



(10) **DE 10 2010 035 025 A1** 2012.02.23

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2010 035 025.7**

(22) Anmeldetag: **20.08.2010**

(43) Offenlegungstag: **23.02.2012**

(51) Int Cl.: **E02D 27/12 (2006.01)**
E02D 27/52 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Hilgefort GmbH Anlagenkomponenten und
Apparatebau, 49413, Dinklage, DE**

(74) Vertreter:

Eisenführ, Speiser & Partner, 28217, Bremen, DE

(72) Erfinder:

Baumfalk, Frank, 27801, Dötlingen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

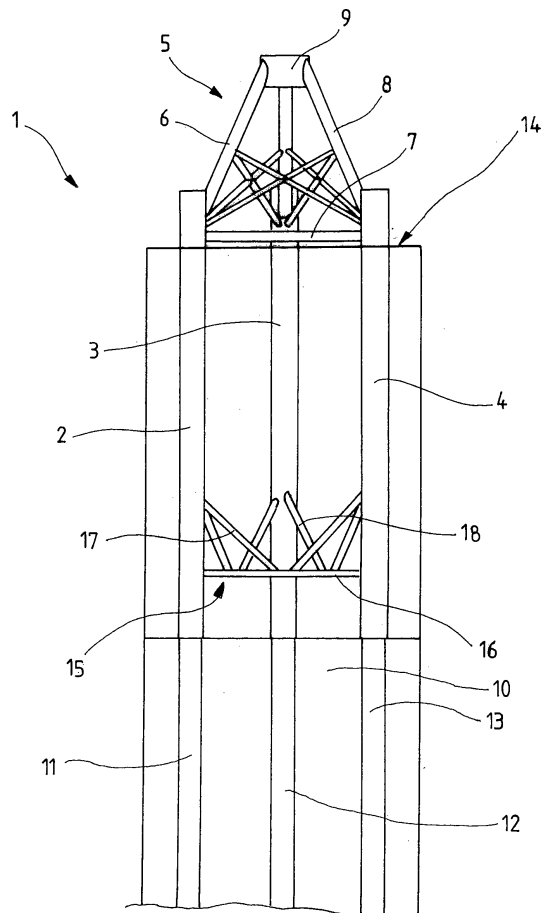
DE	103 30 963	A1
US	2008/02 26 398	A1
EP	1 673 536	B1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Gründungsstruktur für ein Wasserbauwerk und Verfahren zum Errichten einer
Gründungsstruktur**

(57) Zusammenfassung: Bei einer Gründungsstruktur für ein Wasserbauwerk, insbesondere für eine Offshore-Windenergieanlage mit zumindest mehreren Gründungspfählen, wobei jeder Gründungspfahl einen wenigstens abschnittsweise in seinem Inneren geführten Ramppfahl zur Verankerung im Meeresboden aufweist, und mit mindestens einer Stützkonstruktion zur Aufnahme des Wasserbauwerkes, weist die Stützkonstruktion die oberen Enden der Gründungspfähle untereinander verbindet, wobei der Gründungspfahl und der Ramppfahl auf einem vorbestimmten Längenabschnitt einen Bereich einer Überdeckung auf. Dabei sind im Überdeckungsbereich der Pfähle zumindest abschnittsweise der Spalt zwischen den Pfählen sowie über einen Abschnitt des Überdeckungsbereiches und in einem Teilstück unterhalb des Überdeckungsbereiches der freie, innere Querschnitt des Ramppfahles mit einem aushärtenden Füllmaterial verfüllt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Gründungsstruktur für ein Wasserbauwerk, insbesondere für eine Offshore-Windenergieanlage, mit zumindest mehreren Gründungspfählen, wobei jeder Gründungspfahl einen abschnittsweise in seinem Inneren geführten Rammpfahl zur Verankerung im Meeresboden aufweist, und mit mindestens einer Stützkonstruktion zur Aufnahme des Wasserbauwerkes, wobei die Stützkonstruktion die oberen Enden der Gründungspfähle untereinander verbindet. Des Weiteren bezieht sich die Erfindung auch auf ein Verfahren zum Errichten einer Gründungsstruktur für ein Wasserbauwerk, insbesondere für eine Offshore-Windenergieanlage.

[0002] Bekannte Gründungsstrukturen für Wasserbauwerke, wie zum Beispiel für Offshore-Windenergieanlagen, bilden üblicherweise den Übergang vom Bauwerk zum Boden aus, im vorliegenden Fall vom Wasserbauwerk zum Meeresboden, und sollen eine sichere Verankerung im Meeresboden gewährleisten. Speziell Offshore-Windenergieanlagen werden zunehmend in einiger Entfernung zur Küste und dadurch häufig in Wassertiefen von bis zu 50 Metern aufgestellt. Aufgrund der an einem solchen Aufstellort vorherrschenden Umgebungsbedingungen und den damit in der Regel auf die Gründungsstruktur und das Wasserbauwerk einwirkenden Wind- und Wellenlasten, werden entsprechend hohe Anforderungen an die Verankerung der Gründungsstruktur im Meeresboden und die das Wasserbauwerk tragende Gründungsstruktur selbst gestellt.

[0003] In der EP 1 673 536 B1 ist beispielsweise eine Gründungsstruktur für eine Offshore-Windenergieanlage beschrieben, welche mehrere Gründungspfähle mit jeweils im Inneren der Gründungspfähle wenigstens abschnittsweise geführten Rammpfählen zur Verankerung im Meeresboden aufweist. Die Gründungsstruktur weist des Weiteren mindestens eine Stützkonstruktion zur Aufnahme des Turmes der Windenergieanlage auf, wobei die Stützkonstruktion die oberen Enden der Gründungspfähle untereinander verbindet. Dabei ist nach dem Rammen der Rammpfähle ein vorgegebener Längenabschnitt erzeugt, in dem die Rammpfähle von den Gründungspfählen aufgenommen sind. Um die Relativbewegung zwischen den Gründungspfählen und den Rammpfählen zu unterbinden und dadurch möglicherweise ein Lockern der Verankerung der Gründungsstruktur im Meeresboden zu verursachen, wird ein Teilabschnitt des Überdeckungsbereiches zwischen der Außenseite des Rammpfahles und der Innenseite des Gründungspfahles verklebt. Durch die relativ schmale Verklebung zwischen der Außenseite des Gründungspfahles und der Innenseite des Rammpfahles besteht zum einen das Risiko, dass die Verklebung reißt und somit der Rammpfahl wie-

der beweglich zum Gründungspfahl ist. Zum anderen wirkt im Bereich des Meeresbodens das größte durch Wind- und Wellenlasten hervorgerufene Moment auf die Gründungs- und Rammpfähle der Gründungsstruktur, so dass es durch die ständigen Lastwechsel kurz unterhalb des Überdeckungsbereiches der Pfähle zur Verformung und gegebenenfalls zum Knicken der Wandungen der Rammpfähle kommen kann, was sich in jedem Fall nachteilig auf deren Verankerung und damit auf die betriebssichere Langzeitfunktion der Gründungsstruktur auswirken kann.

[0004] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Gründungsstruktur vorbezeichneter Gattung dahingehend zu verbessern, dass Verformungen an den Pfählen, aufgrund der wirkenden Lastwechsel vermieden sind. Des Weiteren liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Errichten einer Gründungsstruktur für ein Wasserbauwerk aufzuzeigen, das auf vereinfachte und sichere Weise durchgeführt werden kann.

[0005] Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß durch eine Gründungsstruktur mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 und durch ein Verfahren gemäß Patentanspruch 9. Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung sind in den sich jeweils auf die Patentansprüche 1 und 9 rückbeziehenden Unteransprüche angegeben.

[0006] Bei einer Gründungsstruktur für ein Wasserbauwerk, insbesondere für eine Offshore-Windenergieanlage mit zumindest mehreren Gründungspfählen, wobei jeder Gründungspfahl einen wenigstens abschnittsweise in seinem Inneren geführten Rammpfahl zur Verankerung im Meeresboden aufweist, und mit mindestens einer Stützkonstruktion zur Aufnahme des Wasserbauwerkes, wobei die Stützkonstruktion die oberen Enden der Gründungspfähle untereinander verbindet, ist nach der Erfindung vorgesehen, dass der Gründungspfahl und der Rammpfahl auf einem vorbestimmten Längenabschnitt einen Bereich einer Überdeckung aufweisen, wobei im Überdeckungsbereich der Pfähle zumindest abschnittsweise der Spalt zwischen den Pfählen sowie über einen Abschnitt des Überdeckungsbereiches und in einem Teilstück unterhalb des Überdeckungsbereiches der freie, innere Querschnitt des Rammpfahles mit einem aushärtenden Füllmaterial verfüllt ist.

[0007] Mit Hilfe einer derartig festen Struktur um den Überdeckungsbereich der Gründungspfähle und der von den Gründungspfählen bereichsweise aufgenommenen Rammpfähle ist insbesondere ein Knicken oder Beulen der Pfahlwandungen im Bereich des Meeresbodens durch das innerhalb des Rammpfahles und des zwischen Gründungspfahl und Rammpfahles abschnittsweise ausgehärtete Füllmaterial auf vorteilhafte Weise vermieden. Das bis unterhalb des Überdeckungsbereiches im Inneren des

Rammpfahles reichende Füllmaterial verleiht diesem über ein vorbestimmtes Teilstück eine optimale Steifigkeit, wodurch die Ausgestaltung des Rammpfahles aus einem einwandigen Rohr möglich ist. Durch das bevorzugt jeweils von unterhalb bis oberhalb des Überdeckbereiches reichende, aushärtende Füllmaterial, wie zum Beispiel Beton, ist mit Vorteil eine Gründungsstruktur erzeugt, mittels der sich problemlos eine betriebssichere Langzeitfunktion von den mindestens geforderten 20 Jahren gewährleisten lässt.

[0008] Mit Vorteil ist nach einer Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, dass der Gründungspfahl im Fußbereich eine seinen freien Querschnitt an der inneren Mantelfläche verringernde Führung für den Rammpfahl aufweist. Die Verwendung einer Führung hat den Vorteil, dass der Rammpfahl während des Rammens insbesondere zu Beginn der Rammarbeiten axialbeweglich geführt ist, so dass der Rammpfahl mit seiner Mittenachse vorzugsweise coaxial zur Mittenachse des Gründungspfahles in den Meeresboden getrieben wird. Ein Verlaufen des Rammpfahles soll somit vorteilhaft vermieden werden. Die Führung ist dabei etwa über die Hälfte des Überdeckbereiches der beiden Pfähle im Spalt zwischen der Innenseite des Gründungspfahles und der Außenseite des Rammpfahles zumindest bereichsweise über den Umfang ausgebildet. Die Führung kann beispielsweise als Buchse ausgebildet sein. Bevorzugt werden mehrere Bleche eingesetzt, deren Längsachsen parallel zur Mittenachse des Gründungspfahles verlaufen und sich radial von der Innenseite des Gründungspfahles in Richtung der Mittenachse erstrecken.

[0009] Der Gründungspfahl weist einen Bodenring mit einer den Spalt zum Rammpfahl abdichtenden Dichtung auf, wodurch zum einen während und nach dem Rammen das Eindringen von Meerwasser, sowie Schlamm- oder Gesteinsteilen insbesondere in den Spalt im Bereich der Führung vermieden ist. Somit ist eine ungewollte Verschmutzung des nachfolgend auszubetonierenden Abschnitts von Gründungspfahl und Rammpfahl ausgeschlossen. Zum anderen verhindert die Dichtung im Bereich des Spaltes ebenfalls das Austreten des nachträglich eingebrachten Füllmaterials. Das aushärtende Füllmaterial verbleibt somit stets auf gleichem Niveau im Spalt zwischen Gründungspfahl und Rammpfahl und kann dementsprechend eine feste Verbindung mit den Oberflächen der jeweiligen Pfahlwandungen eingehen. Zur Ausbildung der am Bodenring vorgesehenen Dichtung kann beispielsweise ein Filz oder anderes geeignetes Material zum Einsatz kommen, das geeignet ist, um einen Wassereintritt oder das Eindringen von Schlamm auszuschließen. Auf dem Bodenring kann des Weiteren von unten eine Berstscheibe aufgesetzt sein, welche den freien Querschnitt des vorzugsweise als Rohr ausgebildeten und

damit unten offenen Rammpfahles wirkungsvoll verschließt und somit das Eindringen von Meerwasser bereits beim Absenken des zur Ausbildung der Gründungsstruktur dienenden Konstruktionsteiles auf den Meeresboden verhindert. Bereits beim Aufsetzen des Konstruktionsteiles auf den Meeresboden, jedoch spätestens mit dem Beginn der Rammarbeiten wird die Berstscheibe durch den vorzugsweise senkrecht nach unten getriebenen Rammpfahl zerstört, welche dabei kein Hindernis für die durchzuführenden Rammarbeiten darstellt.

[0010] Der Gründungspfahl weist vorzugsweise ein seine innere Mantelfläche ausbildendes Innenrohr und ein seine äußere Mantelfläche ausbildendes Außenrohr auf, wobei zwischen Innenrohr und Außenrohr ein Kernwerkstoff angeordnet ist. Mit einem derartig erfindungsgemäßen Wandungsaufbau ist eine konstruktiv vorteilhafte Möglichkeit zur Ausbildung der Gründungspfähle erreicht. Durch den Sandwich-Aufbau der Pfahlwandung ist zum einen die Steifigkeit des Gründungspfahles verbessert und zum anderen kann die Menge des üblicherweise zur Ausbildung des Gründungspfahls verwendeten Stahls vorteilhaft verringert werden. Durch die erhöhte Steifigkeit lassen sich sowohl die Durchmesser als auch die Gesamtstärke des Innen- und Außenrohres deutlich minimieren, was gleichzeitig die Wirtschaftlichkeit solcher erfindungsgemäßer Gründungsstrukturen, aufgrund reduzierter Fertigungs- und Materialkosten, auf vorteilhafte Weise verbessert. Der Kernwerkstoff als Zwischenlage zwischen Innen- und Außenrohr wird insbesondere zusätzlich mit Bewehrung verstärkt, welche als Betonstabstähle oder in Form eines hohlzylindrischen Gitters im Kernwerkstoff angeordnet ist. Dabei ist vorgesehen, dass die Bewehrung stets vollständig vom Kernwerkstoff eingeschlossen und im Abstand zur Innenseite des Außenrohres und zur Außenseite des Innenrohres angeordnet ist.

[0011] Mit Vorteil ist nach einer Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, dass der Rammpfahl ein im Abstand unterhalb des Überdeckbereiches angeordnetes Schott aufweist, welches den freien, inneren Querschnitt des Rammpfahles versperrt. Mit Hilfe eines derartigen Schotts ist beim Rammen des Rammpfahles das Eindringen von Wasser oder Schlamm über den hohlzylindrisch ausgebildeten Rammpfahl in das Innere des Gründungspfahles vermieden, so dass der freie Querschnitt des Rammpfahles nur bis zum Schott mit Meeresboden gefüllt ist. Des Weiteren dient das Schott als Füllgrenze für das in den Rammpfahlkopf einzufüllende Füllmaterial, welches darin aushärtet und dem Rammpfahl eine verbesserte Steifigkeit verleiht. Das Schott ist insbesondere ein Plattenkörper, welcher mit seiner Plattenebene senkrecht zur Mittenachse des Rammpfahles verläuft und umlaufend mit der Innenseite der Rammpfahlwandung abdichtend verbunden, insbesondere verschweißt, ist. Das Schott ist dabei etwa in einem

Abstand unterhalb des Gründungspfahles angeordnet, der der Länge der Überdeckung der Pfähle entspricht.

[0012] Um einen übermäßigen Druckaufbau im Inneren des Rammpfahles und somit eine unnötige Gegenkraft beim Rammen zu vermeiden, ist eine Entlüftung aus dem Rammpfahlinneren vorzusehen. Zu diesem Zweck weist der Rammpfahl in seiner Pfahlwandung unterhalb des Schotts mindestens einen Durchbruch auf. Beim Rammen kann dementsprechend im Rammpfahl befindliche Luft entweichen, so dass die Bestandteile des Meeresbodens im freien Querschnitt des Rammpfahles bis unterhalb des Schotts aufsteigen können. Dabei ist es von Vorteil, wenn unterhalb des Schotts mehrere Durchbrüche über die Länge des Rammpfahles und gleichzeitig mehrere Durchbrüche in der Pfahlwandung auf gleichem Höhengniveau auf dem Umfang des Rammpfahles verteilt angeordnet sind. Jeder Durchbruch zur Entlüftung in der Pfahlwandung des Rammpfahles kann zudem mit einem geeigneten Material abgedichtet sein, dass sich beispielsweise beim Kontakt mit Wasser auflöst und somit die Durchbrüche in der Pfahlwandung in Längsrichtung nacheinander zur Entlüftung freigeben.

[0013] Der Rammpfahl weist an seiner äußeren Mantelfläche einen sich radial nach außen erstreckenden Absatz als Anschlag an der Führung des Gründungspfahles auf, mit Hilfe dem der Rammpfahl in Längsrichtung formschlüssig mit insbesondere den die Führung ausbildenden Blechen an der Innenseite des Gründungspfahles in Anlage gebracht wird und eine Haltekraft auf den Gründungspfahl senkrecht nach unten ausübt. Der sich ringförmig entlang der Mantelfläche des Rammpfahle erstreckende Absatz ist insbesondere beabstandet zum oberen Ende des Rammpfahles angeordnet, so dass stets ein bestimmter Abschnitt des Rammpfahles oberhalb der Führung frei in den Gründungspfahl hineinsteht. Dadurch ist ein Spalt zwischen Außenseite des Rammpfahles und Innenseite des Gründungspfahles erzeugt, in den dann das Füllmaterial eingegeben werden kann. Die sich radial nach außen erstreckende Umfangsfläche des Absatzes kann gleichzeitig als Führungsfläche zum Abstützen an der Innenseite des Gründungspfahles ausgebildet sein. Damit ist die Führung des Rammpfahles innerhalb des Gründungspfahles weiter verbessert und gleichzeitig ein Verlaufen des Rammpfahles beim Rammen mit Vorteil vermieden. Der Absatz kann insbesondere ein flanschartiger Ringkörper sein, welcher mit der äußeren Mantelfläche des Rammpfahles verschweißt ist.

[0014] Eine andere Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass der Rammpfahl zumindest abschnittsweise auf der Innenseite der Pfahlwandung mit Bewehrung ausgerüstet ist. Mit Hilfe der Bewehrung wird insbesondere das nachträglich eingebrachte

Füllmaterial verstärkt, wobei darüber hinaus dessen Zugfestigkeit erhöht wird und somit die Belastbarkeit der Pfähle im Bereich des Meeresbodens deutlich verbessert ist. Speziell dynamisch auf die Gründungsstruktur einwirkende Kräfte lassen sich problemlos von der verstärkten Bauteilstruktur der Gründung aufnehmen. Als Bewehrung kommt insbesondere Betonstahl in Form von Stäben zum Einsatz, welche auf einem vorbestimmten Teilkreisdurchmesser beabstandet zur Innenseite des Rammpfahles angeordnet sind. An Stelle von einzelnen Stäben kann ebenfalls auch ein zylindrischer Bewehrungskorb verwendet werden, der ähnlich einem Gitternetz auf einem gleichmäßigen Radius um die Mittenachse des Rammpfahles verläuft.

[0015] Weiterhin ist ein Verfahren zum Errichten einer Gründungsstruktur für ein Wasserbauwerk vorgesehen, insbesondere für eine Offshore-Windenergieanlage, für das selbstständiger Schutz beantragt wird, bei dem mehrere mit Rammpfählen ausgerüstete Gründungspfähle mit mindestens einer aus Stäben bestehenden Stützkonstruktion zu einem Konstruktionsteil vormontiert werden, das vormontierte Konstruktionsteil zum Aufstellort transportiert und mit seinen Gründungspfählen voran auf dem Meeresboden abgesetzt wird, anschließend werden die Rammpfähle in den Meeresboden gerammt und ein im Meeresboden verankertes Gründungsteil erzeugt, und abschließend in das Gründungsteil ein aushärtendes Füllmaterial in zumindest den Überdeckungsbereich der Pfähle eingefüllt und somit eine feste Gründungsstruktur ausgebildet wird.

[0016] Mit Hilfe der erfindungsgemäßen Verfahrensschritte und deren gezielt durchgeführten Abfolge kann eine Gründungsstruktur auf vereinfachte aber zugleich sichere Art und Weise hergestellt werden. Die Vormontage der Gründungspfähle und der jeweils darin aufgenommenen Rammpfähle mit der Stützkonstruktion zu einem fertigen Konstruktionsteil erfolgt bevorzugt noch an Land, so dass hier eine relativ genaue Vormontage gewährleistet ist. Das fertige Konstruktionsteil wird dann auf eine schwimmende Plattform gehoben und mittels dieser an den vorbestimmten Aufstellort transportiert. Das noch relativ leichte Konstruktionsteil mit seinen Pfählen und den Stützkonstruktionen wird dann mit einem Hebezeug, beispielsweise einem Schwimmkran, in einem Stück von der Plattform angehoben und mit den Gründungspfählen senkrecht nach untenweisend abgesenkt, bis die Gründungspfähle den Meeresboden berühren. Nach dem Absenken werden mit einer Slenderramme nacheinander die Rammpfähle in den Meeresboden gerammt, wodurch eine feste Verankerung des Konstruktionsteiles erreicht ist und somit ein Gründungsteil erzeugt ist. Abschließend wird in zumindest den Überdeckungsbereich der Pfähle ein aushärtendes Füllmaterial, wie zum Beispiel Beton, eingefüllt. Vorzugsweise wird das Füllmaterial

sowohl in den freien Querschnitt des Rammpfahles in einen Abschnitt unterhalb des Überdeckungsbereiches der Pfähle bis in einen Bereich oberhalb des Überdeckungsbereiches eingefüllt, so dass gleichzeitig auch in den Spalt oberhalb der Führung des Gründungspfahles das Füllmaterial zwischen Rammpfahl und Gründungspfahl hineinläuft. Nach dem Aushärten des Füllmaterials ist eine derartig feste Gründungsstruktur geschaffen, die problemlos die auf die Gründungsstruktur einwirkenden dynamischen Lastwechsel von Wind oder Wellen problemlos aufnimmt.

[0017] Nach einer Weiterbildung der Erfindung kann es vorgesehen sein, dass nach dem Rammen das aushärtende Füllmaterial ebenfalls in einen Spalt zwischen einem Innenrohr und einem Außenrohr eines jeweiligen Gründungspfahls eingefüllt und danach die oberen Enden der Gründungspfähle verschlossen werden. Das nachträgliche Einbringen des Füllmaterials zwischen Innen- und Außenrohr hat im Gegensatz zu einem bereits bei der Vormontage erfolgten Einbringen des Füllmaterials als Kernwerkstoff zwischen Innen- und Außenrohr den Vorteil, dass das Konstruktionsteil ein geringeres Eigengewicht aufweist und somit beim Verladen auf eine schwimmende Plattform und beim Aufstellvorgang vereinfacht angehoben und ausgerichtet werden kann.

[0018] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung, aus dem sich weitere erfinderische Merkmale ergeben, ist in der Zeichnung dargestellt. Es zeigen:

[0019] **Fig. 1:** eine Ansicht einer erfindungsgemäßen Gründungsstruktur, und

[0020] **Fig. 2:** eine Ansicht eines Teilabschnittes eines zur Verankerung im Meeresboden verwendeten Gründungspfahles und des darin geführten Rammpfahles im Schnitt.

[0021] Mit **1** ist eine Gründungsstruktur für ein Wasserbauwerk bezeichnet, insbesondere für eine Offshore-Windenergieanlage, welche drei senkrecht verlaufende Gründungspfähle **2, 3, 4** und eine Stützkonstruktion **5** mit einer Vielzahl von Stäben **6, 7, 8** und mit einer Zentralaufnahme **9** für den Turm der nicht dargestellten Windenergieanlage aufweist. Die Gründungspfähle **2, 3, 4** stehen auf dem Meeresboden **10** auf, aus denen fest damit verbundene Rammpfähle **11, 12, 13** zur Verankerung im Meeresboden herausragen. Um eine sichere Verankerung zu gewährleisten, weisen die Rammpfähle **11 bis 13** einen in den Meeresboden gerammten Abschnitt auf, der etwa der Wassertiefe am Aufstellort entspricht. Die Stützkonstruktion **5** verbindet gleichzeitig die oberen bzw. freien Enden der Gründungspfähle **2, 3, 4** oberhalb der Wasserlinie **14** untereinander, so dass durch Wind- und Wellenlasten auf die Gründungsstruktur **1** oder die Windenergieanlage wirkende Kräfte vorteilhaft auf alle drei Gründungspfähle **2 bis 4** und de-

ren Rammpfähle **11 bis 13** verteilt werden. Zusätzlich ist in einer vorbestimmten Wassertiefe oberhalb des Meeresbodens **10** eine zweite Stützkonstruktion **15** mit Stäben **16, 17, 18** vorgesehen, welche die drei Gründungspfähle **2 bis 4** während des Verbringens an den Aufstellort oder während des Rammens vorteilhaft zueinander fixiert. Sowohl die Gründungspfähle **2 bis 4** und die Rammpfähle **11 bis 13** als auch die Pfosten bzw. Stäbe **6 bis 8** der Stützkonstruktion **5** weisen vorzugsweise eine zylindrische Ausgestaltung auf.

[0022] **Fig. 2** zeigt eine Teilansicht eines der Gründungspfähle **2 bis 4** mit einem der darin aufgenommenen Rammpfähle **11 bis 13** im Schnitt und soll insbesondere deren Aufbau näher verdeutlichen. Jeder der Gründungspfähle **2 bis 4** weist eine Wandung aus mehreren Lagen **19, 20, 21** unterschiedlichen Materials auf. Zwischen der inneren, bevorzugt metallischen Lage **19** und der äußeren, metallischen Lage **20** ist eine Zwischenlage **21** aus einem Kernwerkstoff, wie zum Beispiel Beton, eingebracht. Jeder Gründungspfahl **2 bis 4** weist in seinem Fußbereich eine seinen freien Querschnitt an der inneren Mantelfläche verringernde Führung **22** für den Rammpfahl auf, wodurch das Verlaufen der Rammpfähle während des Rammens vermieden ist. Die Führung ist dabei mittels vier, an der inneren Lage **19** eines Gründungspfahles angeordneten Blechen **23, 23'** ausgebildet, die in einem Winkel von 90 Grad zueinander an der Innenseite der inneren Lage in Längsrichtung verlaufen und sich radial nach innen erstrecken. Zur Ausbildung einer stabilen Endlage der Rammpfähle **11 bis 13** in einem jeweiligen Gründungspfahl **2 bis 4** ist an der Außenseite jedes Rammpfahls in einem vorbestimmten Abstand unterhalb des oberen Endes ein ringförmiger Anschlag **24** vorgesehen, der auf den oberen Enden der Bleche **23, 23'** der Führung **22** zu liegen kommt, so dass Abschnitte der beiden Pfähle zueinander einen Überdeckungsbereich **25** einer vorbestimmten Länge ausbilden. An der Unterseite jedes Gründungspfahles ist des Weiteren ein Bodenring **26** mit einer Dichtung zum Abdichten des Führungsspalt zum Rammpfahl vorgesehen. Jeder Rammpfahl **11 bis 13** weist einen abgegrenzten Rammpfahlkopf **27** auf, der von einem Schott **28** begrenzt ist, welches von dessen oberem Ende in einem etwa die doppelte Länge des Überdeckungsbereiches **25** betragenden Abstand dessen freien, inneren Querschnitt versperrend angeordnet ist. Sowohl der Rammpfahlkopf **27** oberhalb des Schotts **28** als auch der Spalt **29** zwischen der Außenseite des Rammpfahles und der Innenseite des Gründungspfahles sowie das Teilstück des Gründungspfahles oberhalb des Überdeckungsbereiches **25** sind mit einem aushärtenden Füllmaterial **30** verfüllt. Zur Verbesserung der Zugfestigkeit des Füllmaterials **30** ist zumindest abschnittsweise auf der Innenseite der Rammpfahlwandung eine Bewehrung **31** aus beispielsweise Stäben angeordnet. Jeder Rammpfahl **11 bis 13** weist

des Weiteren unterhalb des Schotts **28** mindestens einen Durchbruch **32** in seiner Pfahlwandung zur vorteilhaften Entlüftung während des Rammens in den Meeresboden **10** auf.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 1673536 B1 [[0003](#)]

Patentansprüche

1. Gründungsstruktur für ein Wasserbauwerk, insbesondere für eine Offshore-Windenergieanlage mit zumindest mehreren Gründungspfählen, wobei jeder Gründungspfahl einen wenigstens abschnittsweise in seinem Inneren geführten Ramppfahl zur Verankerung im Meeresboden aufweist, und mit mindestens einer Stützkonstruktion zur Aufnahme des Wasserbauwerkes, wobei die Stützkonstruktion die oberen Enden der Gründungspfähle untereinander verbindet, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Gründungspfahl (2, 3, 4) und der Ramppfahl (11, 12, 13) auf einem vorbestimmten Längenabschnitt einen Bereich einer Überdeckung aufweisen, wobei im Überdeckungsbereich (25) der Pfähle zumindest abschnittsweise der Spalt (29) zwischen den Pfählen sowie über einen Abschnitt des Überdeckungsbereiches (25) und in einem Teilstück unterhalb des Überdeckungsbereiches (25) der freie, innere Querschnitt des Ramppfahles (11, 12, 13) mit einem aushärtenden Füllmaterial (30) verfüllt sind.

2. Gründungsstruktur nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Gründungspfahl (2, 3, 4) im Fußbereich eine seinen freien Querschnitt an der inneren Mantelfläche verringernde Führung (27) für den Ramppfahl (11, 12, 13) aufweist.

3. Gründungsstruktur nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Gründungspfahl (2 bis 4) einen Bodenring (26) mit einer den Spalt (29) zum Ramppfahl (11, 12, 13) abdichtenden Dichtung aufweist.

4. Gründungsstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Gründungspfahl (2 bis 4) ein seine innere Mantelfläche ausbildendes Innenrohr und ein seine äußere Mantelfläche ausbildendes Außenrohr aufweist, wobei zwischen Innenrohr und Außenrohr ein Kernwerkstoff angeordnet ist.

5. Gründungsstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Ramppfahl (11 bis 13) ein im Abstand unterhalb des Überdeckungsbereiches (25) angeordnetes Schott (28) aufweist, welches den freien, inneren Querschnitt des Ramppfahles (11, 12, 13) verschließt.

6. Gründungsstruktur nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Ramppfahl (11 bis 13) in seiner Pfahlwandung unterhalb des Schotts (28) mindestens einen Durchbruch (32) zur Entlüftung aufweist.

7. Gründungsstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Ramppfahl (11 bis 13) an seiner äußeren Mantelfläche einen sich radial nach außen erstreckenden Absatz als An-

schlag (24) an der Führung (22) des Gründungspfahles (2 bis 4) aufweist.

8. Gründungsstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Ramppfahl (11 bis 13) zumindest abschnittsweise auf der Innenseite der Pfahlwandung mit Bewehrung (31) ausgerüstet ist.

9. Verfahren zum Errichten einer Gründungsstruktur für ein Wasserbauwerk, insbesondere für eine Offshore-Windenergieanlage, bei dem mehrere mit Ramppfählen (11, 12, 13) ausgerüstete Gründungspfähle (2, 3, 4) mit mindestens einer aus Stäben (6, 7, 8, 16, 17, 18) bestehenden Stützkonstruktion (5, 15) zu einem Konstruktionsteil vormontiert werden, das vormontierte Konstruktionsteil zum Aufstellort transportiert und mit seinen Gründungspfählen (2 bis 4) voran auf dem Meeresboden (10) abgesetzt wird, anschließend die Ramppfähle (11 bis 13) in den Meeresboden (10) gerammt und ein im Meeresboden (10) verankertes Gründungsteil erzeugt werden, und abschließend in das Gründungsteil ein aushärtendes Füllmaterial (30) in zumindest den Überdeckungsbereich (25) der Pfähle eingefüllt und somit eine feste Gründungsstruktur (1) ausgebildet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Rammen das aushärtende Füllmaterial (30) in einen Bereich zwischen einem Innenrohr- und einem Außenrohr eines jeweiligen Gründungspfahls (2 bis 4) zur Ausbildung des Kernwerkstoffes zwischen Innen- und Außenrohr eingefüllt und die oberen Enden der Gründungspfähle verschlossen werden.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

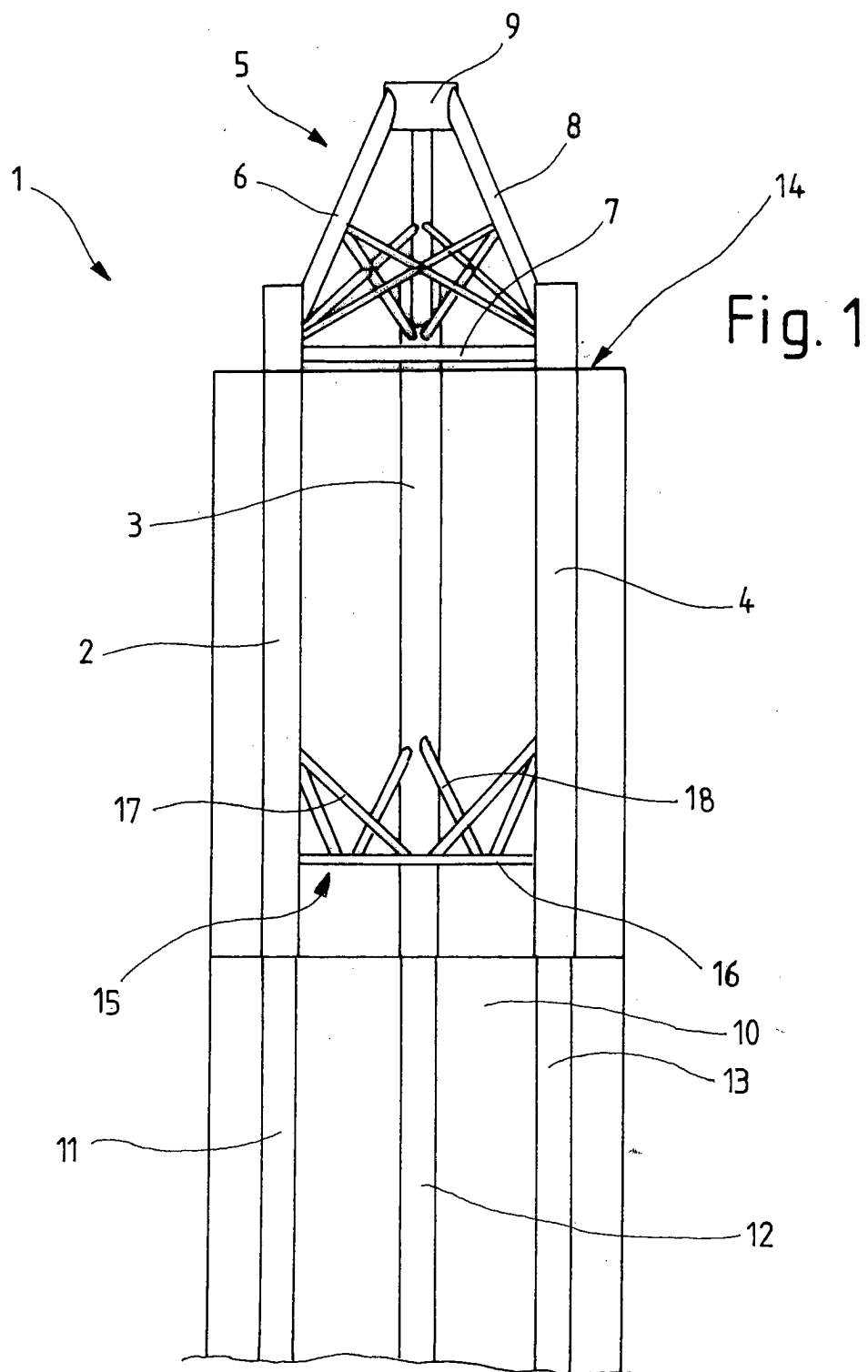


Fig. 2

