

(19)



(11)

EP 2 743 401 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
18.06.2014 Patentblatt 2014/25

(51) Int Cl.:
E02B 17/02 (2006.01) **E02B 17/00 (2006.01)**
E02D 27/42 (2006.01) **E02D 27/52 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **13188169.0**

(22) Anmeldetag: **10.10.2013**

(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

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

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

(30) Priorität: **10.10.2012 DE 202012009681 U**

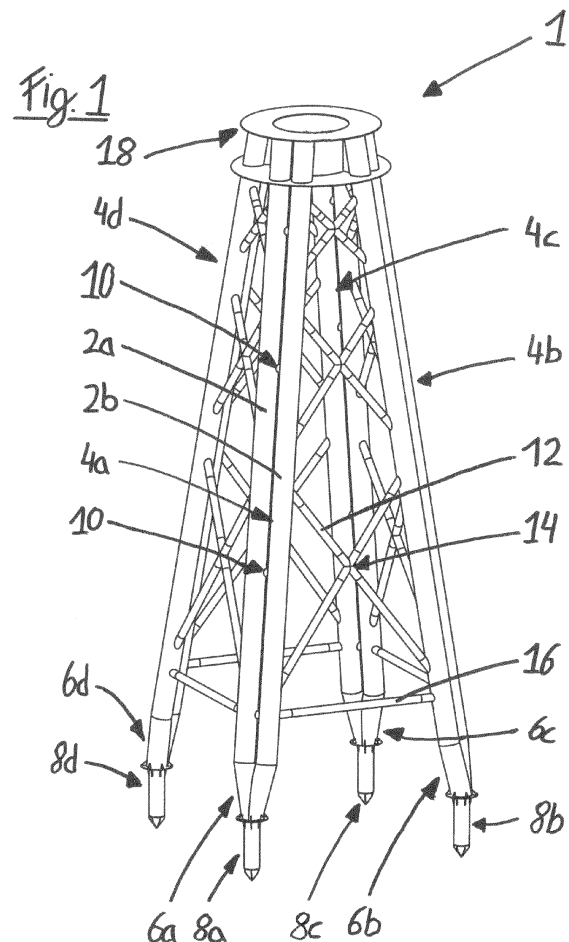
(71) Anmelder: **Maritime Offshore Group GmbH**
28355 Bremen (DE)

Bemerkungen:

Die Patentansprüche 17-20 gelten als fallen gelassen, da die entsprechenden Anspruchsgebühren nicht entrichtet wurden (R. 45 (3) EPÜ).

(54) **Tragstruktur für Offshore Anlagen**

(57) Die Erfindung betrifft eine Tragstruktur (1) für Offshore-Anlagen, insbesondere Windenergieanlagen, zur Verankerung am Meeresboden aus einer Vielzahl von miteinander verbundenen Streben. Erfindungsgemäß sind mindestens zwei sich über die im Wesentlichen gesamte Länge der Tragstruktur (1) erstreckende Einzelstreben (2a, 2b) im Wesentlichen parallel zueinander angeordnet.



EP 2 743 401 A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Tragstruktur für Offshore-Anlagen, insbesondere für Windenergieanlagen. Derartige Tragstrukturen oder Fundamente dienen dazu, Windenergieanlagen auf dem Meeresgrund sicher zu verankern.

[0002] Seit einiger Zeit werden Windenergieanlagen nicht nur "On-Shore", 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, aber nicht ausschließlich eine sogenannte Jacket-Konstruktion. Diese ist eine Fachwerkkonstruktion aus Stahl.

[0003] Eine Tragstruktur ist beispielsweise in DE 20 2011 101 599 U1 der hiesigen Anmelderin offenbart. Die dort offenbarte Tragstruktur weist mehrere, vorzugsweise sechs im Meeresgrund verankerte, 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.

[0004] Eine weitere Tragstruktur ist in US 5,536,117 offenbart. Die offenbarte Tragstruktur weist übereinanderliegende und miteinander verbundene Segmente auf, wobei mindestens eines der Segmente zu einem nächsten Segment um eine vertikale Achse verdreht angeordnet ist. Die Anzahl und die Orientierung der Segmente ist abhängig von den äußeren Bedingungen, wie z. B. der Wassertiefe oder dem Standort der Tragstruktur. Die einzelnen Segmente der offenbarten Tragstruktur bestehen vorzugsweise aus vertikalen Außenstreben, die mit horizontal und/oder schräg ausgerichteten Querstreben miteinander verbunden sind. Die Verbindung zwischen den Streben wird vorzugsweise durch Montagestifte realisiert.

[0005] Die bekannten Lösungen für derartige Offshore Tragstrukturen bedingen zur Gewährleistung einer hohen Tragfähigkeit einen hohen Material- und Fertigungsaufwand. Die Streben- bzw. Rohranordnungen der bekannten Tragstrukturen und die hohen Wandstärken der verwendeten Streben bzw. Rohre führen zu einem hohen Schweißaufwand und einem großen Bedarf an Arbeitskräften. Außerdem kommt es durch den erhöhten Materialeinsatz zu einem gesteigerten Gewicht der Tragstruktur, welches nicht nur die Montage sondern auch den Transport und die Installation auf dem offenen Meer ne-

gativ beeinflusst. Um Offshore Tragstrukturen mit immer höherer Tragfähigkeit wirtschaftlich bereitstellen zu können bedarf es folglich einer neuen Lösung, die den steigenden Anforderungen der schnell wachsenden Offshore Industrie gerecht wird.

[0006] Andere Offshore-Fundamente wie beispielsweise Monopile-Fundamente verursachen bei ihrer Installation auf dem Meeresgrund durch die Verwendung von leistungsstarken Rammhämmern extreme Schallemissionen mit einer Stärke von bis zu 190 dB. Derartige Schallwellen stellen für Lebewesen eine erhebliche Gefährdung dar und können sogar tödliche Folge für die betroffenen Meerestiere haben.

[0007] Außerdem kommt es bevorzugt bei Monopile-Fundamenten durch die von der Windkraftanlage hervorgerufenen Schwingungen oftmals zu Rissen im Meeresboden. Diese Risse beeinträchtigen die Bodenintegrität und bedingen im Laufe der Zeit ein erhöhtes Risiko einer Fundamentschräglage, deren Behebung einen beträchtlichen finanziellen Aufwand bedeuten würde.

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es folglich, eine Tragstruktur für Offshore-Anlagen, insbesondere Windenergieanlagen, anzugeben, die mit relativ geringem Aufwand herstellbar ist und trotz einfacher Herstellbarkeit und relativ niedriger Herstellungskosten eine hohe Tragfähigkeit aufweist.

[0009] Die Erfindung löst die Aufgabe mittels einer am Meeresgrund verankerten Tragstruktur mit den Merkmalen des Anspruchs 1, die zur Aufnahme von Offshore-Anlagen, wie beispielsweise Windenergieanlagen, Verwendung findet. Die erfindungsgemäße Tragstruktur besteht aus einer Vielzahl von miteinander verbundenen Streben, wobei mindestens zwei sich über die im Wesentlichen gesamte Länge der Tragstruktur erstreckende Einzelstreben im Wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind.

[0010] Eine Einzelstrebe stellt hierbei eine gerade Strebe dar, die im montierten Zustand im wesentlichen Vertikalkräfte aufnimmt und überträgt. Eine Einzelstrebe ist vorzugsweise nicht aus einer Vielzahl von separaten Strebensegmenten zusammengesetzt. Unter Zusammensetzen von separaten Strebensegmenten ist beispielsweise das Verschweißen oder Verkleben von Rohrabschnitten zu verstehen. Die Einzelstreben können aus verschiedenen Materialien bestehen und mit verschiedenen Fertigungsverfahren hergestellt worden sein. Die Streben können ferner kreisrunde oder eckige Querschnitte aufweisen.

[0011] Die Einzelstreben weisen dabei eine im Wesentlichen gleiche Länge wie die Tragstruktur auf, die als der Abstand zwischen dem unteren Ende und dem oberen Ende der aufgestellten Tragstruktur definiert ist.

[0012] In einer ersten bevorzugten Ausführungsform weisen die miteinander verbundenen Streben eine im Wesentlichen fachwerkartige Struktur auf. Neben den sich über die im Wesentlichen gesamte Länge der Tragstruktur erstreckenden Einzelstreben weist die erfindungsgemäße Tragstruktur weitere miteinander und

mit den sich über die im Wesentlichen gesamte Länge der Tragstruktur erstreckenden Einzelstreben verbundene Streben auf, die in ihrer Gesamtheit derart verbunden und angeordnet sind, dass diese eine Fachwerkstruktur bilden.

[0013] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Tragstruktur verlaufen die mindestens zwei sich über die im Wesentlichen gesamte Länge der Tragstruktur erstreckenden Einzelstreben im aufgestellten Zustand der Tragstruktur vornehmlich in im wesentlichen vertikaler Richtung oder sind gegenüber einer vertikalen Ebene um einen Winkel zwischen 0 Grad und bis zu etwa 30 Grad nach innen - bezogen auf eine Mittelachse der Tragstruktur) geneigt. Durch eine derartige Ausrichtung können die Einzelstreben hohe Normalkräfte und vertikale Lasten aufnehmen und somit das Eigengewicht z.B. einer montierten Windenergieanlage gegen den Meeresboden abstützen. Entscheidend für die maximal in axialer Richtung der Streben aufnehmbaren Kräfte ist der Querschnitt der Streben. Es kann somit sowohl durch eine geringe Strebenanzahl mit großen Einzelquerschnitten als auch mit einer vergleichsweise erhöhten Strebenanzahl mit kleinen Einzelquerschnitten eine hohe Tragfähigkeit der Tragstruktur erreicht werden.

[0014] Bevorzugt weisen die sich über die im Wesentlichen gesamte Länge der Tragstruktur erstreckenden Einzelstreben in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform eine einheitliche Wandstärke auf. Gegenüber einer Lösung, Streben, beispielsweise Rohre oder Rohrsegmente, mit nach oben hin abnehmender Wandstärke zu verwenden, bietet die Verwendung von Rohren mit einheitlicher Wandstärke Vorteile hinsichtlich der Herstellungskosten und Herstellungsdauer einer Tragstruktur.

[0015] Ferner ist eine Ausführungsvariante bevorzugt, bei der die sich über die im Wesentlichen gesamte Länge der Tragstruktur erstreckenden Einzelstreben nicht aus Einzelrohrsegmenten zusammengesetzt sind sondern aus einem durchgängigen Rohr bestehen. Durch den Einsatz eines derartigen langen, nicht-zusammengesetzten Rohres entfallen kosten- und zeitintensive Schweißarbeiten. Dies senkt die Herstellungskosten einer solchen Tragstruktur signifikant. Zusätzlich weisen nicht-verschweißte Rohrelemente gegenüber Rohrelementen die aus Einzelsegmenten zusammengesetzt sind höhere Festigkeitseigenschaften auf und sind durch die nichtvorhandenen zusätzlichen Schweißnähte wesentlich korrosionsunempfindlicher.

[0016] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform sind die sich über die im Wesentlichen gesamte Länge der Tragstruktur erstreckenden Einzelstreben als Spiralnaht-geschweißte Stahlrohre und/oder Längsnaht-geschweißte Stahlrohre ausgebildet. Spiralrohre werden aus Warmband oder Blech hergestellt, das in einer Formeinrichtung schraubenlinienförmig mit einem konstanten Krümmungsradius geformt und an den zusammenstoßenden Bandkanten verschweißt wird. Durch dieses

Verfahren lassen sich also aus einer Band- oder Blechbreite Rohre mit verschiedenen Durchmesser herstellen. Ferner wird die Länge dieser Rohre nur durch die Band- bzw. Blechrollenlänge und der verwendeten Fertigungsanlage beschränkt.

[0017] Im Gegensatz hierzu bestimmt bei der Herstellung der Längsnaht-geschweißten Rohre die Band- bzw. Blechbreite den späteren Durchmesser des Rohrs und die Blechlänge die spätere Rohrlänge. In diesem Verfahren wird ein flaches Blech in mehreren Umformschritten erst in eine U-Form gebogen und in einem späteren Herstellungsschritt durch eine O-Form zu einem runden Schlitzrohr gebogen. Der entstandene Längsschlitz wird schließlich durch die namensgebende Längsnaht verschweißt.

[0018] Durch den Einsatz derartiger Rohre kann eine enorme Kostensenkung erreicht werden. Durch die automatisierten und wirtschaftlich optimierten Herstellungsprozesse dieser Spiral- bzw. Längsnaht-geschweißten Rohre sind diese zu wirtschaftlich attraktiven Preisen auf dem Markt verfügbar. Sie bieten besonders im Vergleich zu den Rohren, die gewöhnlich in der Jacket-Herstellung Anwendung finden, ein hohes Einsparpotential.

[0019] In einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform bilden jeweils zwei sich über die im Wesentlichen gesamte Länge der Tragstruktur erstreckenden Einzelstreben ein Streben-Paar. Durch das paarweise Anordnen der Streben können auch Streben mit geringen Wandstärken für Offshore Tragstrukturen verwendet werden. Dadurch, dass dünnwandige Rohre wesentlich kostengünstiger und auch in größeren Längen im Vergleich zu dickwandigen Rohren verfügbar sind, werden durch den Einsatz von Doppel-Streben einerseits die aufnehmbaren Lasten nicht beeinflusst, die Herstellungskosten einer Tragstruktur andererseits jedoch erheblich gesenkt.

[0020] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die Tragstruktur mehrere im Außenbereich gleichmäßig über den Umfang angeordnete Streben-Paare auf. Besonders bevorzugt ist die Anordnung von drei, vier, fünf oder sechs Streben-Paaren über den peripheren Umfang der Tragstruktur. Durch die gleichmäßige Verteilung über den peripheren Umfang sind die Streben-Paare, abhängig von der verwendeten Anzahl, jeweils 120 Grad, 90 Grad, 72 Grad oder 60 Grad um die vertikale Mittel-Achse der Tragstruktur versetzt angeordnet. Der Querschnitt der Tragstruktur kann dabei sowohl einen eckigen, beispielsweise einen dreieckigen, quadratischen, fünfeckigen oder sechseckigen, als auch einen kreisrunden Querschnitt aufweisen. Durch einen derartigen Tragstrukturaufbau können eingeleitete Kräfte besonders vorteilhaft über die Streben der Tragstruktur am Meeresboden abgestützt werden. Die gleichmäßige Kraftverteilung auf die Streben-Paare erlaubt die Verwendung gleicher Streben für die Gesamtheit der Streben-Paare.

[0021] Ferner ist eine Ausführungsform bevorzugt bei

der jeweils ein Streben-Paar an jeder Außenkante der Tragstruktur angeordnet ist. Bei der Ansicht des Querschnitts der Tragstruktur ist dabei folglich in jeder Ecke ein Streben-Paar angeordnet. Dabei kann die Tragstruktur eine mehreckige Außenkontur aufweisen, vorzugsweise ist diese als Tragstruktur mit quadratischer, drei-, fünf- oder sechseckiger Grundfläche ausgeführt.

[0022] Vorteilhaft weitergebildet wird die Tragstruktur dadurch, dass die beiden Streben eines Streben-Paares an ihrem unteren Ende V-förmig zusammenlaufen und somit einen bodenseitigen Abschluss bilden. Das V-förmige Zusammenlaufen wird dadurch erreicht, dass die beiden Streben jeweils leicht in die Richtung der jeweils anderen Strebe des Streben-Paares abgelenkt sind und somit auf einen gemeinsamen Punkt zulaufen. Auf diese Weise wird erreicht, dass die beiden Streben eines Streben-Paares vorzugsweise derart zusammenlaufen, dass der Querschnitt des Streben-Paares am bodenseitigen Abschluss eine kreisförmige Außenkontur aufweist, deren Durchmesser mit dem der Einzelstreben übereinstimmt. Das V-förmige Zusammenlaufen der beiden Streben eines Streben-Paares bedingt neben der leichten Knickung ebenfalls ein Umformen und/oder ein teilweises Trennen umfänglicher Strebenabschnitte. Vorzugsweise werden die jeweiligen Stöße der Einzelstreben eines Streben-Paares in dem Bereich, in dem sie V-förmig zusammenlaufen, miteinander verschweißt.

[0023] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist an jedem bodenseitigen Abschluss ein Fußelement angeordnet. Jedes Fußelement der Tragstruktur ist dabei mit einem im Meeresboden verankerten Pfahl verbindbar. Ein Fußelement nimmt dabei den V-förmig zusammenlaufenden Abschluss eines Streben-Paares auf. Durch die Verbindung mit den im Meeresboden verankerten Pfählen wird die Tragstruktur eindeutig ausgerichtet und stabil auf dem Meeresboden fixiert. Durch die Verwendung mehrerer solcher Pfähle können diese kürzer als beispielsweise bei Monopiles ausgeführt werden. Ebenfalls bedarf es einer geringeren Einbringtiefe in den Meeresboden. Dies macht den Einsatz von Schallintensiven Rammhämern überflüssig und erlaubt eine Pfahlinstallation durch Vibrationsgeräte. Die wesentlich geringeren Schallemissionen bedeuten auch einen geminderten Eingriff in den Lebensraum der von der Tragstrukturmontage betroffenen Meerestiere.

[0024] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die erfindungsgemäße Tragstruktur mehrere, vorzugsweise drei, vier, fünf oder sechs, am Meeresboden verankerbare Fußelemente auf. Die Fußelemente sind dabei im Wesentlichen parallel zueinander angeordnet. Die rohrartigen unteren Abschnitte der einzelnen Fußelemente, die mit den im Meeresboden angeordneten Pfählen verbindbar sind, sind vorzugsweise in vertikaler Richtung ausgerichtet.

[0025] Die erfindungsgemäße Tragstruktur wird ferner dadurch vorteilhaft weitergebildet, dass die zwei im Wesentlichen parallel zueinander angeordneten Streben eines Streben-Paares mittels einer oder mehrerer im We-

sentlichen horizontal angeordneter Verbindungsstreben verbindbar sind. Die Verbindungsstreben sind dabei beispielsweise kurze Rohrabchnitte oder Adapter, die an ihren Stirnseiten mit jeweils einer Strebe eines Streben-Paares verschweißt werden. Somit werden die Streben eines Streben-Paares miteinander verbunden und gleichzeitig zueinander ausgerichtet. Die Anzahl der Verbindungsstreben zwischen den Streben eines Streben-Paares ist abhängig von den verwendeten Streben und der Höhe der Tragstruktur. Die Form und Länge der Verbindungsstreben ist für alle Streben-Paare einer Tragstruktur identisch. Dies führt zu einer Kostensenkung und ermöglicht eine schnelle standardisierte Montage.

[0026] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind die Streben-Paare durch im Wesentlichen diagonal verlaufende Diagonalstreben verbindbar. Als diagonal können hierbei alle Strebenausrichtungen angesehen werden, die zwischen einer horizontalen und einer vertikalen Strebenausrichtung realisierbar sind. Die Diagonalstreben verleihen der Tragstruktur ihre strukturelle Stabilität. Dabei nehmen die Diagonalstreben im Vergleich zu den Streben-Paaren lediglich kleine Kräfte auf.

[0027] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind Diagonalstreben in einem X-Muster gekreuzt. Die in einem X-Muster angeordneten Diagonalstreben sind zwischen zwei auf der gleichen Seite angeordneten benachbarten Streben verschiedener Streben-Paare angeordnet. Vorzugsweise weisen derartige X-Muster-Strukturen einen mittleren Kreuzknoten auf, an dem vier Diagonalstreben angeordnet sind. Jeweils zwei Diagonalstreben sind dabei vorzugsweise fluchtend ausgerichtet. Eine Tragstruktur weist auf jeder Seite mehrere, vorzugsweise zwei, drei, vier oder fünf, X-Muster-Strukturen auf. Durch die vorzugsweise kegelstumpfförmige Außenkontur der Tragstruktur werden die X-Muster-Strukturen vom unteren Ende zum oberen Ende der Tragstruktur kleiner. Jede X-Muster-Struktur basiert jedoch auf dem gleichen mittleren Kreuzknoten. Dies führt einerseits zu einer homogenen Kraftverteilung innerhalb der Tragstruktur und andererseits zu einer einfachen, automatisierbaren und kostengünstigen Fertigung solcher X-Muster-Strukturen.

[0028] In einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der erfindungsgemäßen Tragstruktur sind die Streben-Paare durch im Wesentlichen horizontal verlaufende Längsstreben verbunden. Die Längsstreben sind vorzugsweise im unteren Viertel der Tragstruktur angeordnet. Sie dienen zur Stabilisierung der Tragstruktur und nehmen im Wesentlichen horizontal wirkende Kräfte auf. Bei der Abstützung der eingeleiteten Lasten gegen den Meeresboden spielen die horizontalen Längsstreben eine untergeordnete Rolle.

[0029] Besonders bevorzugt ist eine Ausführungsform bei der die Diagonalstreben und/oder Längsstreben einen geringeren Durchmesser als die sich über die im Wesentlichen gesamte Länge der Tragstruktur erstreckenden Einzelstreben aufweisen. Da die Diagonalstre-

ben und die Längsstreben in erster Linie für die Stabilität der Tragstruktur verantwortlich sind und die auf die Tragstruktur wirkenden Lasten von den sich über die im Wesentlichen gesamte Länge der Tragstruktur erstreckenden Einzelstreben aufgenommen werden, können die Diagonalstreben und/oder Längsstreben im Vergleich kleiner ausgelegt werden.

[0030] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind die Diagonalstreben und/oder die Längsstreben der Tragstruktur als HFI (Hochfrequenz-Induktionsschweißen-) Rohre und/oder MSH (Mannesmann Stahlbau Hohlprofil-) Rohre ausgeführt. Diese Rohre bieten sich durch eine ausreichende Tragfähigkeit und einen niedrigen Preis für den Einsatz als Diagonalstreben und/oder Längsstreben an.

[0031] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die Tragstruktur einen dreieckigen, quadratischen, fünfeckigen, sechseckigen oder runden Querschnitt auf.

[0032] Besonders bevorzugt ist eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Tragstruktur, die eine Schnittstelle zur Montage eines Turms einer Windenergieanlage aufweist. Diese Schnittstelle stellt eine Montageplattform dar und verteilt die auf die Tragstruktur wirkenden Lasten vorzugsweise zu gleichen Teilen auf die sich über die im Wesentlichen gesamte Länge der Tragstruktur erstreckenden Einzelstreben.

[0033] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Tragstruktur sind die Streben wenigstens teilweise mit einem Überzug beschichtet. Der Überzug ist vorzugsweise als Kunststoffüberzug ausgeführt und wirkt der Alterung und Zersetzung der Streben entgegen. Sind die Streben als verschweißte Stahlrohre ausgeführt, setzt durch die korrosionsfördernde Umgebung bei unbeschichteten Rohren und Schweißnähten schnell ein Zersetzungsprozess ein, dem zur Gewährleistung der Tragfähigkeit der Tragstruktur entgegengewirkt werden muss. Beschichtungen auf Polyurethan- und Epoxidharz-Basis haben sich für den Einsatz für Offshore Tragstrukturen bewährt und wirken dem Korrosionsprozess effektiv entgegen.

[0034] Die Erfindung wird nachfolgend anhand einer Figur näher beschrieben, ohne dass diese den Schutzbereich der Schutzansprüche beschränken soll. Es stellt dar:

Fig. 1: perspektivische Ansicht einer erfindungsgemäßen Tragstruktur

[0035] Figur 1 zeigt eine Ausführungsvariante einer erfindungsgemäßen Tragstruktur (1). Die Tragstruktur (1) weist eine quadratische Grundfläche auf, und die Breite nimmt vom unteren Ende bis zum oberen Ende der Tragstruktur (1) konstant ab. An den vier Außenkanten der Tragstruktur (1) sind jeweils zwei sich über die im Wesentlichen gesamte Länge der Tragstruktur erstreckende parallel zueinander ausgerichtete Einzelstreben (2a, 2b) angeordnet. Diese nehmen im Betrieb in einem

hohen Mass vertikale Lasten auf.

[0036] Die parallel zueinander ausgerichteten Einzelstreben (2a, 2b) bilden an jeder der vier Außenkanten der Tragstruktur (1) ein Streben-Paar (4a, 4b, 4c, 4d). Die vier Streben-Paare (4a, 4b, 4c, 4d) sind durch die quadratische Grundfläche der Tragstruktur (1) gleichmäßig über den Umfang der Tragstruktur (1) angeordnet.

[0037] Die Einzelstreben (2a, 2b) sind als Spiralnaht- oder Längsnaht-geschweißte Rohre ausgebildet. Durch eine leichte Neigung der Einzelstreben (2a, 2b) bzw. der Streben-Paare (4a, 4b, 4c, 4d) in Richtung der vertikalen Mittelachse der Tragstruktur (1), die zwischen 0 Grad und 30 Grad betragen kann, wird eine kegelstumpfförmige Außenkontur ausgebildet.

[0038] Die Einzelstreben (2a, 2b) der Streben-Paare (4a, 4b, 4c, 4d) sind nicht aus einzelnen Rohrabchnitten zusammengesetzt, sondern stellen durchgängige Einzelrohre dar und weisen über ihre gesamte Länge eine einheitliche Wandstärke auf.

[0039] Die zwei Einzelstreben (2a, 2b) der Streben-Paare (4a, 4b, 4c, 4d) laufen an ihren unteren Enden V-förmig zu bodenseitigen Abschlüssen (6a, 6b, 6c, 6d) zusammen. Die an den bodenseitigen Abschlüssen (6a, 6b, 6c, 6d) angeordneten Fußelemente (8a, 8b, 8c, 8d) werden an im Meeresboden verankerten Pfählen (nicht dargestellt) angeordnet, um die Tragstruktur (1) auf dem Meeresboden zu fixieren. Die Fußelemente (8a, 8b, 8c, 8d) sind dabei im Wesentlichen parallel zueinander angeordnet.

[0040] Mehrere kurze Verbindungsstreben (10) verbinden die beiden zueinander parallelen Einzelstreben (2a, 2b) eines Streben-Paares (4a, 4b, 4c, 4d). Die Streben-Paare (4a, 4b, 4c, 4d) sind durch Diagonalstreben (12) und Längsstreben (16) miteinander verbunden. Die Diagonalstreben (12) sind dabei in einer X-Muster-Struktur zwischen zwei Einzelstreben (2) zweier nebeneinanderliegender Streben-Paare (4a, 4b, 4c, 4d) angeordnet. Die verschiedenen X-Muster-Strukturen der Tragstruktur (1) weisen in ihrer Mitte jeweils einen baugleichen Kreuzknoten (14) auf. Die X-Muster-Strukturen unterscheiden sich lediglich durch die Länge der mit dem Kreuzknoten (14) verbundenen Diagonalstreben (12).

[0041] Die vier Längsstreben (16) bilden die unterste Verbindung zwischen den einzelnen Streben-Paaren (4a, 4b, 4c, 4d) und sind zwischen den bodenseitigen Abschlüssen (6a, 6b, 6c, 6d) und den untersten X-Muster-Strukturen angeordnet.

[0042] Die Diagonalstreben (12) wie auch die Längsstreben (16) der Tragstruktur (1) weisen einen geringeren Durchmesser als die Einzelstreben (2a, 2b) der vier Streben-Paare (4a, 4b, 4c, 4d) auf. Die Diagonalstreben (12) und/oder die Längsstreben (16) können dabei als HFI (Hochfrequenz-Induktionsschweißen-) Rohre und/oder MSH (Mannesmann Stahlbau Hohlprofil-) Rohre ausgeführt sein.

[0043] Am oberen Ende der Tragstruktur (1) ist eine Schnittstelle (18) zur Aufnahme eines Turms einer Windenergieanlage angeordnet. Die Schnittstelle (18) verteilt

die vertikalen Lasten eines Windenergieanlagenturms gleichmäßig auf die vier Streben-Paare (4a, ab, 4c, 4d).
[0044] In der Figurenbeschreibung sowie in der Figurerdarstellung werden die folgenden Bezugsziffern verwendet:

1	Tragstruktur
2a, 2b	Einzelstreben eines Streben-Paares
4a, 4b, 4c, 4d	Streben-Paare
6a, 6b, 6c, 6d	bodenseitige Abschlüsse
8a, 8b, 8c, 8d	Fußelemente
10	Verbindungsstreben
12	Diagonalstreben
14	Kreuzknoten
16	Längsstreben
18	Schnittstelle zur Montage eines Turm einer Windenergieanlage

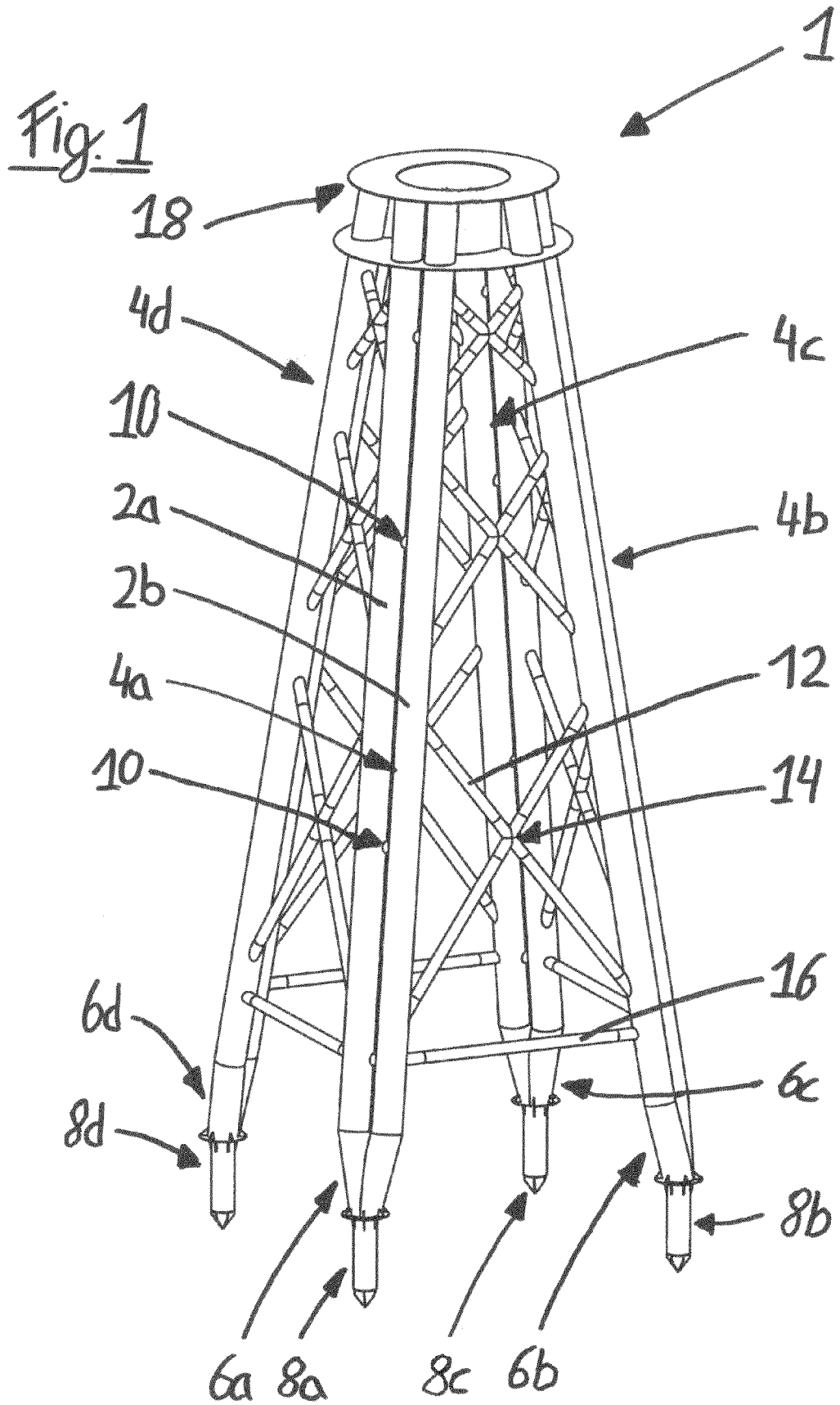
Patentansprüche

1. Tragstruktur (1) für Offshore-Anlagen, insbesondere Windenergieanlagen, zur Verankerung am Meeresboden aus einer Vielzahl von miteinander verbundenen Streben, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens zwei sich über die im Wesentlichen gesamte Länge der Tragstruktur (1) erstreckende Einzelstreben (2a, 2b) im Wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind.
2. Tragstruktur (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die miteinander verbundenen Streben eine im Wesentlichen fachwerkartige Struktur aufweisen.
3. Tragstruktur (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens zwei sich über die im Wesentlichen gesamte Länge der Tragstruktur (1) erstreckenden Einzelstreben (2a, 2b) im aufgestellten Zustand der Tragstruktur (1) vornehmlich vertikal oder in einem Winkel von 0 Grad bis 30 Grad zu einer vertikalen Ebene angeordnet sind.
4. Tragstruktur (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einzelstreben (2a, 2b) im Wesentlichen eine einheitliche Wandstärke aufweisen.
5. Tragstruktur (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die sich über die im Wesentlichen gesamte Länge der Tragstruktur (1) erstreckenden Einzelstreben (2a, 2b) als vorzugsweise nichtzusammengesetzte, benachbarte Rohre ausgebildet sind.
6. Tragstruktur (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die sich über die im Wesentlichen gesamte Länge der Tragstruktur (1) erstreckenden Einzelstreben (2a, 2b) als Spiralnaht-geschweißte Stahlrohre und/oder Längsnaht-geschweißte Stahlrohre ausgebildet sind.
7. Tragstruktur (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeweils zwei sich über die im Wesentlichen gesamte Länge der Tragstruktur (1) erstreckenden Einzelstreben (2a, 2b) ein Streben-Paar (4a, 4b, 4c, 4d) bilden.
8. Tragstruktur (1) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tragstruktur (1) mehrere, vorzugsweise drei, vier, fünf oder sechs, im Außenbereich gleichmäßig über den Umfang angeordnete Streben-Paare (4a, 4b, 4c, 4d) aufweist.
9. Tragstruktur (1) nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tragstruktur (1) vorzugsweise an jeder Außenkante ein Streben-Paar (4a, 4b, 4c, 4d) aufweist.
10. Tragstruktur (1) nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Streben eines Streben-Paares (4a, 4b, 4c, 4d) an ihrem unteren Ende V-förmig zu einem bodenseitigen Abschluss (6a, 6b, 6c, 6d) zusammenlaufen.
11. Tragstruktur (1) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** an jedem bodenseitigen Abschluss (6a, 6b, 6c, 6d) ein Fußelement (8a, 8b, 8c, 8d) angeordnet ist, das mit einem im Meeresboden verankerten Pfahl verbindbar ist.
12. Tragstruktur (1) nach Anspruch 11, **gekennzeichnet durch** mehrere, vorzugsweise drei, vier, fünf oder sechs, am Meeresboden verankerbare im Wesentlichen parallel zueinander angeordnete Fußelemente (8a, 8b, 8c, 8d).
13. Tragstruktur (1) nach einem der Ansprüche 7 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zwei im Wesentlichen parallel zueinander angeordneten Einzelstreben (2a, 2b) eines Streben-Paares (4a, 4b, 4c, 4d) mittels einer oder mehrerer im Wesentlichen horizontal angeordneter Verbindungsstreben (10) verbindbar sind.
14. Tragstruktur (1) nach einem der Ansprüche 7 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Streben-Paare (4a, 4b, 4c, 4d) durch im Wesentlichen diagonal verlaufende Diagonalstreben (12) verbindbar sind.

15. Tragstruktur (1) nach Anspruch 14,
dadurch gekennzeichnet, dass zwei in einem X-Muster gekreuzte Diagonalstreben (12) zwischen zwei auf der gleichen Seite angeordneten benachbarten Streben (2) verschiedener Streben-Paare (4a, 4b, 4c, 4d) anordenbar sind. 5
16. Tragstruktur (1) nach einem der Ansprüche 7 bis 15,
dadurch gekennzeichnet, dass die Streben-Paare (4a, 4b, 4c, 4d) durch im Wesentlichen horizontal verlaufende Längsstrebens (16) verbindbar sind. 10
17. Tragstruktur (1) nach einem der Ansprüche 14 bis 16,
dadurch gekennzeichnet, dass die Diagonalstreben (12) und/oder Längsstrebens (16) einen geringeren Durchmesser als die sich über die im Wesentlichen gesamte Länge der Tragstruktur (1) erstreckenden Einzelstreben (2a, 2b) aufweisen. 15
20
18. Tragstruktur (1) nach einem der Ansprüche 14 bis 17,
dadurch gekennzeichnet, dass die Diagonalstreben (12) und/oder Längsstrebens (16) der Tragstruktur (1) als HFI (Hochfrequenz-Induktionsschweißen-) Rohre und/oder MSH (Mannesmann Stahlbau Hohlprofil-) Rohre ausgeführt sind. 25
19. Tragstruktur (1) nach einem der vorherstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Tragstruktur (1) einen dreieckigen, quadratischen, fünfeckigen, sechseckigen oder runden Querschnitt aufweist. 30
20. Tragstruktur (1) nach einem der vorherstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Tragstruktur (1) eine Schnittstelle (18) zur Montage eines Turms einer Windenergieanlage aufweist. 35
40
21. Tragstruktur (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Streben der Tragstruktur (1) wenigstens teilweise mit einem Überzug, insbesondere mit einem Kunststoffüberzug, beschichtet sind. 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]
- US 5536117 A [0004]