung sind mehrere Horizontal-Strebenelemente vorgesehen, welche ringförmig angeordnet sind, wobei die Horizontal-Streben der Horizontal-Strebenelemente übereinander angeordnete Ringstrukturen der Gitterstruktur ausbilden. Damit ist die Festigkeit, bzw. Steifigkeit der erzeugten Gitterstruktur und damit der erfindungsgemäßen Kopplungsvorrichtung auf vorteilhafte Weise weiter erhöht. Dadurch wird gewährleistet, dass bei der gleichbleibenden Grundfläche der Kopplungsvorrichtung in ihrer Erstreckungsrichtung die Kräfte von der Tragstruktur sicher auf das Fundament übertragen werden. Unter einer ringförmigen Anordnung der Horizontal-Strebenelemente ist vorliegend weniger von einer kreisringförmigen Ausgestaltung der mittels der Horizontal-Streben erzeugten Ringstrukturen zu verstehen. In Abhängigkeit von der Anzahl der mit dem Fundament zu koppelnden Adapter-Stäben weisen die mittels der Horizontal-Strebenelemente erzeugten Ringstrukturen der Gitterstruktur in Erstreckungsrichtung der Kopplungsvorrichtung die Form eines Drei-, eines Vier-, eines Fünf- oder Sechsecks auf. Die entstehenden Kanten der Ringstrukturen weisen bevorzugt ähnliche oder identische Längenmaße zueinander auf. Bevorzugt sind die Adapter-Stäbe jeweils in einem Eckbereich der erzeugten, bevorzugt vieleckigen Ringstrukturen angeordnet. Damit werden die Kräfte bevorzugt an jeweils den äußersten Punkten der Kopplungsvorrichtung in das damit korrespondierende Fundament eingeleitet.

[0011] Vorzugsweise sind die unteren Horizontal-Streben eines jeweiligen Horizontal-Strebenelements mit jeweils einem ihrer Enden mit einem bevorzugt senkrecht ausgerichteten Adapter-Stab verbunden. In einer bevorzugten Ausführungsform wird die Kopplungsvorrichtung vorrangig mittels der Gitterstruktur ausgebildet, wobei die Adapter-Stäbe im unteren Bereich der Kopplungsvorrichtung angeordnet sind. Die unteren Horizontal-Streben zweier einander benachbarter Horizontal-Strebenelemente sind vorzugsweise mit einem Kopfende eines der Adapter-Stäbe fest verbunden. Darüber ist eine feste Anbindung zwischen den Adapter-Stäben, welche mit dem Fundament verbindbar sind, und der Gitterstruktur bewirkt.

[0012] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist die obere Ringstruktur über daran ausgebildete Knotenpunkte mit der Tragstruktur verbindbar. Die erzeugte Gitterstruktur ist somit bevorzugt unmittelbar mit der die Offshore-Anlage aufnehmenden Tragstruktur verbindbar. Je nach Ausgestaltung der verwendeten Tragstruktur lassen sich beliebig viele Verbindungsstellen über entsprechende Knotenpunkte an der oberen Ringstruktur der Gitterstruktur herstellen. Über die Vielzahl der Verbindungsstellen erfolgt dann auf vorteilhafte Weise die Krafteinleitung von der Tragstruktur in die Kopplungseinrichtung. Vorzugsweise sind zumindest in den Eckbereichen der Gitterstruktur, welche durch die aufeinander treffenden Horizontal-Streben ausgebildet werden, Knotenpunkte für die Krafteinleitung von der Tragstruktur auf die Kopplungseinrichtung vorgesehen. Von diesen Knotenpunkten aus verlaufen die Horizontal-Streben unter einem vorbestimmten Winkel jeweils zueinander. Weitere als Knotenpunkte ausgebildete Verbindungen zwischen der Tragstruktur und der Gitterstruktur der Kopplungseinrichtung können beispielsweise auch auf beliebigen Abschnitten, der die obere

Ringstruktur ausbildenden Horizontal-Streben angeordnet sein.

[0013] In einer alternativen oder optionalen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kopplungsvorrichtung sind beide Horizontal-Streben eines jeweiligen Horizontal-Strebenelementes mit jeweils ihren Enden mit einem Adapter-Stab verbunden. Bevorzugt erstrecken sich die Adapter-Stäbe über die gesamte Höhe der erfindungsgemäßen Kopplungsvorrichtung. Der Abstand zwischen dem oberen Ende und dem unteren Ende der Kopplungsvorrichtung wird somit durch die Länge der Adapter-Stäbe bestimmt. Die Horizontal-Streben der übereinander angeordneten beziehungsweise angeordneten Strukturen sind jeweils mit dem Außenumfang eines jeweiligen Adapter-Stabes fest verbunden. Die Gitterstruktur, welche die Adapter-Stäbe miteinander verbindet, ist in einer Ausführungsform der Erfindung derart an den Adapter-Stäben angeordnet, dass die Adapter-Stäbe mit ihren oberen Enden über die obere Ringstruktur vorstehen. Über die oberen Enden der Adapter-Stäbe erfolgt bevorzugt die Verbindung mit der Tragstruktur. Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass die Kopplungseinrichtung alternierend einen sich über die gesamte Höhe der Kopplungsvorrichtung erstreckenden Adapter-Stab vorsieht und ein jeweils benachbarter Adapter-Stab nur mit der unteren Ringstruktur der Gitterstruktur verbunden ist.

[0014] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weisen die vorzugsweise senkrecht verlaufenden Adapter-Stäbe an ihren oberen Enden Aufnahmen zum Einsetzen und/oder Befestigen korrespondierender Fußelemente der Tragstruktur auf. Mit der Ausgestaltung von Aufnahmen an den oberen Enden der Adapter-Stäbe ist auf vorteilhafte Weise die separate Vorfertigung der erfindungsgemäßen Kopplungsvorrichtung und der in die Aufnahmen an den Adapter-Stäben einzusetzenden und zu befestigenden Tragstruktur für die Offshore-Anlage gewährleistet. Somit können Kopplungsvorrichtung und Tragstruktur im Bedarfsfall einzeln zum Errichtungsort der Offshore-Anlage transportiert und dann vor Ort miteinander montiert werden. Die Aufnahmen sind vorzugsweise als zylindrische Ausnehmungen an den oberen Enden bzw. Kopfenden der Adapter-Stäbe ausgebildet, in die die bevorzugt zapfenartig ausgestalteten Fußelemente der Tragstruktur insbesondere eingeschoben werden können. Das Befestigen der Fußelemente mit den Kopfenden der Adapter-Stäbe kann beispielsweise über eine Stoffschlussverbindung, bevorzugt mittels Schweißen, und/oder mittels einer Form- beziehungsweise Kraftschlussverbindung über entsprechende Arretier- beziehungsweise Verriegelungselemente an der Tragstruktur und/oder der Kopplungsvorrichtung erfolgen.

[0015] Bevorzugt weisen die mit dem Fundament koppelbaren Adapter-Stäbe Arretierelemente für eine Form- oder Kraftschlussverbindung mit Kopplungsmitteln des Fundamentes auf und/oder die Adapter-Stäbe sind eingerichtet, über ein in Aufnahmen für die Adapter-Stäbe am Fundament einfüllbares aushärtendes Füllmittel befestigt zu werden. Mit einem aushärtenden Füllmittel werden die Adapter-Stäbe der Kopplungsvorrichtung bevorzugt dauerhaft fest, also nicht wieder lösbar, mit dem Fundament verbunden. Die Verwendung von Arretierelementen ermöglicht eine reversibel koppelbare Verbindung der Adapter-Stäbe am Fundament, sodass die erfindungsgemäße Kopplungsvorrichtung im Bedarfsfall am Fundament abgenommen und ausgetauscht werden kann. Die Arretierelemente der Adapter-Stäbe sind eingerichtet mit Kopplungsmitteln des Fundaments, welches bevorzugt aus einer Vielzahl von im Gewässerboden verankerten Rammpfählen gebildet wird, einen Formschluss oder Kraftschluss auszubilden. Die Arretierelemente können mit schlossartigen Verriegelungsteilen ausgerüstet sein, die in als Ausnehmungen oder Vorsprünge am Rammpfahlkopf ausgebildete Kopplungsmittel eingreifen beziehungsweise diese hintergreifen. Damit wird ein selbsttätiges Lösen der Verbindung zwischen der Kopplungseinrichtung und dem Fundament verhindert.

[0016] Bevorzugt sind die fachwerkartige Gitterstruktur und/oder die Adapter-Stäbe aus einem Material ausgebildet oder enthalten ein Material, das ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Metalle, Beton, deren Gemische und deren Kompositmaterialien. Mit dem Einsatz von Metallen, Beton und deren Gemischen, ist eine vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Kopplungsvorrichtung erreicht, die zum einen eine hohe Festigkeit und zum anderen eine hohe Langlebigkeit aufweist. Bevorzugt sind Bereiche der Kopplungsvorrichtung wie beispielsweise die Adapter-Stäbe oder die Gitterstruktur aus hohlen Metallrohren ausgebildet, die zumindest abschnittsweise bevorzugt an Knotenpunkten mit Beton befüllt werden. Damit werden Kräfte, die von der Tragstruktur auf die Kopplungsvorrichtung übertragen werden, auf vorteilhafte Weise verbessert aufgenommen.

[0017] In einer anderen Weiterbildung der Erfindung sind die Adapter-Stäbe und die Gitterstruktur aus Hohlprofilen, insbesondere zylindrischen Rohrprofilen, und/oder aus Profilstäben ausgebildet. Die Verwendung von Hohlprofilen beziehungsweise Profilstäben hat gegenüber einem Vollmaterial bei gleicher Masse deutlich höhere Festigkeitswerte, wodurch die auf die Kopplungsvorrichtung einwirkenden Kräfte sicher aufgenommen und in das Fundament eingeleitet werden können. Die Hohlprofile und/oder Profilstäbe sind bevorzugt aus einem metallischen Werkstoff, wie zum Beispiel Stahl, gefertigt. Um den metallischen Werkstoff vor Korrosion zu schützen, werden die Hohlprofile und/oder Profilstäbe zumindest auf ihrer direkt mit äußeren Umwelteinflüssen, wie Wasser oder Luft, direkt in Kontakt gelangenden Außenseite mit einer Beschichtung ausgerüstet. Die Beschichtung ist bevorzugt ein seewasserbeständiger und/oder UV-beständiger Lack.

[0018] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft eine Gründungsstruktur für Offshore-Anlagen insbesondere Windenergieanlagen, mit einer Tragstruktur als einheitliches Bauteil oder Einheitsbauteil mit einer Aufnahme für die Offshore-Anlage, einem Fundament, insbesondere mehreren Rammpfählen, zur Verankerung der Gründungsstruktur im Meeresboden, welche sich durch eine erfindungsgemäße Kopplungseinrichtung nach einer der vorstehend beschriebenen

bevorzugten Ausführungsformen auszeichnet, wobei die Kopplungseinrichtung ein auf die jeweilige Gewässertiefe am Errichtungsort abgestimmtes Höhenmaß zwischen dem Fundament und der Unterseite der Tragstruktur aufweist.

[0019] Eine solche erfindungsgemäß ausgebildete Gründungsstruktur hat den Vorteil, dass sich diese vereinfacht am Gewässergrund errichten lässt, da deren Tragstruktur und dessen Fundament als Einheitsbauteile ausgebildet sind, die unabhängig von der Gewässertiefe am Errichtungsort als Komponenten mit einheitlichen Abmessungen vorgefertigt werden können. Einzig die Kopplungsvorrichtung der erfindungsgemäßen Gründungsstruktur wird hinsichtlich ihres Höhenmaßes an die am Errichtungsort vorherrschende Gewässertiefe und damit an das zu erzeugende Abstandsmaß zwischen Fundament und Tragstruktur angepasst. Dabei weist die Kopplungsvorrichtung der erfindungsgemäßen Tragstruktur in Erstreckungsrichtung eine im Wesentlichen gleichbleibende Grundfläche auf, die sich gar nicht oder nur unwesentlich in der Größe verändert. Unter Erstreckungsrichtung der Kopplungsvorrichtung ist vorliegend die Richtung zu verstehen, die parallel zur Längsachse der Kopplungsvorrichtung von ihrem oberen Ende zu ihrem unteren Ende verläuft. Hinsichtlich weiterer bevorzugter Ausgestaltungen und der sich daraus ergebenden Vorteile der erfindungsgemäßen Gründungsstruktur wird auf die oben beschriebenen Ausführungen zur Kopplungseinrichtung verwiesen.

[0020] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der erfindungsgemäßen Gründungsstruktur ist die Tragstruktur ein Jacket-Abschnitt aus mehreren fachwerkartig miteinander verbundenen Streben, deren Grundfläche sich vom Kopfteil mit der Aufnahme für die Offshore-Anlage in Richtung seines Fußteiles vergrößert. Die Verwendung eines Jacket-Abschnitts ermöglicht das Errichten einer Offshore-Anlage, vorzugsweise einer Windenergieanlage, in großen Gewässertiefen, da auf die Offshore-Anlage wirkende Windlasten oder auf die Tragstruktur einwirkende Wellenlasten, bevorzugt auf einen größeren Bereich am Gewässergrund verteilt werden kann. Die verwendeten Jacket-Abschnitte erweitern sich in der Grundfläche von ihren Köpfen in Richtung ihrer Fußenden im Wesentlichen kegelförmig beziehungsweise pyramidenförmig. Mit der zur Anwendung kommenden Kopplungsvorrichtung werden nunmehr Jacket-Abschnitte als Tragstrukturen eingesetzt, die als Einheits-, beziehungsweise Systembauteil einheitliche Abmessungen bezogen auf ihre Höhe und/oder ihre Grundfläche im Fußbereich aufweisen. Sich ursprünglich im Zusammenhang mit dem verändernden Höhenmaß der Tragstruktur ergebende Anpassungen beziehungsweise Veränderungen in der Grundfläche der Jacket-Abschnitte sind durch die nunmehr mit den Fußteilen der Tragstrukturen zu koppelnden Kopplungsvorrichtungen vermieden. Zudem weisen die Adapterpfähle vom oberen zum unteren Ende jeweils eine nahezu gleichbleibende Grundfläche auf. Eine Ausgestaltung des Jacket-Abschnitts weist bevorzugt drei, vier, fünf, sechs oder mehr Außenstreben auf, die schräg bzw. geneigt zu einer vertikal verlaufenden Längsachse der Tragstruktur ausgerichtet sind. Die Außenstreben werden jeweils über eine fachwerkartige Gitterstruktur beziehungsweise Fachwerksegmente aus einer Vielzahl von Verbindungsstreben aus bevorzugt rohrförmigen Hohlprofilen untereinander verbunden. Die Außen- und Verbindungsstreben sind bevorzugt starr miteinander verbunden und bilden in den Verbindungsbereichen Knotenpunkte aus. Eine alternative Ausgestaltung des Jacket-Abschnitts sieht mehrere übereinander angeordnete Fachwerksegmente aus horizontal und schräg bzw. geneigt verlaufenden Verbindungsstreben vor.

[0021] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Gründungsstruktur weist das Fußteil der Tragstruktur mehrere Fußelemente auf, welche in korrespondierenden Aufnahmen an den oberen Enden der Adapter-Stäbe befestigt sind. Vorzugsweise weist die Tragstruktur an ihren Außenstreben jeweils parallel in Richtung der Längsachse der Tragstruktur abstehenden Fußelemente auf. Die Fußelemente, welche bevorzugt schaftartige Eingriffsmittel aufweisen, greifen in die Aufnahmen an den jeweils oberen Enden der Adapter-Stäbe der Kopplungsvorrichtung ein und werden mit den Aufnahmen fest verbunden. Als mögliche Verbindung zwischen Tragstruktur und Kopplungsvorrichtung ist entweder eine nicht-lösbare und damit dauerhaft feste Verbindung oder eine reversibel koppelbare Verbindung vorgesehen, wobei über die reversibel koppelbare Verbindung die Tragstruktur von der Koppelvorrichtung auch nach einer längeren Zeitspanne an der Kopplungsvorrichtung gelöst werden kann.

[0022] In einer alternativen oder optionalen Ausgestaltungsform der Erfindung ist das Fußteil der Tragstruktur an Knotenpunkten der fachwerkartigen Gitterstruktur der Kopplungsvorrichtung, vorzugsweise Eckpunkten des oberen Ringsegmentes, befestigt. Anstatt dass die Fußteile der Tragstruktur ausschließlich in den Aufnahmen der Adapter-Stäbe der Kopplungsvorrichtung aufgenommen und befestigt sind, wird bevorzugt das Fußteil der Tragstruktur direkt mit der fachwerkartigen Gitterstruktur der Kopplungsvorrichtung verbunden. Vorzugsweise erfolgt die Verbindung des Fußteils der Tragstruktur an Knotenpunkten der Gitterstruktur der Kopplungsvorrichtung, um eine sichere Krafteinleitung in die Kopplungsvorrichtung zu gewährleisten. Die zur Ausgestaltung der Tragstruktur und der Kopplungsvorrichtung vorzugsweise verwendeten Hohlprofile weisen in einer bevorzugten Ausführungsform voneinander abweichende Abmessungen auf, wobei die Hohlprofile der Kopplungsvorrichtung größere Querschnittsmaße aufweisen, als die Hohlprofile der insbesondere als Jacket-Abschnitt ausgebildeten Tragstruktur.

[0023] Ein weiterer Aspekt der Erfindung, für den sowohl separater Schutz als auch in Kombination mit dem voran genannten Erfindungsgegenstand nach einer der vorstehend beschriebenen, bevorzugten Ausführungsformen als eine vorteilhafte Weiterbildung Schutz beansprucht wird, betrifft eine Gründungsstruktur, bei der erfindungsgemäß im Kopfbereich eines oder mehrerer Rammpfähle eine Verstelleinrichtung zur Höhenverstellung eines Fußelements der Tragstruktur oder der Kopplungseinrichtung relativ zum Rammpfahl angeordnet ist. Mithilfe der erfindungsgemäßen Verstelleinrichtung an einem oder mehreren, bevorzugt jedem der Rammpfähle, können auftretende Höhenunterschiede

zwischen den oberen Enden der Rammpfähle für eine Gründungsstruktur einfach ausgeglichen werden. Die Höhenunterschiede, welche beispielsweise beim Rammen der Rammpfähle entstehen können und zwischen wenigen Zentimetern und bis zu einem halben Meter betragen können, haben somit keinen Einfluss mehr auf die vertikale Ausrichtung der Tragstruktur und die mittels der Tragstruktur aufgenommene Offshore-Anlage. Darüber hinaus wird ein etwaiges Verspannen der Fußelemente der Tragstruktur oder der Kopplungsvorrichtung in den Fußelement-Aufnahmen der Rammpfähle auf vorteilhafte Weise vermieden. Unter dem Begriff "Fußelement" sind vorliegend zum Beispiel separate Fußelemente, welche im Fußbereich einer Tragstruktur oder einer erfindungsgemäßen Kopplungsvorrichtung angeordnet sind, oder auch ein unterer Abschnitt beziehungsweise ein unteres Ende eines bevorzugt vertikal verlaufenden Adapterstabes der Kopplungsvorrichtung zu verstehen. Unter einer Verstelleinrichtung ist gemäß dem allgemeinen Erfindungsgedanken eine betätigbare Einrichtung zu verstehen, welche im Kopfbereich der Rammpfähle zur Höhenverstellung der Aufnahmebereiche für die Fußelemente oder der Auflagebereiche der Fußelemente von Tragstruktur oder Kopplungseinrichtung relativ zum Fundament eingesetzt wird. Dabei erfolgt das Verstellen einer Fußelement-Aufnahme am Rammpfahl für die Fußelemente von Tragstruktur oder Kopplungseinrichtung relativ zum Rammpfahl oder eines Auflagebereiches am Fußelement der Tragstruktur oder der Kopplungseinrichtung relativ zu einer in Längsrichtung unveränderlich am Rammpfahl aufgenommenen Fußelement-Aufnahme.

[0024] Bevorzugt weist die Verstelleinrichtung einen Schraubring auf, der in Längsrichtung des Rammpfahles verstellbar am Rammpfahl angeordnet ist. Mit dem Einsatz eines Schraubringes, der vorzugsweise an seiner äußeren Mantelfläche mit einem Außengewinde ausgerüstet ist, ist eine einfache Höhenverstellung des Schraubringes entlang des Rammpfahles möglich. Das Außengewinde des Schraubringes korrespondiert bevorzugt mit einem Innengewinde im Kopfbereich des Rammpfahles. Durch Verdrehen des Schraubringes innerhalb des Rammpfahls wird die Höhe des Schraubringes einfach angepasst, welcher bevorzugt gleichzeitig die Fußelement-Aufnahme für das Fußelement der Tragstruktur oder der Kopplungseinrichtung ausbildet. Das Verstellen des Schraubringes erfolgt bevorzugt manuell oder mittels eines motorischen Stellantriebs. Die Steigung der miteinander korrespondierenden Gewinde von Schraubring und Rammpfahl ist derart gewählt, dass durch die auf die Schraubverbindung wirkenden Gewichtskräfte eine Selbsthemmung der Gewindeteile zueinander eintritt. Damit wird ein ungewolltes Verstellen des Schraubringes in seiner Höhe vermieden. Zum Sichern der Fußelemente von Tragstruktur oder Kopplungseinrichtung in den Fußelement-Aufnahmen im Kopfbereich der Rammpfähle wird beispielsweise ein in den Kopfbereich einzufüllendes aushärtbares Füllmittel vorgesehen, wie beispielsweise Beton.

[0025] In einer alternativen Ausführungsform der Erfindung ist bei es Fundamenten mit geringeren Abmessungen und damit verbundenen dünneren Rammpfählen möglich, dass das Schraubgewinde im Kopfbereich des Rammpfahles als Außengewinde ausgebildet ist. Vorzugsweise weist der entsprechend mit dem Rammpfahl korrespondierende Schraubring ein Innengewinde auf, das entlang der Außenseite des Rammpfahles geführt wird. Die Fußelemente der Tragstruktur oder der Kopplungseinrichtung weisen vorzugsweise größere Durchmesser als die Rammpfähle auf und werden somit abschnittsweise über die Rammpfähle geschoben.

[0026] In einer alternativen Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Gründungsstruktur weist die Verstelleinrichtung Schraubringe auf, die mit ihren Innengewinden bevorzugt mit einem Außengewinde am Fußelement von Tragstruktur oder der Kopplungseinrichtung korrespondieren. Damit sind oder die Schraubring mit einer Auflagefläche am oberen Ende der Rammpfähle angeordnet beziehungsweise liegen darauf auf. Die Höhenverstellung der Fußelemente relativ zum Rammpfahl erfolgt entsprechend durch eine Änderung der Position des Schraubringes entlang eines jeweiligen Fußelementes.

[0027] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Gründungsstrukturen, welche ein auf die Gewässertiefe an ihrem Errichtungsort abgestimmtes Höhenmaß aufweisen, mit den Schritten, Vorfertigen einer Tragstruktur als Einheitsbauteil mit einheitlichen Abmessungen, paralleles Vorfertigen einer Kopplungsvorrichtung nach einer der vorstehend beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen, wobei deren Höhenmaß individuell auf die am Errichtungsort der jeweiligen Gründungsstruktur vorhandene Gewässertiefe abgestimmt wird, und Fügen von einheitlicher Tragstruktur und individuell gefertigter Kopplungsvorrichtung und Verbinden von Tragstruktur und Kopplungsvorrichtung. Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass mithilfe der erfindungsgemäßen Verfahrensschritte das Herstellen einer Gründungsstruktur für Offshore-Anlagen deutlich vereinfacht ist, da sich die Herstellung der Tragstruktur für die Offshore-Anlage aufgrund der für jede Gründungsstruktur einheitlichen Abmessungen, teilautomatisieren lässt. Veränderungen und individuelle Anpassungen in der Konstruktion der Tragstruktur an mögliche sich ändernde Gewässertiefen sind damit auf vorteilhafte Weise vermieden. Lediglich die Kopplungsvorrichtungen sind hinsichtlich ihres Höhenmaßes, insbesondere des Abstandes zwischen oberem und unterm Ende der Kopplungsvorrichtung anzupassen und damit die Länge der bevorzugt verwendeten Adapter-Stäbe. Zudem wird in Abhängigkeit von der Höhe der Kopplungsvorrichtung bevorzugt die Anzahl der übereinander angeordneten Horizontal-Streben für die Horizontal-Streben-elemente angepasst, welche einander benachbarte Adapter-Stäbe verbinden. Damit verändert sich bevorzugt die Anzahl der Ringstrukturen der Gitterstruktur und somit die Höhe der Gitterstruktur zwischen den miteinander zu verbindenden Adapter-Stäben. Im Ergebnis lassen sich der Fertigungsaufwand für die erfindungsgemäße Gründungsstruktur und die damit verbundenen Kosten auf vorteilhafte Weise reduzieren. Tragstruktur und Kopplungsvorrichtung können jeweils

separat voneinander vorgefertigt und einzeln an den Errichtungsort transportiert werden.

[0028] Bevorzugte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sehen ein oder mehrere der nachfolgenden Schritte vor: Erstellen eines Fundaments am Errichtungsort für die Offshore-Windenergieanlage, was vorzugsweise über das Rammen von Rammpfählen in den Gewässergrund erfolgt; Verbinden der Kopplungsvorrichtung mit dem Fundament und anschließendes Koppeln der Tragstruktur mit der auf dem Fundament aufgesetzten Kopplungsvorrichtung oder Koppeln der bereits mit der Tragstruktur verbundenen Kopplungsvorrichtung mit dem Fundament oder Verstellen der Höhe eines oder mehrerer Fußelemente der Kopplungsvorrichtung relativ zum Fundament.

[0029] Nachfolgend wird die Erfindung anhand möglicher Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren näher beschrieben. Hierbei zeigen:

Fig. 1: eine perspektivische Ansicht einer ersten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Gründungsstruktur;

Fig. 2: eine Ansicht der erfindungsgemäßen Gründungsstruktur nach Fig. 1 an ihrem Errichtungsort;

Fig. 3: eine Ansicht einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Gründungsstruktur an ihrem Errichtungsort;

Fig. 4: eine perspektivische Darstellung einer weiteren Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen Gründungsstruktur;

Fig. 5: eine perspektivische Ansicht einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Gründungsstruktur an ihrem Errichtungsort;

Fig. 6: eine perspektivische Darstellung eines Verbindungsbereich zwischen Kopplungsvorrichtung und Rammpfahl im Teilschnitt mit einer erfindungsgemäßen Verstelleinrichtung, und

Fig. 7: eine perspektivische Detailansicht eines Rammpfahles im Teilschnitt.

[0030] Die in Fig. 1 gezeigte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Gründungsstruktur 1 weist eine Tragstruktur 2 auf, welche eine Vielzahl von fachwerkartig miteinander verbundenen Streben 4, 4', 4'' umfasst. Am Kopfteil 6 der Gründungsstruktur 1 ist eine Aufnahme 8 für eine Offshore-Anlage, wie beispielsweise hier einen Turm 10 einer nicht näher dargestellten Windenergieanlage angeordnet. Die Aufnahme 8 weist eine bevorzugt zylindrische Ausnehmung auf, deren Längsachse in der gezeigten Ausführungsform coaxial zur Mittenachse 12 der Gründungsstruktur verläuft. Am Kopfteil 6 der als Jacket-Abschnitts ausgebildeten Tragstruktur 2 ist des Weiteren eine sich vollständig um die Aufnahme herum erstreckende Serviceplattform 14 angeordnet. An der Peripherie der Serviceplattform 14 ist ein Sicherheitsgeländer 16 angeordnet, welches die Serviceplattform vollständig umschließt. In der Serviceplattform ist eine Zutrittsöffnung 18 ausgebildet, der eine Zugangsleiter 20 zugeordnet ist. Über die Zugangsleiter 20 wird der Zugang für das Servicepersonal von einem an der Zugangsleiter anlandenden Schiff gewährleistet. Die Zugangsleiter 20 ist über Haltestreben 20' in ihrem unteren Drittel an der Tragstruktur 2 abgestützt.

[0031] Die hier dargestellte Tragstruktur 2 ist ein Jacket-Abschnitt mit einer im Wesentlichen sechseckigen Grundform, der auch als Hexabase bezeichnet wird. Die Tragstruktur 2 wird aus mehreren übereinander angeordneten Fachwerksegmenten 22, 22', 22'' mit jeweils einer Vielzahl von horizontal und zur Mittenachse 12 geneigt verlaufenden Streben 4, 4', 4'' ausgebildet. Die Streben 4, 4', 4'' sind aus rohrförmigen Hohlprofilen ausgebildet und starr miteinander verbunden, wobei in den Verbindungsbereichen von zwei, drei oder mehr Verbindungsstreben jeweils Knotenpunkte 24, 24' ausgebildet sind. Die Tragstruktur 2 weist außerdem ein Fußteil 26 auf.

[0032] Einer Kopplungsvorrichtung 28 ist mit dem Fußteil 26 gekoppelt oder verbunden und hat die Funktion einer Adapterstruktur. Die Kopplungsvorrichtung 28 dient zum Überbrücken eines Abstandes zwischen der in einer vorbestimmten Höhe zu montierenden Tragstruktur 2 und eines im Gewässergrund verankerten Fundaments 30 der erfindungsgemäßen Gründungsstruktur 1. Die Kopplungsvorrichtung weist ein oberes Ende 32 auf, mit dem die Kopplungsvorrichtung mit dem Fußteil 26 der Tragstruktur 2 gekoppelt ist. Weiterhin umfasst die Kopplungsvorrichtung 28 ein unteres Ende 34 das mit dem Fundament 30 verbunden ist, welches in der vorliegenden Ausführungsform 6, in dem nicht näher dargestellten Gewässergrund einrahmt Rammpfähle 36 aufweist. Zudem weist die Kopplungsvorrichtung 28 eine sich von ihrem oberen Ende 32 zum unteren Ende 34 erstreckende im Wesentlichen gleichbleibende Grundfläche auf. In der Höhe weist die Kopplungsvorrichtung ein auf die jeweilige Gewässertiefe am Errichtungsort abgestimmtes Höhenmaß auf, sodass der Abstand zwischen dem oberen mit der Tragstruktur 2 gekoppelten Ende 32 und dem unteren, mit dem Fundament 30 verbundenen Ende entsprechend der Gewässertiefe variiert. Die Kopplungsvorrichtung 28 weist in der gezeigten Ausführungsform sechs mit dem Fundament koppelbare, im Wesentlichen senkrecht verlaufende Adapter-Stäbe 38 auf. Die Adapter-Stäbe 38 sind über eine fachwerkartige Gitterstruktur 40 untereinander verbunden.

[0033] Wie Figur 2 verdeutlicht, weist die Gitterstruktur 40 mehrere Horizontal-Strebenelemente 42 auf, welche ring-

förmig angeordnet sind und endseitig jeweils mit einem Adapterstab 38 verbunden sind. Die zwischen den Adapter-Stäben 38 angeordneten Horizontal-Strebenelemente 42 weisen in der Grundfläche die Form eines Sechsecks auf. Jedes Horizontal-Strebenelement weist mindestens zwei im Abstand parallel zueinander verlaufende Horizontal-Streben 44, 44' auf, welche über Verbindungsstreben 46, 46' miteinander gekoppelt sind, die in einem vorbestimmten Winkel geneigt zu den Horizontal-Streben 44, 44' verlaufen. Die Horizontal-Strebenelemente 42 sind in einer vertikalen Ebene ausgerichtet, sodass die Horizontal-Streben 44, 44' der Horizontal-Strebenelemente übereinander angeordnete Ringstrukturen 48, 48' (Figur 1) der Gitterstruktur 40 ausbilden.

[0034] In der vorliegenden Ausgestaltung sind beide Horizontal-Streben 44, 44' eines jeweiligen Horizontal-Strebenelements 42 mit ihren Enden mit einem Adapter-Stab 38 verbunden. Die Adapter-Stäbe 38 weisen an ihren oberen Enden nicht näher dargestellte Aufnahmen zum Einsetzen und/oder Befestigen korrespondierender Fußelemente 50 der Tragstruktur 2 auf. Die Fußelemente 50 werden nach dem Einsetzen in die Aufnahmen der Adapter-Stäbe 38 fest mit diesen verbunden. Die Verbindung der Fußelemente mit den Adapter-Stäben kann mittels nicht gezeigter Arretierelemente oder über ein in die Aufnahme einfüllbares aushärtendes Füllmaterial erfolgen. Die Adapter-Stäbe 38 sind mit ihren unteren Enden wiederum in Aufnahmen des vorliegend aus sechs Rammpfählen 36 ausgebildeten Fundaments 30 eingesetzt und fest mit den Rammpfählen verbunden. Um das Einsetzen bzw. Einschieben der vertikal ausgerichteten Adapter-Stäbe zu gewährleisten, weisen auch die in den Gewässergrund 51 eingerammten Rammpfähle 36 eine vertikale Ausrichtung auf.

[0035] In Figur 3 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Gründungsstruktur 1' gezeigt, welche eine Tragstruktur 2 und ein Fundament 30 aufweist, die identisch zu der in den Figuren 1 und 2 abgebildeten Ausführungsform sind. Daher wird auf die detaillierte Beschreibung der Tragstruktur 2 und des Fundaments 30 verzichtet. Gleiche Bauteile sind mit denselben Bezugszeichen bezeichnet. Die abgebildete Gründungsstruktur 1' weist eine das Fußteil 26 der Tragstruktur 2 mit dem Fundament 30 verbindende Kopplungsvorrichtung 28' auf. Die Kopplungsvorrichtung 28' weist wiederum ein an den Errichtungsort der Gründungsstruktur angepasstes Höhenmaß auf. Wie zu erkennen, ist die Gründungsstruktur 1' im Vergleich zum Ausführungsbeispiel der Figuren 1 und 2 an einem Errichtungsort mit einer größeren Gewässertiefe aufgestellt. Die Kopplungsvorrichtung 28' weist sechs Adapter-Stäbe 38' auf, die in der Form eines sich zwischen den Adapter-Stäben aufspannenden gleichseitigen Sechsecks angeordnet sind. Die Adapter-Stäbe 38' sind über Horizontal-Strebenelemente 42' verbunden, mit denen auf die Adapter-Stäbe einwirkenden Kräften der Parallelogrammeffekt zwischen den Adapter-Stäben 38' verhindert wird. Die Horizontal-Strebenelemente 42' bilden die Gitterstruktur 40' aus. Die Horizontal-Strebenelemente 42' weisen im Gegensatz zur Ausführungsform der Figuren 1 und 2 drei parallel zueinander ausgerichtete Horizontal-Streben 44, 44', 44'' auf, welche über Verbindungsstreben 46, 46' miteinander verbunden sind. Die drei im Abstand übereinander angeordneten Horizontal-Streben 44, 44', 44'' bilden somit drei die Adapter-Stäbe 38' verbindende Ringstrukturen 48, 48', 48'' aus. Das Fundament 30 zum Verankern der Gründungsstruktur 1' im Gewässergrund 51 weist sechs Rammpfähle 36 auf. Die Anzahl der Rammpfähle kann in Abhängigkeit von der Ausgestaltung der Gründungsstruktur 1' variieren.

[0036] Eine Alternative Ausgestaltung sieht bei Kopplungsvorrichtungen mit einem ausreichend großen Höhenmaß, anstelle der Horizontal-Strebenelemente 42' zwischen zwei unmittelbar einander benachbarten Adapter-Stäben 38', das Anordnen von zwei Horizontal-Strebenelementen 42 mit jeweils zwei Horizontal-Streben 46, 46' vor. Die Horizontal-Strebenelemente 42 sind dann in einem vorbestimmten Abstand übereinander angeordnet. Die Adapter-Stäbe 38' sind mit ihren unteren Enden in Aufnahme des aus Rammpfählen 36 ausgebildeten Fundaments 30 aufgenommen. Wie auch in der vorher beschriebenen Ausführungsform (Figur 1 und 2) sind die Fußelemente 50 in nicht näher gezeigten Aufnahmen am oberen Ende eines jeweils zugeordneten Adapter-Stabes 38 aufgenommen und mit diesem fest verbunden. Die Verbindung zwischen Tragstruktur 2 und Kopplungsvorrichtung 28' kann dabei reversibel, also beliebig oft verbindbar und wieder lösbar, oder nicht reversibel, also nicht wieder lösbar, ausgebildet sein. Die Verbindung zwischen den Fußelementen 50 der Tragstruktur 2 und dem oberen Ende der Kopplungsvorrichtung 28' sowie dem unterem Ende der Kopplungsvorrichtung 28' und den Rammpfählen 36 aufweisenden Fundament 30 erfolgt bevorzugt über die oben beschriebenen Arretierelemente und/oder Kopplungsmittel.

[0037] In Figur 4 ist eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Gründungsstruktur 1'' gezeigt, welche eine Tragstruktur 2' mit einem verändertem Fußteil 26' aufweist. Anstelle der Fußelemente (Fig. 1) ist das untere Fachwerksegment 22 mit seinen Streben 4 der Tragstruktur 2' direkt mit der Gitterstruktur 40'' der Kopplungsvorrichtung 28'' über Knotenpunkte 52 verbunden. Die abgebildete Gitterstruktur 40'' weist zwei übereinander geordnete Ringstrukturen 48, 48'' aus jeweils sechs Horizontal-Streben 44, 44'' auf. Dabei ist nur die untere Ringstruktur 54 mit den Adapter-Stäben 38'' verbunden. Die Ringstrukturen 48, 48'' sind ausschließlich über Verbindungsstreben 46, 46', 46'' untereinander gekoppelt. Die Verbindungsstreben 46, 46', 46'' verlaufen jeweils bevorzugt unter einem vorbestimmten Winkel geneigt zu den Horizontal-Streben 44, 44'' und den vertikal ausgerichteten Adapter-Stäben 38''. Die Horizontal-Streben 44 der unteren Ringstruktur 54 sind mit ihren Enden jeweils mit den oberen Enden eines jeweiligen Adapter-Stabes 38'' verbunden. Die Horizontal-Streben 44'' der oberen Ringstruktur 54' sind mit ihren Enden jeweils untereinander und mit den Streben 4, des unteren Fachwerksegmentes 22 der Tragstruktur 2' gekoppelt und bilden die sechs Knotenpunkte 52 aus. Die Knotenpunkte 52 sind im Wesentlichen deckungsgleich aber im Abstand oberhalb der

Adapter-Stäbe 38" angeordnet. Die in Figur 4 abgebildete Gitterstruktur 40" kann in einer alternativen Ausführungsform in Abhängigkeit von einem am Errichtungsort der Gründungsstruktur 1" auszugleichenden Tiefenunterschied drei übereinander angeordnete Ringstrukturen aufweisen, die jeweils über Verbindungstreben untereinander verbunden sind. Zumindest die unterste Ringstruktur ist dann fest mit einer jeweils vorhandenen Anzahl von vertikal ausgerichteten Adapter-Stäben verbunden.

[0038] Eine weitere Ausführungsform einer Gründungsstruktur 1" ist in Figur 5 dargestellt. Die Gründungsstruktur 3' weist eine Tragstruktur 2", welche drei Außenstreben 60, die abschnittsweise zur Vertikalen geneigt sind, und die Außenstreben 60 miteinander verbindende Fachwerksegmente 62, 62' aufweist. Das Fußteil 26" der Tragstruktur 2' weist mit den unteren Enden der Außenstreben 60 gekoppelte Fußelemente 50' auf. Die Fußelemente 50' sind mit dem oberen Ende der Kopplungsvorrichtung 28" verbunden. Die Kopplungsvorrichtung 28" weist in der vorliegenden Ausführungsform drei Adapter-Stäbe 38" auf, die über Horizontale-Strebenelemente 42" mit jeweils zwei Horizontal Streben 44, 44' untereinander verbunden sind. Die Horizontal Streben 44, 44' sind, um die Steifigkeit der Kupplungsvorrichtung 38" zu verbessern, über Verbindungstreben 46, 46', miteinander verbunden. Die Adapter-Stäbe 38" und die aus den Horizontal-Strebenelementen 42" gebildete Gitterstruktur 40" weist eine Grundfläche in der Form eines Dreiecks auf. Wie in den vorherigen Ausführungsformen weist die Kopplungsvorrichtung über seine gesamte Höhe vom oberen Ende bis zum unteren Ende eine nahezu gleichmäßige Grundfläche auf. Das die Kupplungsvorrichtung 38" und die Tragstruktur 2' tragende Fundament 30' weist drei Rammpfähle 36' auf, die vertikal ausgerichtet sind und mit denen die Gründungsstruktur 1" im Gewässergrund 51 verankert wird. In die Aufnahmen am oberen Ende der Rammpfähle 36' sind die Adapter-Stäbe 38" der Kopplungsvorrichtung 28" eingeschoben und fest verbunden. Die Tragstruktur 2" weist ein Kopfteil 6' mit einer Aufnahme 8' für eine Offshore-Anlage, wie einen Turm 10 einer nicht näher gezeigten Windenergieanlage auf. Um die Aufnahme 8' herum ist zudem eine Service-Plattform 14' vorgesehen. Das Kopfteil 6' hat des Weiteren drei etwa horizontal verlaufende Stützarme 64, welche jeweils in einem Winkel von 120 Grad zueinander von der Mittenachse 12' der Gründungsstruktur 1" aus absteigen. Die Enden der Stützarme 64 sind jeweils mit den oberen Enden der Außenstreben 60 gekoppelt.

[0039] In Fig. 6 ist der Verbindungsbereich zwischen der Kopplungsvorrichtung 28 und einem Rammpfahl 36 des Fundamentes 30 gezeigt. Der Adapterstab 38 der Kopplungsvorrichtung 28 weist ein Fußelement 54 auf, das in den freien Querschnitt im Kopfbereich 56 des Rammpfahles 36 hineinragt und darin aufgenommen ist. Der Rammpfahl 36 weist zudem in seinem Kopfbereich 56 eine Verstelleinrichtung 58 zur Höhenverstellung des im Rammpfahl aufgenommenen Fußelementes 54 relativ zum Rammpfahl 36 auf. Die Verstelleinrichtung 58 setzt sich aus einem im Inneren des Rammpfahles 36 aufgenommenen Schraubring 66 mit einem Außengewinde 68 und einem an der inneren Mantelfläche 70 des Rammpfahles ausgebildeten Innengewinde 72 (Fig. 7) zusammen. Der Schraubring 66 korrespondiert mit seinem Außengewinde 68 mit dem Innengewinde 72 des Rammpfahles derart, dass durch Drehung des Schraubringes 66 dieser in Längsrichtung des Rammpfahles 36 verstellbar ist. Der Schraubring 66 weist eine Auflagefläche 74 (Fig. 7) und damit eine Fußelement-Aufnahme für das Fußelement 54 der Kopplungsvorrichtung 28 auf. Bevorzugt sind sämtliche Rammpfähle 36, 36' der zuvor dargestellten Fundamente 30, 30' mit solchen Verstelleinrichtungen 58 ausgerüstet, wodurch Höhenunterschiede zwischen den oberen Enden der Rammpfähle 36, 36' sich auf vorteilhafte Weise ausgleichen lassen.

[0040] Wie aus Fig. 7 ersichtlich, weist der Schraubring eine Durchbruch 76 mit einer Verzahnung 78 auf. In die Verzahnung 78 greift ein am unteren Ende des Fußelementes 54 angeordnetes Arretierteil 80 (Fig. 6) ein. Das Arretierteil 80 weist sternförmig angeordnete Stege 82, 82' auf, die an ihren in radialer Richtung äußeren Enden komplementär zur Verzahnung 78 ausgebildet ist. Damit wird zusätzlich zu der zwischen den Gewindeteilen wirkenden Reibkraft einem selbsttätigen Verdrehen des Schraubringes 66 innerhalb des Rammpfahles entgegengewirkt. In den Hohlraum 84 zwischen der Außenwandung 86 des Fußelementes 54 und der Mantelfläche 70 des Rammpfahles 36 wird nach dem Justieren der Kopplungseinrichtung 28 in ihrer Höhe durch Anpassen der Position der Schraubringe 66 in Längsrichtung des Rammpfahles 36 bevorzugt ein aushärtbares Füllmaterial eingefüllt, wie beispielsweise Beton.

Bezugszeichenliste

1, 1', 1", 1'''	Gründungsstruktur	44, 44', 44", 44'''	Verbindungstreben
2, 2', 2"	Tragstruktur	46, 46'	Horizontalstreben
4, 4', 4"	Verbindungstreben	48, 48', 48", 48'''	Ringstruktur
6, 6'	Kopfteil	50, 50'	Fußelement
8, 8'	Aufnahme	52	Knotenpunkt
9	Längsachse	54	Fußelement
10	Turm	56	Kopfbereich
12	Mittenachse	58	Verstelleinrichtung
14	Serviceplattform	60	Außenstrebe

(fortgesetzt)

	16	Sicherungsgeländer	62, 62'	Fachwerksegment
	18	Zutrittsöffnung	64	Stützarm
5	20	Zugangsleiter	66	Schraubring
	22, 22', 22"	Fachwerksegmente	68	Außengewinde
	24, 24'	Knotenpunkte	70	innere Mantelfläche
	26, 26', 26"	Fußteil	72	Innengewinde
10	28, 28', 28", 28'''	Kopplungsvorrichtung	74	Auflagefläche
	30, 30'	Fundament	76	Durchbruch
	32	Oberes Ende	78	Verzahnung
	34	Unteres Ende	80, 80'	Arretierteil
	36, 36'	Rammpfahl	82	Steg
15	38, 38', 38", 38'''	Adapterstab	84	Hohlraum
	40, 40', 40", 40'''	Gitterstruktur	86	Außenwandung
	42, 42', 42", 42'''	Horizontalstrebenelement		

20 Patentansprüche

1. Kopplungsvorrichtung (28, 28', 28" 28''') zum Verbinden einer Tragstruktur (2, 2', 2") für Offshore-Anlagen, insbesondere Windenergieanlagen, mit einem in einem Gewässergrund verankerten Fundament (30, 30'), insbesondere mehreren Rammpfählen (36, 36'), aufweisend
25 ein mit der Tragstruktur (2, 2', 2") koppelbares oberes Ende (32) und ein mit dem Fundament (30, 30') koppelbares unteres Ende (34), wobei die Kopplungsvorrichtung ein auf die jeweilige Gewässertiefe am Errichtungsort abgestimmtes Höhenmaß aufweist.
2. Kopplungsvorrichtung nach Anspruch 1,
30 **gekennzeichnet durch** eine sich von ihrem oberen Ende (32) zu ihrem unteren Ende (34) erstreckende, im Wesentlichen gleichbleibende Grundfläche.
3. Kopplungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 und 2,
35 **gekennzeichnet durch** mehrere mit dem Fundament (30, 30') koppelbare, im Wesentlichen senkrecht verlaufende Adapter-Stäbe (38, 38', 38", 38''') und vorzugsweise eine fachwerkartige Gitterstruktur (40, 40', 40" 40'''), welche die Adapter-Stäbe (38, 38', 38", 38''') untereinander verbindet.
4. Kopplungsvorrichtung nach Anspruch 3,
40 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gitterstruktur (40, 40', 40" 40''') mindestens zwei im Abstand parallel zueinander verlaufende Horizontal-Streben (44, 44', 44", 44''') aufweist, welche ein Horizontal-Strebenelement (42, 42', 42", 42''') ausbilden, das vorzugsweise in einer vertikalen Ebene verläuft, und über Verbindungsstreben (46, 46', 46") miteinander gekoppelt sind, die vorzugsweise in einem spitzen oder stumpfen Winkel zu den Horizontal-Streben (44, 44', 44", 44''') verlaufen.
- 45 5. Kopplungsvorrichtung nach Anspruch 4,
gekennzeichnet durch mehrere Horizontal-Strebenelemente (42, 42', 42", 42'''), welche ringförmig angeordnet sind, wobei die Horizontal-Streben (40, 40', 40", 40''') der Horizontal-Strebenelemente (42, 42', 42", 42''') übereinander angeordnete Ringstrukturen der Gitterstruktur (40, 40', 40" 40''') ausbilden.
- 50 6. Kopplungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 4 und 5,
dadurch gekennzeichnet, dass die Horizontal-Streben (44) der unteren Ringstruktur (48) eines jeweiligen Horizontal-Strebenelementes (42, 42', 42", 42''') mit jeweils einem ihrer Enden mit einem Adapter-Stab (38, 38', 38", 38''') verbunden sind.
- 55 7. Kopplungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass die obere Ringstruktur (48''') über daran ausgebildete Knotenpunkte (52) mit der Tragstruktur (2'') verbindbar ist.

8. Kopplungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass die Horizontal-Streben (44, 44', 44'') eines jeweiligen Horizontal-Strebenelementes (42, 42', 42'', 42''') mit jeweils ihren Enden mit einem Adapter-Stab (38, 38', 38'', 38''') verbunden sind.

- 5 9. Kopplungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass die vorzugsweise senkrecht verlaufenden Adapter-Stäbe (38, 38', 38'', 38''') an ihren oberen Enden Aufnahmen zum Einsetzen und/oder Befestigen korrespondierender Fußelemente (50, 50') der Tragstruktur (2, 2'') aufweisen.

- 10 10. Kopplungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass die mit dem Fundament (30, 30') koppelbaren Adapter-Stäbe (38, 38', 38'', 38''') jeweils Arretierelemente für eine Form- oder Kraftschlussverbindung mit Kopplungsmitteln des Fundaments (30, 30') aufweisen und/oder eingerichtet sind, über ein in Aufnahmen für die Adapter-Stäbe (38, 38', 38'', 38''') am Fundament (30, 30') einfüllbares aushärtendes Füllmittel befestigt zu werden.

- 15 11. Kopplungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass die fachwerkartige Gitterstruktur (40, 40', 40'', 40''') und/oder die Adapter-Stäbe (38, 38', 38'', 38''') aus einem Material ausgebildet sind oder ein Material enthalten, dass ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Metalle, Beton, deren Gemische und deren Kompositmaterialien.

- 20 12. Kopplungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass die Gitterstruktur (40, 40', 40'', 40''') und/oder die Adapter-Stäbe (38, 38', 38'', 38''') aus Hohlprofilen, insbesondere zylindrischen Rohrprofilen, und/oder aus Profilstäben gebildet sind.

- 25 13. Gründungsstruktur (1, 1', 1'', 1''') für Offshore-Anlagen, insbesondere Windenergieanlagen, mit einer Tragstruktur (2, 2', 2'') mit einer Aufnahme (8) für die Offshore-Anlage, einem Fundament (30, 30'), insbesondere mehreren Rammpfählen (36, 36'), zur Verankerung der Gründungsstruktur (1, 1', 1'', 1''') in einem Gewässergrund (51),
gekennzeichnet durch eine Kopplungseinrichtung (28, 28', 28'', 28''') nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Kopplungseinrichtung ein auf die jeweilige Gewässertiefe am Errichtungsort abgestimmtes Höhenmaß zwischen dem Fundament (30, 30') und der Unterseite der Tragstruktur (2, 2', 2'') aufweist.

- 30 14. Gründungsstruktur nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet, dass die Tragstruktur (2, 2', 2'') ein Jacket-Abschnitt aus mehreren fachwerkartig miteinander verbundenen Streben (4, 4', 4'') ist, deren Grundfläche sich vom Kopfteil (6) mit der Aufnahme (8) für die Offshore-Anlage in Richtung seines Fußteiles (26, 26', 26'') vergrößert.

- 35 15. Gründungsstruktur nach einem der Ansprüche 13 und 14,
dadurch gekennzeichnet, dass das Fußteil (26, 26'') der Tragstruktur (2, 2'') mehrere Fußelemente (50, 50') aufweist, welche in korrespondierenden Aufnahmen an den oberen Enden der Adapter-Stäbe (38, 38', 38'', 38''') befestigt sind.

- 40 16. Gründungsstruktur nach einem der Ansprüche 13 bis 15,
dadurch gekennzeichnet, dass das Fußteil (26') der Tragstruktur (2') über Knotenpunkte (52) an der fachwerkartigen Gitterstruktur (40''), vorzugsweise Eckpunkten der oberen Ringsstruktur (48''), befestigt ist.

- 45 17. Gründungsstruktur nach dem Oberbegriff von Anspruch 13 oder einem der Ansprüche 13 bis 16,
dadurch gekennzeichnet, dass im Kopfbereich (56) eines oder mehrerer Rammpfähle (36, 36') eine Verstelleinrichtung (58) zur Höhenverstellung eines Fußelements (54) der Tragstruktur (2, 2', 2'') oder der Kopplungseinrichtung (28) relativ zum Rammpfahl (36, 36') angeordnet ist.

- 50 18. Gründungsstruktur nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet, dass die Verstelleinrichtung (28) einen Schraubring (66) aufweist, der bevorzugt in Längsrichtung des Rammpfahles (36, 36') verstellbar angeordnet ist.

- 55 19. Gründungsstruktur nach Anspruch 18,
dadurch gekennzeichnet, dass der Schraubring (66) ein Außengewinde (68) aufweist, dass mit einem Innengewinde (70) im Kopfbereich (54) des Rammpfahles (36, 36') korrespondiert.

20. Verfahren zum Herstellen von Gründungsstrukturen (1, 1', 1", 1'''), welche ein auf die Gewässertiefe an ihrem Errichtungsort abgestimmtes Höhenmaß aufweisen, mit den Schritten,

- Vorfertigen einer Tragstruktur (2, 2', 2'') mit einheitlichen Abmessungen,
- Vorfertigen einer Kopplungsvorrichtung (28, 28', 28'', 28''') nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei deren Höhenmaß individuell auf die am Errichtungsort der jeweiligen Gründungsstruktur (1, 1', 1'', 1''') vorhandene Gewässertiefe abgestimmt wird,
- Fügen von einheitlicher Tragstruktur (2, 2', 2'') und Kopplungsvorrichtung (28, 28', 28'', 28''') und Verbinden von Tragstruktur (2, 2', 2'') und Kopplungsvorrichtung (28, 28', 28'', 28''').

21. Verfahren nach Anspruch 20,

wobei das Verfahren einen oder mehrere der nachfolgenden Schritte umfasst:

- Erstellen eines Fundaments (30, 30') am Errichtungsort für die Offshore-Windenergieanlage, vorzugsweise durch Rammen von Rammpfählen (36, 36') in einen Gewässergrund (51);
- Verbinden der Kopplungsvorrichtung (28, 28', 28'', 28''') mit dem Fundament, und
- anschließendes Koppeln der Tragstruktur (2, 2', 2'') mit der auf dem Fundament (30, 30') aufgesetzten Kopplungsvorrichtung (28, 28', 28'', 28''')
- oder
- Koppeln der bereits mit der Tragstruktur (2, 2', 2'') verbundenen Kopplungsvorrichtung (28, 28', 28'', 28''') mit dem Fundament (30, 30')
- Verstellen der Höhe eines oder mehrerer Fußelemente (54) der Kopplungsvorrichtung (28) relativ zum Fundament (30, 30').

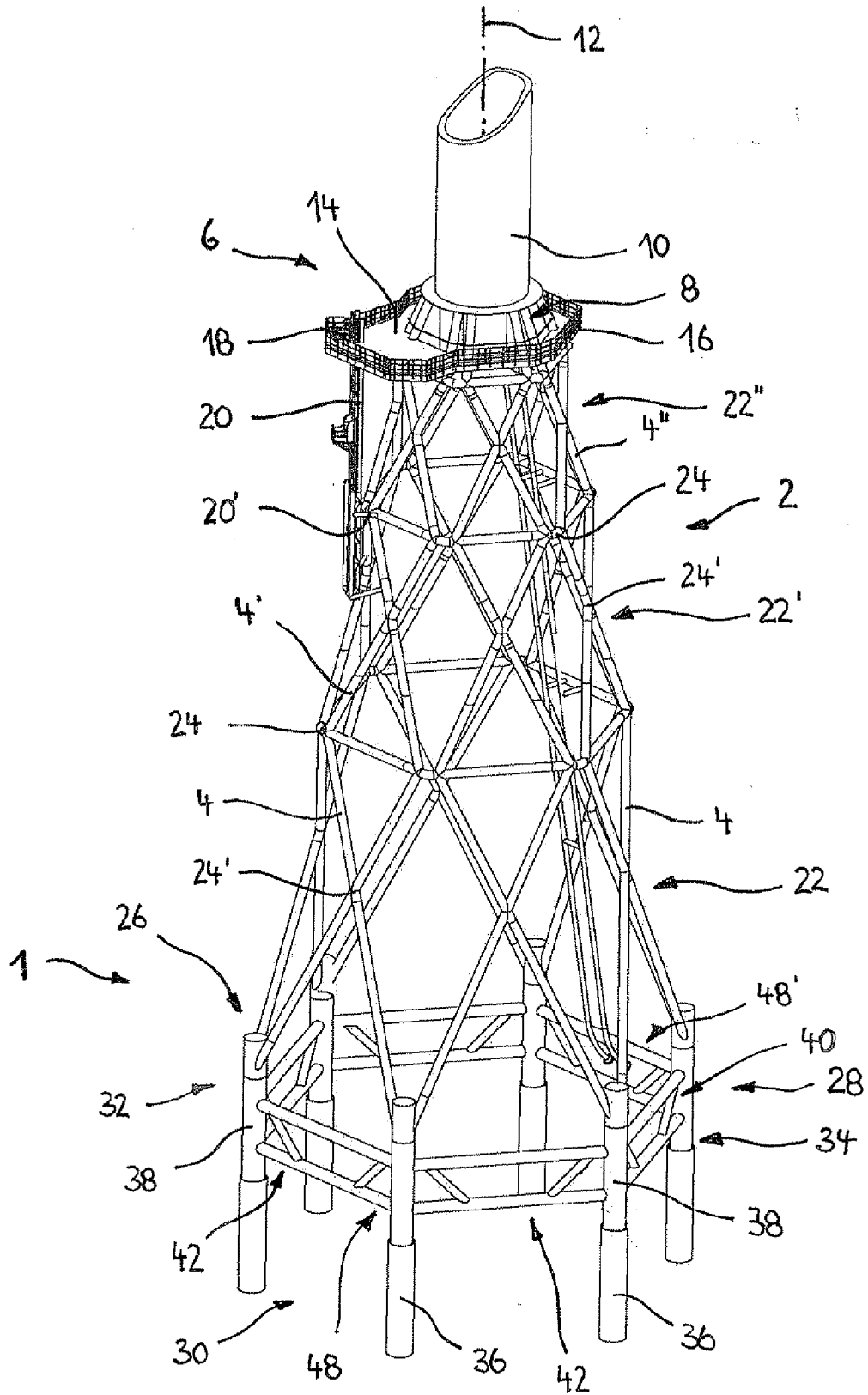


Fig. 1

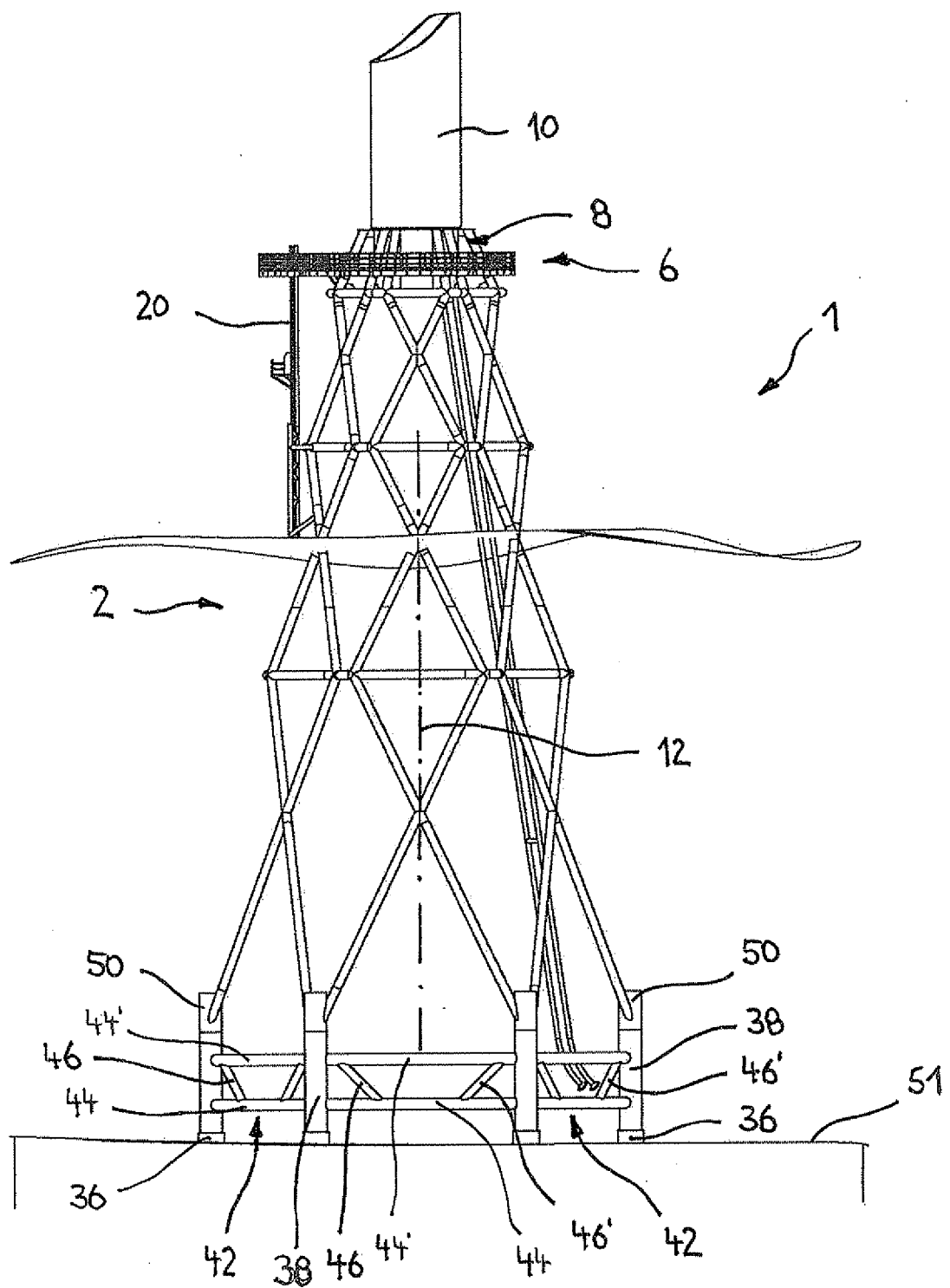


Fig. 2

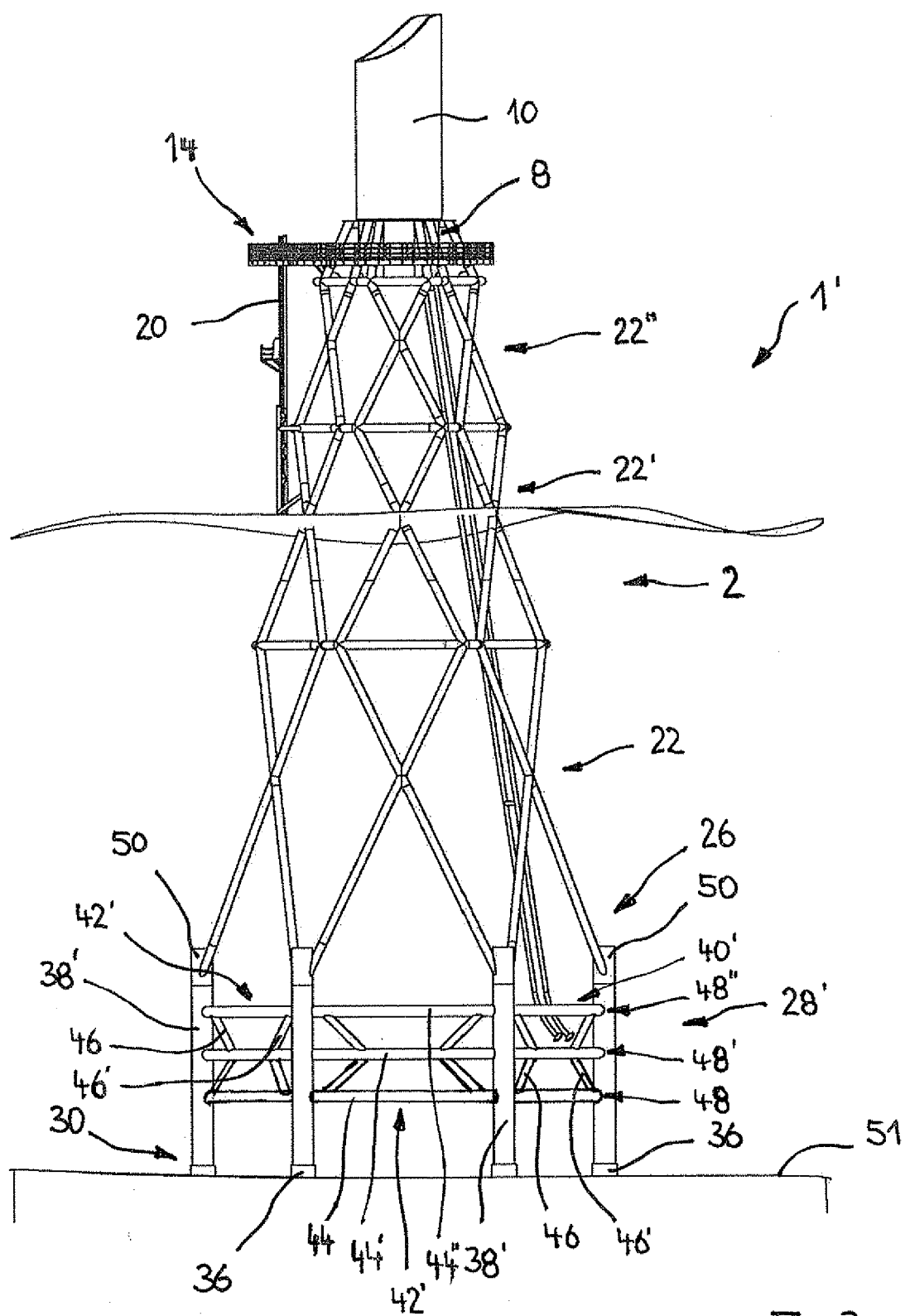


Fig. 3

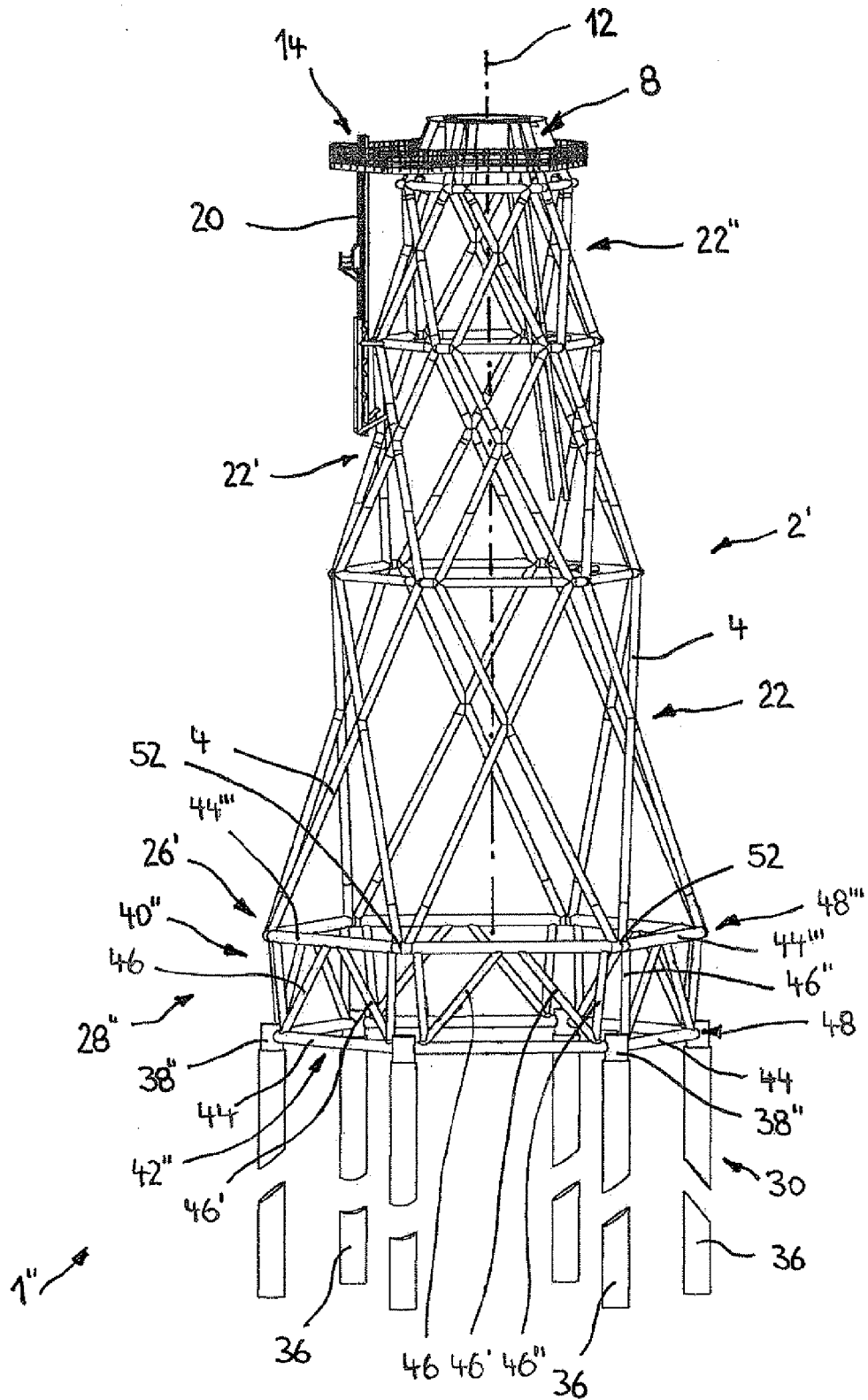


Fig. 4

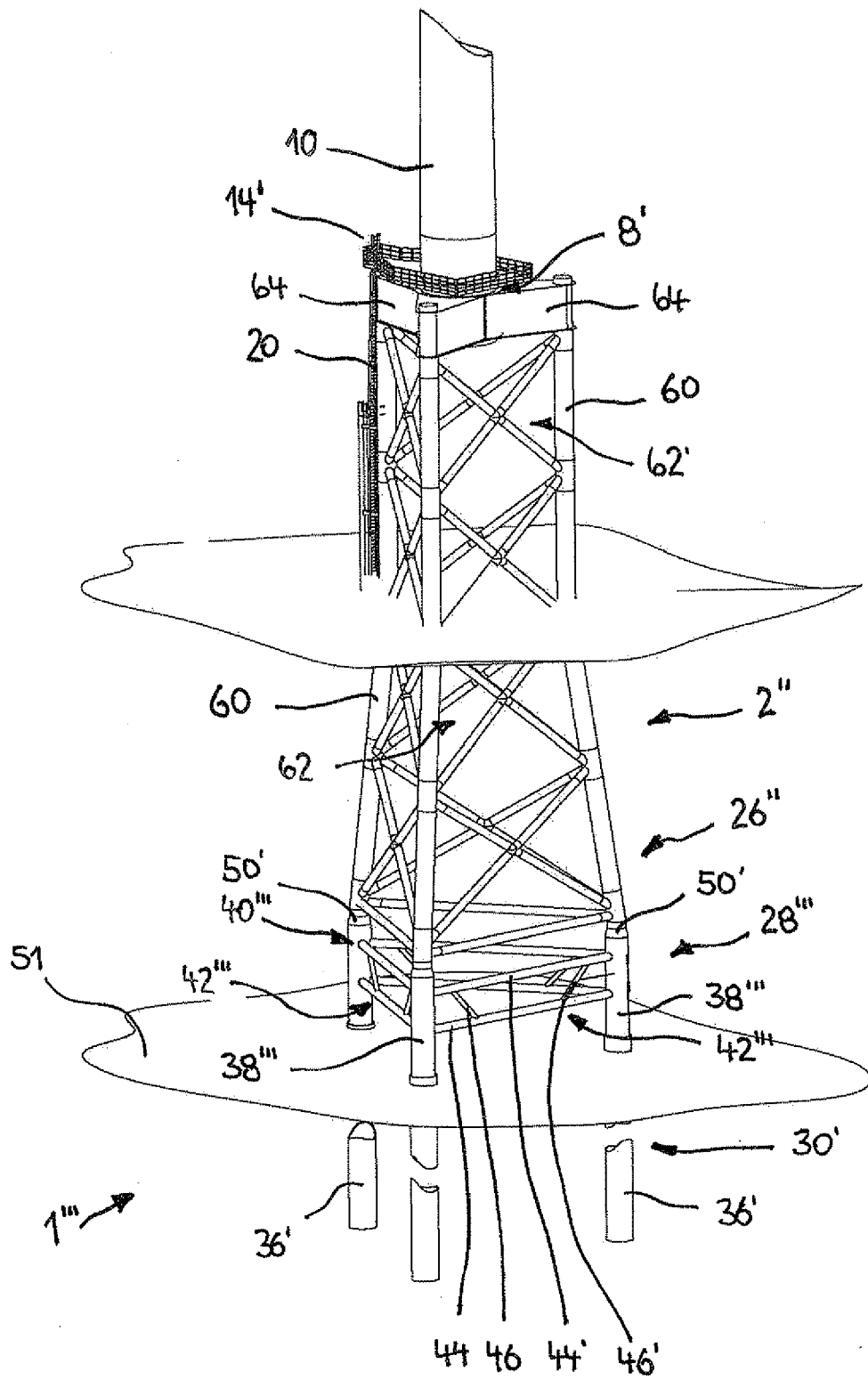


Fig. 5

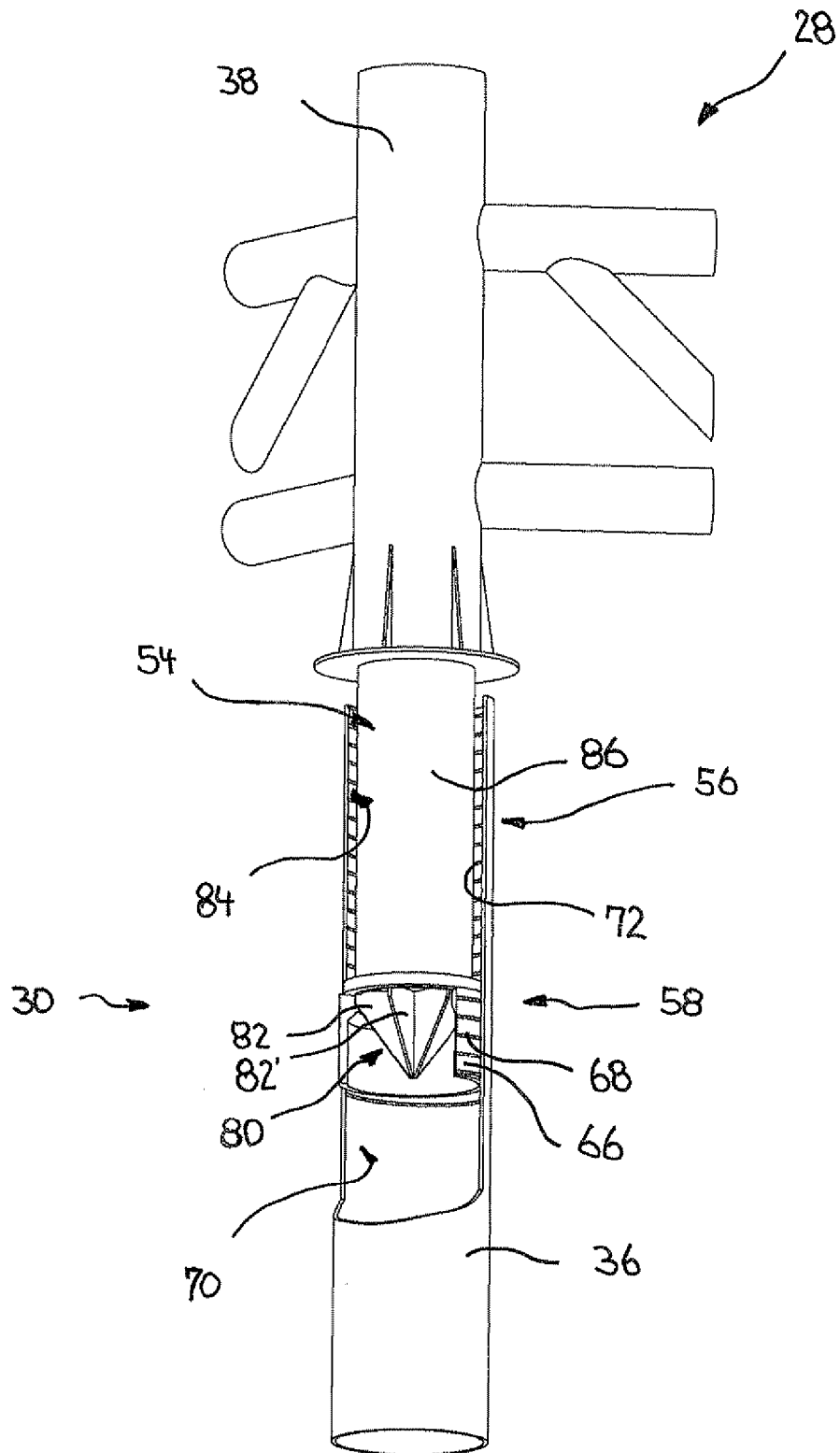


Fig. 6

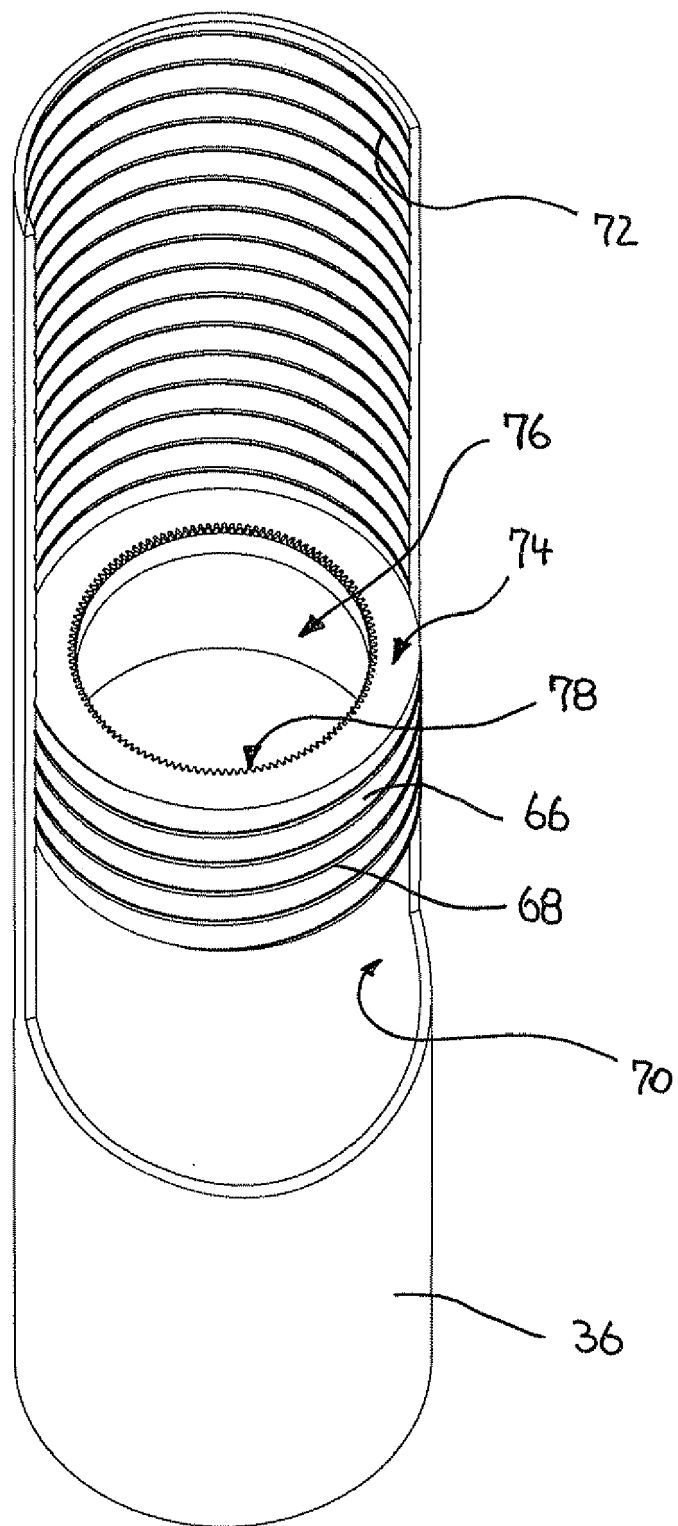


Fig. 7



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 15 15 4950

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 3 528 254 A (GRAHAM JOHN R) 15. September 1970 (1970-09-15) * Spalte 4, Zeile 22 - Spalte 8, Zeile 41; Abbildungen 1-5 *	1-21	INV. E02B17/00 E02B17/02
X	US 6 955 503 B1 (SHIVERS III ROBERT MAGEE [US] ET AL) 18. Oktober 2005 (2005-10-18) * Abbildungen 1-5a *	1-21	
X	EP 2 728 179 A1 (ALSTOM WIND SLU [ES]) 7. Mai 2014 (2014-05-07) * Abbildungen 2,3 *	1,13,20	
X	US 5 445 476 A (SGOUROS GEORGE E [US] ET AL) 29. August 1995 (1995-08-29) * Abbildungen 1-4 *	1,13,20	
X	WO 2013/057093 A1 (WINDSEA AS [NO]) 25. April 2013 (2013-04-25) * das ganze Dokument *	1,13,20	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			E02B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 20. Juli 2015	Prüfer Zuurveld, Gerben
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 15 15 4950

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

20-07-2015

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	US 3528254 A	15-09-1970	KEINE	
	US 6955503 B1	18-10-2005	KEINE	
15	EP 2728179 A1	07-05-2014	EP 2728179 A1	07-05-2014
			US 2014115987 A1	01-05-2014
	US 5445476 A	29-08-1995	KEINE	
20	WO 2013057093 A1	25-04-2013	CN 103930622 A	16-07-2014
			EP 2769024 A1	27-08-2014
			GB 2495715 A	24-04-2013
			KR 20140084046 A	04-07-2014
25			US 2014328632 A1	06-11-2014
			WO 2013057093 A1	25-04-2013
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82